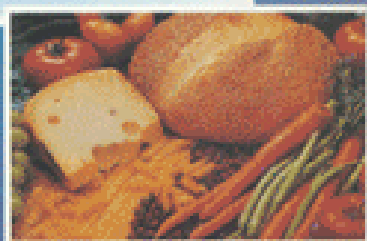


Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición



ORGANIZACIÓN
DE LAS
NACIONES
UNIDAS
PARA LA
AGRICULTURA
Y EL
DESARROLLO



OFICINA
REGIONAL
DE LAS NAES
PARA AMÉRICA
LATINA
Y EL
CARIBE

Las informaciones y los puntos de vista que aparecen en el presente libro son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no constituyen la expresión de ningún tipo de opinión de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación con respecto a la situación legal de cualquier país, territorio, ciudad o área, o a sus autoridades, o en lo concerniente a la delimitación de sus fronteras o límites.

PROLOGO

En los últimos años diversos acontecimientos han revalorizado la importancia de la información sobre la composición química de los alimentos, además de su utilización habitual en clínica, programas de alimentación y nutrición, programas de control de alimentos y en el desarrollo de productos alimenticios.

La Conferencia Internacional sobre Nutrición, celebrada en Roma en diciembre de 1992, reconoció que la pobreza, la desigualdad social y la ignorancia son las causas principales del hambre y la malnutrición, y aprobó por unanimidad la Declaración Mundial y el Plan de Acción para la Nutrición. Para mejorar la alimentación y nutrición, debe examinarse en un sentido más amplio la producción, el procesamiento y la comercialización de alimentos, y fundamentalmente, se debe promover el acceso para todos de alimentos inocuos y de calidad. En la Conferencia los representantes de 159 países se comprometieron a preparar planes nacionales de acción para la nutrición, en los que deberían incluirse acciones para el desarrollo de la composición de alimentos.

En este sentido, los participantes del Taller Subregional de Seguimiento de la Conferencia Internacional sobre Nutrición, realizado en Quito en marzo de 1994, recomendaron diversas actividades de cooperación. Entre éstas figuraba la elaboración de la tabla de composición de alimentos regional a partir de datos nacionales y nuevos análisis para micronutrientes.

Los recientes acuerdos del comercio internacional de alimentos que tendrán repercusión económica en todos los países, también están potenciando los trabajos de composición de alimentos. Estos acuerdos son específicamente los de la Ronda Uruguay de Negociaciones Comerciales Multilaterales del GATT (ahora Organización Mundial de Comercio), los acuerdos del MERCOSUR, y los Acuerdos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC).

Esta circunstancia, y en particular el Acuerdo del GATT sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, a su vez ha incrementado el interés de los países en participar en las actividades del Codex Alimentaris, que comprende normas alimentarias convenidas internacionalmente relativas a la producción, manipulación, etiquetado y transporte, con el fin de proteger la salud y los intereses económicos de los consumidores y al mismo tiempo asegurar la aplicación de prácticas equitativas en el comercio internacional de alimentos.

Por otra parte, se está generando una mayor demanda de información sobre composición de alimentos frescos y procesados, tanto por parte de los consumidores como por la industria que debe incorporar o mejorar el etiquetado

nutricional, como resultado de la nueva legislación en la materia que están aplicando diversos países.

En América Latina está tomando relevancia la promoción del cultivo, transformación y consumo de especies comestibles tradicionales subutilizadas, en particular de las áreas andina, mesoamericana y amazónica. Es necesario contar con estudios de composición química de estas especies si se quiere promover el consumo nacional y la exportación de tales productos como una fuente potencial de divisas.

A raíz de los acontecimientos anteriormente citados, durante la Reunión sobre Datos de Composición de Alimentos para Países en Desarrollo, realizada en Túnez en marzo de 1994, la FAO y la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) se comprometieron a coordinar los esfuerzos para mejorar la calidad y disponibilidad de los análisis de alimentos a nivel mundial y asegurar la obtención de datos adecuados y confiables.

En este evento se recomendó para América Latina la creación de dos centros subregionales LATINFOODS, que agrupa a los países de América Latina en la estructura de INFOODS, uno con sede en el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) de la Universidad de Chile y otro con sede en Guatemala en el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

El Centro Subregional LATINFOODS con sede en Chile, integrado por el INTA y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, tiene la responsabilidad de coordinar las acciones tendientes a mejorar la información sobre composición química de alimentos en América del Sur.

Dada la naturaleza y complejidad del trabajo de composición de alimentos, y las restricciones presupuestarias en la mayoría de los países, el trabajo colaborativo presenta una oportunidad para reducir costos, generar los datos necesarios y promover la armonización internacional.

El esfuerzo de la FAO estará dirigido a estimular y reforzar los programas nacionales de composición química de alimentos, especialmente en la generación, difusión y uso de la información en todos los niveles de los sectores público y privado, y a promover la cooperación inter e intrarregional.

Teniendo en cuenta estos antecedentes la FAO, el INTA y el Centro Subregional LATINFOODS Chile organizaron el Taller sobre Producción y Manejo de *Datos* de Composición Química de Alimentos en Nutrición, que tuvo lugar en Santiago de Chile del 9 al 27 de octubre de 1995. El Taller contó con el auspicio de la Universidad de las Naciones Unidas, Universidad Agrícola de Wageningen

(Holanda), el Centro Regional LATINFOODS Guatemala, y el patrocinio de empresas nacionales e internacionales. Los objetivos del Taller fueron:

- Unificar criterios sobre generación, validación y manejo de datos analíticos de nutrientes en alimentos, para promover el desarrollo de nuevas tablas nacionales y regionales de composición química de alimentos y para la formación de una base de datos LATINFOODS.
- Diseñar actividades de seguimiento a nivel de los países, en relación a la producción y manejo de datos de composición química de alimentos.
- Fomentar el trabajo armónico y colaborativo entre analistas, compiladores y usuarios, de manera de contribuir a mejorar la calidad de la información nutricional para beneficio de la salud y economía de los países.

Durante el desarrollo del Taller se abarcaron los aspectos más fundamentales relacionados con la alimentación y salud; las metodologías de análisis de los componentes de los alimentos; los criterios de validación de los datos disponibles en la literatura o generados mediante análisis; la importancia del control de la calidad de los métodos analizados y los diversos factores involucrados en el diseño, manejo, compatibilización y renovación de bases de datos de alimentos y su fundamento de acuerdo con las necesidades de los diversos usuarios de esta información.

Como una contribución a las actividades de cooperación técnica entre los países en desarrollo, la FAO y el INTA acordaron publicar las conferencias presentadas en el Taller con el propósito de aprovechar y difundir esta valiosa información entre las personas e instituciones interesadas en promover las actividades de composición química de alimentos y contribuir al desarrollo de sus respectivos países.

Gustavo Gordillo de Anda
Subdirector General y
Representante Regional de la
FAO para América Latina y el
Caribe

Ricardo Uauy Director Instituto de
Nutrición y Tecnología de los
Alimentos (INTA)

AUTORES

1. **Héctor Araya**, Profesor Asociado, Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Area Norte, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

2. **Gary R. Beecher**, Químico Investigador, Laboratorio de Composición de Alimentos, Centro de Investigación en Nutrición Humana de Beltsville, Maryland, Servicio de Investigación Agrícola, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estados Unidos de Norteamérica.

3. **Bárbara Burlingame**, Jefa, Programa de Nutrición y Directora Ejecutiva de INFOODS. Instituto de Investigaciones en Cultivos y Alimentos, Palmerston North, Nueva Zelandia.

4. **Rolando Chateaufneuf**, Profesor Titular, Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

5. **Jean Pierre Cotier**, Jefe, Servicio de Planificación, Estimación y Evaluación de la Nutrición, Dirección de Alimentación y Nutrición, FAO, Roma.

6. **Carol S. Davis**, Químico, Laboratorio de Composición de Alimentos, Centro de Investigación en Nutrición Humana de Beltsville, Maryland, Servicio de Investigación Agrícola, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estados Unidos de Norteamérica.

7. **Saturnino de Pablo**, Profesor Asistente, Unidad de Ciencia de Alimentos, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

8. **Vivien Gattás**, Profesora Asociada, Unidad de Nutrición Clínica, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

9. **Joanne M. Holden**, Jefe de Investigación, Laboratorio de Datos de Nutrientes, Centro de Investigación en Nutrición Humana de Beltsville, Maryland, Servicio de Investigación Agrícola, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estados Unidos de Norteamérica.

10. **Peter Kastenmayer**, Investigador Principal, Nutrición de Micronutrientes, Nestec Ltda. Centro de Investigación Nestlé, Lausanne, Suiza.
11. **Lilia Masson**, Directora, Departamento de Ciencias de Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
12. **John Monro**, Investigador, Programa de Nutrición, Instituto de Investigaciones en Cultivos y Alimentos, Palmerston North, Nueva **Zelandia**.
13. **Cecilio Morón**, Oficial Principal de Política Alimentaria y Nutrición, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.
14. **Sonia Olivares**, Profesora a Asociada, Unidad de Epidemiología Nutricional, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile.
15. **Nelly Pak**, Profesora Titular, Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Area Norte, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
16. **Delia Rodríguez Amaya**, Profesora Titular, Departamento de Ciencia de Alimentos, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Universidad Estatal de Campinas, Brasil.
17. **Nalda Romero**, Instructora, Departamento de Ciencias de Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
18. **Alejandro Schejtman**, Economista Principal en Política Agrícola, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.
19. **Anita Schubert**, Químico, Laboratorio de Composición de Alimentos, Centro de Investigación en Nutrición Humana de Beltsville, Maryland, Servicio de Investigación Agrícola, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estados Unidos de Norteamérica.
20. **Willy Schüep**, Jefe, Sección de Análisis, División Vitaminas, F. Hoffmann La Roche, Basilea, Suiza.

21. **Ricardo Uauy**, Director, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

22. **Julia Vinagre**, Profesora Titular, Departamento de Ciencias de Alimentos y Tecnología Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

23. **Wayne R. Wolf**, Químico Investigador, Laboratorio de Composición de Alimentos, Centro de Investigación en Nutrición Humana de Beltsville, Maryland, Servicio de Investigación Agrícola, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estados Unidos de Norteamérica.

24. **Isabel Zacarías**, Profesora Asistente, Unidad de Ciencia de Alimentos, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile, Santiago, Chile.

ÍNDICE

CAPITULO 1

Punto de vista de la FAO sobre las actividades internacionales
relativas a la composición química de alimentos

JeanPierre Cotier..... 1

CAPITULO 2

Uso de tablas de composición de alimentos en las
intervenciones alimentarias y nutricionales

Héctor Araya.....9

CAPITULO 3

Uso de tablas de composición de alimentos a nivel de usuarios

Sonia Olivares.....21

CAPITULO 4

Situación de la seguridad alimentaria en América Latina

Cecilio Morón y Alejandro Schejtman.....29

CAPITULO 5

Hojas de balance de alimentos

Jean Fierre Cotier y Cecilio Morón.....43

CAPITULO 6

Evolución del consumo de alimentos en América Latina

Cecilio Morón y Alejandro Schejtman.....57

CAPITULO 7

Encuestas de presupuestos y gastos familiares en los estudios
alimentarios

Rolando Chateauneuf.....75

CAPITULO 8

Evaluación de la ingesta dietética

Vivien Gattás.....83

CAPITULO 9	
Métodos de evaluación dietética	
<i>Isabel Zacarías</i>	91
CAPITULO 10	
Prioridades de nutrientes y alimentos	
<i>Ricardo Uauy y Saturnino de Pablo</i>	99
CAPITULO 11	
Diseños de protocolos de muestreo	
<i>Julia Vinagre</i>	107
CAPITULO 12	
Estrategias para muestreo: el aseguramiento de valores representativos	
<i>Joanne M. Holden y Carol S. Davis</i>	115
CAPITULO 13	
Calidad de métodos analíticos	
<i>Julia Vinagre</i>	137
CAPITULO 14	
Métodos analíticos para la determinación de humedad, alcohol, energía, materia grasa y colesterol en alimentos	
<i>Lilia Masson</i>	147
CAPITULO 15	
Métodos de análisis para la determinación de nitrógeno y constituyentes nitrogenados en alimentos	
<i>Nalda Romero</i>	165
CAPITULO 16	
Análisis de fibra dietética	
<i>Nelly Pak</i>	177
CAPITULO 17	
Análisis de vitaminas en alimentos	
<i>Willy Schüep</i>	189

CAPITULO 18	
Análisis de carotenoides	
<i>Delia Rodríguez Amaya</i>	231
CAPITULO 19	
Sistema para evaluar la calidad de los datos publicados de nutrientes: selenio, un caso de prueba	
<i>Joanne M. Holden, Anita Schubert, Wayne R. Wolf y Gary R. Beecher</i>	243
CAPITULO 20	
Análisis de minerales y elementos traza en alimentos	
<i>Peter Kastenmayer</i>	271
CAPITULO 21	
Armonización y colaboración internacional en actividades de composición de alimentos	
<i>Barbara Burlingame</i>	295
CAPITULO 22	
Desarrollo de sistemas de manejo de base de datos de composición de alimentos: la experiencia de Nueva Zelanda	
<i>Barbara Burlingame</i>	309
CAPITULO 23	
Imágenes en las bases de datos: una documentación esencial	
<i>Barbara Burlingame</i>	321
CAPITULO 24	
Carbohidratos y componentes alimentarios relacionados: identificadores de INFOODS, significados y usos	
<i>John Monro y Barbara Burlingame</i>	327

CAPITULO 1

PUNTO DE VISTA DE LA FAO SOBRE LAS ACTIVIDADES INTERNACIONALES RELATIVAS A LA COMPOSICION QUIMICA DE ALIMENTOS

Jean Fierre Cotier

ANTECEDENTES

Las Naciones Unidas conmemoraron en 1995 un cincuentenario especial. En octubre de 1945 se creó el primero de sus organismos especializados: la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Desde su establecimiento, la necesidad de datos sobre composición de alimentos fue fundamental. La FAO recurrió a estos datos en la fase inicial de la elaboración de las encuestas alimentarias mundiales. Entonces como ahora, el apoyo a la planificación y producción agrícolas dependía del conocimiento del contenido de los alimentos, en lo que respecta a los nutrientes necesarios para mantener la salud. La información sobre los componentes de los alimentos ha sido siempre importante para el control de la calidad de los alimentos frescos y elaborados. Asimismo, los datos sobre composición de alimentos son esenciales para prestar asistencia a los organismos públicos que han de evaluar el estado nutricional de poblaciones y grupos con necesidades fisiológicas especiales.

La publicación y divulgación por las Naciones Unidas de tablas de composición de alimentos se inició en 1949, cuando la FAO publicó la primera de sus "tablas de composición de alimentos para uso internacional". Estas descripciones de la composición de los alimentos cumplieron en esa época una función importante. Con el

progreso de la ciencia sobre necesidades de nutrientes, así como el mayor conocimiento de los motivos de la variabilidad en el contenido de los alimentos, se evidenció la necesidad de datos más detallados. La Organización empezó a preparar tablas regionales de composición de alimentos para Asia, Africa, América Latina y el Cercano Oriente. A finales del decenio de 1970, la FAO redujo sus actividades en este ámbito una vez concluida la serie de tablas para el mundo en desarrollo, pero estas publicaciones siguen utilizándose ampliamente.

Entre las actividades de las Naciones Unidas relacionadas con la composición de alimentos se incluye también el establecimiento de la red internacional de sistemas de datos sobre alimentos (INFOODS). Esta red se creó en 1984 bajo los auspicios de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU). Desde entonces, se ha dedicado a establecer centros regionales y proporcionar apoyo técnico para la obtención y divulgación de datos sobre composición de alimentos.

En el decenio de 1990, el aumento de las aplicaciones de la información sobre composición de alimentos, así como la necesidad de datos más abundantes y precisos para formular políticas y hacer frente a las preocupaciones sanitarias han puesto de relieve la importancia de redoblar los esfuerzos para promover actividades y programas relacionados con la composición de alimentos. En la actualidad, tienden a aumentar en todo

el mundo las oportunidades para llevar a cabo actividades sobre composición de alimentos, asociadas con una aplicación más amplia de estos datos. Los usos de los datos incluyen, además de las aplicaciones tradicionales y todavía cruciales, la evaluación de la suficiencia de las dietas y la investigación de la relación entre dietas y salud. Abarcan ámbitos como el comercio mundial, el etiquetado de los alimentos, la elaboración de productos alimenticios y la información a los consumidores.

Es imprescindible renovar los esfuerzos y la cooperación. La FAO y la UNU están colaborando estrechamente para promover la labor relacionada con la composición de alimentos sobre la base de las actividades de la red INFOODS encaminadas a generar, recopilar y divulgar datos de buena calidad que permitan satisfacer diversas necesidades de los usuarios.

La colaboración FAO/UNU se inició con una reunión sobre composición de alimentos celebrada en Túnez en marzo de 1994, en la que se reconoció que la cooperación internacional podría facilitar el acceso a datos fiables y representativos y asegurar la compatibilidad entre éstos. En esta reunión, a la que asistieron participantes de gobiernos, instituciones académicas, la industria y organizaciones no gubernamentales, se examinaron muchas cuestiones. En la reunión se expresó un firme consenso con respecto a una red de instituciones colaboradoras en

materia de composición de alimentos, en particular el plan de cooperación de INFOODS a nivel nacional, regional e internacional, y recomendó que se mantuviera la orientación regional de la labor conjunta de las instituciones colaboradoras. La FAO promoverá la cooperación interregional e intrarregional basadas en el fortalecimiento de la capacidad nacional. Por consiguiente, impulsará las actividades locales de control de la composición de alimentos y alentará el establecimiento de relaciones directas de trabajo entre instituciones regionales. La INFOODS se ha orientado a promover centros regionales y prestar apoyo técnico con el fin de alcanzar los objetivos relacionados con la recopilación y divulgación de datos.

SITUACION GENERAL

La Conferencia Internacional sobre Nutrición (CIN), patrocinada conjuntamente por la FAO y la OMS y celebrada en diciembre de 1992 en Roma, subrayó la importancia permanente de la información sobre la composición de alimentos para formular políticas y programas destinados a mejorar la nutrición. En la Conferencia se destacó la importancia decisiva de los datos sobre composición de alimentos para la actividades relacionadas con la nutrición y la salud en todo el mundo.

Además, los usos más recientes de los datos sobre composición de alimentos

han estimulado el interés por este tema. Estos nuevos usos incluyen aplicaciones comerciales, comercialización y directrices internacionales en materia de regulación.

Esta es una ocasión única para lograr un apoyo más amplio a la labor relacionada con la composición de alimentos, que abarca desde la industria alimentaria hasta los grupos de consumidores. Los consumidores de todos los países desean información más detallada sobre el valor nutricional de los alimentos, y este interés se ha traducido en una amplia legislación acerca de la información sobre requisitos nutricionales de los alimentos, buscando nuevas formulaciones de alimentos con las recomendaciones sanitarias vigentes, lo que a su vez ha exigido información sobre composición de alimentos e ingredientes.

Al mismo tiempo, la naturaleza de la elaboración de alimentos y la expansión prevista del comercio alimentario mundial como resultado de los nuevos acuerdos comerciales han aumentado la probabilidad de que aumente el comercio de alimentos y el intercambio de alimentos e ingredientes a través de las fronteras internacionales. Por consiguiente, se ha puesto de manifiesto la necesidad de datos sobre composición de alimentos con fines de etiquetado, de regulación y de otro tipo, lo que sin duda exigirá que los organismos internacionales ayuden a elaborar programas y directrices con respecto a estas actividades.

Reconociendo que la labor relacionada con la composición de alimentos puede suponer una pesada carga financiera, especialmente para los países en desarrollo o en transición que se enfrentan a limitaciones presupuestarias especialmente graves, la FAO impulsa la colaboración regional en un esfuerzo por reducir los costos a medida que aumenta la necesidad de datos sobre composición de alimentos. Al mismo tiempo, la Organización considera que esta cooperación da mejores resultados cuando existe una capacidad nacional efectiva. Por tanto, en lugar de mantener una base central de datos sobre composición de alimentos, la FAO promoverá programas nacionales de diversas maneras.

En primer lugar, desde el punto de vista operacional, es necesario un criterio amplio con respecto a los posibles usuarios de la información sobre composición de alimentos cuando se establecen y consolidan programas nacionales. Puede que un planteamiento centrado únicamente en sistemas complejos de gestión de datos no satisfaga las necesidades de muchos usuarios de países en desarrollo donde estos sistemas de datos son difíciles de mantener a lo largo del tiempo. Por tanto, en los próximos años será necesario una combinación de sistemas de recolección, procesamiento y divulgación de información.

Además, aunque se precisan datos exactos para mostrar las relaciones entre alimentos y estado nutricional y programar intervenciones, cumplir las

normas reglamentarias, y etiquetar debidamente los alimentos y prestar asistencia en la formulación de productos, es necesario que la obtención de nuevos datos sobre composición de alimentos se compense con su valor en función de los costos, dado que los recursos son muy limitados. Deberá examinarse el uso específico de los nuevos datos, junto con los costos para alcanzar la calidad necesaria. Una descripción más detallada del contenido de un alimento no siempre equivale a una labor más precisa, en cuyo caso puede que el beneficio no compense el costo. Sólo deberá buscarse la información sobre composición de alimentos que sea estrictamente necesaria para realizar las actividades requeridas, de manera que los recursos escasos puedan ser bien utilizados. Durante los últimos veinte años se han introducido mejoras espectaculares en la precisión y validez de los métodos de análisis, que a menudo han suscitado dudas sobre la exactitud y validez de los resultados analíticos anteriores. Teniendo en cuenta la aplicación más amplia de los datos de composición de alimentos, así como la constante preocupación por la salud pública, puede estar justificado proceder a nuevos análisis de los alimentos utilizando los nuevos procedimientos y métodos para obtener valores analíticos más precisos.

Al iniciar y perfeccionar programas nacionales sobre composición de alimentos, habrán de fomentarse los vínculos con los sistemas existentes y complementarios. En concreto, resulta

claramente ventajoso por lo que respecta a los recursos vincular en la medida de lo posible estos programas a las actividades en curso relacionadas con el control de alimentos, incluidas las instalaciones de laboratorio; especialmente cuando los materiales y recursos humanos son limitados. En muchos casos, la obtención de datos sobre composición de alimentos se considera una labor exclusiva de las universidades y centros de investigación. Sin embargo, en muchos países en desarrollo estas instituciones suelen estar mal equipadas y financiadas, mientras que los sistemas de control de alimentos están relativamente bien implementados y disponen a menudo de amplios conocimientos técnicos. En el curso de los años la FAO ha proporcionado un volumen considerable de asistencia a programas de control de alimentos. Desde 1986 ha distribuido más de 7 millones de dólares EE.UU. para mejorar instalaciones y fortalecer la capacidad analítica en más de 20 países. La Organización ha preparado también diversos manuales y directrices que abarcan casi todos los aspectos del control de los alimentos y el análisis de laboratorio conexas. Esta capacidad puede utilizarse en gran medida en actividades relacionadas con la composición de alimentos y representa un recurso importante para potenciar programas de composición de alimentos.

A nivel internacional, es necesario aumentar la coordinación y normalización para armonizar los diferentes

sistemas que utilizan datos sobre composición de alimentos a fin de mejorar su intercambio. La compatibilidad de las bases de datos es esencial para reducir los gastos asociados con la obtención y mantenimiento de datos sobre composición de alimentos a nivel mundial y ayudar a los países en desarrollo a reducir los gastos necesarios para obtener datos fiables. La colaboración FAO/UNU puede servir de marco para coordinar las actividades en futuros programas.

ACTIVIDADES DE LA FAO

La estrategia elaborada por la FAO prevé un modelo regional de acción que permite el control local de las actividades relacionadas con la composición de alimentos y promueve el establecimiento de relaciones directas de trabajo. Se basa en la comunicación y el control de la calidad y tiene como objetivo generar, divulgar y promover el uso de información de alta calidad sobre composición de alimentos entre especialistas, investigadores y responsables de la formulación de políticas. En general, el modelo deberá: i) promover la obtención y distribución de datos; ii) facilitar el establecimiento y revisión de normas y criterios; y iii) impulsar la creación de comités integrados por representantes de gobiernos e instituciones que supervisen los procedimientos y las prioridades.

La FAO desempeñará una función de coordinación, intensificando su labor en el ámbito de la composición de alimentos. La Organización está en una buena posición para llevar a cabo este cometido por diversas razones. La FAO ha recibido de las Naciones Unidas el mandato de llevar a cabo actividades que abarcan todos los sectores relacionados con la alimentación a nivel nacional, y que incluyen el comercio alimentario, la calidad de los alimentos y los códigos del Codex Alimentarius. El Codex es un conjunto de normas alimentarias convenidas internacionalmente que ofrece directrices y principios relativos a la producción, manipulación, etiquetado y transporte de alimentos con el fin de asegurar la calidad e inocuidad de éstos a los consumidores de todo el mundo. Habida cuenta de las directrices sobre inocuidad y etiquetado de los alimentos que ha establecido, el Codex puede desempeñar una función considerable en las nuevas iniciativas relacionadas con la composición de los alimentos, especialmente en lo que respecta a los nuevos acuerdos comerciales y a la expansión del comercio. La FAO tiene también amplias atribuciones internacionales en lo que se refiere a cuestiones relacionadas con los alimentos que exigen datos sobre su composición y ha publicado tablas de datos ampliamente utilizadas en los países en desarrollo. Otra cuestión igualmente importante es que la FAO cuenta con un sistema bien arraigado de comunicaciones con los

gobiernos nacionales y organismos regionales y tiene una amplia experiencia en la adopción de medidas para encontrar soluciones que requirieran un foro abierto.

Para ayudar a los países y regiones a realizar estas importantes actividades, la FAO se propone:

- a) promover y ampliar actividades en centros nacionales, regionales e internacionales con el fin de aumentar la capacidad de análisis, incluido el establecimiento de vínculos con programas de control de alimentos;
- b) ayudar a establecer normas relativas a terminología, procedimientos de muestreo, manipulación de muestras, métodos de análisis y comprobaciones de la calidad de los datos, con el fin de conseguir una red más compatible y armoniosa entre regiones;
- c) fomentar la divulgación y uso apropiado de los datos; y
- d) promover el fortalecimiento de las instituciones y la capacitación de su personal.

En la actualidad, se están celebrando reuniones regionales con apoyo de la FAO para determinar las necesidades en lo que respecta al fortalecimiento de los programas nacionales de obtención de datos y alentar la colaboración

regional y el establecimiento de vínculos con actividades de control de alimentos. También se están indicando los obstáculos para la labor y colaboración en este ámbito. Varias de estas reuniones se celebrarán conjuntamente con la UNU con el fin de promover simultáneamente la red INFOODS. Recientemente se han celebrado seminarios en el Africa anglófona, Europa oriental y el Africa occidental francófona. Asimismo se han efectuado reuniones en 1995 en América del Sur, China y la región árabe.

Los principales problemas determinados en el seminario del Africa anglófona estaban asociados con instalaciones de laboratorio insuficientes, falta de personal capacitado y falta de fondos. También se subrayó la insuficiente capacidad técnica para manejar las bases de datos sobre composición de alimentos. Otro importante motivo de preocupación fue la falta de sensibilidad entre los encargados de tomar decisiones acerca de la importancia de los datos sobre composición de alimentos. En muchos casos, ésta era la principal razón de la falta de políticas y apoyo financiero. En el seminario del Africa francófona se señalaron también los problemas de la comunicación con los órganos decisorios. Sin embargo, en el caso de esta reunión regional se citaron numerosos ejemplos de programas de composición de alimentos que facilitaban datos a los exportadores. Este servicio retribuido se utilizaba para apoyar y fortalecer programas. También facilitaba la

posible interconexión entre la industria alimentaria, el control de alimentos y los programas de composición de alimentos. Además, se destacó la importancia decisiva de la capacitación y el equipamiento, así como la necesidad de acordar y aplicar estrategias armonizadas de gestión. El seminario de Europa oriental se centró también en la necesidad de procedimientos comunes para obtener y describir datos. Se pidieron cursos de capacitación destinados a actualizar los conocimientos tanto del personal como de los administradores.

La FAO está preparando también un manual orientativo que podrá utilizarse para establecer programas de composición de alimentos en países en desarrollo. El manual es una guía para iniciar y mantener actividades tanto analíticas como administrativas. Por tanto, va dirigido al personal, a los encargados de formular políticas y a los administradores de países en desarrollo donde es necesario fortalecer los sistemas para obtener y utilizar datos y donde los recursos son con frecuencia muy limitados. El objetivo es proporcionar información sobre la planificación, organización, aplicación y mantenimiento de actividades determinando los problemas y las decisiones necesarias en relación con las necesidades de datos, recursos, planes de trabajo y administración de proyectos. Se incluirán protocolos apropiados con detalles suficientes para que el analista pueda obtener datos precisos y fiables.

Se hará hincapié en la vinculación de los objetivos locales en lo que respecta a la composición de alimentos con estrategias y métodos adecuados.

Los planes de la FAO a más largo plazo incluyen la prestación de asistencia para la formulación y aplicación de directrices sobre terminología, muestreo, metodología analítica y calidad de los datos con el fin de asegurar la precisión de éstos y hacerlos más compatibles con los de otras regiones. La Organización tiene también la intención de promover tanto las oportunidades de capacitación como actividades de obtención, divulgación y uso apropiado de los datos eficaces en función de los costos.

Para concluir, estas iniciativas y la colaboración en curso entre la FAO y la ONU tienen por objeto fomentar y estimular un intercambio más amplio de datos y análisis adicionales de alimentos en diferentes países del mundo. Esta labor de colaboración se basa en el reconocimiento de que los recursos para los programas de composición de alimentos están disminuyendo al mismo tiempo que aumenta cada vez más la importancia de los datos de composición de alimentos para formular políticas y comprender la función de la nutrición en la salud y las enfermedades, así como su mayor importancia para fomentar el comercio mundial y satisfacer las necesidades de información de los consumidores.

CAPITULO 2

USO DE TABLAS DE COMPOSICION DE ALIMENTOS EN LAS INTERVENCIONES ALIMENTARIAS Y NUTRICIONALES

Héctor Araya

INTRODUCCION

La comprensión de la importancia que tiene la composición química de los alimentos en la definición de su valor nutritivo data de fines del siglo pasado. Atwater, en 1894, estableció que "esta información era indispensable para mejorar el presupuesto familiar". Al mismo tiempo este conocimiento posibilitó el desarrollo de los primeros conceptos acerca de la relación entre la dieta y la salud de la población, iniciándose las primeras investigaciones sistemáticas tendientes a estudiar los requerimientos nutricionales del ser humano. Siguiendo esta línea de pensamiento, Widowson y Mc Cance, citados en el texto sobre composición de alimentos de Greenfield y Southgate, postulan que "el conocimiento de la composición química de los alimentos es el primer paso esencial en el tratamiento dietético de la enfermedad y en cualquier estudio nutricional cuantitativo". Es necesario a su vez agregar que no es sólo un requisito para el tratamiento sino que también para lograr la prevención de la enfermedad.

En la actualidad, una de las preocupaciones fundamentales de los expertos en nutrición es la de establecer relaciones entre el tipo de dieta consumida por la población y la prevalencia e incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles. En este sentido, durante largo tiempo el énfasis radicó en conocer la composición de nutrientes de los alimentos y en el último tiempo cobra cada vez más importancia la composición química de

los no nutrientes. El otro objetivo central sigue siendo la identificación de los nutrientes que están en déficit en la dieta de las poblaciones.

De acuerdo a los avances en el conocimiento alimentario nutricional, los gobiernos de los países en desarrollo han diseñado y aplicado intervenciones alimentarias y nutricionales destinadas a mejorar el suministro de nutrientes en la dieta de las poblaciones y así disminuir la incidencia y prevalencia de las enfermedades relacionadas con la nutrición. Estas intervenciones requieren necesariamente de una línea de base que corresponde al consumo de nutrientes por parte de la población objetivo. La composición química de los alimentos es un elemento clave para llegar a establecer esta línea de base.

Las intervenciones nutricionales que se aplican son diversas y abarcan diferentes aspectos que contribuyen a mejorar la alimentación y nutrición de la población. Entre las más frecuentes se pueden señalar a:

- los programas alimentarios
- la fortificación de los alimentos
- la educación alimentaria
- la formulación y elaboración de alimentos de alto valor nutritivo y bajo costo (multimezclas)
- el mejoramiento genético de los alimentos
- el establecimiento de guías alimentarias
- el etiquetado nutricional de los alimentos

Para establecer cualquiera de estas intervenciones alimentarias y nutricionales, es necesario conocer la composición nutricional de la dieta de la población. A continuación se analizan los diversos factores que es necesario considerar para lograr una adecuada aplicación de la información de la composición química de los alimentos al estudio del contenido de nutrientes y no nutrientes en la dieta de la población.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA APLICACION DE LA COMPOSICION QUIMICA DE LOS ALIMENTOS AL ESTUDIO DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA DIETA DE LAS POBLACIONES

1. Aspectos culturales de la población

Los procedimientos que se emplean para recolectar y codificar la información dietética y la selección de una base de datos apropiada para convertir la ingesta dietética en ingesta de nutrientes son importantes para la obtención de una información confiable. En este sentido, es conveniente enfatizar los problemas que surgen cuando se realizan estudios en grupos de la población con una cultura y lengua específica y diferente.

Es importante considerar, durante la recolección de la información dietética, la denominación que los diferentes grupos étnicos dan a los alimentos y las técnicas culinarias que emplean en su preparación.

Se debe tener un cuidado especial cuando se recolecta la información en términos de preparaciones dietéticas, por ejemplo la referente a los guisos. En éstos pueden cambiar los ingredientes de acuerdo a la cultura del grupo en estudio.

En consecuencia, el sistema de datos debe tener incorporada la terminología que los grupos con etnias diferentes otorgan a los alimentos y la composición de los alimentos ya preparados con la técnica culinaria utilizada por este grupo poblacional.

También cobra relevancia el estudio de la composición química de los alimentos autóctonos que en América Latina son consumidos tradicionalmente por algunos sectores de la población, especialmente los que viven en las zonas rurales.

2. Tecnología analítica

El avance en la tecnología analítica ha sido vertiginoso en los últimos años, basta sólo mencionar el desarrollo y las múltiples aplicaciones de los métodos de cromatografía líquida de alta presión, cromatografía gaseosa, espectrofotometría de absorción atómica, espectroscopia de masa, fluorimetría.

Este progreso ha permitido el análisis de los nutrientes con una mayor exactitud y precisión, y ha mejorado la información acerca de los no nutrientes que son necesarios para comprender el valor de los alimentos en relación con la salud de la población.

Cuando se trate de un sistema de datos que por un largo período de tiempo ha incorporado los análisis químicos realizados en los alimentos, es necesario disponer de criterios uniformes y aceptados para decidir si los métodos antiguos proporcionan resultados similares a los obtenidos con la tecnología moderna. En caso contrario será necesario eliminar esta información, especialmente cuando las diferencias entre los resultados sean muy altas. En este sentido es imprescindible poder discriminar si las diferencias evidenciadas se deben explicar por una diferente metodología analítica o bien se debe al cambio en las variedades de los alimentos consumidos.

3. Cantidad y variedad de la información de las tablas

En las tablas de composición química de los alimentos existentes en los países de la región, el número de alimentos y nutrientes analizados y también de compuestos no nutrientes incluidos, es uno de los factores más limitantes para estudiar el aporte nutritivo de la dieta. En relación a los nutrientes que se incluyen en las tablas, se evidencia una falta de información especialmente en vitaminas y minerales, y a menudo los profesionales tienen que usar las tablas de composición elaboradas en los países desarrollados. Esta información puede diferir bastante de la composición química de los alimentos producidos en los países en desarrollo, debido a la utilización de distintas variedades de alimentos. Por otra parte, en los países

desarrollados frecuentemente los alimentos son fortificados, lo que adiciona otro componente que contribuye a que la composición química de los alimentos sea distinta.

Si bien en los macronutrientes se dispone de la información, en el caso de las proteínas es necesario incluir las concentraciones de los aminoácidos, principalmente de los esenciales, con el propósito de ayudar a conocer la calidad de la proteína. En lo que corresponde a las grasas es imprescindible comunicar la concentración de los ácidos grasos que las constituyen debido al efecto que su ingesta tiene sobre la salud de la población. Más aún, en el caso de los ácidos grasos poliinsaturados es necesario determinar si son isómeros trans o cis, debido al distinto efecto biológico que estos isómeros producen en el organismo y a la relación del consumo de ácidos grasos trans con el desarrollo de la aterosclerosis. En general la información sobre estos nutrientes es incompleta en las tablas de la región y es imprescindible emprender las acciones para subsanar este déficit. Con respecto a los compuestos denominados no nutrientes, la información actual es aún más incompleta que la de los nutrientes y en el mejor de los casos es posible encontrar la concentración de colesterol y de fibra dietética.

En cuanto a la variedad de alimentos que incluyen las tablas, existe evidencia de la necesidad de incluir un mayor número y así reflejar la gran variedad de productos que se consumen en la actualidad, consecuencia directa del avance en la

tecnología de los alimentos y en el mercadeo y comercialización de estos productos. Por otra parte, existe un consumidor que exige en forma cada vez más creciente una oferta más variada de alimentos.

Es importante enfatizar que en la etapa actual del conocimiento nutricional se promueve que existan soluciones dietéticas no sólo para la prevención de los déficits nutricionales, sino también para aquellas enfermedades no transmisibles relacionadas con la nutrición. En este sentido se requiere de información sobre una gran variedad de nutrientes y no nutrientes cuyos consumos se asocian con una disminución de estas enfermedades crónicas no transmisibles.

4. Variabilidad regional

Existe consenso en los expertos en nutrición y alimentación acerca de la importancia de tomar en cuenta la región en que el alimento se produce, cuando se informa sobre la composición química de los alimentos. Este tema ha adquirido relevancia, especialmente cuando se trata de la composición de microminerales en un alimento.

En efecto, la concentración de estos nutrientes depende en gran parte de la concentración de microminerales del suelo en que se ha cultivado o producido el alimento. Un ejemplo que ilustra esta relación lo constituye el contenido de selenio de los huevos de gallina producidos en Chile (Cuadro 1).

Se observaron diferencias en el contenido de selenio en las muestras de huevos obtenidos en las distintas regiones del país. Los mayores niveles se presentaron en la II Región, Iquique, y los menores en la IX Región (zona de Temuco). También es conocida la mayor concentración de yodo de los alimentos producidos en zonas aledañas al mar con respecto a los que se producen a distancias lejanas. Esta concentración más baja de yodo en las regiones cordilleranas de los Andes es un factor etiológico de la alta prevalencia de bocio endémico en los habitantes de América Latina.

Los resultados descritos son un ejemplo que ilustra cómo debiera difundirse la información existente en el sistema de datos sobre composición de alimentos. En el caso específico de los microminerales es imprescindible identificar el origen regional de los alimentos consumidos por la población y especificar el valor correspondiente, independiente de la información promedio que habitualmente se comunica.

5. Actualización de la información

La composición química de los alimentos consumidos en un país experimenta cambios a lo largo del tiempo. Esta situación se explica por los avances que se han logrado en el desarrollo genético de nuevas variedades de alimentos y por los nuevos procesos tecnológicos que se aplican en la elaboración de los productos alimentarios.

Cuadro 1
Contenido de selenio (mg/kg) en yema y clara de huevos
provenientes de 5 áreas geográficas de Chile

Areas	Nº*	Selenio en la clara	Selenio en la yema
Extremo Norte	14	1,09 + 0,50	1,10 + 0,49
Norte	3	0,69 ±0,11	0,64 ± 0,08
Central	5	0,59 ±0,17	0,55 ±0,21
Sur	12	0,55 ±0,26	0,58 ± 0,20
Extremo Sur	7	0,82 ±0,25	0,90 ± 0,47
Todos	41	0,79 ±0,41	0,81 ±0,43

* Número de localidades. *Fuente:* M. Ruz y cols.

Por otra parte, un país puede cambiar la suficiencia alimentaria, por ejemplo de ser un importador de trigo o leche, cambiar su situación a la de un país que se autoabastece. Estas consideraciones apoyan la necesidad de ir modificando la información de la composición química y no sólo adicionar la nueva información a la ya existente. Esta decisión implica un diagnóstico complejo de la información y se constituye en un elemento clave en la estructuración de un sistema de datos actualizado.

6. Alimentos procesados

Es impracticable disponer de una composición química estandarizada de los alimentos procesados. Este hecho se explica porque en el mercado están presentes alimentos elaborados por diversas industrias. Se sabe que las condiciones de los procesos son

específicos y cambian a través del tiempo, lo que tiene un efecto importante sobre la composición química de los alimentos y es difícil generalizar una composición común. Por otra parte, los ingredientes que conforman el alimento pueden también variar. Por lo tanto, es necesario incluir en la base de datos la información de los productos alimentarios, identificando su marca comercial, situación que puede conllevar aspectos legales a resolver,

7. Nuevos alimentos destinados a prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles

En los países desarrollados, la industria alimentaria está haciendo los estudios pertinentes para diseñar y producir alimentos denominados diseñados o funcionales, los que están destinados a la prevención de las enfermedades crónicas

no transmisibles. Los alimentos funcionales han sido desarrollados en Japón. Los diseñados se han estudiado en el Instituto Nacional del Cáncer (EE.UU.) y posteriormente ha participado la industria de alimentos. Estos alimentos se definen como saludables y tienen incorporados no nutrientes o nutrientes que han demostrado tener algún efecto beneficioso para la salud de la población: fibra dietética, aceite de ajo, compuestos azufrados presentes en las crucíferas, flavonoides, etc.

El desarrollo de estos productos se va a incrementar en los próximos años y se van a introducir al mercado alimentario de los países en desarrollo. Este hecho es un desafío para los que elaboran las bases de datos, ya que estos alimentos incluyen frecuentemente compuestos del tipo no nutrientes, para los cuales es necesario implementar una metodología analítica compleja, la que actualmente es de difícil obtención y aplicación en los países en desarrollo.

INTERVENCIONES NUTRICIONALES

Previamente se ha analizado los diversos factores que es necesario considerar para aplicar la información de la composición química de los alimentos en la caracterización nutricional de la dieta y en la identificación de los déficit o excesos atribuibles a determinados nutrientes. Una vez establecido el diagnóstico nutricional y alimentario, es posible diseñar y aplicar intervenciones

nutricionales tendientes a mejorar los déficit nutricionales de dicha población y a disminuir los riesgos de enfermedades crónicas no trasmisibles relacionadas con la nutrición.

Por lo tanto, es necesario también analizar la utilización de la información sobre composición de los alimentos en algunas intervenciones de índole nutricional alimentaria

Educación alimentaria

La educación alimentaria es ciertamente la intervención que requiere esencialmente del conocimiento del valor nutritivo y saludable de los alimentos; y por lo tanto del uso adecuado del sistema de datos de composición de los alimentos. La promoción de una alimentación equilibrada y saludable es una intervención que puede adquirir diversas formas. Puede hacerse a nivel individual, familiar, grupal y a toda la población. Cualquier modalidad que adopte, requiere del uso intensivo de las tablas de composición de alimentos actualizada y con información a nivel nacional.

Etiquetado nutricional de los alimentos

Un uso importante de los sistemas de datos sobre composición química de los alimentos está asociado con el establecimiento de la legitimidad de la información del etiquetado o de la publicidad comercial. Por ejemplo, un

alimento que es etiquetado como una buena fuente de un nutriente debe cubrir al menos un 10% de la recomendación diaria con respecto a ese nutriente en una porción de consumo habitual. También existen etiquetados que informan acerca de un alimento con bajo contenido en sodio o colesterol o energía. Los valores utilizados para estos tipos de etiquetado en alimentos procesados se deben basar en un sistema de datos confiable.

La información sobre la composición química de los alimentos se utiliza en la declaración de nutrientes que es parte fundamental del etiquetado nutricional de un alimento, al que no se le haya adicionado algún nutriente. En EE.UU. se permite el empleo de esta información siempre que el sistema de datos la haya estandarizado y se tenga la seguridad que no se traducirá en una información equivocada al consumidor.

Los industriales pueden emplear las tablas para comparar sus productos con otros alimentos similares o contribuir con su propia información a un sistema que servirá a las autoridades para evaluar la veracidad de la información del etiquetado nutricional.

En el Gráfico 1 se ilustra en forma específica la aplicación de la composición química de los alimentos al etiquetado nutricional.

Otro elemento clave del etiquetado de los alimentos es la definición de la porción de consumo habitual de cada alimento, ya que la información sobre

cobertura de las necesidades nutricionales se expresa por esta porción.

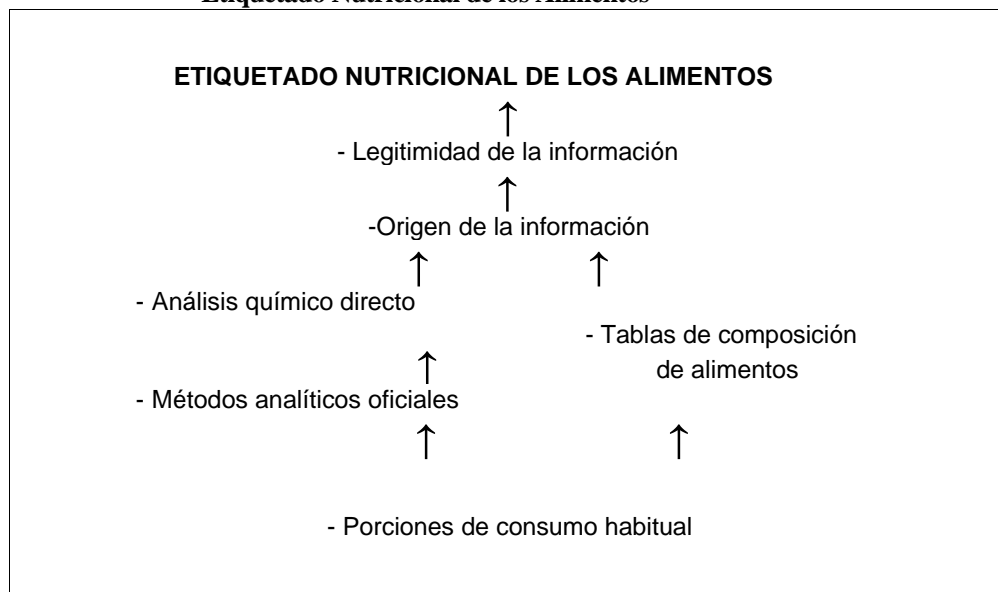
Se conoce que éste es uno de los aspectos deficitarios de las tablas de composición de alimentos, salvo en las de los países desarrollados, donde la composición también se expresa por porción habitualmente consumida.

Por otra parte, en el sistema de datos es necesario disponer de información especialmente dirigida a esta intervención de tal manera de evitar análisis repetitivos cuyo costo recae al final en el consumidor.

Publicidad comercial de los alimentos

La publicidad comercial que enfatiza la relación entre el consumo de un alimento y la prevención del déficit de nutrientes o de la prevención de las enfermedades crónicas no transmisibles, es en la actualidad uno de los aspectos más importantes del mercadeo de los alimentos y existe consenso que es un tema que va a adquirir cada vez más relevancia. Los gobiernos a través de organismos técnicos tienen que evaluar los mensajes publicitarios y tienen la facultad de autorizar o no dicha propaganda. Estos organismos hacen uso, entre otros instrumentos, de las tablas de composición de alimentos para evaluar si el mensaje publicitario es adecuado o proporciona una información errada al consumidor.

Gráfico 1
Etiquetado Nutricional de los Alimentos



Programas alimentarios e institucionales

Uno de los usos más importante de las tablas de composición de los alimentos en los programas alimentarios institucionales es en las etapas de planificación y evaluación de la alimentación que se otorga a los beneficiarios. En Chile los programas que entregan alimentos en los centros abiertos o jardines infantiles que atienden a los preescolares y las escuelas que proporcionan alimentación a los escolares, están atendidos directamente por la empresa privada de alimentos.

En la planificación del proyecto alimentario, el personal técnico de las empresas utiliza la Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos. Por lo tanto, un sistema de datos confiable y

completo es una condición indispensable para mejorar la calidad nutricional de la alimentación que se ofrezca a los beneficiarios.

A nivel de supervisión por parte de la Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas, organismo encargado del programa a escolares y de la Junta Nacional de Jardines Infantiles y Fundación INTEGRA para los preescolares, es fundamental el uso de las tablas no sólo para sus actividades de control sino también de planificación.

Una situación que se ha detectado en la alimentación institucional es que se utiliza una gran variedad de alimentos que son elaborados por las empresas exclusivamente para estos programas. Dada la gran cobertura de estos programas, y para lograr un mejor control

de la calidad nutricional, es necesario incluir la información de la composición química de estos productos en el sistema de datos nacional. Para lograrlo la información debe pasar por el análisis de la calidad de la información proporcionada por el industrial. En la actualidad se da fe a la información sobre composición química del producto que se incluye en la ficha técnica que adjunta la empresa que proporciona la alimentación.

Es evidente que el mismo análisis realizado en la alimentación de los programas es posible extenderlo a otro tipo de alimentaciones institucionales como las de los hospitales, prisiones, hogares de ancianos, fuerzas armadas y empresas.

Fortificación de los alimentos

La fortificación de los alimentos es una de las intervenciones alimentarias más frecuentes y se aplica esencialmente a la solución de los déficit de micronutrientes y de calcio, existentes en la población, o bien cuando se requiere aumentar la ingesta de un nutriente para prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles. Se caracteriza por ser una solución de bajo costo, rápida y eficiente.

Para que tenga éxito es necesario conocer, entre otros factores, cuál es la biodisponibilidad del compuesto adicionado en el alimento que va a actuar como vehículo de la fortificación. La información de las tablas debería extenderse a comunicar la biodis-

ponibilidad de los nutrientes en los alimentos consumidos habitualmente por la población.

En la actualidad, en el mercado nacional, existe un número importante de alimentos fortificados. En consecuencia es importante, que las tablas comuniquen, en una sección especial, la composición química de los alimentos fortificados.

Esta recomendación contribuirá a mejorar el conocimiento del suministro de nutrientes a la población y evitaría los frecuentes errores, como aplicar información generada en otros países referida a alimentos fortificados al homólogo consumido en el país pero que no está fortificado. Este hecho ocurre debido a que en la tabla de composición de alimentos que se ha consultado no se explícita la fortificación del alimento.

En cualquier definición de políticas alimentarias y nutricionales y en las acciones específicas en que se expresan, es imprescindible disponer de un sistema de datos confiable, actualizado y de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Por lo tanto, las actividades tendientes a lograrlo deben constituirse en un programa técnico que debe tener una alta prioridad nacional. Este argumento se sustenta no sólo como ya se ha descrito en la protección de la salud de la población sino que puede constituir una poderosa herramienta para mejorar la competitividad de los países de la región en una economía globalizada y por ende altamente competitiva en el comercio de

los alimentos, sustento esencial de la economía de los países en desarrollo.

BIBLIOGRAFIA

1. Byers, T. and Guerrero, N. 1995. Epidemiologic evidence for vita-min C and vitamin E in cancer prevention. (Am. J. Clin. Nutr. 62 (Suppl):1385S-1392S).
2. Ferro-Luzzi, A. and Branca, F. 1995. Mediterranean diet, Italian-style: prototype of a healthy diet. (Am. J. Clin. Nutr. 61 (Suppl): 1338S-1345S).
3. Freudenheim, J.L. 1993. A review of study designs and methods of dietary assesment in nutritional epidemiology of chronic diseases. (J.Nutr. 123:401-405).
4. Kohlmeier, L. and Hastings, S. 1995. Epidemiologic evidence of a role of carotenoids in cardiovascular disease prevention. (Am. J. Clin. Nutr. 62 (Suppl): 1370S -1376S).
5. Purvis, G.A. 1994. Food composition information: me food industry's perspective. (Alimentación, Nutrición y Agricultura. 12:32-36).
6. Ruz, M., et al. 1995. Characterization of the regional distribution of selenium in Chile, using selenium in hens' eggs as a monitor. (J. Trace Elements Biol. 9:156-159).
7. Schaefer, E.J., et al. 1995. Lipoproteins, aging, and athero-esclerosis. (Am. J. Clin. Nutr. 61 (Suppl): 726S-740S).
8. Sempos C, et al. 1993. Issues in the long-term evaluation of diet in longitudinal studies. (J. Nutr. 123:406-412).
9. Sevenhuysen, G.P. 1994. Food composition databases: current problems and solutions. (Alimentación, Nutrición y Agricultura. 12:21-26).
10. Shapiro, R 1995. Analytical methods and databases for nutrition labelling. In: Shapiro, R., ed. Nutrition Labelling Handbook. New York, Marcel Dekker. pp 551-585.
11. Sülampaa, M. 1982. Micro-nutrients and the nutrient status of soils; a global study. (FAO Soils Bulletin).

CAPITULO 3

USO DE TABLAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS A NIVEL DE USUARIOS

Sonia Olivares

USO DE TABLAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS

Las necesidades de información sobre composición de alimentos y las aplicaciones de las tablas en los distintos países, guardan una estrecha relación con las características de la situación alimentaria y nutricional de la población, con el desarrollo de la investigación en el tema y con la prioridad que asignan los gobiernos a la búsqueda de soluciones a los problemas nutricionales.

El uso de las tablas de composición química de los alimentos es muy amplio. A nivel nacional, permiten evaluar la adecuación de la disponibilidad nacional de alimentos con respecto a las necesidades nutricionales de la población, en términos de nutrientes, permitiendo además identificar eventuales deficiencias en dicha disponibilidad (1).

En los estudios de consumo de alimentos de individuos y poblaciones, realizados a través de encuestas alimentarias, es necesario que los alimentos sean expresados en términos de nutrientes, para evaluar la adecuación de la ingesta con respecto a las necesidades nutricionales (2,3). En educación alimentaria y nutricional, las tablas son esenciales para expresar las recomendaciones nutricionales en guías alimentarias que orienten a la población en la selección de una alimentación más saludable (4).

La composición de los alimentos producidos localmente puede variar de acuerdo al ambiente ecológico de los cultivos y las variedades genéticas. La información disponible sobre la composición nutricional de estos alimentos en los países de América Latina es incompleta, poco actualizada y en su análisis se han utilizado distintos criterios (5-9). Esto reafirma la necesidad de revisar los métodos actualmente en uso y la urgencia de estandarizar estos criterios para la elaboración de nuevas tablas.

En lo que respecta a los alimentos elaborados, las nuevas tecnologías utilizadas en su procesamiento probablemente están introduciendo importantes cambios en su composición química, de los que no se tiene suficiente información. Por otra parte, la gran oferta y consumo de alimentos importados, de distinto origen, no todos los cuales tienen etiquetas informativas de su composición nutricional, dificulta la evaluación del consumo actual de ciertos nutrientes que podrían ser considerados factores de riesgo nutricional. Limita además la formulación de dietas adecuadas para la prevención de las enfermedades crónicas y en particular, para las personas con restricciones de algunos nutrientes o no nutrientes específicos.

Esto limita también la selección correcta de los alimentos saludables aún a las personas con un buen nivel de conocimientos alimentarios (3).

En síntesis, el conocimiento de la composición de los alimentos locales es indispensable para definir la magnitud de las inadecuaciones dietarias, para identificar las necesidades de fortificación de alimentos con propósitos preventivos, para identificar la relación entre la composición de la dieta y la prevalencia de enfermedades crónicas, para apoyar la educación alimentaria y el etiquetado de los alimentos y para establecer metas nutricionales y guías alimentarias que puedan promover estilos de vida más saludables (2-4, 10,11).

En los países con una gran cantidad de población que sufre de inseguridad alimentaria, y en los que los problemas nutricionales más frecuentes son la desnutrición infantil, las anemias nutricionales, el bocio y la deficiencia de vitamina A, las necesidades más apremiantes son las de suministrar suficientes alimentos a la población afectada o en riesgo, con el fin de cubrir las citadas deficiencias. En estos casos, el uso de las tablas de composición química de los alimentos se centra más en el cálculo de los macronutrientes que satisfacen las necesidades de energía, las que al ser entregadas en cantidad suficiente, habitualmente cubren las demandas de la mayoría de los nutrientes. Las deficiencias específicas de hierro, yodo y vitamina A generalmente son abordadas a través de la fortificación de alimentos de alto consumo por la población en riesgo.

En los países como Chile, en los que el problema de la desnutrición ya está prácticamente controlado, pero en el que persisten problemas como el déficit de talla, atribuido a un consumo insuficiente de algunos microminerales como hierro, zinc y cobre, comienzan a surgir demandas más específicas, en las que se requiere contar con tablas actuales de composición de alimentos elaboradas en el país, debido a la diversidad de factores que pueden hacer variar el contenido de estos minerales en los alimentos en cada lugar.

Por otra parte, el actual perfil epidemiológico que caracteriza a muchos países de América Latina, en los cuales las enfermedades de origen cardiovascular representan la primera causa de muerte y en los que existe una elevada prevalencia de factores de riesgo de enfermedades crónicas relacionadas con la dieta, como la obesidad, la hipertensión, la diabetes y otras, plantean nuevas exigencias, como la necesidad de educar a la población a través de guías alimentarias basadas en recomendaciones y metas nutricionales, de acuerdo a las características de la población local (12,13).

Estas recomendaciones nutricionales, como por ejemplo mantener una ingesta de grasa total entre el 15 y el 30% de las calorías totales; un consumo de grasas saturadas inferior al 10% de las calorías totales; una rela-

ción de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados de 1:1:1; una relación de ácidos grasos omega seis (n-6): omega tres (n-3) de 5:1 a 10:1; un consumo de colesterol inferior a los 300 mg diarios; un consumo de sal de máximo seis gramos diarios y un consumo de fibra dietética de 25-30 g diarios, entre otros, obliga a contar con tablas de composición de alimentos que entreguen esta información, con el fin de expresar las recomendaciones en alimentos y dietas que la población pueda aplicar en la vida diaria, contribuyendo a prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles relacionadas con la dieta (10,11,13,14).

Para el usuario de las tablas de composición de alimentos, es esencial que la información, además de ser confiable y completa, esté expresada de una manera clara y fácil de entender, considerando que muchas veces los cálculos deben ser realizados en forma rápida y manual, por ejemplo durante la atención de pacientes que requieren dietas con aportes de nutrientes específicos (15).

Los requerimientos de los distintos tipos de usuarios de las tablas, varían de acuerdo a las funciones que desempeñan.

Por ejemplo:

- El nutricionista clínico que atiende a pacientes con enfermedades renales requiere información general sobre el contenido de proteínas y otros

macronutrientes de los alimentos, y datos de composición muy específicos, como por ejemplo de sodio, potasio, cloro y humedad de los alimentos; el profesional que atiende a pacientes con enfermedades cardiovasculares, deberá disponer de información sobre el contenido de los distintos tipos de ácidos grasos en los alimentos naturales y procesados, información muy difícil de obtener por la variabilidad de las materias primas grasas usadas en la industria de alimentos; los médicos y nutricionistas que trabajan en asistencia nutricional intensiva deben tener una completa información sobre la composición de las fórmulas utilizadas en la alimentación enteral y parenteral, etc.

Considerando el perfil epidemiológico actual, el nutricionista que trabaja en atención primaria de salud requiere contar no sólo con la información general sobre el contenido de macronutrientes de los alimentos, sino también con la información desagregada sobre el contenido de los distintos tipos de ácidos grasos, colesterol, sodio y fibra dietética soluble e insoluble, con el fin de elaborar dietas cuyo aporte permita un mejor control de los factores de riesgo de las enfermedades crónicas relacionadas con la dieta, evaluar las dietas de los pacientes y fundamentar las acciones educativas para la

promoción de la salud que realiza con la población beneficiaría. Por otra parte, la identificación de la alta prevalencia de deficiencias de micronutrientes en algunos segmentos de la población, plantean la necesidad de contar con información actualizada y completa sobre la composición de hierro, zinc, cobre y folatos de los alimentos nacionales.

- El investigador en nutrición, requiere de datos de composición sumamente específicos, dependiendo del tema en estudio. Cuando éste se refiere a la relación de la dieta con factores de riesgo o con enfermedades específicas, la gama de nutrientes y no nutrientes a estudiar puede ser sumamente amplia, incluyendo desde los nutrientes tradicionales a minerales traza, colesterol, fibra dietética y fitoestrógenos, entre otros.
- El planificador de nivel nacional, requiere tablas de composición de alimentos completas y actualizadas, para calcular la adecuación de la disponibilidad de nutrientes en relación a las necesidades de la población del país, en tanto los planificadores de la alimentación institucional, requerirán de la información sobre la composición de todos los alimentos naturales y procesados utilizados en la institución, para determinar su capacidad de cubrir las distintas necesidades

nutricionales de los respectivos beneficiarios, por ejemplo, preescolares, adultos con distintos niveles de actividad física, ancianos, etc.

Las tablas de composición de alimentos constituyen un material educativo por sí mismas. Es esencial que los estudiantes y profesionales de las carreras de la salud, educación y otras relacionadas con la formación de hábitos alimentarios saludables en la población, conozcan la composición de los alimentos y sean capaces de comprender su utilidad para cubrir las necesidades nutricionales. Con este fin, en el INTA se ha desarrollado un manual de autoinstrucción, en el cual los estudiantes del Programa de Magister en Ciencias de la Nutrición, provenientes de diversos países latinoamericanos, aplican las recomendaciones nutricionales en la formulación y evaluación de dietas, para lo cual resulta indispensable el complemento de tablas de composición de alimentos, recomendándose la utilización de tablas nacionales (3).

Esto ha permitido apreciar la insuficiencia y falta de actualidad de la información sobre el tema en prácticamente todos los países de la región.

Las unidades de medida con las que se expresa el contenido de los diversos nutrientes en las tablas de composición de alimentos, constituye una información que puede *resultar de gran* complejidad para el usuario corriente.

Es muy importante que las tablas incluyan un glosario con el significado de las principales unidades de medida utilizadas y sus equivalencias, para facilitar su uso. Por ejemplo, existen tablas que entregan el contenido de algunas vitaminas en unidades internacionales (UI), en tanto otras lo hacen en microgramos (μg), sin que las personas fuera del ámbito académico tengan la información necesaria para realizar las conversiones en forma correcta (5,8,9,16).

El desarrollo de paquetes computacionales de fácil manejo para los usuarios que tengan acceso a este tipo de tecnología, constituye un gran aporte a la velocidad y precisión de los análisis de la información recolectada. Sin embargo, persiste el problema del origen de la información sobre la composición de los alimentos incluida en el "software". En su mayor parte, los disponibles contienen datos de la composición de alimentos de Estados Unidos y otros países desarrollados (16). Esto tiene serias limitaciones, las que adquieren su máxima expresión en los alimentos procesados. Cuando no es posible contar con información nacional, para los usuarios sería esencial conocer la opinión de los expertos sobre el mayor o menor riesgo de usar esta información internacional de acuerdo a la variabilidad del contenido de los distintos nutrientes de los alimentos naturales entre los países. En los alimentos procesados, el ideal es fortalecer las iniciativas sobre el etiquetado nutricional, que facilitarán la tarea, no sólo a los profesionales

responsables de orientar a la población sobre la mejor selección de alimentos, sino a ésta directamente, con un adecuado apoyo educativo que le permita entender el mensaje de la etiqueta.

Aún cuando la información sobre la composición química de los alimentos incluida en una tabla sea muy completa, siempre adolecerá de una deficiencia importante, referida a la interacción de los nutrientes y no nutrientes que se produce por la combinación de los alimentos incluidos en una dieta mixta (2,3). Las distintas combinaciones de alimentos pueden favorecer o dificultar la absorción de otros nutrientes esenciales, llegando a causar problemas nutricionales en ciertos grupos expuestos a dietas inadecuadas. La falta de acceso a este tipo de información hará necesario que las tablas de composición de alimentos del futuro, además de incluir toda la gama de nutrientes y no nutrientes que se requiera, contribuyan a la difusión de las interacciones entre ellos, para facilitar la elaboración de dietas nutricionalmente balanceadas para toda la población.

BIBLIOGRAFIA

1. FAO. 1992. AGROSTAT. Hojas de balance de alimentos.
2. National Academy of Sciences and National Research Council. 1989. Recommended Dietary Allowances. 9ed. Washington DC.

3. Olivares, S.; Andrade, M. y Zacarías, I. 1994. Necesidades nutricionales y calidad de la dieta; Manual de autoinstrucción. Santiago, Universidad de Chile. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos
4. FAO/WHO. Preparation and use of food-based dietary guidelines. *Repon* of a joint FAO/WHO consul-tation. Nicosia, Cyprus. Nutrition Programme. WHO Geneva 1996.
5. INCAP/ICNND. 1964. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina, 2 ed en español. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Comité Interdepartamental de Nutrición para la Defensa Nacional (ICNND), EEUU. Guatemala, C.A. Ed. Interamericana SA.
6. Orr, M.L. and Watt, B.K. 1966. Aminoacid contení of foods. Washington DC, Home Economic Research. (Report 4).
7. FAO. 1981. Contenido de aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. Roma. (Estudios sobre Nutrición 24).
8. Masson, L. y Mella, M.A. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición de ácidos grasos. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.
9. Schmidt-Hebbel, H., et al. 1990. Tabla de composición química de alimentos chilenos. 8 ed. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.
10. Chile. Ministerio de Salud. 1995. Recomendaciones nutricionales. Programa de Salud Cardiovascular. Santiago.
11. Chile. Ministerio de Salud. 1996. Alimentación saludable. Programa de Salud Cardiovascular. Santiago.
12. OPS/OMS. 1992. Estadísticas de salud de las Américas, Publicación Científica N° 556. Organización Panamericana de la Salud, Washington, D.C.
13. FAO/OMS. 1992. International Conference on Nutrition. Final Report of the Conference.
14. FAO/OMS. 1993. Fats and oils in human nutrition. Report of a joint expert consultation. FAO and Nutrition paper 57.
15. Stolper, A. and Shils, M. 1996. Nutrition facts manual. Baltimore, Williams & Wilkins.
- 16 U.S.A. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. 1992. Composition of foods. Washington DC. (Handbook 8).

CAPITULO 4

SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN AMERICA LATINA

*Cecilio Morón
y Alejandro Schejtman*

INTRODUCCION

La FAO define la seguridad alimentaria como una situación que permite asegurar que todas las personas tengan en todo momento acceso físico y económico a los alimentos que necesitan. La seguridad alimentaria tiene tres propósitos específicos: asegurar una producción adecuada de alimentos, conseguir la máxima estabilidad en sus flujos y garantizar el acceso a los alimentos disponibles por parte de quienes lo necesitan.

En este concepto ampliado, además de los problemas de acceso a los mercados por los países deficitarios y la creación de fondos de reserva de alimentos, se incluyen problemas relativos al desarrollo agrícola y rural, la producción alimentaria, el comercio internacional, los mecanismos de estabilización y, en particular, las mejoras en las condiciones de acceso alimentario de los pobres.

El factor principal de las dificultades de acceso a los alimentos y de la inseguridad alimentaria es la pobreza. Los pobres no tienen los medios o los derechos suficientes para asegurarse el acceso a los alimentos, aunque estos estén disponibles localmente, y son los primeros que sufren las consecuencias de un descenso de la disponibilidad o una elevación de los precios de los alimentos. Además, la pobreza limita el acceso a otros factores complementarios que inciden en el aprovechamiento biológico de los alimen-

tos disponibles como la salud, la educación, el agua potable y los servicios sanitarios.

A su vez la pobreza, y su correlato la inseguridad alimentaria y la desnutrición, constituye la resultante de una compleja red de interrelaciones de las estructuras productivas y de poder, la ideología y la organización jurídica institucional, cuyo conjunto determina el estilo global de desarrollo y establece, por lo consiguiente, los alcances y las limitaciones tanto de la política alimentaria y nutricional como de aquéllas tendientes a erradicar la pobreza

Por lo tanto, el análisis de los problemas relacionados con la seguridad alimentaria y la nutrición y las estrategias y acciones para superarlos necesitan de un enfoque intersectorial y multidisciplinario del complejo de condiciones ecológicas, económicas, sociales y culturales que afectan al país, a la comunidad y al individuo. El estudio de los diversos factores que inciden en el sistema alimentario ofrece el marco de referencia adecuado para sistematizar dicho análisis.

EVOLUCIONDELA DISPONIBILIDAD AGREGADA U OFERTA ALIMENTARIA

Para efectuar un diagnóstico y establecer una política de seguridad alimentaria corresponde considerar en qué medida la

disponibilidad u oferta alimentaria ha sido: i) suficiente para satisfacer la demanda efectiva y las necesidades básicas de quienes carecen de poder adquisitivo para expresarlas en demanda de mercado; ii) estable en lo que a magnitud de las fluctuaciones de la oferta en el tiempo se refiere; iii) autónoma a niveles política y económicamente aceptables de dependencia; iv) sustentable en relación a la capacidad de asegurar en el tiempo las condiciones anteriores, evitando el deterioro de los recursos renovables y no renovables; y v) inocua en términos de su incidencia sobre la salud de la población.

1. Niveles de suficiencia

En América Latina la disponibilidad de energía alimentaria per cápita había aumentado de 2500 kcal/día en 1969-71 a 2690 kcal/día en 1979-81, cifra que se mantuvo igual para 1988-90. Cabe destacar que fue la única región en el mundo que no aumentó la disponibilidad de energía en el último período señalado. Si se define como suficiencia precaria una disponibilidad de energía superior al 10 % de los requerimientos medios, se constata que en el trienio 1990-92 no llegaron a este nivel Bolivia, Panamá, Perú y República Dominicana (Cuadro 1).

Cuadro 1
Niveles de suficiencia¹
(Porcentaje)

País	1969-71	1979-81	1990-92
Argentina	137	134	134
Bolivia	91	98	100
Brasil	112	121	132
Chile	115	116	121
Colombia	92	108	127
Costa Rica	107	115	135
Cuba	114	127	140
Ecuador	98	104	121
El Salvador	85	107	124
Guatemala	96	99	113
Honduras	96	95	113
México	119	136	152
Nicaragua	110	106	115
Panamá	102	100	108
Paraguay	117	116	119
Perú	103	95	90
R. Dominicana	91	102	108
Uruguay	126	119	123
Venezuela	107	122	128
América Latina (*) (kcal/ter cápita/día)	2500	2690	2690

(1) Suficiencia = (consumo medio/norma básica) * 100 Norma básica: calculada a partir del programa ENREQ.FAO

Fuente: FAO/RLC, basado en datos de las hojas de balance de la FAO, FAOSTAT-PC

*C1N 1992. Nutrición y desarrollo, una evaluación mundial

La crisis de la década del 80 condujo en la mayoría de los casos al estancamiento o disminución de la disponibilidad de energía alimentaria Para América Latina

en la década del 70 la disponibilidad creció el 0,6 % acumulativo anual, situación que en la década del 80 se revierte para presentar un crecimiento negativo de 0,1 % (Cuadro 2).

Cuadro 2

Tasa anual de cambio de disponibilidad de energía alimentaria (Porcentaje)

País	1971-1980	1981-1990
Argentina	0,3	-0,2
Bolivia	0,8	-0,6
Brasil	1,1	0,4
Chüe	-0,1	-0,7
Colombia	1,4	0,0
Costa Rica	0,5	0,6
Cuba	1,0	0,2
Ecuador	0,8	0,5
El Salvador	2,6	-0,2
Guatemala	0,3	0,5
Honduras	0,1	0,7
México	1,4	-0,1
Nicaragua	-0,1	-0,3
Panamá	-0,3	-1,0
Paraguay	0,1	-0,1
Perú	-1,1	-0,4
R. Dominicana	1,1	0,1
Uruguay	0,3	-0,6
Venezuela	2,1	-1,3
América Latina	0,6	-0,1

Fuente: FAO/RLC, basado en datos de las hojas de balance de la FAO, FAOSTAT- PC

2. Niveles de estabilidad

El concepto de estabilidad se refiere a la magnitud de las oscilaciones a la que está sometida la disponibilidad agregada a lo largo del tiempo. Como indicador se utiliza el coeficiente de variabilidad del

consumo aparente respecto a sus valores tendenciales. A pesar de que en la mayoría de los países disminuyeron las importaciones de alimentos en el período de la crisis de los 80 en relación a la década anterior, no se advirtieron tendencias claras hacia una mayor inestabilidad

Cuadro 3

Coficiente de variabilidad¹ de la oferta interna de alimentos²

País	1971-1980	1981-1992
Argentina	3,4	3,5
Bolivia	3,7	9,6
Brasil	2,8	1,4
Chile	1,8	1,2
Colombia	0,9	4,2
Costa Rica	1,6	4,3
Cuba	3,4	3,0
Ecuador	4,9	5,4
El Salvador	2a	5,4
Guatemala	0,5	6,2
Honduras	1,8	2,1
México	1,6	2,3
Nicaragua	2,3	5,3
Panamá	9,8	6,1
Paraguay	2,7	5,3
Perú	2,1	9,1
R. Dominicana	5,6	4,8
Uruguay	4,3	3,5
Venezuela	3,4	6,8

(1) Coeficiente de variabilidad = (enor estándar de la regresión/media)* 100

(2) Cereales, raíces, tubérculos y leguminosas secas

Fuente: FAO/RLC, basado en las hojas de balance de la FAO, FAOSTAT-PC

La inestabilidad aumenta en más de la mitad de los países y disminuye en el resto, sin que exista un patrón claro por regiones agroclimáticas o geográficas (Cuadro 3). En general, en varios países

de América Central y del Área Andina se advierten los mayores niveles de inestabilidad, que coinciden por otra parte con los menores niveles de suficiencia

3. Niveles de autonomía

El grado de autonomía o autosuficiencia alimentaria es un indicador de peso relativo de las importaciones sobre el consumo interno que puede medirse en términos de calorías importadas o de algunos de los principales componentes de las dietas nacionales, normalmente cereales o granos básicos.

Cuadro 4
Autonomía energética¹
(Porcentaje)

País	1969-1971	1979-1981	1990-92
Argentina	1	1	1
Bolivia	20	24	14
Brasil	5	11	7
Chile	24	40	14
Colombia	11	16	8
Costa Rica	32	27	26
Cuba	52	58	43
Ecuador	9	22	11
El Salvador	14	17	22
Guatemala	13	15	19
Honduras	12	17	15
México	2	20	21
Nicaragua	11	27	21
Panamá	28	34	34
Paraguay	4	3	2
Perú	15	23	29
R. Dominicana	20	37	39
Uruguay	10	14	10
Venezuela	38	61	34

(1) Importaciones de alimentos (en kcal) y disponibilidad de alimentos (en kcal) *100
Alimentos', cereales, leche, aceites vegetales, leguminosas, carnes, raíces y tubérculos, y azúcar

Fuente: FAO/RLC, basado en las hojas de balance de la FAO, FAOSTAT-PC

Se puede considerar de manera arbitraria que el grado de dependencia energética es baja si ésta es inferior al 10 %, mediana entre 10 y 19 %, alta entre 20 y 29 % y crítica por arriba del 30%. Se aprecia que el número de países con dependencia crítica pasa de 3 en los años 1969-71 a 5 y 4, respectivamente, en los trienios subsiguientes que corresponden al período de la crisis económica (Cuadro 4).

Si se plantea la autonomía económica desde el punto de vista del gasto en alimentos importados en relación a las exportaciones totales, se observa situaciones muy heterogéneas que van desde países que importan en alimentos no más de un 10 a 15 % de lo obtenido por exportaciones, hasta aquellos en que éstas alcanzan el 30 % o más (Cuadro 5).

Con ambos indicadores se aprecia que en la mayoría de los países las importaciones de alimentos aumentan en el decenio del 70 para descender durante la crisis de los 80.

4. Grado de sustentabilidad

Se entiende por sustentabilidad del sistema alimentario la capacidad de asegurar, en determinado plazo, que los niveles de suficiencia, estabilidad y autonomía alcanzados, no impliquen un deterioro tal de los recursos naturales, renovables y no renovables, que hagan imposible el sostenimiento de las condiciones deseables del sistema alimentario en el largo plazo afectando la

seguridad alimentaria de las generaciones futuras.

Cuadro 5
Dependencia económica¹
(Porcentaje)

País	1969-1971	1979-1981	1990-92
Argentina	3	4	3
Bolivia	16	11	12
Brasil	10	11	6
Chile	12	13	4
Colombia	8	10	5
Costa Rica	13	9	9
Cuba	30	16	19
Ecuador	8	6	5
El Salvador	11	14	28
Guatemala	7	10	15
Honduras	10	16	11
México	8	15	15
Nicaragua	9	22	53
Panamá	23	33	33
Paraguay	9	8	6
Perú	13	13	18
R. Dominicana	16	16	40
Uruguay	8.5	7.8	5.5
Venezuela			

(1) Importaciones de alimentos (en US\$) y exportaciones totales (en US\$) *100
Alimentos: cereales, leche, aceites vegetales, leguminosas, carnes, raíces y tubérculos, y azúcar

Fuente: FAO/RLC, basado en las hojas de balance de la FAO, FAOSTAT-PC

Los fenómenos de deterioro ambiental en América Latina están estrechamente vinculados a la pobreza y al particular proceso de modernización parcial y excluyente experimentado por el agro en América Latina. Este proceso fue parcial porque abarcó sólo a algunas regiones y a determinados productores y productos, y excluyente porque ha desplazado hacia tierras marginales a una parte importante de pequeños productores, principalmente de alimentos básicos.

Son tres los aspectos generales que en materia de deterioro ecológico afectan al sistema alimentario: la pérdida o deterioro de tierras laborables y de los recursos hidrobiológicos, la pérdida de variedades fitogenéticas y la pérdida de eficiencia energética del sistema alimentario. Este último punto es analizado en el Capítulo 6 sobre consumo de alimentos.

La precariedad creciente de las condiciones en que funciona la economía campesina, producto del deterioro del potencial productivo y de la subdivisión de las tierras, está conduciendo a la erosión de suelos, desertificación, salinización, agotamiento y contaminación de los recursos hídricos. Estimaciones parciales señalan que los procesos de erosión han afectado a más de la mitad de la superficie de México, una tercera parte de Colombia, la totalidad de las tierras altas de América Central y la cuarta parte de Chile.

Con relación a las variedades genéticas, ciertas prácticas de pastoreo que han eliminado especies forrajeras, el desarrollo de semillas de alto rendimiento, y el relegamiento cultural y agrícola de los cultivos tradicionales, están produciendo la pérdida de la biodiversidad.

5. Inocuidad y calidad de los alimentos

Las estadísticas sobre incidencia de las enfermedades transmitidas por alimentos

son prácticamente inexistentes en América Latina y sólo se dispone de información de algunos brotes por intoxicación alimentaria. Como aproximación al tema basta constatar la enorme incidencia de morbilidad por enfermedades infecciosas del tracto digestivo, tales como diarreas, tifoidea, hepatitis y cólera, en la mayoría de los países y sus efectos en el mejor aprovechamiento de los alimentos para considerar esta problemática como otra manifestación de los problemas ambientales y de la inseguridad alimentaria, que afecta particularmente a los sectores de bajos ingresos.

En el Cuadro 6 se presentan cifras sobre mortalidad registrada por enfermedad diarreica aguda en menores de 5 años, cuya magnitud revela la importancia que representa en América Latina. Por otra parte, entre los años 1991 y 1993 se notificaron en la región 941.000 casos de cólera.

La contaminación de los alimentos no sólo afecta la salud del consumidor, sino que ocasiona una pérdida considerable de la producción nacional. Además, la deficiente calidad e inocuidad de los alimentos perjudica su comercialización al producir rechazos en las exportaciones.

Cuadro 6
Defunciones registradas por
enfermedad diarreica aguda en
menores de 5 años alrededor de 1990

País	Porcentaje
Argentina	4
Brasil	15
Chile	2
Colombia	31
Costa Rica	4
Cuba	20
Ecuador	20
El Salvador	20
Guatemala	22
Honduras	36
México	16
Nicaragua	28
Panamá	9
Paraguay	19
Perú	18
R. Dominicana	19
Uruguay	3
Venezuela	14
EE.UU.	0.3

Fuente: OPS/OMS. 1994. Las condiciones de la salud de las Américas. Vol. L OPS, Washington. Publicación Científica N° 549

EVOLUCION DEL ACCESO A LOS ALIMENTOS

La equidad es el criterio principal y último que debe reunir un sistema alimentario, ya que las condiciones de suficiencia, estabilidad y sustentabilidad, analizadas anteriormente son prerrequisitos para alcanzar la equidad.

Es difícil saber cuántos hogares están afectados de inseguridad alimentaria, debido a las dificultades de definición, medición e insuficiencia de datos. Las estimaciones varían mucho y oscilan entre 300 a 1000 millones de personas en todo el mundo. Un estudio del IFPRI sobre

localización de las víctimas de deficiencia de alimentos y energía por zonas agroecológicas, señala que la incidencia de la pobreza alimentaria, definida de ese modo, oscila entre el 23 % en América Central, 26 % en América del Sur, 35 % en Asia y 38 % en el África subsahariana.

Cuadro 7
Cambios en la magnitud de la pobreza en América Latina
1970-1990

Año	Pobres fn			Indigentes (2)		
	Total	Urbano	Rural	1 Total	Urbano	Rural
	Porcentajes					
1970	45	29	67	24	13	40
1980	41	30	60	19	11	33
1990	46	39	61	22	15	37
	Miles de Personas					
1970	119800	44200	75600	63700	19900	43800
1980	135900	62900	73000	62400	22500	39900
1990	195900	115500	80400	1 93500	44900	48600

(1) Personas con ingresos inferiores a la línea de pobreza, incluye a las personas que viven en situación de indigencia

(2) Personas con ingresos inferiores a la línea de indigencia

(3) Estimación para 19 países de la región

Fuente: CEPAL. Panorama social de América Latina Edición 1994

Una primera aproximación para determinar la equidad en el acceso a los alimentos es la estimación de la pobreza, dado que para definir la línea de la pobreza se utiliza el costo de la canasta básica de alimentos para satisfacer los requerimientos energético-proteicos.

En términos absolutos, el número de personas bajo la línea de pobreza pasó de cerca de 120 millones en 1970 a 136 millones en 1980 y a 196 millones en

1990, lo que representa el 46 % de la población. En otras palabras, mientras en la década del 70 el número de pobres creció a una tasa del orden del 1 %, entre 1980 y 1990 lo hizo a una tasa acumulativa anual de 3,3 %, como consecuencia de la crisis (Cuadro 7).

Como es de esperar, la proporción de población pobre e indigente es significativamente más alta en el sector rural que en el sector urbano.

Hay que destacar que el incremento de los niveles de desempleo y la magnitud de la caída de los salanos reales fue más aguda en los sectores de ingresos más bajos y en las ocupaciones peor remuneradas.

Por otra parte, la proporción de población sin acceso a servicios de salud y saneamiento, tan determinantes en el aprovechamiento biológico de los alimentos, se mantuvieron por arriba del 25 % en las áreas urbanas de más de la mitad de los países de la región y por encima del 80 % de las áreas rurales.

En la región 140 millones de personas no tienen acceso a la atención básica en salud y 130 millones no tienen acceso al agua potable.

En cuanto al número de desnutridos crónicos, estimado en 1989-90, fue de 59 millones de personas (13 % de la población). La tendencia a la mejoría se hizo más lenta que en el decenio del 80, de 19 % en 1969-71 pasó a 13 % en 1979-81, cifra que se mantuvo constante en 1988-90, debido principalmente a los programas de ajuste económico (Cuadro 8).

Cuadro 8
Estimación de la desnutrición crónica en América Latina

Período (años)	Número (millones)	Proporción (%)
1969-71	54	19
1979-81	47	13
1988-90	59	13

Fuente: FAO en: CIN. 1992. Nutrición y desarrollo, una evaluación mundial. FAO/OMS (ICN/92/INF/5)

En el Cuadro 9 se presentan las prevalencias de desnutrición en preescolares de países en donde existe información con los indicadores peso/edad, talla/edad y peso/talla. En todos los países la prevalencia de talla/edad es más alta que la de peso/edad, y la más baja de todas es la de peso/talla. Un estudio de UNICEF estimó que en 1990 la prevalencia promedio de déficit en América Latina y el Caribe era de 13,8 %, 27,7 %

y 1,3 % para peso/edad, talla/edad y peso/talla respectivamente.

Además de la desnutrición proteico energética, las carencias de micronutrientes constituyen otra manifestación última de la falta de acceso a los alimentos. En el Cuadro 10 se presentan algunas cifras globales de los principales deficiencias de micronutrientes en la Región

Cuadro 9
Prevalencia de déficit de peso para edad, talla para edad y peso para talla en preescolares

País	Porcentaje de déficit		P/T
	P/R	T/R	
Bolivia	11,7	38,3	2,2
Brasil	7,0	15,4	2,0
Colombia	10,1	16,6	2,9
Ecuador	16,5	34,0	1,7
El Salvador	15,2	29,9	2,3
Guatemala	38,5	57,9	1,4
México	13,9	22,3	6,3
Nicaragua	10,9	21,9	2,3
Paraguay	4,2	20,3	0,4
Perú	10,4	35,2	1,4
R. Dominicana	12,5	20,8	2,3
Uruguay	6,5	14,6	1,9
Venezuela	7,7	17,1	5,7
América Latina*	13,8	27,7	1,3

(*) UNICEF. 1992. Statistics on children in UNICEF assisted countries. New York, UNICEF

Fuente: CIN. 1993. Situación alimentaria y nutricional de América Latina. FAO/OPS. Santiago de Chile

La anemia por deficiencia de hierro es uno de los principales problemas nutricionales de América Latina que afecta de manera generalizada a todos los países; para 1980, se estimó que 60 millones de personas estaban afectadas, aunque con importantes diferencias entre países. Para el continente americano, se

estimó que en 1992, existían 94 millones de personas afectadas con deficiencia de hierro o anemia. Se podría estimar en general, que por lo menos el 30% de las mujeres embarazadas y el 20 al 25% de los niños preescolares de América Latina sufren de anemia, principalmente debido a la deficiencia de hierro.

En América Latina, la OMS estimó que 30 millones de personas están afectadas con bocio y 250 mil con cretinismo endémico. Además, 55 millones de personas estarían en riesgo por deficiencia de yodo. Según estimaciones de ICCEDD/OMS/ UNICEF la tasa total estimada de bocio en escolares en el continente americano es de 8,7%; como las tasas de EE.UU. y Canadá son de cero, dichos valores corresponden a los países de América Latina y el Caribe.

La deficiencia de vitamina A tiene su predominio en las zonas áridas del nordeste de Brasil, Haití y América Central; sin embargo, las encuestas epidemiológicas indican que esta deficiencia está distribuida en la región de manera más general que lo que los datos clínicos parecen indicar. Se estima que en el continente americano 2 millones de personas estarían en riesgo de deficiencia de vitamina A y 100 mil afectados.

Cuadro 10

Deficiencias de micronutrientes más frecuentes en América Latina

Deficiencia	Año	Número,%
Hierro		
Población	(1980)	60 millones
	(1992)	94 millones *
Embarazadas	(1976-90)	10-82%
Preescolares	(1976-90)	15-69%
Yodo		
Deficiencia	(1992)	55 millones
Bocio endémico	(1992)	30 millones
Cretinismo endémico	(1985)	250 mil
Bocio en población preescolar	(1993)	8.7% ^a
Vitamina A*		
En riesgo	(1992)	2 millones
Afectada	(1992)	100 mil

* Región de las Américas

Fuente: OMS en: CIN. 1992. Nutrición y desarrollo, una evaluación mundial. FAO/OMS (ICN/92/INF/5)

(a) ICCIDD/OMS/UNICEF. 1993. Global prevalence of iodine deficiency disorders. Micronutrient deficiency information system. Geneva, WHO. MDIS Working paper #1

INDICE GLOBAL DE SEGURIDAD ALIMENTARIA FAMILIAR

Como una aproximación para estimar la situación de la seguridad alimentaria la FAO ha desarrollado, de manera tentativa, el índice global de seguridad alimentaria familiar (IGSAF).

Este índice incluye la prevalencia de desnutrición de la población, más la amplitud del déficit de las personas desnutridas con respecto a las nece-

sidades medias nacionales de energía alimentaria, así como la amplitud de la inestabilidad en la disponibilidad anual de energía alimentaria. Los valores del IGSAF oscilan entre 0 y 100, representando esta última cifra un situación de seguridad alimentaria completa sin riesgo y el valor 0 presumiblemente el hambre endémica total.

En el Cuadro 11 figuran los valores de IGSAF para los países de América Latina

y el Caribe durante los períodos 1988-90 y 1991-93. Los países se han agrupado y clasificado en niveles sobre la base de los valores medios del IGSAF para el período 1988-90.

Cuadro 11
Situación de la seguridad alimentaria en América Latina según el índice global de seguridad alimentaria familiar

País	1988-90	1991-93*
Nivel alto (IGSA = > 85)		
Argentina	94,0	95,1
Cuba	93,0	89,8
Brasil	90,8	93,3
Trinidad y Tabago	90,8	81,5*
Paraguay	89,2	80,9*
México	88,6	86,0
Uruguay	88,2	89,4
Panamá	85,5	83,9*
Nivel medio (IGSA = > 75 a < 85)		
Costa Rica	81,7	79,5
Guyana	80,7	91,0#
Chile	80,1	79,5
Colombia	80,0	77,6
Ecuador	79,2	78,9
Surinam	78,4	74,1
Venezuela	77,4	76,2
Honduras	76,9	74,4*
Jamaica	76,5	89,1#
El Salvador	76,3	78,1
Guatemala	76,0	70,9*
Nivel bajo (IGSA = > 65 a < 75)		
República Dominicana	73,0	72,9
Nicaragua	72,1	64,0*
Bolivia	70,6	71,2
Perú	69,5	63,8*
Haití	67,3	26,5*
Nivel críticamente bajo (IGSA < 65)		

Clasificación según promedio de IGSA para 1988-90:

+ Estimaciones preliminares,* Países que bajaron de nivel para 1991-93

Países que subieron de nivel para 1991-93

Fuente: FAO. 1994. Evaluación de la situación actual en materia de seguridad alimentaria mundial y evolución reciente pertinentes. FAO, Roma (CFS: 94/2, febrero 1994)

Se puede apreciar que 8 países se encontraban en un nivel alto de seguridad alimentaria, 11 en el nivel medio y 5 en el nivel bajo. Sin embargo, la situación para 1991-93 se ha empeorado para 17 de los 24 países, incluso 8 de ellos bajan de nivel: 3 países descienden del nivel alto al medio, 2 del medio al bajo y 3 del bajo llegan al nivel críticamente bajo en el que no se encontraba ningún país en el período anterior. De los 7 países que suben su índice, sólo dos ascienden de nivel.

Debe aclararse que en estas tabulaciones el índice excluye deliberadamente el efecto de la ayuda alimentaria. Al incluir ésta se comprueba que Honduras se mantuvo en el nivel medio y que Nicaragua y Perú en el nivel bajo.

CONCLUSIONES

Los efectos de la crisis y el ajuste económico sobre los aspectos de seguridad alimentaria relacionados con la disponibilidad agregada produjeron una caída o estancamiento de los niveles de suficiencia; su impacto sobre los niveles de estabilidad fueron ambiguos; y las dificultades para importar redujeron los niveles de dependencia externa, a costa del cambio de composición de la dieta

De éstos, el que mayor efecto tuvo sobre el acceso a los alimentos fue la disminución de los niveles de suficiencia, dada la alta elasticidad de la demanda de los sectores más pobres. Si a ello se agrega la disminución de los niveles de

los salarios y de la capacidad de compra de alimentos; el aumento del desempleo y subempleo; y las reducciones del gasto público en áreas que inciden en la seguridad alimentaria, se puede concluir que los problemas de acceso fueron los más afectados en la década de la crisis, aunque sólo se dispone de información parcial sobre los efectos en el estado nutricional.

BIBLIOGRAFIA

1. CEPAL. 1994. Panorama social de América Latina. Santiago de Chile, CEPAL.
2. FAO/OPS. 1992. Consulta sobre desarrollo sostenible y medio ambiente en los sectores agrícola, forestal y pesquero de América Latina y el Caribe. Santiago, Chile, 28 - 30 de Abril de 1992.
3. Población, nutrición y pobreza en el contexto de un desarrollo agrícola, forestal y pesquero sostenible. 30 de Abril de 1992.
3. FAO. 1994. Evaluación de la situación actual en materia de seguridad alimentaria mundial y evolución reciente pertinentes. Roma, FAO. (CFS:94/2, febrero).
4. FAO. 1995. Hojas de Balance de Alimentos. Roma FAO. (Serie Informática FAOSTAT-PC. 4 Diskettes).

5. FAO. 1983. Informe del Director General sobre la seguridad alimentaria mundial: reconsideración de los conceptos y métodos. (CFS.83/4, diciembre).
6. FAO/OMS. 1992. Nutrición y desarrollo, una evaluación mundial. Conferencia Internacional sobre Nutrición. (ICN/92/ INF/5).
7. FAO/OPS. 1993. Situación alimentaria y nutricional de América Latina Santiago, FAO/RLAC.
8. ICCIDD/OMS/UNICEF. 1993. Global prevalence of iodine deficiency disorders. Micronutrients deficiency information system. Geneva, WHO. MDIS. (Working paper 1).
9. OPS/OMS. 1994. Las condiciones de la salud de las Américas. Washington. v.1 (Publicación Científica 549).
10. Schejtman, A. 1994. Economía Política de los Sistemas Alimentarios en América Latina. Santiago, FAO/RLAC.
11. UNICEF. 1992. Statistics on children in UNICEF assisted countries. New York. UNICEF.

CAPITULO 5

HOJAS DE BALANCE DE ALIMENTOS

*Jean Pierre Cotier y
Cecilio Morón*

INTRODUCCIÓN

La FAO publicó las primeras hojas de balance de alimentos en 1949 que comprendían los períodos 1934-38 y 1947-48, y desde entonces ha efectuado numerosas publicaciones periódicas sobre el tema. Actualmente se encuentran disponibles en la Serie Informática FAOSTAT-PC, en tres disquetes y uno para el manual y programa de instalación, cuyos datos se actualizan cada dos años.

En 1972 la FAO estableció el Sistema Computarizado y Entrelazado de Almacenamiento y Procesamiento de Datos sobre Productos Alimentarios y Agrícolas. Esta es la base de datos para las hojas de balance de alimentos. Para su elaboración se basan en las series de cuentas de oferta y consumo de alimentos para cada año civil. Para dichas cuentas se utilizan los datos oficiales y no oficiales de la Dirección de Estadística y otras dependencias de la FAO, y los datos que faltan se calculan tomando como base las encuestas, otras informaciones y

peritajes técnicos conocidos por la FAO. Los datos publicados en 1991 corresponden a 145 países, abarcando el 94 % de población de los países en desarrollo, casi el 100 % de los desarrollados y el 95 % de la población mundial.

ESTRUCTURA DE UNA HOJA DE BALANCE DE ALIMENTOS

Una hoja de balance de alimentos presenta la estructura del suministro de los principales alimentos de un país determinado durante un período de referencia que puede ser un año o un grupo de años. Las hojas de balance muestran para cada producto las fuentes de suministro y su utilización. La cantidad total de alimentos producida más la cantidad total importada y reajustada para tomar en cuenta cualquier cambio que pudiera haber ocurrido en las existencias proporciona el suministro interno disponible durante el período de referencia:

$$\begin{array}{c} \text{producción + importaciones - exportaciones} \\ + \text{cambio de las existencias (disminución o aumento)} = \\ \text{suministro para la utilización interna} \end{array}$$

Una vez definido el suministro interno se define su utilización interna, para lo cual se hace una distinción entre las

cantidades suministradas al ganado, las utilizadas como semilla, las elaboradas para uso alimentario y otros, las

pérdidas ocurridas durante el almacenamiento y transporte, y los suministros disponibles para el consumo humano.

El suministro por persona de cada producto alimentario disponible para el consumo humano se calcula dividiendo la cantidad respectiva por los datos de la población que efectivamente los consume. Estos datos se expresan en cantidad y también, aplicando los factores de composición de alimentos, su contenido en energía, proteínas y grasas.

Esta información establecida para los productos principales constituye la hoja de balance de alimentos tal como se presenta en el Cuadro 1.

DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES DE UNA HOJA DE BALANCE DE ALIMENTOS

1. Productos incluidos

Una hoja de balance de alimentos completa debería incluir todos los productos primarios y elaborados potencialmente comestibles. En realidad, como la mayor parte de los productos elaborados se comercializan, las hojas de balance de alimentos que prepara la FAO, se limitan por regla general, a los productos primarios, excepto azúcar, aceites y grasas y bebidas.

En la medida de lo posible los productos elaborados se expresan en el equivalente del producto primario del cual proceden y se indican como comercio neto (exportaciones menos importaciones) de productos elaborados. En fin, se incluyen los productos importantes para los cuales, como consecuencia de su naturaleza compuesta es imposible dar el equivalente del producto primario. La FAO presenta en sus hojas de balance de alimentos 300 productos clasificados en principales grupos de alimentos.

2. Producción

Los datos de producción se refieren a lo producido durante el período de referencia. Incluyen toda la producción nacional es decir la producción del sector agrícola y la producción no comercial fuera del sector agrícola y la de los huertos familiares.

La producción se notifica a nivel de la explotación agrícola excluyendo las pérdidas en el momento de la recolección, y en términos de peso en vivo para el pescado (es decir, el peso efectivo fuera del agua en el momento de la captura).

Como norma general, todos los datos sobre la carne se expresan de acuerdo con el peso en canal. Cuando no es posible reconvertir un producto elaborado en su producto primario del cual procede, los datos figuran a nivel de producto elaborado.

3. Importaciones y exportaciones

Las importaciones comprenden todas las entradas del producto en el país, incluyendo la ayuda alimentaria otorgada en condiciones específicas, las donaciones y las estimaciones de los flujos de importaciones no registradas. Las exportaciones comprenden todas las salidas del producto del país.

4. Cambios en las existencias

Estas cifras se refieren a las variaciones de las existencias durante el período de referencia entre la producción y la venta al por menor. Incluyen las variaciones de las existencias del sector público, fabricantes, importadores, exportadores, empresas de transporte o almacenamiento, sin olvidarse de las existencias que se retienen en las explotaciones. Cada cifra representa una disminución neta (signo -) o un aumento neto (ningún signo).

5. Piensos

Los alimentos corresponden a los producidos en el país o importados suministrados al ganado durante el período de referencia. Los datos se expresan en producto primario si es posible cuando se trata de piensos compuestos.

6. Semillas

Este grupo de datos incluye las cantidades de producto utilizadas durante el período de referencia con fines de reproducción, tales como semillas, caña de azúcar plantada, huevos para incubación. Se incorporan las cantidades producidas en el país o importadas.

7. Elaboración

Se establece una distinción sobre dos categorías de elaboraciones: las elaboraciones para alimentación y las elaboraciones para usos no alimentarios.

- a) Elaboraciones para alimentación: comprenden las cantidades de producto utilizadas para la manufactura de productos elaborados que no se pueden convertir en sus productos primarios o las cantidades de producto que forman parte de un grupo de aumentos separados (por ejemplo aceites y grasas, azúcar, etc.).
- b) Elaboraciones para usos no alimentarios: incluyen por ejemplo el aceite para jabón.

8. Desperdicios

Esta columna comprende todos los desperdicios que ocurren entre el momento en que se registra la producción y la venta al por menor. Incluyen los desperdicios que se originan durante la elaboración, el almacenamiento y el transporte. Excluyen las pérdidas antes y durante la cosecha que se toman en cuenta en el cálculo de la producción. Se excluyen también las pérdidas en las partes comestibles o no comestibles que ocurren en el hogar.

9. Alimentación

Esta columna de la hoja de balance registra las cantidades de productos disponibles para el consumo humano durante el período de referencia y que no figure en otra columna de la hoja de balance. Ejemplo: maíz, harina de maíz, o derivados disponibles para el consumo humano.

10. Suministro por persona

Este subtítulo de la hoja de balance comprende una estimación del suministro de alimentos por persona disponibles para el consumo humano durante el período de referencia en términos de: a) cantidad y b) valor calórico y contenido de proteínas y grasas.

- a) **Cantidad:** Se calcula el suministro por persona dividiendo el suministro total disponible para el consumo humano durante el período de referencia por la población presente en el país durante este período. Se utilizan las estimaciones de la población de mediados de año publicadas por la División de Población de las Naciones Unidas.

Es importante notar que el suministro por persona representa el suministro medio disponible para la población y no necesariamente lo que esta población consume. En efecto, la hoja de balance se refiere a las cantidades disponibles para el consumidor a nivel de venta al por menor. No toma en cuenta las cantidades de comestibles que se pierden en el hogar durante el almacenamiento y la preparación.

- b) **Valor calórico:** El cálculo del valor calórico del suministro por persona toma en cuenta el hecho de que los productos no se consumen en su forma primaria como figuran en la hoja de balance de alimentos. Por ejemplo, el trigo entra en los hogares en forma de harina o productos derivados. Para hacer esta conversión se utilizan

factores apropiados que, en el ejemplo de la harina de trigo dependen entre otros elementos del contenido bidrico, de la variedad y del grado de la molienda del trigo. Para el queso estos factores de conversión dependen del tipo de leche de vaca, oveja, cabra y si es leche entera o parcialmente entera, si es un queso duro, blando, etc.

Los factores de conversión, que se harán en particular sobre la tecnología de alimentos son los siguientes:

- el coeficiente de extracción (o de cernido) para calcular las cantidades de harina (o de salvado) que se obtienen de los cereales;
- el coeficiente de transformación de las raíces en harina, del pescado fresco en pescado seco, etc.;
- el coeficiente de extracción para calcular las cantidades de aceite extraídas de semillas oleaginosas; los coeficientes de transformación de la malta de cebada en cerveza, del azúcar en bebidas, del café verde en tostado, de la uva en vino, etc.

Otra serie de coeficientes indica el porcentaje de salvado de cereales y de torta de semillas oleaginosas destinado

al ganado, así como el porcentaje de los suministros en cereales reservados a la cervecería

Estos coeficientes permiten definir las cantidades de productos disponibles para el consumidor. Luego se aplica a estas cantidades su composición en calorías y nutrientes tal como se definen en una tabla de composición de alimentos para conseguir el valor en calorías y nutrientes de los suministros de aumentos por persona en el país estudiado. El mismo proceso permite calcular el contenido de proteínas y grasas.

EXACTITUD DE LAS HOJAS DE BALANCE DE AUMENTOS

La exactitud con la cual una hoja de balance de alimentos refleja la estructura del suministro de alimentos de un país durante un período determinado depende de la calidad de las estadísticas sobre las cuales está basada. Estas estadísticas varían notablemente de un país a otro, tanto en su contenido como en su exactitud. Las fuentes de errores o inexactitud son múltiples. Resultan de dificultades para cuantificar los diferentes componentes de la hoja de balance tales como la producción, las importaciones, las exportaciones, etc., debido a estadísticas insuficientes o problemas metodológicos; resultan también del carácter muy aproximativo o inexactitud de los coeficientes de extracción, de conversión, de siembra,

etc. En cuanto a la conversión del suministro en calorías y nutrientes los errores resultan de la dificultad para seleccionar los valores de la tabla de composición de alimentos ante la imprecisión de los términos empleados para designar los alimentos.

La naturaleza e importancia de estos errores varían según los países. Por ejemplo, es particularmente difícil obtener una información coherente, tanto sobre los niveles de producción como sobre la transformación intermedia en los países de fuerte autoconsumo, o sea, en la mayoría de los países en vías de desarrollo.

1. Problemas para cuantificar los componentes de las hojas de balance de alimentos

a) Producción

Los problemas para estimar la producción de alimentos son enormes. En muchos países las estadísticas de producción agrícolas son muy aproximativas, debido en parte a las limitaciones de los servicios competentes en términos de recursos y a los problemas metodológicos. En muchos países en vías de desarrollo, una proporción importante de la población total vive en áreas rurales; en muchos casos, por ejemplo en África, los países son inmensos (Nigeria, Zaire, Sudán), y cada uno tiene sistemas agroclimáticos y de producción muy diversos. Una proporción importante de estas poblaciones vive del

autoconsumo y es sumamente difícil determinar lo que producen; además, combinan los cultivos, aumentando la dificultad para evaluar esa producción. En fin, producen una gran cantidad de productos menores que las hojas de balance de alimentos no pueden presentar sino en una proporción limitada.

La evaluación de las áreas cultivadas, por ejemplo de cereales, resulta muy difícil en muchos países, en particular en Africa o en la sierra en América Latina. Muchos de estos países no tienen registros de la tierra con excepción de las explotaciones que producen principalmente cultivos para exportación. En otros países, en particular en Africa, una parte de la tierra cultivada no es de propiedad privada sino propiedad comunal. En algunos países, el sistema de "corta y quema" y el tipo de rotación de los cultivos complica todavía más el problema. La evaluación de las áreas cultivadas de raíces y tubérculos es más complicada que para las de cereales. Por ejemplo, las áreas cultivadas con yuca son muy difíciles de evaluar por la dispersión del cultivo en áreas aparentemente no cultivadas (por ejemplo en zonas selváticas) y por el hecho de que la yuca no se cosecha de modo anual y que puede quedarse en la tierra uno, dos o tres años.

Los rendimientos son también muy difíciles de evaluar sobre todo en el sector agrícola no comercial. Las condiciones en términos de clima y de calidad de suelos varían enormemente

de una zona a otra. Además, la variedad de modos de rotación de los cultivos y de asociación de los cultivos aumenta la dificultad para evaluar los rendimientos.

Considerando el margen de error en la evaluación de las áreas cultivadas y de los rendimientos, la conclusión es que los errores posibles en las cifras de producción de las hojas de balance son muy importantes sobre todo en algunos países de Africa o Asia, en muchas áreas rurales y para algunos tipos de cereales, de tubérculos y raíces y de cultivos menores. En un estudio para la Comunidad Económica Europea, M. Lipton¹ ha indicado que la estimación de la producción de los principales cultivos básicos por los pequeños productores agrícolas es susceptible de errores de más o menos 20 a 40 por ciento. Para los cultivos menores este margen de error puede ser todavía más importante. Si se considera que los errores son tan importantes sobre todo para los cultivos básicos, la FAO² considera que estos errores posibles son muy importantes para algunos cultivos y en países específicos.

En general, los métodos de registro estadístico, empleados en la mayoría de los países conciermen esencialmente al

¹M. Lipton. 1986. *Improving the Basic Data : Are present techniques satisfactory?.* Mimeo, European Community

² FAO. 1985. *FAO Expert Consultation on Production Statistics of Subsistence Food Crops in Africa.*Rome. FAO.

sector monetario (aduanas, estadísticas de mataderos, etc.). De esta manera se obtienen datos suficientemente confiables sobre los cultivos de exportación y sobre los grandes cultivos de cereales, si éstos son altamente comercializados. En Africa, es el caso de los países en donde existe un sistema de comercialización paraestatal. A estos datos se agrega una evaluación de la producción de subsistencia que las agencias nacionales de estadísticas suministran a la FAO basada en métodos de evaluación indirecta

Es importante notar que una consecuencia de la casi imposibilidad de captar a un nivel confiable la producción de cultivos menores como huertos familiares, es la dificultad de estimar a partir de las hojas de balance el suministro para la mayoría de las vitaminas.

b) Importaciones y exportaciones

Las cifras correspondientes son en general confiables. Sin embargo es difícil estimar el comercio no registrado. Esta parte del comercio puede ser relativamente importante para ciertos productos durante ciertos períodos. Por ejemplo, es difícil evaluar los movimientos de animales vivos, bovinos u ovinos entre países.

c) Cambios en las existencias

En principio, las cifras correspondientes de las hojas de balance

comprenden las variaciones de las existencias del sector público, de los fabricantes, de los importadores, de los exportadores, de otros comerciantes mayoristas y minoristas, de las empresas de transporte y almacenamiento, y de los que se retienen en las explotaciones agrícolas.

En realidad, la información disponible se refiere muchas veces únicamente a las existencias en poder de los gobiernos y esta información no está siempre disponible. Para reducir el grado de inexactitud causada por la falta o insuficiencia de datos sobre las existencias las hojas de balance de alimentos se presentan habitualmente como un promedio de varios años.

d) Piensos

Es probable que una parte de los alimentos reservados para la cría de animales domésticos en pequeña escala (cerdos, pollos, etc.) escapa a las estadísticas tanto en los países desarrollados como en países en vías de desarrollo. Es probable que una parte se añada erróneamente a los suministros para consumo humano.

e) Desperdicios

Existen problemas de evaluación para los productos primarios y los productos elaborados. El porcentaje de la producción de productos primarios que se pierde en las explotaciones es siempre difícil de evaluar y para

cereales o raíces y tubérculos puede variar de un año a otro. Las pérdidas tienden a ser más graves y difíciles de captar para los productos perecederos, como verduras y fruta fresca sobre todo si tienen que pasar por varias fases de comercialización. Para los productos elaborados existe también una cierta dificultad y riesgo de errores cuando se establecen los coeficientes de extracción/conversión que en principio traducen las pérdidas técnicas registradas durante la transformación de productos primarios en productos elaborados.

f) Suministro por persona

Los errores que se pueden cometer provienen en parte de la dificultad para estimar la población del país durante el período de referencia teniendo en cuenta por ejemplo los extranjeros que viven en el país, los migrantes temporales y los turistas. En pequeños países, las variaciones de estos componentes pueden ser importantes.

Otra característica de las cifras de suministro por persona que podría ser una fuente de errores de interpretación, es que estas cifras representan únicamente el suministro medio disponible por persona y no la cantidad disponible para cada persona. Por ejemplo, si se divide el suministro total disponible de quinua en el Perú por la población total se obtiene un promedio que no refleja la disponibilidad efectiva ya que este producto se consume casi exclusivamente en áreas rurales. En fin,

el resultado del cálculo del valor calórico o proteico del suministro por persona depende de la exactitud de los factores de conversión/extracción y de la calidad de los datos de las tablas de composición de los alimentos.

2. Esfuerzos para mejorar la exactitud de las hojas de balance de alimentos

La FAO está perfectamente consciente de los riesgos de errores y de inexactitud de las hojas de balance de alimentos y siempre los ha mencionado para facilitar el trabajo de los que utilizan estas hojas. Si el establecimiento de la lista de los componentes de las hojas de balance para los cuales existe un riesgo de error no resulta tan complicado, es mucho más difícil cuantificar la variación de los porcentajes de errores posibles entre un mínimo y un máximo de error.

No resulta tampoco claro si existe una tendencia de las hojas de balance de alimentos a una sobrestimación o una subestimación. El hecho de que las cifras de producción no siempre captan en los países en vía de desarrollo el número de pequeños animales (cerdos, pollos), los cultivos menores, la superficie de las tierras, y la producción real de ciertos tubérculos o raíces, tiende a una subestimación. Por otra parte, los rendimientos de ciertos productos pueden generar una sobrestimación. Las personas pueden también introducir una sobrestimación si una parte de los alimentos reservados

para la cría de animales menores se incorpora erróneamente a los suministros para consumo humano. Las cifras que reflejan los desperdicios pueden introducir para algunos productos, a pesar de los coeficientes de desperdicios, una sobrestimación.

En conclusión, es difícil decir -y esto puede variar de un país a otro- si las hojas de balance de alimentos tienden a sobrestimar o subestimar el suministro total de alimentos. Sin embargo, es probable que en la mayoría de los casos exista una tendencia a la sobrestimación.

Es también importante notar cuando se habla de sobre o subestimación que el valor calórico del suministro corresponde a la conversión en calorías de la cantidad de alimentos disponibles y no de la cantidad de alimentos realmente consumida. Suponiendo que las cifras del suministro por persona fuese exacto representaría solamente las cantidades que llegan a la cocina. No toman en cuenta las cantidades de comestibles y de nutrientes que se pierden en el hogar, por ejemplo durante el almacenamiento, la preparación y la cocción, o la comida que se deja en los platos, se da a los animales o se tira.

Para reducir estos errores que inciden en la exactitud de las hojas de balance de alimentos la FAO ha realizado una considerable labor de investigación, tanto para detectar las cifras recibidas de los países y claramente erróneas como para determinar los coeficientes técnicos de siembra, de conver-

sión/extracción o de desperdicios. Siempre que ha sido posible se han utilizado datos establecidos en el país o la misma región. Por ejemplo, siempre se han utilizado tablas regionales de composición de alimentos con posibilidad de utilizar tablas nacionales si reflejan mejor la realidad de la composición de los alimentos del país.

CONCLUSIONES

Por lo anteriormente señalado, las hojas de balance de la FAO distan mucho de ser satisfactorias desde el punto de vista estadístico. Es difícil cuantificar la variación de los porcentajes de errores mínimo y máximo.

No se sabe si, subestiman o sobrestiman el suministro de alimentos. Debe advertirse que el suministro por persona se refiere a alimentos disponibles y no necesariamente consumidos. Como se ha mencionado, la FAO realiza una permanente labor de investigación para reducir los errores.

Por otra parte, las hojas de balance de alimentos no proporcionan ninguna indicación sobre las posibles diferencias en la dieta consumida por los diferentes grupos de población, por ejemplo, los distintos grupos socioeconómicos, zonas ecológicas y regiones geográficas dentro de un país, tampoco proporcionan información sobre las variaciones estacionales del suministro total de alimentos.

A pesar de estos problemas, las hojas de balance tabuladas con regularidad, son de utilidad para:

- a) mostrar las tendencias del suministro de alimentos a nivel nacional, en términos de sus productos básicos principales;
- b) señalar los cambios en el tipo de los alimentos consumidos (modelos de dietas);
- c) indicar el grado de adecuación del suministro alimentario en relación con las necesidades nutricionales;
- d) junto a las encuestas de presupuesto familiar y encuestas dietarias permiten conocer los hábitos alimentarios;
- e) evaluar la situación agrícola y alimentaria nacional y determinar su evolución hacia la seguridad alimentaria, principalmente en términos de suficiencia y autonomía del sistema alimentario;
- f) analizar las políticas agropecuarias y las estructuras agrícolas;
- g) los datos sobre los suministros por persona sirven para estimar la proyección de la demanda de alimentos, junto con otros elementos, tales como los coeficientes de elasticidad de los ingresos, las proyecciones del

gasto del consumo privado y de la población; y

- h) establecer políticas agroalimentarias y planes de desarrollo, realizar estudios económicos y nutricionales, y formular proyectos.

2. FAO. 1980. Hojas de balance de alimentos: promedio 1975-77 y suministros de alimentos por persona: promedios 1961-65 y 1967 a 1977. Roma, FAO.

3. FAO. 1985. Hojas de balance de alimentos; promedio 1979-1981. Roma, FAO.

BIBLIOGRAFIA

1. FAO. Hojas de balance de alimentos. Roma, FAO. (Serie Informática FAOSTAT-PC).

4. FAO. 1991. Hojas de balance de alimentos; promedio 1984-1986. Roma, FAO.

CAPITULO 6

EVOLUCION DEL CONSUMO DE ALIMENTOS EN AMERICA LATINA

*Cecilio Morón y
Alejandro Schejtman*

INTRODUCCION

Los hábitos y las prácticas alimentarias tienden a sufrir lentas modificaciones cuando las condiciones ecológicas, socioeconómicas y culturales de la familia permanecen constantes a través del tiempo. Sin embargo, en las últimas décadas se han producido cambios drásticos, particularmente en los hogares urbanos, por una multiplicidad de factores que han influido en los estilos de vida y en los patrones de consumo alimentario de la población.

El análisis de estos últimos es de gran utilidad tanto para la planificación y vigilancia alimentario-nutricional como para establecer las guías alimentarias, compatibilizando los aspectos de la producción con los del consumo, en términos de alimentos y nutrientes.

De esta manera se podrán elaborar políticas y estrategias de seguridad alimentaria, en correspondencia con los recursos naturales del país y las pautas culturales, destinadas por un lado para aumentar el consumo de energía, proteínas y micronutrientes en los sectores de bajos ingresos, y por otro, para mejorar los hábitos alimentarios y prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles relacionadas con la alimentación.

El conocimiento del consumo alimentario también es de importancia para desarrollar la canasta de alimentos con sus múltiples aplicaciones para determinar los niveles y estructura del

gasto familiar, índices de precio al consumidor, ajustes de salarios, e índices de marginalidad social.

Además, sirve para priorizar el análisis de alimentos y nutrientes a fin de elaborar las tablas y bases de datos sobre composición química de alimentos.

Por otra parte, permite planificar la investigación, producción y comercialización de nuevos productos alimentarios; la publicidad en materia de alimentos; la educación y comunicación alimentario-nutricional; y la orientación al consumidor.

FACTORES DETERMINANTES DE LOS PATRONES DE CONSUMO ALIMENTARIO

Los principales factores que influyen en los patrones de consumo son los ingresos, los cambios sociodemográficos, la incorporación de servicios en la alimentación (componente terciario) y la publicidad. Aunque tienen gran importancia, no se examinarán aquí los factores nutricionales, psicológicos y culturales vinculados al consumo alimentario.

1. Efectos del ingreso

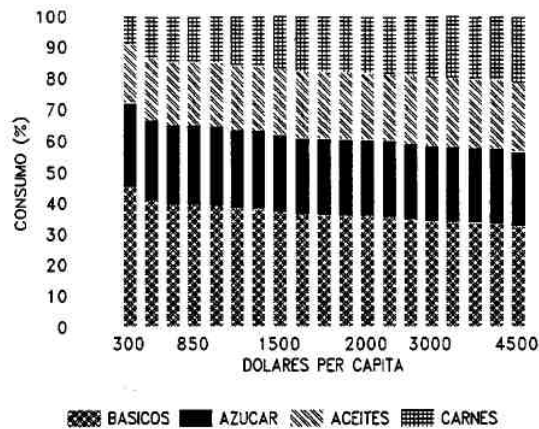
A medida que se elevan los ingresos per cápita del país, las dietas nacionales en términos de su composición energética

siguen las leyes estadísticas de Cepéde y Languéll (1953) del consumo alimentario, a saber: i) aumento de las grasas debido a un mayor consumo de . grasas libres (mantequilla, margarina y aceites) y grasas ligadas a los productos de origen animal; ii) disminución de los carbohidratos complejos (cereales, raíces, tubérculos y leguminosas secas) e incremento del azúcar; y iii) estabilidad o

crecimiento lento de las proteínas, pero con aumento acelerado de las de origen animal.

En América Latina estas tendencias se manifiestan de modo claro al relacionar las fuentes de consumo energético con los ingresos per cápita de comienzos de la década del noventa (Gráfico 1).

Gráfico 1
Composición del consumo de energía respecto del PIB per cápita



Fuente: Schejtman, 1994

Se advierte en general que los granos y tubérculos básicos pierden importancia relativa como fuentes de energía a medida que el ingreso se eleva, ocurriendo lo inverso con las carnes y los aceites. Sólo el consumo de azúcar tiene un comportamiento diferente mostrando cierta constancia a distintos niveles de ingreso y los patrones de consumo. un consumo medio más alto que lo

Estas tendencias se observan también al interior de los países en los distintos niveles de ingresos: el nivel medio de consumo energético y proteico desciende a medida que baja el nivel del ingreso

familiar. En el Cuadro 1 se aprecia que la ingesta energética se ve deteriorada en los estratos más bajos de la población, con una marcada diferencia con los grupos de población de mayores recursos

Cuadro 1
Ingesta por niveles de ingreso (kcal/día)

País	Alto	Medio	Bajo
Bolivia	3621	-	1971
Brasil	2446	2137	1836
Colombia	3119	2751	1904
Costa Rica	4112	2633	1991
Chile	3186	2328	1629
Ecuador	2449	2222	1598
El Salvador	3695	2288	1345
Guatemala	4234	2362	1326
Honduras	4590	2661	1465
México	2335	2119	1902
Nicaragua	3931	2703	1767
Perú	2218	2175	1939

Fuente: FAO, 1988

En términos de composición, la energía de origen vegetal, en particular la derivada de granos y tubérculos básicos, crece de importancia a medida que desciende el ingreso, las familias de estratos bajos superan en más de 40% a la correspondiente al estrato alto. Ocurre lo inverso con las proteínas de origen animal, en las que las consumidas por el estrato alto superan en más de un 80 % a las de los estratos bajos (Cuadro 2).

En cuanto al gasto en consumo de alimentos, éste crece a un ritmo

inferior al crecimiento del ingreso y del gasto total, y corresponde por lo tanto, a un porcentaje decreciente de dicho gasto y del ingreso. Este comportamiento sigue la ley de Engel, que es la más recurrente para describir los cambios alimentarios.

Sin embargo, esto no impide que el gasto alimentario a precios constantes tienda a aumentar con el ingreso, tanto por un mayor consumo como por el incremento del costo por caloría derivado del valor agregado de productos agroindustriales y de servicios.

Cuadro 2
Origen de la energía y de las proteínas por nivel de ingreso

País	Porcentaje de energía derivada de cereales			Porcentaje de proteínas de origen pecuario		
	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
Bolivia	19,4	-	46,3	75,8	-	38,9
Brasil	33,2	35,1	30,8	54,6	38,7	24,3
Colombia	24,7	29,4	35,2	49,3	43,8	32,9
Costa Rica	34,1	40,8	39,7	54,2	42,7	37,3
Chile	36,1	44,0	57,0	50,6	41,4	27,3
Ecuador	21,4	26,6	26,0	42,5	32,0	31,7
El Salvador	41,0	56,6	62,2	47,1	24,2	20,3
Guatemala	43,1	66,5	67,0	51,2	20,0	15,3
Honduras	38,4	60,8	54,9	50,4	22,0	18,9
México	48,3	59,1	73,8	47,5	26,7	5,9
Nicaragua	38,3	51,2	47,8	43,4	31,0	26,8
Perú	39,4	38,7	45,9	53,5	46,3	37,0

Fuente: FAO.1988

2. Efectos de los cambios sociodemográficos

La localización urbana o rural junto con el ingreso familiar son los principales determinantes de las diferencias en los regímenes alimentarios entre familias de un mismo país.

La población de América Latina, aunque presenta un descenso de su ritmo de crecimiento, actualmente supera los 440 millones de habitantes y se estima que en el año 2000 alcanzará los 525 millones.

La población urbana crece a una tasa superior a la rural, para la década 1980-1990, la primera fue de 2,9 % y la segunda de 0,4 %. América Latina dejó

de ser predominantemente rural en 1955, cuando su población se dividía en partes iguales en las áreas urbanas y rurales, llegando en 1990 a 71 % y 29 % respectivamente. Este crecimiento se caracterizó por un marcado proceso de hiperurbanización aumentando notoriamente el número de grandes ciudades, que concentra alrededor del 30 % de la población de la Región. La migración hacia las ciudades ha sido el factor limitante más importante del crecimiento de la población rural y una de las causas principales del aumento de la pobreza urbano-marginal.

Este proceso se ha visto acompañado de un aumento del ingreso per capita hasta 1980 en que comienza a decrecer, de

cambios significativos en los niveles educacionales y una mayor participación de la mujer en el mundo laboral.

Según estudios de Perissé (1985), el proceso de urbanización está generalmente asociado con los siguientes cambios del consumo alimentario:

- un descenso de energía, hidratos de carbono, proteínas vegetales, hierro y tiamina, debido a que baja el consumo de alimentos básicos tradicionales que son reemplazados por una menor cantidad de productos farináceos refinados. También disminuye el consumo de hierro, pero probablemente es de mejor biodisponibilidad por una mayor proporción de hierro hem;
- hay un incremento de proteínas de origen animal gracias a un mayor consumo de carne, también aumentan las materias grasas debido al aceite y las grasas animales, y de vitamina A por un mayor consumo de huevos, leche, vísceras y verduras;
- no está clara la influencia de la urbanización sobre el calcio, riboflavina, niacina y vitamina C, pues se aprecian dos tendencias contradictorias. Por un lado se produce un gran empobrecimiento por la baja de consumo de cereales y leguminosas y, por otro, un enriquecimiento por el mayor consumo de leche (calcio), huevos y vísceras (riboflavina), y carne (niacina). El resultado depende de

una u otra tendencia En cuanto a la vitamina C, el efecto negativo de la urbanización obedece al menor consumo de tubérculos que en algunas zonas rurales constituye la principal fuente, este efecto a menudo se compensa con el aumento y mayor regularidad del consumo de verduras y frutas;

- disminuye el efecto de la estacionalidad por lo que el consumo se hace en general más regular y estable a través del año que en las zonas rurales, en particular cuando la producción para autoconsumo es muy importante; y
- la población urbana tiene mayor acceso y regularidad a los programas de asistencia alimentaria que la población rural.

En general, mientras en las zonas rurales el consumo energético es más alto pero más monótono y vulnerable a las oscilaciones estacionales y a las restricciones ecológicas, el habitante urbano tiene un consumo energético promedio menor, la dieta es más diversificada y refinada, más rica en vitaminas y minerales y proteína de mejor calidad; además el abastecimiento es más regular y menos expuesto a la especulación, pero son más sensibles a los efectos de la inflación y los derivados de las políticas de ajuste estructural.

Esta comparación válida entre promedios rurales y urbanos pierde valor cuando se introduce la variable ingreso, ya que a

niveles más altos hay una tendencia a mayor homogeneización y regularidad. Por otra parte, el consumo promedio de energía y nutrientes varía según el tamaño, estructura y localización de la familia.

El consumo alimentario de las familias urbanas con niveles de ingresos similares puede afectarse por los siguientes factores: la regularidad en la percepción de los ingresos; el tipo de comercio de alimentos a nivel local; la información sobre precios y fuentes alternativas de abastecimiento; los gastos de alimentos fuera del hogar; el acceso a fuentes de alimentación subsidiada y programas alimentarios; los medios de conservación y preparación de alimentos; el tiempo disponible principalmente de la mujer para la compra y preparación de los alimentos; y el nivel de educación de la madre.

3. Efectos de la incorporación de servicios en la alimentación

En todos los países se está observando un aumento creciente del consumo de alimentos industrializados, del valor agregado en servicios a los alimentos consumidos, y de la diferenciación de la oferta alimentaria.

El consumo de alimentos con servicios incorporados (consumo fuera del hogar y de alimentos preparados) es el que ha tenido el crecimiento más acelerado en las últimas décadas. El sector alimentario propiamente dicho comprende grandes y pequeñas industrias alimen-

tarias, supermercados, restaurantes, comedores institucionales, cafeterías y otros establecimientos comerciales. Además, el sector informal ofrece para la venta alimentos preparados en la casa, alimentos en puestos de venta callejeros, alimentos preparados comercialmente y de otros tipos.

Una de las características de estos cambios es la proliferación de las comidas rápidas ("fast foods") que han introducido modificaciones en los hábitos alimentarios, que responden a su vez a los cambios de estilos de vida.

El éxito del consumo de estos alimentos se debe a la facilidad de acceso en términos geográficos y de horarios; la rapidez del servicio; el precio en general más baratos que los restaurantes tradicionales; la estandarización y regularidad del producto; el alivio de preparación de los alimentos en el hogar; y a la gran publicidad que permite crear, mantener y aumentar la demanda. Muchos de estos alimentos se califican como chatarra o basura debido a su escaso valor nutritivo.

El proceso de diversificación y diferenciación del consumo ha estado acompañado de una pérdida significativa de productos autóctonos y de su reemplazo por productos de origen importado con implicaciones sobre la autonomía del sistema alimentario.

La industrialización de alimentos, incluyendo el empleo de aditivos, representa por su magnitud una importante situación de riesgo potencial para la

salud de los consumidores y para la exportación de alimentos.

La venta y el consumo de alimentos de venta callejera, aunque es una práctica tradicional en América Latina, en las últimas décadas ha aumentado por razones principalmente socioeconómicas y la expansión de zonas marginales y de pobreza. Estos alimentos presentan ciertas ventajas: son baratos, incluyen alimentos tradicionales, se sirven con rapidez y pueden constituir un aporte nutricional importante; por ejemplo, en Bolivia un plato de comida callejera aporta en promedio 568 kcal. La principal desventaja de estos alimentos es su inocuidad, además su venta puede ocasionar contaminación ambiental, proliferación de insectos y roedores, obstrucción del tránsito y afectación del ornato público.

4. Efectos de la publicidad

Los medios de comunicación social, en especial la televisión, contribuyen a una especie de educación informal, no siempre correcta, que influye efectivamente en la estructura del gasto del consumo alimentario de los diferentes grupos sociales. La concomitancia de otros factores como el nivel educacional y socioeconómico del consumidor son determinantes para contrarrestar cuando sea necesario la propaganda comercial.

En diversos estudios se han encontrado que las amas de casa pobres compran periódicamente diversos productos anunciados por la televisión, muchas veces para satisfacer preferencias de los

niños inducidas por este medio, que no tienen que ver con el valor nutritivo y pueden significar una inversión importante del presupuesto familiar.

Mantener un buen estado nutricional requiere que las personas tengan conocimientos, creencias, actitudes y prácticas adecuados para lograrlo. Para este propósito la comunicación social es el conjunto de normas que determina como interactúan los individuos de una misma cultura. La modificación de estas normas es el fin último de la educación nutricional dirigida a las comunidades. La educación alimentaria y nutricional consiste en intervenciones dentro del campo de la comunicación social, con el propósito de lograr cambios voluntarios de hábitos nutricionales no deseables a fin de mejorar el estado nutricional de la población.

Para ello, un programa de educación alimentaria y nutricional debe basarse en el estudio de las conductas, actitudes y prácticas del grupo social en cuestión. Sólo las estrategias que emplean multimedios, utilizando diversos canales de comunicación, con permanencia en el tiempo y evaluación de los resultados pueden lograr un gran cambio.

PATRONES O MODELOS DE CONSUMO

En América Latina existe una gran diversidad de patrones alimentarios en los que aparecen en diversas proporciones los tres cultivos principales a nivel

mundial (trigo, arroz y maíz), y los tubérculos y raíces, en particular la papa

En el Cuadro 3 se aprecia que en la mayoría de los países de la región, se destaca la participación relativa del azúcar que fluctúa entre 10 y 25 % de la ingesta. Si a los farináceos (trigo, maíz, arroz, tubérculos) se suma la energía derivada del azúcar, se advierte que estos cinco productos y sus derivados representan entre un 60 y 75 % de la energía total, situación que sólo excluye a Argentina, Uruguay y en menor medida a Paraguay. Mientras a nivel mundial, los cereales representan alrededor del 50% de la ingesta energética, en la región su aporte es del 40%, contra menos del 20% en América del Norte, un 25% en Europa Oriental, cerca del 50% en África y más del 60 % en los países del Oriente. Los productos de origen animal raras veces superan el 15 % de la ingesta energética y en la mayoría de los casos su contribución está en torno al 7%; los aceites alrededor del 10% y las leguminosas en torno al 5%.

Caracterizadas en términos relativos a la dieta promedio de América Latina (Gráfico 2), según Schejtman(1994) se podrían configurar cinco modelos subregionales diferentes:

- a) Cono Sur: el patrón se ordena en el eje trigo-came. El alimento principal de las dietas de estos países es el trigo, con excepción de Paraguay; las carnes y lácteos tienen una participación importante en Argentina y Uruguay, y las raíces y tubérculos en Paraguay;
- b) México y América Central: su tipología sigue el eje maíz-leguminosas, aunque el maíz tiene menos relevancia en Costa Rica;
- c) Caribe latino: el modelo se agrupa en la línea arroz-leguminosas, con una contribución destacada de raíces y tubérculos;
- d) Países Andinos: el mayor peso de la dieta está dado por los tubérculos y diversas proporciones de los tres cereales, principalmente arroz; y
- e) Brasil: como promedio nacional presenta la dieta más ecléctica, con una combinación de granos y raíces y tubérculos, aunque con marcadas diferencias regionales entre los estados del sur y del norte.

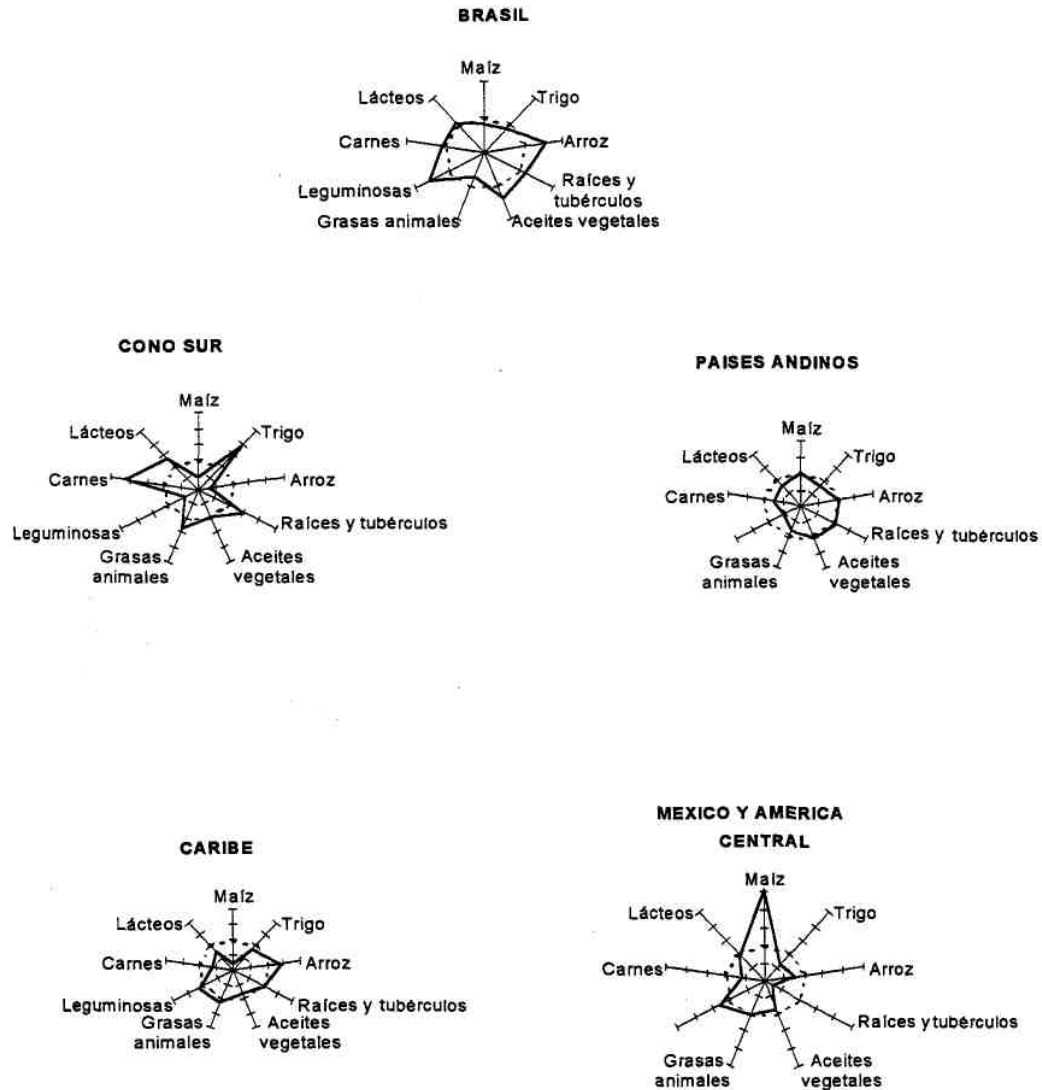
Cabe destacar que la yuca y el banano hacen una contribución importante en los países tropicales y de la región ecuatorial.

Cuadro 3
Composición relativa de las fuentes de energía alimentaria (%)
(A=1979-81; B=1990-92)

	Maíz		Trigo		Arroz		Raíces y tubérculos		Legumbres secas		Azúcares bruto		Aceites vegetales		Grasas animales		Carnes		Lácteos		Otros		Total
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
Argentina	2	2	26	27	1	2	4	4	1	1	11	11	10	11	5	3	21	19	8	9	11	13	100
Bolivia	10	12	19	17	5	9	12	10	3	1	15	13	3	7	7	4	9	9	3	1	13	16	100
Brasil	7	8	13	11	15	15	7	5	6	5	18	16	11	13	2	1	7	8	5	6	10	11	100
Chile	1	1	40	38	3	3	4	4	2	1	14	15	7	9	2	1	7	9	5	6	14	13	100
Colombia	12	13	5	7	14	12	9	7	2	3	14	14	7	8	2	1	7	7	4	6	24	21	100
Costa Rica	8	7	11	10	16	16	1	2	3	4	21	20	9	12	2	2	5	6	9	8	14	15	100
Cuba	0	0	20	18	15	14	7	5	3	4	18	25	6	9	9	5	6	6	8	6	8	8	100
Ecuador	9	11	10	10	10	16	4	3	2	1	16	13	10	20	1	2	4	5	6	5	14	27	100
El Salvador	35	35	9	10	4	4	1	1	3	4	14	13	5	5	3	2	2	2	6	5	19	19	100
Guatemala	48	51	10	7	1	1	0	0	5	5	16	16	6	5	1	1	1	2	3	3	7	7	100
Honduras	42	39	6	7	3	3	1	0	3	4	14	13	5	10	4	3	2	2	5	5	15	13	100
México	35	35	10	10	2	1	1	1	6	5	15	15	4	12	2	2	8	7	6	4	12	8	100
Nicaragua	25	25	5	8	13	13	1	2	8	7	18	18	4	8	2	2	5	3	5	4	14	11	100
Panamá	6	6	9	11	21	22	3	2	2	2	15	12	12	10	3	3	8	8	6	6	17	16	100
Paraguay	12	9	10	12	3	3	16	16	6	3	8	9	8	13	3	3	14	14	3	4	18	15	100
Perú	5	6	19	17	15	19	11	8	2	2	16	16	7	6	1	1	4	6	4	4	16	16	100
R. Dominicana	2	2	9	10	21	19	3	4	4	4	15	15	11	15	1	1	4	6	6	5	22	20	100
Uruguay	5	6	26	24	3	5	4	4	1	1	13	10	6	5	4	4	21	22	11	9	9	10	100
Venezuela	13	16	14	16	6	6	2	3	3	2	17	14	13	14	2	1	6	6	8	5	17	16	100

Fuente: FAO. 1995. Hojas de balance de alimentos, FAOSTAT-PC

Gráfico 2
Estructura comparativa de los patrones de consumo
(Promedio 1990-92)



Fuente: FAO. 1995. Hojas de balance de alimentos. FAOSTAT-PC

**CAMBIOS EN LOS PATRONES
DE CONSUMO**

En relación a la evolución del consumo aparente de energía, proteínas y grasas entre las décadas del 70, 80 y 90 medido como promedios trienales de finales e inicios de cada década se observa lo siguiente (Cuadro 4):

- Energía: la disponibilidad o consumo aparente de energía per cápita diario para América Latina subió de 2400 kcal en 1969-71 a 2525 kcal en 1979-81 para llegar,

luego de un escaso incremento, a 2538 kcal en 1990-92.

Mientras que entre las décadas del 70 y del 80 se aprecia que 7 de los 19 países de la región disminuyeron el consumo per cápita diario (Argentina, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú y Uruguay), entre las décadas del 80 y 90 bajaron en 9 países (Argentina, Bolivia, Chile, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela).

Cuadro 4
Composición del consumo de alimentos (per cápita día)
(A= 1969-71, B= 1979-81, C= 1990-92)

País	Energía (kcal)			Grasas (g)			Proteínas (g)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Argentina	3278	3197	2948	112	116	103	104	107	97
Bolivia	1953	2057	2031	42	51	51	48	53	52
Brasil	2463	2683	2791	51	68	82	61	60	64
Chile	2648	2649	2535	69	59	65	59	71	70
Colombia	2057	2459	2632	58	50	62	48	53	60
Costa Rica	2404	2631	2870	95	66	78	57	65	69
Cuba	2658	2936	3003	69	78	77	67	71	66
Ecuador	2138	2318	2539	50	59	90	50	49	52
El Salvador	1854	2320	2526	39	50	58	47	57	68
Guatemala	2080	2231	2282	38	43	42	56	56	58
Honduras	2140	2085	2307	41	42	61	54	51	56
México	2736	3181	3190	61	84	94	70	84	80
Nicaragua	2453	2314	2290	49	49	52	70	62	55
Panamá	2304	2283	2238	51	68	65	58	57	59
Paraguay	2776	2705	2618	72	81	68	72	75	91
Perú	2317	2106	1881	40	39	34	61	55	50
R.Dominicana	2021	2270	2273	48	57	65	44	49	50
Uruguay	2968	2831	2684	112	103	96	91	85	83
Venezuela	2370	2724	2586	54	78	75	60	70	65

Fuente: FAO. 1995. Hojas de balance de alimentos. FAOSTAT-PC

- Proteínas: el consumo de proteínas per cápita diario en 1969-71 fue de 62 g, en 1979-81 de 65 g y en 1990-92 de 66 g. Entre las dos primeras décadas disminuyó en 7 países (Brasil, Ecuador, Honduras, Nicaragua, Panamá, Perú, y Uruguay); en el segundo periodo disminuyó en 9 países (Argentina, Bolivia, Chile, Cuba, México, Nicaragua, Perú, Uruguay y Venezuela).
- Grasas (de origen animal y vegetal): el consumo per cápita diario de grasas subió de 61 g en 1969-71, a 65 g en 1979-81, para llegar a 69 g en 1990-92. En el primer período (1970 a 1980) bajó en 5 países (Chile, Colombia, Costa Rica, Perú y Uruguay), y en el segundo período (1980 a 1990) disminuyó en 8 países (Argentina, Cuba, Guatemala, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela).

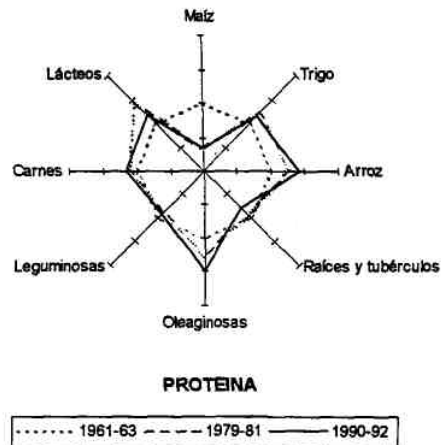
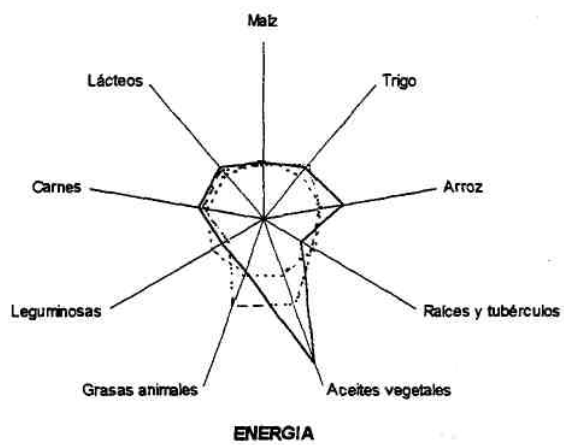
Con base en estas cifras, se puede decir que la tendencia a mejorar el consumo de energía y proteína presentada entre 1970 y 1980 se vio afectada negativamente por la crisis del 80. El aumento del consumo de grasa siguió la misma tendencia en las dos décadas. El hecho de que la crisis económica no se hubiese expresado en una caída generalizada, de la disponibilidad de energía alimentaria per cápita se debió, entre otros factores, a

ciertos cambios de los patrones de consumo que llevaron a la sustitución de calorías de mayor costo por fuentes más baratas. Así, mientras en el decenio del 70 la energía de origen animal se incrementaba a una tasa de 1,2% contra el 0,5% de las de origen vegetal, en el del 80 las primeras mostraron tasas negativas del 0,3 % contra el 0,1 % de las de origen vegetal.

En el Gráfico 3 se presentan los cambios en la estructura del consumo de energía y proteína entre los años 1961-63 (fecha en que se dispone de las primeras hojas de balance), 1979-81 y 1990-92. Se aprecia una contribución importante y creciente de la energía aportada por los aceites vegetales y en menor grado por carnes y lácteos, mientras ocurre lo inverso con las grasas animales. Además se produce un aumento de la energía proveniente del arroz, la del trigo aumenta para bajar en el último período y la de las leguminosas desciende con un ligero repunte en el último período. La energía de las raíces y tubérculos presenta una disminución progresiva.

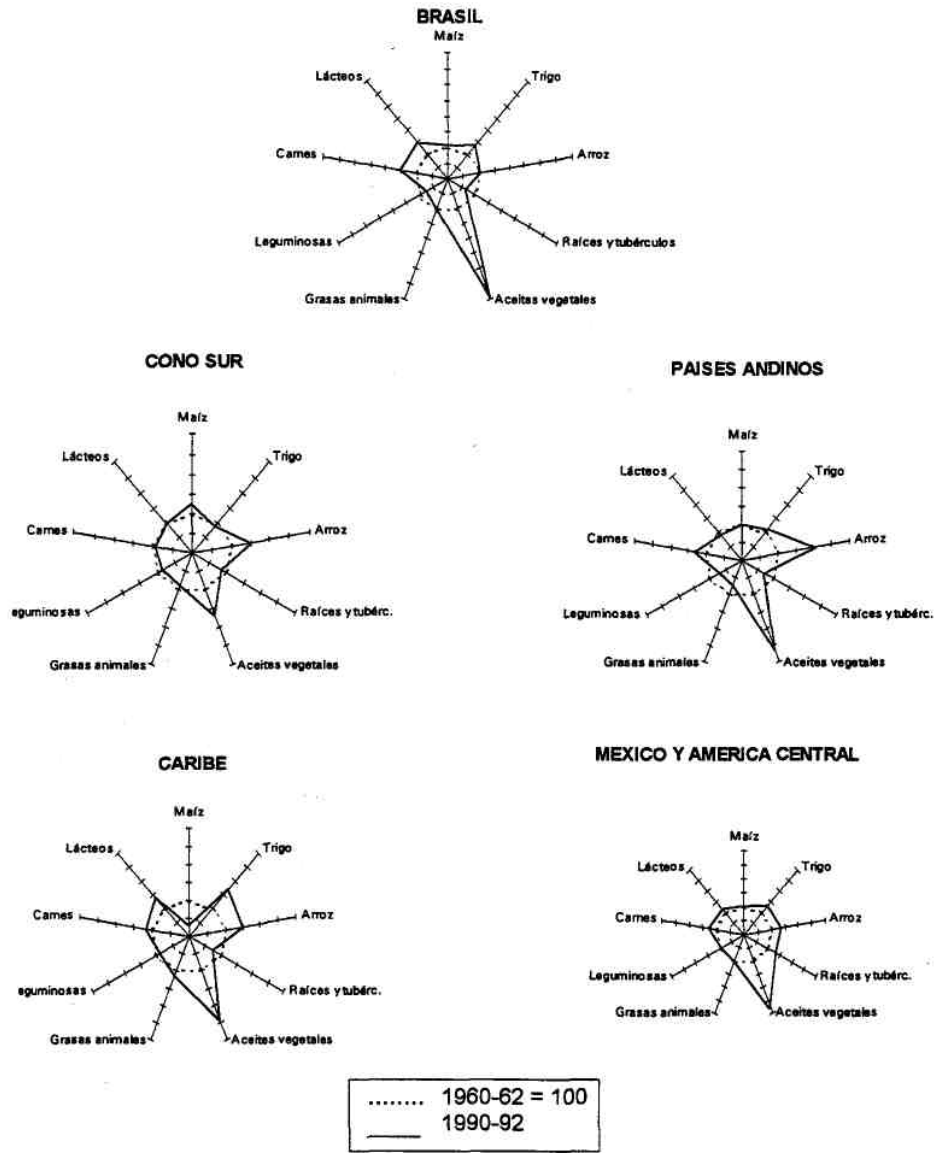
En relación al consumo de proteínas, las suministradas por las oleaginosas, carnes y arroz presentan un aumento progresivo. Las proteínas del trigo y los lácteos luego de aumentar presentan un descenso, más manifiesto para estos últimos. La contribución de las raíces y tubérculos, maíz y leguminosas en el consumo total de proteínas disminuye.

Gráfico 3
Cambio en la estructura del consumo de energía y proteína en América Latina



Fuente: FAO. 1995. Hojas de balance de alimentos. FAOSTAT-PC

Gráfico 4
Cambios en los patrones de consumo entre 1961-63 y 1990-92



Fuente: FAO. 1995. Hojas de balance de alimentos. FAOSTAT-PC

Al efectuar el análisis de los patrones básicos de consumo por subregiones considerando las principales fuentes energéticas (Gráfico 4), entre comienzos de las décadas del 60 y 90, se aprecia que en general tienden a mantenerse.

Sin embargo, se destaca el aumento de la participación de los aceites vegetales en Brasil y en diversos países del Caribe latino, área andina, América Central y México, y en menor medida en el Cono Sur.

Por otra parte, se nota el descenso de algunos productos de consumo popular y de base campesina como las raíces y tubérculos en todas las subregiones excepto México y América Central; el consumo de maíz también se reduce en el Caribe, mientras aumenta en el Cono Sur.

El consumo de trigo y arroz aumenta en casi todos los países, aunque el del trigo se ha visto algo atenuado en los últimos años. En el Cuadro 3 se incluyen los valores porcentuales de las diversas fuentes de energía alimentaria entre los inicios de las décadas del 80 y 90.

Estos cambios en el consumo podrían atribuirse al desarrollo de algunos proyectos de palma africana y a la caída de los precios internacionales de la semillas de oleaginosas, y al aumento del precio relativo de algunos cultivos autóctonos en relación con los cereales importados muchas veces subvencionados en los países productores.

A los cambios descritos en términos de componentes genéricos se agrega, como se ha mencionado anteriormente, el peso creciente de los alimentos industrializados en las dietas nacionales; el acelerado desarrollo del valor agregado en servicios (terciario alimentario), y el significativo proceso de diferenciación de las dietas nacionales.

PATRON DE REFERENCIA Y SUSTENTABILIDAD DE LOS MODELOS REGIONALES

El modelo de consumo que se ha constituido en la pauta de referencia de los procesos de transformación de los modelos de la región, es el de los países desarrollados que se caracteriza en general por: i) un alto nivel energético y proteico; ii) un porcentaje creciente de proteínas animales; iii) un acelerado incremento de productos industrializados, altamente diferenciados, producidos y comercializados por una estructura más concentrada; y iv) la masividad de su difusión.

Si se comparan las características que tuvo la gestación y adopción del modelo dominante en los países desarrollados con lo ocurrido en la región, se advierten algunos contrastes significativos (Schejtman, 1994):

- a) en América Latina los productos con alto grado de diferenciación se incorporaron a niveles de ingreso

medio muy inferiores a los países desarrollados; en los que surgieron cuando la cobertura de las necesidades básicas se habían generalizado;

- b) la producción alimentaria y agroindustrial en los países desarrollados se generalizó para el consumo de toda la población, en cambio en la región sólo alcanza a sectores minoritarios o como componentes de alto costo para los niveles más pobres;
- c) el modelo adoptado no corresponde con los recursos nacionales pues, al contrario, condujo a un desplazamiento del patrón de consumo basado en productos autóctonos o tradicionales;
- d) la masificación del modelo de referencia resultaría imposible, no sólo por el nivel de ingreso más bajo de los consumidores, sino por el costo que implica en divisas para el país. A medida que la dieta es más refinada, mayor es la cantidad de energía invertida por cada caloría disponible para el consumo. La masificación de este modelo en América Latina implicaría el empleo de una cantidad de energía comercial equivalente a dos veces la totalidad del petróleo bruto que se consumía al final de la década del 80.

BIBLIOGRAFIA

1. CELADE. 1991. (Boletín Demográfico 48 y 49).
2. Cepéde, M. et Languèlle, M. 1953. Economie alimentaire du globe. París, Librairie de Medicis.
3. FAO. 1996. Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 24a. Asunción, Paraguay, 2 al 6 de julio de 1996. Cambios de los patrones de producción y consumo y su impacto en la agricultura de la Región. FAO. (LARC/96/5).
4. FAO. 1994. Compendium of food consumption statistics from household surveys in developing countries. Volume 2; Africa, Latin America and Oceania. Roma, FAO. (FAO Economic and Social Development Paper 116/2).
5. FAO. 1995. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma, FAO. (Colección FAO: Agricultura 28).
6. FAO. 1996. Guía metodológica de comunicación social en nutrición. FAO, Roma.
7. FAO. 1995. Hojas de Balance de Alimentos. Roma, FAO. (Serie Informática FAOSTAT-PC. 4 Diskettes).

8. FAO. 1988. Sistemas alimentarios y seguridad alimentaria. Anexo III. En: Potencialidades del desarrollo agrícola y rural en América Latina y el Caribe. Roma, FAO. (LARC88/3).
9. FAO. 1988. Urbanización, modalidades de consumo de alimentos y nutrición. Comité de Agricultura, 100 Período de Sesiones. Roma, FAO. (COAG/89/75, diciembre).
10. FAO/OMS. 1992. Nutrición y desarrollo, una evaluación mundial. Conferencia Internacional sobre Nutrición. (ICN/92/INF/5).
11. FAO/OPS. 1993. Situación alimentaria y nutricional de América Latina. Santiago, FAO/ RLAC.
12. Leite de Vasconcellos, M. 1987. Os principais tipos alimentares do Brasil. Roma, FAO. (Serie de relatorios de consultores sobre nutriçáo 81).
13. Périssé, J. 1985. Aspectos alimentarios y nutricionales de la urbanización. En: Urbanización, alimentación y nutrición en América Latina y el Caribe. Santiago, FAO/RLAC. pp. 144-160.
14. Schejtman, A. 1994. Economía política de los sistemas alimentarios en América Latina Santiago, FAO/RLAC.
15. Tagle, M. A. 1988. Cambios en los patrones de consumo alimentario en América Latina. En: Metas nutricionales y guías de alimentación para América Latina, bases para su desarrollo. Caracas, Venezuela, Fundación Caven-des/UNU. pp. 378-393.
16. Taller Internacional sobre Venta Callejera de Alimentos. Guatemala, 1 - 5 de Octubre de 1990. Informe Final. Santiago, FAO/ RLC. (RLAC/90/29-NUT-45).

CAPITULO 7

ENCUESTAS DE PRESUPUESTOS Y GASTOS FAMILIARES EN LOS ESTUDIOS ALIMENTARIOS

Rolando Chateauf

INTRODUCCION

Las encuestas de presupuestos y gastos familiares si bien tienen otras finalidades más específicas, han servido tradicionalmente para hacer estudios alimentarios de diferente naturaleza asociados principalmente al análisis del consumo y de los efectos de algunos factores condicionantes.

Estas encuestas se dirigen fundamentalmente en la mayoría de los países a la obtención de resultados representativos de los consumos familiares o de los hogares, con el objeto de obtener las bases de ponderación para los cálculos del índice de precios al consumidor, denominado habitualmente como el IPC.

METODOLOGIAS PARA CALCULARLOS CONSUMOS ALIMENTARIOS DE LA POBLACION

Estas metodologías podrían agruparse en:

- a) Hojas de balance de alimentos
- b) Encuestas de presupuestos y gastos familiares
- c) Encuestas específicas de consumo, con sus diferentes metodologías y coberturas

Al igual que en el campo económico, se puede hablar de macroeconomía, que se relaciona con valores

económicos promedios nacionales, y también de microeconomía o del análisis con diferentes grados de desagregación, hasta llegar al estudio de las unidades básicas, ya sea la de "consumo" constituida por el grupo familiar o el individuo y la de "producción", representada por la empresa. En el consumo se puede trabajar con valores representativos del consumo de toda la población de un país o del consumo del individuo promedio o del grupo familiar que caracteriza a esa sociedad, pero también será importante conocer consumos individuales o los que representen a grupos más específicos.

Hojas de balance de alimentos

Las hojas de balance de alimentos, han constituido tradicionalmente una interesante fuente de información, que permite, entre otras informaciones, entregar las siguientes:

- a) Consumo aparente promedio por habitante de los distintos alimentos, a base de una al parecer sencilla fórmula: producción nacional, más importaciones, menos exportaciones, más stock inicial menos stock final, menos destino a otros usos que no sean alimentarios humanos como por ejemplo semillas, alimentación animal, usos industriales para elaborar productos no alimentarios, y menos pérdidas. Si este consumo se determina con plena

exactitud su valor debe ser igual al que se obtendría de la suma de todos los consumos alimentarios de la población.

- b) A partir de los consumos anteriores se puede analizar el origen del abastecimiento. Por ejemplo determinar que proporción de la ingesta proviene de alimentos importados.
- c) También permite saber el destino de la producción nacional, cuánto va a alimentación del país, cuánto a exportaciones y cuánto iría a otros usos.
- d) A partir de la estructura del consumo y mediante las tablas de composición de los alimentos, se puede llegar a obtener cifras de ingestas promedio de energía, proteínas totales y su distribución de origen vegetal y animal, materia grasa, vitaminas, minerales, etc.

Las hojas de balance dan habitualmente información de un promedio anual para un país; recogidas y analizadas a través del tiempo pueden permitir apreciar evoluciones de la composición del consumo, cambios en las dependencias alimentarias externas, efecto de evoluciones de la actividad económica de un país, efectos de los precios de los alimentos en el consumo, etc.

Un análisis que ha permitido las hojas de balance es hacer comparaciones internacionales. Se ha podido apreciar, en base a la información de países con tan diferentes niveles de ingreso, que

van de los US\$ 300 por habitante al año, hasta los US\$ 30.000, el efecto del ingreso sobre los consumos por alimentos, como también por energía y otros nutrientes. La FAO tiene interesantes estudios sobre la materia.

Encuestas específicas de consumo

Estas encuestas pueden diferenciarse por sus metodologías y por sus coberturas. En cuanto a metodologías se tienen las que descansan en métodos recordatorios de diferentes períodos, hasta las de consumo más puntual y de determinación más precisa llegando a obtener la ingesta exacta de alimentos incluso por miembros de la familia. Por su cobertura, pueden tener un carácter nacional, que incluya a una muestra representativa de la población de un país, hasta llegar a estudiar sectores particulares de la población ya sea de familias u hogares con determinadas características o a miembros más específicos aún, como el sector laboral, a la embarazada, al escolar o a la población de la tercera edad de sectores de pobreza.

En general estas encuestas no son fáciles de hacer y cuando son de amplia cobertura habitualmente demora la obtención de los resultados.

ENCUESTAS DE PRESUPUESTOS Y GASTOS FAMILIARES

Las encuestas de presupuestos y gastos familiares constituyen una fuente

indirecta de estimar los consumos alimentarios de las familias o los hogares.

Como ya fuera señalado estas encuestas tienen finalidades específicas; generalmente se destinan a la elaboración de los índices de precios al consumidor.

Su metodología descansa en encuestar habitualmente por un año a una muestra representativa de hogares o consumidores. Lo más frecuente es que estas metodologías se apliquen a sectores urbanos, y como sucede en Chile, al llamado Gran Santiago, es decir a la Capital y sus alrededores urbanos (1). Eso no excluye que se hayan hecho en varios países latinoamericanos encuestas mucho más amplias como las realizadas en Brasil y en Guatemala, que han cubierto todo el territorio nacional y que permiten diferenciar consumos rurales de urbanos, y de ciudades intermedias y grandes. No cabe duda, como se verá más adelante, estas encuestas de amplia cobertura entregan una muy rica información, que aporta antecedentes valiosos para varios tipos de análisis.

Para que la muestra sea representativa, lo que se hace es estratificar el universo considerando hogares de diferentes localizaciones y a su vez de diferentes estratos de ingreso.

La información recogida refleja en lo principal lo que el hogar o la familia gasta en diferentes bienes y servicios. Desde luego no sólo cubre la

alimentación, sino que se incluyen todos los otros gastos. También se recolecta información del tamaño y composición del hogar o familia.

Estas encuestas se hacen distanciadas en el tiempo. En el caso chileno se acostumbra a efectuarla cada 10 años, y ellas van dirigidas fundamentalmente a revisar las ponderaciones del índice de precios al consumidor (IPC) también denominado no tan correctamente como índice del costo de la vida.

La información derivada de estas encuestas, para los fines del IPC, entrega una identificación de los productos más importantes que deberán considerarse y además el peso o la ponderación de cada uno de ellos en el gasto representativo de la población.

Se recoge información, habitualmente de cantidades físicas compradas y de precios. En base a esa información se establecen los gastos en cada uno de los bienes y servicios correspondientes. Se determinan también estacionalidades de ellos. Los alimentos, por ejemplo, tienen estacionalidades distintas como también otros gastos tales como los de juguetes y de veraneos o de turismo; algo similar puede suceder con los gastos en calefacción y gastos escolares.

Es conveniente tener presente que estas encuestas no van dirigidas específicamente a estimar consumos alimentarios. En lo principal reúnen información de gastos en bienes y servicios de

distinta naturaleza. Omiten por lo tanto los alimentos que pueden recibir los miembros de la familia por donaciones como por ejemplo de los programas materno infantil. Tampoco se valoran los almuerzos u otras formas de entrega de alimentos en escuelas y en establecimientos laborales, que no significan gastos para el grupo familiar. Tampoco se incluyen habitualmente las producciones de autoconsumo.

Entre las informaciones interesantes que aportan pueden mencionarse las siguientes:

- a) Composición del gasto en alimentos por estratos de gastos familiares, que son en cierto modo estimativos de los ingresos por hogares. Por ejemplo, en el caso chileno los antecedentes se presentan por quintiles.
- b) Proporción del gasto total que representa el gasto en alimentos. Esto revisado por estratos de gastos o de ingresos demuestra claramente la reducción del porcentaje del gasto en alimentos a medida que el gasto o el ingreso del hogar aumentan.
- c) La composición de gasto en alimentos permite información valiosa para determinar las características de la canasta alimentaria. Como esta composición se presenta por estratos de ingresos, ello permite apreciar las características de la canasta de los sectores de bajos ingresos o de los

pobres, los que habitualmente requieren más análisis y mayor preocupación de las políticas, programas e intervenciones alimentarias y nutricionales.

Como se acompaña la información del tamaño familiar o del hogar por estratos se pueden calcular los gastos por persona, en alimentos y en sus correspondientes componentes.

- d) En la medida en que se pueden estimar los ingresos por estratos, y al mismo tiempo los gastos en alimentos globales y por ítems específicos, se hace posible estimar cuál es el probable efecto del ingreso en los consumos, lo que se cuantifica a través de las llamadas elasticidades ingreso de la demanda.
- e) Convirtiendo los gastos en cantidades físicas y éstas en energía, en proteínas totales, en proteínas vegetales y animales y en otros nutrientes, es posible llegar a obtener estimaciones globales por familias promedio de cada uno de estos componentes de la dieta. Así se verá con toda seguridad que a medida que los hogares reflejan mayores ingresos, aumentan los gastos por hogares y por persona en energía alimentaria, más marcadamente en proteínas y más aún en proteínas de origen animal. Seguramente se podrá apreciar una clara tendencia a que frente a hogares de mayor nivel de gasto,

posiblemente de ingresos, se tiene más dinero destinado a la compra de frutas y verduras y menos a la de productos ricos en carbohidratos.

- f) Una información que aparece clara en la mayoría de las encuestas, por no decir en todas, es la tendencia a que a medida que aumenta el gasto familiar o del hogar (presumiblemente en que los ingresos aumentan), se produce un crecimiento más marcado en la compra de alimentos preparados o en los consumos fuera del hogar.

Comparando encuestas de presupuestos y gastos familiares de diferentes períodos, se pueden apreciar evoluciones interesantes e interesantes. Por ejemplo, en el caso chileno la comparación de las últimas encuestas muestran retrocesos sensibles en los gastos alimentarios de los estratos de menores ingresos.

Cuando la riqueza y cobertura de información es más amplia, de los resultados de esta encuesta se pueden obtener otras valiosas informaciones complementarias. Esto también se deriva del aprovechamiento que se pueda obtener de la información recogida de cada encuesta y de su correspondiente elaboración.

Por ejemplo, de la encuesta de Brasil de la década del 70 se obtuvo una valiosa información por estado de

donde se puede apreciar las diferencias regionales de los consumos como efecto de las características diferentes de sus agriculturas, de sus diferencias de ingresos y posiblemente otros factores que influyen en los consumos como son las condiciones climáticas y los hábitos o costumbres tradicionales.

También en el caso de Brasil se hizo una interesante elaboración para llevar a unidades más uniformes del tamaño de la familia y del hogar. Es así como se llegó a trabajar con un tamaño en unidades de equivalente adulto, mediante la conversión de los requerimientos de la familia u hogar considerando su composición, en el adulto equivalente, a través de un cociente simple.

En Guatemala le correspondió al autor hacer en 1989 una estimación de las perspectivas de demanda interna de alimentos para los próximos 10 años. Una base importante fue la información obtenida de una encuesta nacional realizada en la década del 80, que separaba a la población en urbana de la gran ciudad, urbana de ciudades intermedias y población rural. Con base en esa información se estimaron coeficientes de elasticidad de demanda de ingresos para los tres tipos de localización de población y además se logró estimar el posible efecto del cambio de ubicación de la población, al pasar del medio rural a los medios urbanos. Se pudo apreciar que para estratos de similares niveles de ingreso, la composición del consumo era

sensiblemente diferente en algunos alimentos, entre el medio rural y el urbano (2).

Es importante señalar que también estas encuestas pueden entregar información básica complementaria, si a partir de la muestra y de los contactos con los hogares y sus miembros, se recoge información adicional. Se pueden mencionar experiencias de Colombia de los años 80 en que se recogió información del estado nutricional y de Salta, Argentina, en que se obtuvo también antecedentes de estado nutricional de niños.

Sin duda que estas encuestas de presupuestos y gastos familiares o de hogares, entregan valiosas informaciones, pero se debe tener presente que ellas también tienen limitaciones, las que deberán considerarse adecuadamente para los análisis correspondientes. Su metodología va dirigida a otros fines y no a lo alimentario y nutricional, pero la información complementaria es valiosa,

y a su metodología se le puede introducir la obtención de otros antecedentes más directamente relacionados con la alimentación y la nutrición, sobre lo que ya se tiene experiencia. El hecho que se trabaje con muestras representativas y que además se hagan con periodicidades establecidas, facilita, con bajo costo obtener informaciones específicas para las diversas áreas.

BIBLIOGRAFIA

1. Chile. Instituto Nacional de Estadística. IV Encuesta de Presupuestos familiares. Diciembre de 1987-noviembre de 1988. Santiago, Chile 1988.
2. Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 1989. "Estudio Sectorial Agropecuario". Anexo V. Comercialización. Elaborado por Harza International.

CAPITULO 8

EVALUACION DE LA INGESTA DIETETICA

Vivien Gattás

INTRODUCCION

La ciencia de la nutrición ha demostrado que la alimentación ejerce una influencia transcendental sobre la salud, y a la vez ha podido establecer ciertas normas provisionales sobre lo que constituye una alimentación adecuada. Por lo tanto, se hace necesario investigar lo que comen los diversos pueblos, hasta que punto los regímenes alimentarios actuales son satisfactorios y cuales son las causas fundamentales de la insuficiencia alimentaria, como también es importante conocer la relación que existe entre la dieta y la salud. La manera de obtener esta información es llevando a cabo encuestas alimentarias solamente o como parte de una investigación más amplia.

La información obtenida por evaluación dietética servirá, no sólo, de base para formular normas y programas económicos, agrícolas y de distribución de productos alimenticios, sino también para emprender campañas educativas a fin de mejorar los hábitos dietéticos y de asegurar el mejor aprovechamiento de los abastecimientos disponibles. El resultado de los programas para el mejoramiento de la dieta y, por ende, de la salud, puede apreciarse satisfactoriamente sólo al comparar el consumo de alimentos y de nutrientes con el estado de nutrición "antes y después de las encuestas".

En términos generales los métodos de encuestales de la ingesta de alimentos se pueden definir como una investigación dirigida a conocer y juzgar la suficiencia de la dieta de un individuo o grupo de población.

Cualquiera que sea el marco y propósitos de una encuesta alimentaria, como en toda investigación científica, pueden distinguirse tres etapas en su desarrollo:

- planificación
- realización y
- análisis e interpretación de la información

Tal como frente a cualquier tipo de investigación científica es indispensable planificar, para ello hay que considerar una serie de hechos y condiciones que pueden esquematizarse contestando las siguientes preguntas:

- a) ¿Para qué encuestamos? Los propósitos y objetivos concretos.
- b) ¿A quiénes encuestamos? La población, sus características y delimitación, representatividad de la muestra.
- c) ¿Con qué lo haremos ? Los recursos, balance entre necesidades y disponibilidad, los recursos humanos y materiales para la realización del estudio.

- d) ¿Qué buscaremos? El contenido de la encuesta, los datos útiles y pesquisables. de los instrumentos a utilizar, que permita llegar a un plan de trabajo factible y equilibrado.
- e) ¿Cómo recogeremos los datos? La técnica encuestal a utilizar y los instrumentos de trabajo. La tendencia natural al emprender una encuesta alimentaria es formularse propósitos y objetivos muy amplios y ambiciosos, por ello es necesario especificar muy bien qué es lo que se busca, qué grupo poblacional interesa, y cuál sería la aplicación práctica.
- f) ¿Cómo interpretaremos los resultados? El método de análisis que se utilizará.
- g) ¿Qué tiempo abarcará la investigación? Época del año y veces que se recopilará información. **MÉTODOS O TÉCNICAS DE ENCUESTA**
- h) ¿Quiénes registrarán la información? El personal que registrará la información, su capacidad y personalidad como su adiestramiento es fundamental en este tipo de estudios, el conocimiento que tengan del lugar en el cual van a trabajar, conocer las técnicas de muestreo, características de los alimentos, medidas y formas de preparación que se utilizan en el consumo habitual de alimentos y familiarización y manejo de las fichas y protocolos a utilizar, cómo aplicarlos, y por supuesto cómo interpretar la información recogida. En una encuesta alimentaria se pueden emplear varias técnicas o procedimientos para obtener la información requerida, el investigador puede usar registros existentes, puede observar o bien formular preguntas. El resultado que se obtenga en la encuesta y la interpretación de ella dependerá exclusivamente de la obtención correcta de datos con la técnica o procedimiento que sea más adecuado.

Método de inventario o registro de alimentos

Esta técnica se puede utilizar en instituciones como: comedores comunitarios, jardines infantiles y otros. Consiste en hacer un inventario de los alimentos en existencia al comienzo y al final del período de estudio y llevar un registro de todos los

Para que la investigación resulte confiable y valedera, aún antes, debe cumplirse con una etapa previa de recopilación de información del lugar en el cual se va a trabajar, es decir, un estudio piloto de prueba o validación

alimentos que entran al lugar durante la investigación.

Método por registro gráfico

Consiste en anotar en un protocolo o cuestionario previamente estructurado, tipos y cantidades de alimentos consumidos en un determinado período de tiempo, por el mismo sujeto en estudio.

Método por pesada o del peso exacto

Consiste en pesar con exactitud durante un día, los alimentos antes de que sean consumidos por el encuestado, registrar el peso de los ingredientes de las preparaciones, peso de desperdicios y desechos, y posteriormente se analiza cuantitativamente en el laboratorio muestras representativas de las raciones, determinando su contenido nutricional.

La limitación en el uso de este método es su alto costo, por los recursos humanos y materiales que implica.

Métodos por interrogatorio

Para la mayor parte de las poblaciones, los métodos por interrogatorio siguen siendo los más utilizados. Estudios nacionales permiten demostrar que si bien necesitan de personal entrenado, las técnicas pueden ser aplicadas no sólo por profesionales especializados

en nutrición, sino que por otros profesionales que atienden a la comunidad, esto significa mayores posibilidades tanto en Chile como en otros países, donde se dispone de poco personal especializado y además su costo es mucho menor.

En la planificación y desarrollo de las encuestas alimentarias por interrogatorio, es muy importante precisar el tiempo durante el cual se interrogará, pudiendo ser de un día o tratar de cubrir un mes en una o más entrevistas continuas o discontinuas.

Existen tres técnicas principales por sistema de interrogatorio y corresponden a:

- tendencia de consumo cuantificada de siete días
- recordatorio de ingesta en tres días continuos o discontinuos
- recordatorio de las 24 horas anteriores.

En la técnica de tendencia de consumo, se estudia la frecuencia de consumo de una lista de alimentos y la cantidad de cada uno de ellos consumida cada vez, y expresadas en medidas caseras, a partir de estos datos se calcula la cantidad promedio diaria en medidas métricas para cada alimento o grupos afines y posteriormente el valor nutritivo de esta dieta promedio se calcula de acuerdo a tablas de composición química de alimentos.

En el segundo método o recordatorio de ingesta de tres días, se estudia el consumo de alimentos por parte del individuo en tres días, lo aconsejable es tomar días de semana y otro festivo o de fin de semana. Se basa en consultar sobre las preparaciones de las distintas comidas que la persona tiene en el día y de los alimentos, bebidas o colaciones extras consumidas durante ese día. Para el cálculo de cantidades en medidas métricas y aporte nutritivo se sigue el mismo procedimiento de la técnica anterior.

El tercer método consiste en preguntar sobre la ingesta dietética del día anterior a la encuesta, especificando también, alimentos, preparaciones, bebidas y demás consumos realizados durante y entre las comidas. Las medidas caseras se transforman en medidas métricas y luego se calculan el aporte calórico y de los diferentes nutrientes que se deseen conocer.

Estas técnicas corresponden a un , procedimiento directo y son las más utilizadas en las investigaciones sobre nutrición y alimentación en los diferentes grupos etarios.

En estos tres métodos, es importante señalar, que la obtención de datos válidos va a depender en gran medida de la destreza, habilidad y preparación de los encuestadores.

Por otra parte, se debe recordar que la dieta puede estudiarse de múltiples maneras y que los diferentes métodos

pueden adaptarse de acuerdo a las condiciones en que se realiza la encuesta.

Las fichas o formularios para registrar y transferir la información, como también la tabulación de los resultados varían según el método empleado; una vez recogidos los datos se revisan y se procede al análisis e interpretación de resultados. Actualmente se cuenta con programas de computación que permiten un análisis más rápido del aporte de sustancias nutritivas, como también, para el análisis estadístico de la información recogida.

Los instrumentos que se utilizan en esta etapa son: tablas de equivalencias de medidas caseras a medidas métricas, tablas de composición química de alimentos y tabla de recomendaciones o estándares de referencia para establecer la suficiencia de la dieta.

EVALUACION DE LOS DATOS

Factores que afectan el consumo

Para determinar el verdadero valor nutritivo de los alimentos ingeridos, es necesario tomar en cuenta las pérdidas de nutrientes durante la preparación y cocción, además de los desechos y desperdicios.

Cálculo del valor nutritivo de la dieta

El organismo necesita aproximadamente 40 nutrientes. Al proyectarse

el cálculo de los elementos nutritivos de una dieta, debe decidirse cuales se incluirán. Se determina el valor nutritivo utilizando las tablas de composición de alimentos, salvo en aquellas investigaciones en que se realiza un análisis químico de los alimentos o comidas. Se deben elegir o reunir tablas que den datos apropiados sobre la composición de alimentos. En la actualidad conviene, por lo general, calcular por lo menos el valor calórico, proteínas, lípidos, hidratos de carbono, fibra, calcio, hierro, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. En las encuestas de grupos de la población que se exponen poco a la luz solar, puede resultar útil calcular la cantidad ingerida de vitamina D.

Tablas de composición de alimentos: su selección y uso

Las tablas de composición de alimentos sirven para calcular la composición de las dietas solamente en los casos en que la composición y grado de preparación o elaboración de los alimentos consumidos por los grupos que se estudian sean similares al de los alimentos a que se refieren las tablas. Se han compilado y publicado muchas tablas que por lo general dan "valores preferibles" respecto a los diversos alimentos dado a la variabilidad en su composición. Las variaciones son considerables especialmente en cuanto al contenido mineral y vitamínico. El suelo, el clima y otras condiciones de cultivo, la variedad, el grado de

madurez y el período de almacenamiento constituyen parte de los factores que influyen en la cantidad de nutrientes que contiene un alimento.

Al estudiar las diversas tablas, puede observarse que a veces aparecen valores diferentes para los mismos alimentos. En algunos casos esto se debe a que en realidad existen diferencias en los alimentos en sí, y en otros casos a que se han empleado distintos métodos analíticos o métodos diferentes para derivar las cifras partiendo de los datos analíticos básicos.

Los resultados que se obtengan mediante la aplicación de distintas tablas nunca serán equiparables mientras persistan estas diferencias de método. Por lo tanto, se logrará el mayor grado de exactitud si se calcula el valor nutritivo de una dieta, si se emplea la información sobre la composición de alimentos que esté basada en el análisis de los mismos alimentos consumidos por el grupo en estudio.

Para que la información obtenida mediante las encuestas alimentarias sea fidedigna y las conclusiones a que se llegue sean válidas, deben prepararse las encuestas cuidadosamente, seleccionándose los mejores métodos en la recopilación y evaluación de los datos, y la interpretación de los resultados debe basarse en los principios científicos de la nutrición.

BIBLIOGRAFIA

1. Algunos aspectos sobre el trabajo de encuestas. Universidad de Chile. Facultad de Medicina. Departamento de Nutrición. (Publ.Doc. 1180/79).
2. FAO. 1962. Encuestas alimentarias, su técnica e interpretación. Washington DC, ONU.
3. FAO. 1981. Análisis de datos de encuestas de consumo alimentario. Roma. (Estudio FAO: Alimentación y Nutrición).
4. FAO/OMS/UNU. 1985. Necesidades de Energía y de Proteínas. Informe Reunión Consultiva Conjunta FAO/OMS/UNU de Expertos. Ginebra, OMS. (Serie de Informes Técnicos 724).
5. Gattás, V. y Aguayo, M. 1977. Tabla de pesos y medidas prácticas de alimentos, su equivalencia en gramos y aporte nutritivo. Universidad de Chile. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos.
6. Olivares, S. y Andrade, M. 1985. Módulo de aprendizaje, recomendaciones nutricionales y adecuación de la dieta. INTA. (Apartado docente).
7. Tabla de composición química de alimentos chilenos. 1985. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. 7 ed.

CAPITULO 9

METODOS DE EVALUACION DIETETICA

Isabel Zacarías

MÉTODOS DE EVALUACION DIETETICA

La alta prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles, como enfermedad cardiovascular, algunos tipos de cáncer, diabetes, obesidad y osteoporosis, no sólo en los países en desarrollo sino también en los países en vías de desarrollo, pone de manifiesto la necesidad de mejorar los métodos de evaluación de ingesta dietética de los alimentos con el propósito de identificar el rol de la dieta en la etiología y prevención de estas enfermedades (1,2).

Los métodos de evaluación dietética constituyen una herramienta fundamental en la determinación de la ingesta de alimentos de grupos poblacionales. Dado que cada método tiene sus ventajas y limitaciones, la presente revisión pretende analizar y discutir los aspectos más importantes en relación a estos métodos.

En 1992 se realizó la primera Conferencia Internacional sobre Métodos de Evaluación Dietética, cuya finalidad fue promover el intercambio de información a nivel nacional e internacional y contribuir a fomentar la investigación sobre métodos para recolectar y analizar la información nutricional (2). Entre las actividades específicas en esta área, se señala el identificar y minimizar las fuentes de error en la colección y proceso de los datos y mejorar los métodos para estandarizar las

porciones. Un resultado importante de la conferencia fue establecer un listado de prioridades de investigación para conducir diversos estudios en esta área. Entre éstas están:

- a) Desarrollo y evaluación de métodos de recolección de información dietética que consideren las diferentes culturas, así como también las diferentes edades, formas de comunicación y capacidad cognitivas.
- b) Desarrollo del conocimiento base de cómo los individuos escuchan y procesan la información de los alimentos que consumen.
- c) Desarrollo de nuevos enfoques para la identificación y minimización del sesgo y otras fuentes de error en la evaluación dietética, dentro de esta línea se incluyen los estudios de evaluación de biodisponibilidad de nutrientes.
- d) Desarrollo y evaluación de métodos apropiados para estandarizar el tamaño de las porciones.
- e) Desarrollo, actualización y expansión de las bases de datos de composición de alimentos.
- f) Desarrollo de métodos más eficientes y de menor costo para la recolección y análisis de la ingesta de alimentos.

- g) Desarrollo y evaluación de instrumentos para la medición de cambios dietéticos.
- h) Desarrollo de métodos apropiados para la comparación internacional de datos.

Los organismos internacionales participantes en esta Conferencia (FAO y OMS), reconocen la necesidad de realizar evaluaciones de ingesta dietética y estado nutricional de la población para implementar programas adecuados de nutrición y salud.

La información existente señala que los métodos de evaluación dietéticas deben proveer una adecuada especificidad para describir los alimentos y cuantificar los nutrientes ingeridos. Estudios realizados por

nutritivo de los alimentos preparados, las pérdidas por alimentos que no están en las tablas, en que época del año se realizó el estudio y, finalmente cómo y quién recolectó la información (4).

En la determinación de la cantidad de alimentos consumidos por la población se han encontrado que los errores más frecuentes se relacionan con:

- a) El encuestado y el encuestador: por ejemplo errores por inducción de las respuestas.
- b) La estimación de las cantidades de alimentos: por confusión en las unidades de medidas o fallas en las mediciones.

diferentes investigadores (3,4) señalan que en muchos países se carece de información nutricional sistemática y muchas veces la información existente utiliza metodologías variables lo que dificulta su comparación. Otra de las dificultades encontradas en la literatura para comparar diferentes estudios sobre encuestas es que algunas veces, se señala que el método de encuesta ha sido "modificado" sin precisar cuales han sido las modificaciones incorporadas. Otras publicaciones sobre ingesta de alimentos no informan el método usado, cómo se determinó la cantidad de alimentos, qué tablas de composición de alimentos se utilizaron, cómo se determinó el valor

- c) La cuantificación de los nutrientes, en este aspecto juegan un papel importante las bases de datos.
- d) Análisis de datos (5).

Se ha observado que los errores comunes en la conversión de alimentos a nutrientes se deben principalmente a:

- identificación incorrecta del alimento
- registro de datos equivocado
- registro incorrecto de las cantidades de alimentos

- pérdida u omisión de datos

A continuación se presentan los comentarios relacionados con las metodologías de encuestas alimentarias en base a la experiencia de los participantes al Taller sobre Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos en Nutrición (9) en la aplicación de encuestas alimentarias en los países. Estos comentarios se dividieron en tres aspectos:

1. Métodos de encuestas más utilizados en los países.

- a) Método recordatorio de 24 horas.
- b) Frecuencia de consumo.
- c) Pesada directa de los alimentos o menús.

d) Falta de datos de la composición de alimentos del país, no se conoce el valor de los alimentos en cocido.

e) No siempre los encuestadores y analistas de los datos conocen la realidad del país.

f) Variabilidad en las porciones y medidas caseras.

3. Actividades sugeridas para superar estos errores.

a) Entrenar y capacitar a los encuestadores.

b) Las personas encargadas de los

d) Historia dietética.

e) Autoencuesta recordatorio de 24 horas por 3 días.

2. Errores más frecuentes en los estudios de evaluación dietética.

a) Muchas veces no se cuenta con personal capacitado para encuestar, por ello la información puede resultar muy subjetiva.

b) Omisión de algún ingrediente o de las comidas fuera del hogar.

c) Falta de conocimiento sobre la composición de la preparación de

estudios encuestales deben ser del mismo país.

c) Desarrollar tablas nacionales y regionales que incluyan alimentos cocidos y preparados.

d) Desarrollar investigaciones para conocer los factores de corrección de las porciones.

e) Cuando se realizan autoencuestas, se debe entregar mayor información en la hoja de indicación.

La información disponible en la literatura sobre las ventajas y desventajas de los métodos de evaluación

dietética más comúnmente usados señala lo siguiente:

Método por recordatorio de 24 horas

Las ventajas de este método es que permite obtener información detallada de los alimentos y el método de preparación empleado; no exige nivel de escolaridad en el entrevistado; no requiere demasiada memoria; es de corta duración (20 minutos) y es útil para aplicar en grupos poblacionales. Se sabe que el consumo de un día difícilmente representa la dieta usual de un individuo, pero sí en cambio este método constituye una buena alternativa para obtener información sobre poblaciones. Se puede aplicar a un mayor número de casos en un corto período de tiempo y finalmente es rápido y fácil de realizar. Entre las desventajas se pueden mencionar que no conviene usarlo en estudios individuales, porque la ingesta dietaria varía ampliamente y es de elevado costo.

La exactitud de la información obtenida depende en parte de la correcta identificación del alimento y sus cantidades, la codificación y los procedimientos de cálculo para convertir la ingesta dietética en nutrientes y también depende de las bases de datos de composición de alimentos utilizadas (2,10). La cantidad de alimentos se puede determinar en forma directa

considerando el peso de alimentos y bebidas ingeridas; y en forma indirecta por estimación de las medidas caseras. Para este último caso es recomendable usar modelos de alimentos, fotografías y medidas caseras estándares. Es necesario considerar el procesamiento de los alimentos, que para alimentos industrializados se puede utilizar los valores entregados por la industria o los valores de nutrientes de los ingredientes de la preparación.

Cuando son preparaciones caseras se puede contar con una base de datos de recetas, se puede realizar un análisis directo de las preparaciones o ingredientes de los platos preparados.

Frecuencia de consumo

Este método es útil para proveer información sobre los grupos de alimentos y alimentos típicos consumidos; refleja el consumo habitual de los alimentos.

En el Gráfico 1 se presentan las etapas que se deben considerar en la planificación y realización de una encuesta (6). En la primera etapa se contempla la definición de los objetivos, luego se realiza la selección de la encuesta de acuerdo a los objetivos planteados. Otro aspecto importante a considerar es la capacitación de los encuestadores; dentro de lo cual, la cordialidad, amabilidad y simpatía juegan un rol

importante, pero es aún más importante saber escuchar y aceptar

las respuestas sin interferir con gestos o ideas preconcebidas.

Gráfico 1
Fases de un encuesta

1. Definición de los objetivos de la encuesta
2. Cálculo del presupuesto de la encuesta
3. Selección del tipo de encuesta
4. Planificación
5. Selección de la muestra
6. Redacción del cuestionario
7. Ensayo previo del cuestionario
8. Capacitación
9. Entrevistas
10. Supervisión de la recolección de datos
11. Revisión y codificación de las entrevistas
12. Tabulación de los datos
13. Análisis de los resultados de la encuesta e informe

Fuente: FAO. 1992. Realización de encuestas nutricionales en pequeña escala. Manual de Campo. Roma (Nutrición y Alimentación 5)

BIBLIOGRAFIA

- J. Clin. Nutr. 59S (1):161S-163S).
1. Stamler, J. 1994. Assessing diets to improve world health; nutritional research on disease causation in populations. (Am. J. Clin. Nutr. 59S (1):146S-156S).
 4. Charzewska, J. 1994. Gaps in dietary-survey methodology in Eastern Europe. (Am. J. Clin. Nutr. 59S(1):157S-160S).
 2. Buzzard, M. 1994. Rationale for an international conference series on dietary assessment methods. (Am. J. Clin. Nutr. 59S(1):143S-145S).
 5. Menchú, M.T. 1992. Metodologías aplicadas en Estudios sobre el Consumo de Alimentos. (Avances en Nutrición y Alimentación. 2:10-12).
 3. Pietinem, P. and Ovaskainen, M.L. 1994. Gaps in dietary-survey methodology in Western Europe. (Am. J. Clin. Nutr. 59S(1):161S-163S).

6. FAO. 1992. Realización de encuestas nutricionales en pequeña escala. Manual de Campo. Roma. (Nutrición y Agricultura 5).
7. Guenther, P. 1994. Research needs for dietary assessment and monitoring in the United States. (Am. J. Clin. Nutr. 59S (1):168S-170S).
8. Frances, E. and Thompson, T. 1994. Dietary Assessment Resource Manual. (J.Nutr. 124(11S):2245S-2317S).
9. Informe del Taller CTPD sobre Producción y Manejo de Datos de Composición Química de los Alimentos en Nutrición de América Latina. 1995. Santiago. (Nutr.-60).
10. Woteki, C. 1987. Dietary Assessment Methods Used by the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). En: Rand, W., et al., eds. Food Composition Data: A User's perspective. Japan, The United Nations University.

CAPITULO 10

PRIORIDADES DE ALIMENTOS Y NUTRIENTES

Ricardo Uauy y Saturnino de Pablo

INTRODUCCION

La definición de qué alimentos y componentes es necesario incluir en una base de datos es de por sí difícil especialmente cuando se dispone de recursos económicos y operacionales limitados. Corresponde sólo a una de las etapas importantes dentro de la ejecución de un programa global de base de datos de composición química de alimentos. Esto implica que en forma ideal la selección de alimentos y componentes alimentarios debiera ser parte integral de este programa global, el cual a su vez debe estar estructurado, con objetivos bien definidos y que por cierto debe considerar la opinión de usuarios, analistas, compiladores y procesadores de datos. Este trabajo integrado no sólo podrá establecer la cobertura de alimentos y componentes sino que, además, otros aspectos igualmente importantes como lo son el formato y los sistemas operativos de la base de datos.

De acuerdo a esto para llegar finalmente a proponer qué alimentos hay que muestrear y qué componentes determinar es recomendable seguir en forma secuencial las siguientes etapas:

- evaluar la información existente en composición de alimentos;
- identificar la información útil;
- identificar los requerimientos de los usuarios:

- identificar la nueva información que se necesita y,
- revisar las prioridades por un grupo asesor consultivo de expertos.

Este artículo presenta aspectos generales de carácter orientativo para definir las prioridades de alimentos y componentes alimentarios puesto que es necesario dejar bien establecido que sólo la propia gente de una población o país puede decidir qué alimentos y componentes deben incluir en sus bases de datos. Una revisión detallada del tema ha sido publicada por Greenfield y Southgate (1).

SELECCION DE ALIMENTOS

Si bien lo óptimo sería poder incluir en la base de datos a todos los alimentos que están disponibles para la población, esto en la realidad es impracticable debido a que esta disponibilidad puede tener una magnitud de varios miles y a que los recursos tanto económicos como de infraestructura por lo general son limitados e insuficientes. Por otra parte es habitual que sólo 200 a 300 alimentos sean los más consumidos representando aproximadamente un 90% del consumo. Por lo tanto es necesario seleccionar y priorizar.

A continuación se presenta en forma resumida una serie de consideraciones

para abordar esta tarea de definir los alimentos que se incluirán en la base de datos.

1. Preparar una lista de todos los alimentos y ordenarlos por grupos.

El ordenamiento de los alimentos por grupos es un enfoque práctico adecuado debido a que para cada grupo se encontrarán aspectos similares en cuanto a la recolección y análisis; los grupos utilizan las mismas fuentes de información y finalmente los datos se pueden informar por grupo de alimentos.

Aunque existen varias fuentes de información o tablas que agrupan los alimentos (2,3), los grupos que presentan las fuentes sólo debieran tomarse como referencia. Cada país o región debe preparar una lista de sus alimentos y agruparlos en una manera apropiada para su población.

2. Establecer un orden de prioridad para los grupos de alimentos.

Esto dependerá de cada país. Sin embargo, es posible considerar los siguientes factores:

- a) Problemas de salud pública relacionadas con nutrición.

Será importante considerar aquellos alimentos que sean fuente de algún nutriente o componente sobre los cuales los

estudios poblacionales indiquen que existe deficiencia. Es el caso de los alimentos básicos si existe desnutrición proteico energética, o de frutas y verduras para algunas vitaminas o también considerar aquellos alimentos naturales o procesados fuentes de sal, grasas saturadas o colesterol si por el contrario se observan problemas asociados a malnutrición por exceso como enfermedad coronaria, diabetes o hipertensión.

- b) Hábitos de consumo.

Debiera darse una alta prioridad a los alimentos más consumidos tanto en cantidad como en frecuencia sin ignorar a los distintos grupos específicos de la población como lactantes y niños, los grupos étnicos y a los distintos niveles socioeconómicos.

- c) Agricultura, ganadería y tecnología de alimentos.

Los continuos avances y cambio de las técnicas de manejo de cultivos o la crianza de especies animales en conjunto con las tecnologías de procesamiento indudablemente afectan la composición de los alimentos por lo que también es necesario reevaluar estos cambios.

d) Comercio y economía.

En el último tiempo se ha observado un aumento significativo de la comercialización internacional de alimentos, generalmente desde los países en desarrollo hacia los países desarrollados donde existe un consumidor más informado. Esta actividad representa un importante impacto en las economías de algunos países productores por lo que tanto el sector exportador en particular como el país en general se beneficiarían si se dispusiera de la información sobre la composición química de los productos exportados.

e) Alimentos locales específicos.

Existe una gran variedad de alimentos autóctonos que varían de país a país y que son consumidos en forma habitual y tradicional. Estos alimentos que pueden ser naturales (carnes, peces o vegetales típicos) o procesados debieran tener una alta prioridad.

3. Seleccionar los alimentos dentro de cada grupo.

Para definir qué alimentos se seleccionarán dentro de los grupos se pueden considerar las estadísticas de producción de alimentos, las estadísticas de consumo de alimentos

y las estadísticas de venta al detalle entre otras fuentes. La información entregada por estas estadísticas también se puede aprovechar para el momento en que se planifique el muestreo ya que permiten conocer, por ejemplo, los lugares más comunes de compra de alimentos, los tipos y cortes preferidos de carnes, los cultivos más utilizados o las preferencias de marcas para un mismo producto.

Esta información sobre mercadeo y consumo hay que luego asociarla a los problemas de salud pública y nutrición, y los nutrientes que aportan los distintos alimentos.

Posteriormente será necesario evaluar la calidad de la información disponible sobre la composición de aquellos alimentos considerados prioritarios y de acuerdo al resultado de dicha evaluación se podrá redefinir los alimentos para efectos de preparar el esquema de muestreo.

4. Presentación de los alimentos en la base de datos.

Idealmente en las bases de datos debería contarse con datos de composición provenientes de los alimentos al estado natural o crudo, en sus formas procesadas y ya preparados para ser consumidos. Nuevamente esta es una decisión de cada país pero basada principalmente en los

presupuestos con que se cuenta. Frente a una limitación de recursos se recomienda que la prioridad debiera ser para los principales alimentos crudos, procesados y preparados. También en función de los recursos debiera incluirse las diferentes formas como se consume un alimento, por ejemplo con y sin cáscara o cocido, frito o asado. En el caso de los alimentos preparados se podría estimar la composición a partir de recetas. Rand y col. han entregado una serie de recomendaciones para la estimación a partir de recetas (4).

Un aspecto muy importante para la presentación de los alimentos en la base de datos es el de la identificación, para lo cual los alimentos deben ser descritos en forma clara utilizando un listado de características o descriptores que faciliten su identificación.

SELECCION DE NUTRIENTES Y OTROS COMPONENTES ALIMENTARIOS

Al igual que para la selección de alimentos, lo ideal sería incluir todos aquellos nutrientes y componentes alimentarios que son importantes para la nutrición, pero debido a la imposibilidad de realizarlo es necesario nuevamente priorizar para efecto de la base de datos.

Dentro de los factores más importantes para la priorización de los componentes es posible señalar los siguientes :

1. Disponibilidad de recursos.

Al seleccionar los nutrientes se tiene que considerar, una vez revisada y evaluada la calidad de la información existente, que será necesario realizar análisis lo que indudablemente implica un costo. La demanda de recursos siempre va a superar la disponibilidad por lo que se debe actuar con un criterio fundamentalmente de índole práctica para aprovechar los recursos al máximo. Por ejemplo, la conveniencia de analizar pocos alimentos pero con todos sus componentes versus analizar muchos alimentos pero determinar menos componentes en cada uno. O también la conveniencia de analizar componentes en alimentos que no son fuente importante de ellos como el caso de lípidos en frutas.

2. La salud pública de los países.

Dependiendo del grado de desarrollo de los países es posible encontrar ya sea desnutrición debido a deficiencias en energía y/o proteínas y micronutrientes y también malnutrición por exceso que incide directamente en la morbilidad de diferentes enfermedades principalmente cardiovas-

culares. También es factible encontrar problemas asociados a ingestas inadecuadas de componentes no nutrientes como la fibra dietética.

Para poder corregir estas situaciones identificadas a través de estudios epidemiológicos y clínicos se requiere indudablemente conocer la composición de los alimentos y su contribución en los nutrientes o componentes de interés.

3. Estado de la nutrición y la toxicología.

Este es un aspecto crítico puesto que los componentes a incluir en una base de datos debieran ir acorde con los avances de la nutrición y toxicología. Como criterio mínimo las bases debieran contener a lo menos aquellos componentes sobre los cuales existen recomendaciones de ingesta.

Existe además una variedad de componentes naturales no nutrientes que tienen propiedades fisiológicas o tóxicas como es el caso de cafeína, inhibidores enzimáticos, fitatos, oxalatos, esteroides o glucosinolatos y que tendrían que ser considerados para las bases de datos.

Aun más, en forma ideal las bases de datos se debieran adelantar a la necesidad de contar con datos de nuevos componentes. Este es un desafío interesante ya que exige estar

constantemente informado. Al respecto se puede citar el caso de los estrógenos ambientales.

4. Disponibilidad de datos existentes.

Siempre cabe la posibilidad de que existan datos para algunos componentes y que provengan de investigaciones o se hayan obtenido con propósitos de control o sean aportados por los fabricantes de alimentos. Toda esta información debiera utilizarse siempre que sea de una calidad mínima aceptable.

5. Existencia de métodos analíticos adecuados.

Para poder incluir los componentes en las bases de datos, es fundamental disponer de métodos analíticos confiables debidamente validados. No tiene sentido analizar alimentos para determinar algún componente si se utilizan métodos no probados o que arrojen resultados conflictivos. Ante la aparición de un nuevo método más confiable lo más recomendable sería reanalizar aquellos alimentos que son fuente importante de ese componente. Un ejemplo típico de esta situación lo constituye la determinación de fibra dietética y que originalmente se determinaba como fibra cruda. Una discusión de los métodos analíticos se puede encontrar en (1).

6. Factibilidad del trabajo analítico.

Para llevar a cabo el trabajo analítico ojalá en un plazo adecuado hay que evaluar los costos y el tiempo involucrado en los análisis junto con la disponibilidad de equipamiento y de reactivos.

A excepción posiblemente de unos pocos casos en países desarrollados, por lo general es poco probable que una sola institución de un país pueda actuar en forma autosuficiente disponiendo de todo el soporte profesional y de infraestructura de equipamiento como para asumir en forma exclusiva la generación de datos para una base de datos. Lo óptimo es trabajar en forma colaborativa creando equipos de interacción recíproca, especialmente en países en desarrollo y en que además no existe un apoyo oficial a este tipo de programas. Esta situación se presenta en la mayoría de los países de América Latina.

BIBLIOGRAFIA

1. Greenfield, H. and Southgate, D.A.T. 1992. Food Composition Data; Production, management and use. London, Elsevier Science Publishers.
2. INCAP/ICNND. 1966. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. 2 ed. Interamericana.
3. United States of America, Department of Agriculture. Composition of foods. Raw, processed, prepared. 1976- 1990. Washington DC. (Agriculture Handbook 8).
4. Rand, J., et al. 1991. Compiling data for food composition databases. United Nations, University Press.

CAPITULO 11

DISEÑOS DE PROTOCOLOS DE MUESTREO

Julia Vinagre

INTRODUCCION

Al realizar un análisis existe una secuencia de etapas a seguir que se inicia con la identificación del problema analítico, luego se elige el método a utilizar, se procede al muestreo, se realiza el procedimiento analítico, se hace la determinación y finalmente se evalúan los resultados para emitir el informe correspondiente.

El muestreo apropiado de los alimentos es importante en todos los estudios de composición de alimentos y de fundamental importancia en los sistemas de base de datos; la responsabilidad mayor del muestreo debe ser asumida por el analista.

El muestreo debe ser compatible con los objetivos claramente definidos del trabajo analítico, por eso el muestreo y el programa analítico deben ser considerados.

Una correcta colección de muestras de alimentos y su adecuado tratamiento es crucial, de ahí que el cuidado que se otorgue al muestreo debe ser por lo menos igual al dado al análisis.

Muy a menudo, un análisis muy exacto, costoso y lento puede desperdiciarse si las muestras de alimentos no han sido apropiadamente colectadas, manejadas inadecuadamente o documentadas pobremente.

El muestreo corresponde a la selección y colección de ítems de alimentos definidos en número, tamaño y naturaleza para ser representativo del alimento.

Los objetivos del muestreo para estudios de composición son:

- a) Coleccionar alimentos representativos de aquellos disponibles o consumidos por la población concerniente.
- b) Entregar información de las variaciones en la composición de los alimentos.
- c) Asegurar que las porciones tomadas para el análisis son representativas de los alimentos colectados.
- d) Prevenir las pérdidas, contaminación o degradación del material en todo tiempo durante la colección, manipulación, almacenamiento o análisis.

Los métodos de muestreo de alimentos para estudios de composición, pueden ser: i) al azar; ii) selectivos; iii) muestreo controlado.

Una muestra al azar es aquella en la cual cada ítem del alimento bajo consideración, tiene la misma chance o probabilidad de ser incorporado en la porción analítica. El proceso al azar puede ser modificado dando peso a la

distribución poblacional o considerando modelos de consumo regional, o sea, se puede ponderar.

Cualquier forma de muestreo que no sea al azar se considera como muestreo selectivo. Si bien es cierto puede proporcionar datos útiles para la base de datos, éstos no pueden considerarse representativos de los alimentos tal como se producen comercialmente o como se encuentran a disposición del público general y hay que ser muy cuidadoso en el uso que se dará a estos datos. Ejemplo de muestreo selectivo: alimentos sometidos a estudios especiales de fertilizante, o de cocción en microonda o en el laboratorio.

Un ejemplo de muestreo por conveniencia, sería el muestreo sólo a puntos accesibles y es un error común y posible. No deben entrar estos resultados en la base de datos, pero podrían usarse como ejercicios preliminares para estimar la variación en la composición.

DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

Cuando un alimento es coleccionado específicamente para generar resultados para una base de datos de composición de alimentos, es de primordial importancia que las muestras sean representativas del

alimento, tal como es consumido o está disponible.

La muestra corresponde a una porción de material que ha sido seleccionada de una gran cantidad de material.

La muestra representativa es aquella resultante de un plan de muestreo y se espera que refleje adecuadamente las propiedades de interés de la población madre.

Se entiende por plan de muestreo el procedimiento determinado para la selección, extracción, preservación, transporte y preparación de las porciones a ser removidas de una población para servir como muestras.

Es necesario entonces construir una forma de muestreo que refleje esta consideración y dirigida a la obtención de alimentos que remede el modo de proceder del consumidor (muestras del campo o del supermercado). Es por eso que los planes selectivos son en muchos casos inapropiados, porque han sido diseñados originalmente para otros fines.

Tomada la decisión de analizar alimentos específicos se debe diseñar un protocolo de muestreo que debe definir el número y tamaño de ítemes de alimentos y donde pueden ser obtenidos. Debe describir el detalle de cómo deben colectarse y cómo debe prepararse la muestra en el laboratorio.

El diseño del plan de muestreo debe utilizar información proveniente de diversas fuentes para tener datos de producción, almacenamiento y distribución de alimentos. Se necesitan también datos estadísticos de demografía y consumo para definir su distribución y así su colección para análisis.

El plan de muestreo requiere conocer el rango de concentración de los nutrientes que serán analizados y su concentración mínima detectable, para establecer la cantidad suficiente de material a coleccionar.

Previamente se debió decidir si se analizarían muestras simples o compuestas porque si interesa, por ejemplo, información de la variación se deben analizar muestras simples pero realizar varias repeticiones.

La extracción de muestras estratificadas y al azar se puede aplicar para seleccionar sobre una base geográfica o económica y determinar al azar los puntos de colección dentro de cada área.

Si se desea coleccionar muestras representativas, puede ser necesario aplicar una ponderación en el procedimiento de muestreo. Ejemplo: para que se refleje en la muestra compuesta la distribución de la producción del alimento en 3 áreas cuyos volúmenes de producción son 3:2: 1, entonces las muestras coleccionadas deben ser ponderadas en la misma proporción.

El plan de muestreo debe también incluir disposiciones para la colección de muestras indicando qué instituciones la realizarían.

Una vez elaborado un plan de muestreo con todos los detalles, se debe someter a discusión con cada uno de los participantes en la colección y análisis de los alimentos, de modo que los requerimientos del plan se conozcan y se comprenda su importancia.

FUENTES DE ALIMENTOS PARA ANALISIS

En el Cuadro 1 se presentan las mayores fuentes de muestras de alimentos para análisis destinados a base de datos de composición de alimentos.

Mercadería a granel

Generalmente se analizan para el comercio internacional y deben ceñirse a planes de muestreo estándares (ISO, AOAC).

Se debe tener precaución para asegurarse de la representatividad de la muestra. Muchas muestras se extraen de sacos, cajas o de muchas partes del silo o del "container", de preferencia al azar, pero es preferible muestrear durante la carga o descarga de la mercadería. Debe poseerse equipos de muestreos.

Alimentos al por mayor

Se debe aplicar muestreo al azar.

Alimentos al por menor

Constituyen la mayoría de los alimentos cuyo análisis está destinado a base de datos de composición de alimentos en países industrializados. Para productos primarios como carne, frutas, vegetales, las muestras deben

ser adquiridas en un variado rango de locales de venta y el número de muestras debe guardar relación con la importancia del negocio dentro de la infraestructura de la región. Muchas veces es necesario un muestreo independiente para centros comerciales urbanos y rurales, pero las muestras deben combinarse en una proporción que refleje la densidad poblacional y/o el volumen de producción en esas regiones.

Cuadro 1
Principales fuentes de alimentos para base de datos de composición

Grado de fuente	Ejemplos	Principal uso de los datos
Mercadería a granel	Carcasas de carne, consignación de granos, frutas, contenedores	Estadística de declaración de desaparición de alimentos
Mercadería y alimentos al por mayor	Carcasas de carne, cajas de alimento a granel, a menudo para uso institucional	
Alimentos al por menor	Alimentos tal como se venden al consumidor	Estadísticas de consumo en el hogar; medida de la ingesta individual
Producción del campo o huerto	Alimentos cultivados para el consumo de la familia	
Alimentos como se consumen	Alimentos igual como se consumen	Medición de la ingesta individual

Alimentos del campo o huerto

En el campo o zonas rurales representan la mayoría de la colección para análisis porque se supone,

constituyen parte significativa de la dieta. Sin embargo, en países industrializados, el consumo de alimentos directos del campo o huerto es prácticamente nulo y debe ignorarse

en el muestreo. Si los alimentos cultivados en el hogar constituyen más del 10% del consumo total de alimentos, deben incluirse en colecciones de muestras representativas.

Alimentos tal como se consumen

Corresponde a aquellos que se preparan para su consumo. A menudo son mezcla de alimentos y su composición es muy variable porque también considera los procedimientos culinarios (ejemplo: cocción). Es muy difícil tener muestras representativas y es por eso que su frecuencia de análisis es mínima. Es más fácil en el caso de comidas institucionales, como casinos, hospitales, comedores escolares.

NUMERO Y TAMAÑO DE UNIDADES DE MUESTREO

Existe una estrecha relación entre el número de unidades que constituyen la muestra y su representatividad.

Número

El número de unidades coleccionadas para una muestra única (con su duplicado) o para una muestra compuesta influye notoriamente en la representatividad. El número coleccionado debe reflejar la variabilidad

en la composición, es decir, más muestras coleccionadas a mayor variabilidad, aunque en general es intuitivo, porque el grado de varianza de un nutriente es desconocido la mayoría de las veces.

Como regla general, en alimentos preparados se deben tomar por lo menos 10 unidades, cada uno proveniente de compras separadas o colecciones diferentes. Si el alimento procesado está sujeto a una formulación consistente y con estricto control de ingredientes y producto final, este número se puede reducir. En EE.UU. las regulaciones de etiquetado requieren el análisis de una muestra compuesta, formada por 12 unidades seleccionadas al azar de un lote de producción.

Tamaño

Si se van a realizar 10 o más repeticiones de muestra se debe colectar entre 50 y 500 g por muestra y más cercano a 500 si el contenido del nutriente a analizar es pequeño.

COLECCION, MANEJO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS

La composición de un alimento puede variar si hay ataque de origen biológico ya sea externo (microorganismos) o internos (enzimas).

Además factores ambientales (calor, luz, oxígeno, humedad, contra-muestras, catalizadores) pueden también variar la composición.

Por tal motivo la colección debe considerar:

a) Rapidez para minimizar las pérdidas de nutrientes a niveles usuales por mercadeo y manejo en el hogar.

b) Conservación de nutrientes, se incluye el agua, mediante almacenamiento y manipulación adecuada cuando las demoras son inevitables.

c) Impedir daño, pérdidas y contusión con otros alimentos en la misma colección.

Áreas de colección ultramar, regional o remota

Se deben respetar las regulaciones de cuarentena, conseguir permisos especiales y proceder a destruir o esterilizar las muestras después del análisis para cumplir con las exigencias de la cuarentena.

Para la disminución del peso del envío de muestras es posible proceder a cuarteos, secado u otros.

La recolección de muestras regionales es más simple, porque se puede recurrir a organizaciones locales para

coleccionar y empacar muestras para transporte aéreo o terrestre o bien enviar personal del laboratorio para la recolección y traslado al laboratorio.

A veces es necesario envasar al vacío, en envase que no se quiebre y sellado herméticamente (se podrían usar bolsas de polietileno con espacio de cabeza mínimo y termosellados). Luego el transporte se efectúa envasando en cajas con hielo seco. Si se analizan vitaminas los alimentos deben protegerse de la luz.

Otro método aceptable es el uso de ácido metafosfórico, si se desea analizar vitamina C, o bien solución buffer ascorbato para análisis de folato.

Debe programarse con el laboratorio el despacho de muestras congeladas, en todo caso, si llegan alimentos descongelados al laboratorio se debe controlar la temperatura y descartar la muestra en caso necesario.

Colección local

Se debe considerar el costo, personal disponible y el número de alimentos a manipular en cada colección y los instrumentos de muestreo.

Etiquetado

Es muy importante que sea legible, permanente en todas las etapas desde

la colección al análisis. No usar lápices de cera, marcadores solubles al agua, lapiceras o lápices.

Procedimientos escritos de muestreo

Los procedimientos para la manipulación, almacenamiento y tratamiento de las muestras deben describirse totalmente en el manual de calidad del laboratorio o en el manual de muestreo específico. Nunca se debe analizar una muestra si el muestreo no está descrito o hay dudas acerca de su identidad.

Identificación

Muchas veces se requiere identificación científica y para ello debe contactarse a un especialista. El uso de fotografías o un dibujo del alimento puede usarse para identificación y registro permanente de la muestra.

Nomenclatura y descripción del alimento

Debe registrarse información local del nombre dado al alimento en todos los **lenguajes usados en el país. La** descripción de alimentos preparados

debe incluir la lista de ingredientes. Debe describirse la parte del animal o planta usado, su madurez y calidad, procedimiento usado, si es importado es necesario anotar el país de origen.

Registro de colección

Al llegar al laboratorio debe efectuarse un completo registro de datos de la colección, para cada alimento.

Un formato sugerido para una hoja de registro de la muestra de alimento incluye: fecha, tipo de salida, tipo de envase, nombre, número de lote, su uso, listado de ingredientes, cantidad de contenido, hechos inesperados y estado durante la compra, tamaño de la porción, considerando lo recomendado en la etiqueta.

BIBLIOGRAFIA

1. Greenfield, H. and Southgate, D. A. T. 1992. Food Composition Data: Production, management and use. Chapter 6; Sampling. London, Elsevier Applied Science.

CAPITULO 12

ESTRATEGIAS PARA MUESTREO: EL ASEGURAMIENTO DE VALORES REPRESENTATIVOS

*Joanne M. Holden y
Carol S. Davis*

ESTRATEGIAS PARA EL MUESTREO DE ALIMENTOS

El interés actual en la relación dieta y salud ha estimulado la demanda de datos representativos de la composición química de los alimentos. Esto significa que se necesita contar con valores exactos de energía, nutrientes y otros componentes alimentarios para calcular consumos dietéticos, determinar políticas alimentarias, controlar la seguridad alimentaria, formular nuevos productos y facilitar el comercio. Para fines de exactitud, el estimado (número de muestras definidas para el muestreo) de un alimento debe ser estadísticamente representativo de la población de todos los valores existentes para un componente determinado en el producto alimentario de interés. Esto es importante puesto que, si el estimado presenta grandes desviaciones, puede inducir a obtener conclusiones erróneas y a cometer equivocaciones costosas que afecten tanto la evaluación de la dieta como el comercio.

El Laboratorio de Composición de Alimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, ha conducido investigaciones tendientes a desarrollar estrategias estadísticas para el muestreo del suministro de alimentos en los Estados Unidos con el fin de determinar los valores de los componentes de los alimentos.

Cuando se pretende establecer una estrategia para el muestreo de alimentos, es necesario definir los objetivos del proyecto y determinar las prioridades analíticas para alimentos y componentes alimentarios. Los alimentos que se van a muestrear deben ser descritos en términos de: tipo de producto, ingredientes, estado de preservación, fuente, cultivo, y otros factores que podrían influir en los niveles de los componentes en esos alimentos. Se puede usar datos demográficos y de mercadeo para identificar aquellos parámetros que podrían constituir fuentes de variación. Además, se debe estandarizar los protocolos para el manejo de las muestras y el análisis químico con el fin de minimizar el impacto de errores que podrían aparecer durante el proceso de medición.

Desde 1960 se ha observado una evolución en los patrones de consumo de alimentos y su impacto en la salud de la población, lo que ha provocado un aumento en el requerimiento de datos de composición química para más alimentos y componentes alimentarios (1). Más recientemente, se ha reconocido al consumo de alimentos como uno de los factores en el desarrollo longitudinal de enfermedades de diferente etiología (2,3,4). Los datos de composición de alimentos no sólo se usan para identificar y controlar tendencias alimentarias, sino que también son

usados para la verificación de hipótesis (5). Otros usos de los datos de composición de alimentos son igualmente importantes (ejemplo: mercadeo, seguridad de alimentos, fabricación de alimentos) (6). Este aumento en el interés por datos de composición de alimentos ha estimulado la demanda por mejores datos, incluyendo una indicación del número de análisis, el plan de muestreo, y de la magnitud y fuentes de variabilidad, tanto como información descriptiva y cualitativa sobre el método analítico y el control de calidad (7). La escasez de datos para alimentos e ingredientes impide establecer relaciones entre dieta y salud y afecta la producción, regulación y uso de los alimentos. El aumento en la demanda por más datos puede ser atribuida, en parte, al desarrollo de instrumentación sofisticada, que permite medir en forma más rápida que antes cantidades muy pequeñas de componentes en alimentos y en diferentes matrices biológicas. Asimismo, el desarrollo y disponibilidad de computadoras para el procesamiento de datos ha mejorado la capacidad para manipular grandes archivos de datos para investigar nuevas hipótesis. En vista de la importancia de los alimentos como vehículos de nutrientes y otros componentes, la generación de datos de composición de alimentos no es una práctica aislada, sino más bien una parte integral para establecer el estado de salud humana y los efectos de la dieta.

La generación de datos de composición de alimentos podría contemplar un espectro amplio de objetivos específicos, tales como:

- a) Desarrollo de una base de datos con la composición de alimentos nacionales.
- b) Determinación del nivel de aflatoxinas en un cargamento de granos.
- c) Determinación del nivel de plaguicidas en un producto alimenticio.
- d) Control de calidad en la producción de *alimentos*.
- e) Determinación de diferencias significativas en el contenido vitamínico de diferentes músculos en animales.
- f) Comparaciones de niveles de componentes alimentarios entre diferentes marcas comerciales o regiones.

La generación de estos datos debe basarse en un plan de muestreo estadístico específico para el objetivo en particular, el cual indique : qué se debe muestrear, dónde tomar las muestras y cuántas unidades se deben seleccionar para representar el producto de interés. La definición del objetivo provee el enfoque del estudio y ayuda a determinar la estrategia de muestreo más apropiada. De acuerdo con Horwitz un plan de muestreo basado en principios estadísticos debería guiar la selección de unidades representativas escogidas dentro de

una población de manera que los estimados de los componentes se encuentren "dentro de un grado específico de variabilidad y un determinado grado de confianza" (8). El objetivo de este trabajo es discutir el desarrollo de estrategias de muestreo que generen estimados que representen una tendencia central de los niveles de los componentes alimentarios que van a ser usados en bases de datos de composición de alimentos y en proyectos para establecer dietas nacionales.

La dieta diaria promedio puede incluir de 20 a 25 artículos diferentes. Se ha estimado que se pueden encontrar 4000 productos genéricos diferentes (ejemplo: carne de res, pan blanco, pizza) en el mercado de los Estados Unidos. Ya que el abastecimiento de alimentos nacional es una mezcla compleja de productos procesados y sin procesar, cada artículo podría representar muchas marcas, formulaciones o estilos, y origen geográfico. Puede que existan hasta 50.000 productos si uno considera las diferentes marcas comerciales. Por ejemplo, en los Estados Unidos hay cientos de marcas de pan blanco (9). Igualmente, la diversidad de la población, las preferencias personales por los alimentos, la existencia de procesos de fabricación sofisticados, y los planes de mercadeo, estimulan la distribución de productos nuevos e inusuales a nivel nacional. Debido a la complejidad de la variedad de

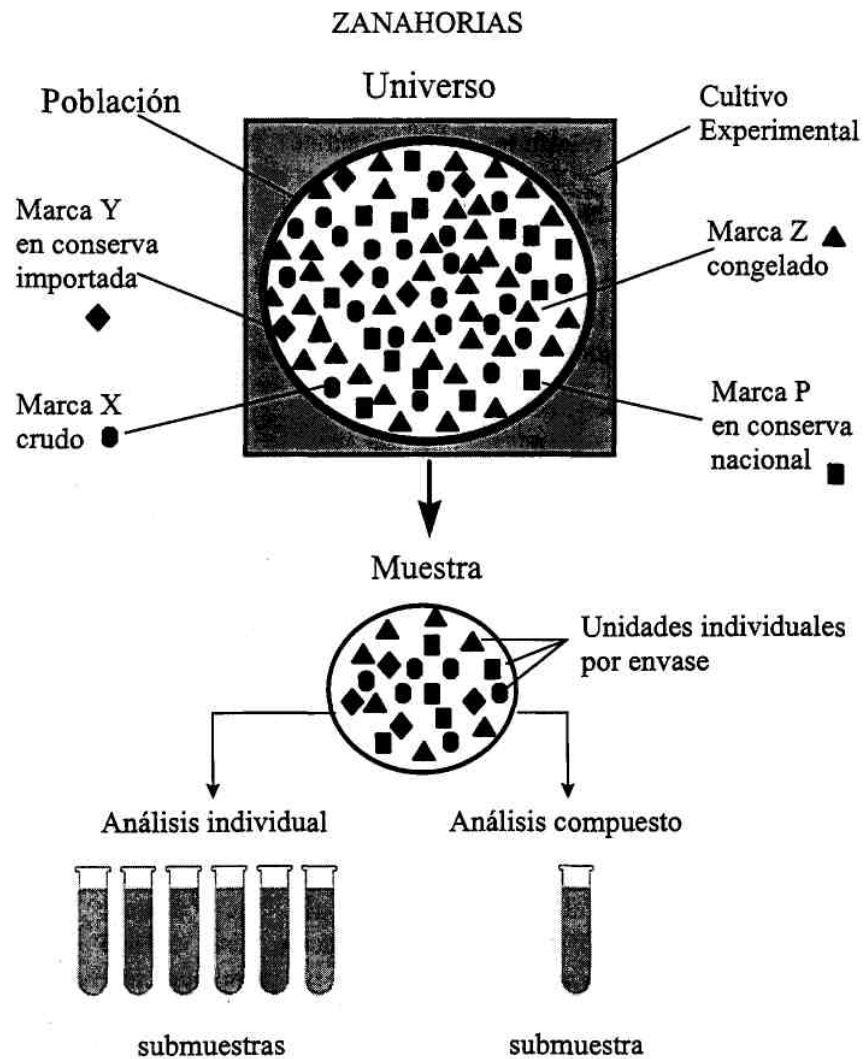
alimentos de una nación, la generación de datos exactos en composición de alimentos es una tarea difícil y costosa.

El Gráfico 1 ilustra el concepto estadístico de una muestra y su relación con la población que abarca todos los tipos, marcas y unidades de un alimento (10). El término población describe el conjunto de objetivos relevantes a partir de los cuales se escoge un subconjunto para el análisis. Generalmente, la población de interés es muy grande y puede ser considerada como infinita en relación con el tamaño del subconjunto que se debe seleccionar. Por ejemplo, en el Gráfico 1, la población consiste en todas las clases de zanahorias comúnmente consumidas por los individuos. En este mismo ejemplo, los cultivos experimentales de zanahorias se encuentran fuera de la población, pero son parte del universo mayor de todas las zanahorias. Cuando se estiman los niveles de un nutriente contenido en las zanahorias consumidas en los Estados Unidos, probablemente uno podría no muestrear estos cultivos ya que no son consumidos ampliamente. Aunque no es posible o deseable analizar cada paquete, unidad o lote de un alimento, el análisis de un subconjunto de unidades cuidadosamente seleccionadas puede proveer los datos requeridos para llegar a conclusiones sobre la población de todas las unidades existentes (10).

Cuando se usa la teoría tradicional para sistemas de muestreo, el término muestra se refiere al subconjunto o grupo de artículos o

unidades que son seleccionados en la población de interés para representar a dicha población (10).

Gráfico 1
Concepto estadístico de universo, población y muestra



Si el objetivo es desarrollar una base nacional de datos con valores de composición de alimentos que sea representativa, entonces, la estrategia de muestreo debe ser planeada cuidadosamente para poder obtener una muestra que incluya artículos o unidades típicos en proporción al volumen de ventas o a las características de consumo poblacional de dichos alimentos. La muestra incluirá unidades de las marcas comerciales predominantes, lugares de fabricación, cultivos, etc., que sean relevantes al alimento específico tal y como es consumido por los individuos.

Si se tuviera que analizar todos los recipientes o unidades de todas las marcas o cultivos definidos como la población de un alimento, por ejemplo zanahorias, entonces se podría construir una distribución de frecuencias de todos los valores analíticos posibles. La distribución puede que sea o no gaussiana o normal. Debido a que no se puede analizar todas las unidades de un producto que constituyen la población sin destruir dicha población, se ha desarrollado el concepto de muestreo, es decir, el proceso de selección de un subconjunto representativo de una población basado en probabilidades de varios tipos (10). El análisis de todas las unidades del subconjunto de una población resultará en un grupo de valores los cuales pueden ser usados para construir una distribución de frecuencias para dicho subconjunto. Si la muestra es representativa de la

población, entonces esta distribución va a ser similar en sus características estadísticas y por lo tanto en su "forma" a la distribución de la población. Si se tomara muestras múltiples, por ejemplo, subconjuntos múltiples de unidades del mismo tamaño a partir de la misma gran población, se podría esperar que las características estadísticas de cada muestra fueran semejantes a aquellas de la población. Sin embargo, no van a ser idénticas debido a que el conjunto de valores promedio para todas las muestras que se tomaron de una población formarán su propia distribución de frecuencias.

El grado de similitud de las características estadísticas entre la población y la muestra, define, en parte, el grado de representatividad de tal muestra con respecto a la población. Aunque, en la mayoría de los casos, nunca se van a conocer las verdaderas características estadísticas de la población, se pueden aplicar técnicas que incorporan la teoría del muestreo estadístico para generar datos de composición de alimentos que entreguen estimados de los parámetros de la población. A pesar de que la discusión de la teoría matemática de muestreo, incluyendo la teoría de probabilidad, se encuentra más allá del alcance de esta publicación, este trabajo provee el marco y punto de referencia para comentarios relativos a la selección de alimentos, el número de unidades, la variabilidad, etc. Es importante men-

cionar que las técnicas estadísticas, que se usan comúnmente para evaluar las características estadísticas de una muestra y para proveer los estimados de parámetros estadísticos para ese subconjunto de la población, asumen que todos los valores analíticos posibles en dicho subconjunto están distribuidos normalmente. En algunas disciplinas se pueden aplicar varias transformaciones matemáticas de los datos en la evaluación de hipótesis científicas. Sin embargo, es muy difícil sino imposible usar técnicas de transformación para estimar parámetros tales como el promedio y la varianza. Más investigación será necesaria para muchos de los componentes y alimentos a fin de determinar las distribuciones estadísticas para datos de composición de alimentos y para evaluar la validez de técnicas estadísticas tales como las que se aplican a este tipo de datos.

En general, en una base de datos, la mayoría de los valores para componentes alimentarios y alimentos son valores promedios que han sido calculados a partir de dos o más valores individuales. Los datos analíticos pueden haber sido generados en uno o en varios laboratorios. Los valores individuales pueden ser el resultado del análisis de una alícuota de una sola unidad o del compuesto de varias unidades. Cada valor promedio en una base de datos representa y constituye un punto en la distribución de promedios de la muestra que se mencionó anteriormente y además,

cada promedio también representa una distribución de los valores individuales o puntos de la muestra de la cual éste deriva. Debido a que un valor promedio en una base de datos representa una muestra seleccionada a partir de una población, un nuevo valor analítico para otra unidad individual escogida al azar a partir de las existencias o mercado de alimentos puede que no se encuentre dentro de los límites de confianza del valor que se tiene en la base de datos. Sin embargo, existirá una alta probabilidad de que cualquier valor nuevo caiga dentro de los límites definidos mediante un muestreo y análisis representativos (10). Entonces, es importante estimar la composición promedio y algún parámetro de variabilidad para las combinaciones alimento/componente más importantes en una base de datos y así verificar que un nuevo dato para ese alimento caiga dentro de los límites definidos previamente.

Recientemente, Greenfield y Southgate publicaron una discusión acerca de la importancia del muestreo, incluyendo definiciones y enfoques importantes en cuanto a la obtención de una muestra representativa (11). Los análisis pueden incluir o no alícuotas de todas las marcas comerciales, tipos o cultivos presentes en la población de interés. Para mantenerse dentro de las restricciones fiscales y físicas, puede que sea necesario tomar un subconjunto de las marcas comerciales o tipos dispo-

nibles. Es recomendable buscar asesoría estadística durante la fase de desarrollo del plan de muestreo. Puede ser que se tenga que analizar alícuotas de unidades individuales (muestras primarias). Por otro lado, las unidades podrían ser combinadas o compuestas de acuerdo a su marca comercial, lugar geográfico, cultivo, etc., según sea apropiado, antes de que se tomen las alícuotas para los análisis con el fin de minimizar el número de mediciones analíticas y aún así representar la contribución de esa unidad en el estimado de la tendencia central. La formulación de muestras compuestas debe basarse en datos estadísticos referentes al conjunto de unidades que representan las diferentes marcas comerciales, o lugares geográficos, etc. los cuales han sido obtenidos a partir de un estudio piloto o investigaciones independientes realizadas con anterioridad. El impacto de utilizar muestras compuestas sobre la magnitud de la variabilidad no debería ser menospreciado. El número de análisis que se deben realizar será determinado por el poder estadístico que se desea de los estimados de la población, la variabilidad observada en las pruebas piloto, y otras consideraciones prácticas tales como recursos físicos y fiscales. Mayor discusión al respecto se presentará más adelante en esta publicación.

Si el objetivo es el desarrollar una base de datos nacional con datos sobre

la composición de alimentos, entonces es necesario tener en cuenta dos preguntas fundamentales: ¿Cuál(es) nutriente(s) componente(s) debe(n) ser determinado(s)? y ¿Cuáles alimentos deben ser seleccionados para el análisis?. Los proyectos relacionados con el análisis de alimentos pueden ser impulsados por la necesidad de estimar los niveles de un único componente (ejemplo: selenio, β - caroteno, lípidos totales) en alimentos consumidos por una población de individuos. Por otro lado, el enfoque puede ser un único alimento (ejemplo: carne de res, leche, zanahorias) y sus componentes mayoritarios.

¿Cuáles componentes deberían ser analizados?

Los componentes de interés pueden ser nutrientes (ejemplo: proteínas, vitamina A, hierro), aditivos, agentes biológicos o contaminantes. Cada componente o clase de componentes representa un reto único para el muestreo. Sin embargo, la elección de los componentes debe estar guiada por las prioridades específicas o el énfasis del proyecto o la institución interesada. En general, tres factores determinan la selección de los componentes:

- a) El componente debe ser importante con respecto a sus efectos en la salud pública ya sean éstos reales o sospechados.

b) Los métodos analíticos disponibles para el componente de interés deben ser confiables, válidos, capaces de producir datos exactos, y económicamente factibles.

c) En vista de las limitaciones fiscales y de personal, las prioridades analíticas deberían incluir aquellos componentes para los cuales los datos con que se cuenta en la actualidad no son aceptables o simplemente no se cuenta con ellos (12,13).

Como ejemplo, la comunidad científica se ha venido interesando en los posibles efectos del consumo de carotenoides en la salud, específicamente en el desarrollo de ciertos tipos de cáncer (14). Desde la década de 1930, se sabe que varios carotenoides (α , β -caroteno, y β -criptoxantina) tienen una actividad significativa de vitamina A (15). Mientras la deficiencia de vitamina A aún prevalece en muchas áreas del mundo, el amplio rol que juegan los carotenoides en el metabolismo humano se ha convertido en un objeto de gran interés. Sin embargo, hasta hace poco, no se había realizado algún estudio extenso sobre el contenido de carotenoides en alimentos (16, 17). De hecho, para muchos alimentos no hay datos sobre su contenido en carotenoides. Algunos métodos analíticos para la determinación de otros carotenoides individuales en formas simples de alimentos han

aparecido en los últimos años (18). Aunque se necesita más investigación en esta área para poder obtener métodos en terreno que sean confiables, algunos centros están usando cromatografía líquida mientras otros utilizan cromatografía de columna abierta (19). Finalmente, los carotenoides son buenos candidatos para futuros análisis debido a que no hay suficientes datos de alta calidad (16,20).

En tanto, otros componentes menos conocidos (ejemplo: isoflavonoides, flavonoides) se han convertido en objeto de investigación, y se han desarrollado métodos confiables para su análisis, por lo tanto su determinación en alimentos se volverá importante. Más aún, nuevos análisis se van a necesitar a medida que se desarrollan mejores métodos para el análisis de reconocidos componentes (ejemplo: folatos). Por lo tanto, es necesario generar nuevos datos que reemplacen a los más viejos y obsoletos a medida que aparecen disponibles métodos más nuevos y específicos. Un ejemplo son los datos sobre el contenido de fibra en alimentos. El análisis de fibra cruda ha sido reemplazado por otros métodos, incluyendo el análisis de fibra dietética total (21). Actualmente, *los* valores de carbohidratos calculados por "diferencia" han sido reemplazados por el análisis de fracciones específicas, pues los carbohidratos, como una clase, contienen diversas *formas con*

diferentes pesos moleculares y estructuras químicas y, por lo tanto, diferentes efectos metabólicos. Frecuentemente, los nuevos métodos hacen posible que se puedan determinar nuevos componentes por primera vez. Por ejemplo un gran estudio a nivel nacional en carne de pollo como comida rápida ("fast-food chicken") incluyó la determinación de niveles de almidón presente en el apanado de harina con que se envuelve el pollo (22).

¿Qué alimentos deberían ser muestreados?

La selección de alimentos es igualmente importante. Stewart y colaboradores (11) y Beecher y Matthews (12) han señalado que las prioridades para análisis deben basarse en tres consideraciones.

Primero, aunque muchos alimentos pueden contener el componente de interés, los alimentos seleccionados deben ser los principales contribuyentes de ese componente en la dieta. Por lo general, un número limitado de alimentos (5-100) aportan entre 50-90 por ciento de un componente específico a la dieta de la población de interés (23, 24). Los datos existentes y/o estudios piloto pueden proveer estimados preliminares de los niveles de componentes en alimentos. Los datos provenientes de censos para el consumo de alimento y/o los datos obtenidos con

hojas de balance de alimentos pueden ser combinados con los datos existentes sobre la composición de alimentos para obtener una lista de los principales contribuyentes alimentarios de componentes específicos y su importancia relativa (20, 24).

Segundo, se debería seleccionar aquellos alimentos para los cuales los datos existentes no son aceptables o no los hay disponibles. Por ejemplo, los productos de tomate son la fuente más importante de licopeno (un carotenoide importante) en la dieta de los Estados Unidos. Sin embargo, después de la determinación de la calidad de los datos de carotenoides para alimentos con componentes múltiples (20), los autores determinaron que no existían datos analíticos para carotenoides en sopas, salsas y salsa para espagueti en base a tomate de las marcas comerciales populares. Se desarrolló un plan de muestreo para la selección de muestras de estos productos a nivel nacional para tres ciudades, con el fin de analizar cinco de los carotenoides dietéticos más importantes (25).

Nuevos tipos de alimentos están apareciendo en los mercados de muchos países y están ganando popularidad pero no existen datos de la composición química para muchos de estos productos. Por ejemplo, la introducción de muchas frutas y vegetales que no se conocían en las

reservas alimentarias de Estados Unidos requiere que estos alimentos sean muestreados y analizados para determinar su composición química. Inicialmente, los alimentos nuevos pueden ser importados de otros países, antes de que se comience su producción local (ejemplo: kiwi, manzana Granny Smith). El origen geográfico y la variedad/cultivo pueden ser relevantes para el plan de muestreo debido a que el clima, las condiciones del suelo y la geografía afectan los niveles de algunos componentes. Por lo tanto, sería necesario comparar los datos para frutas importadas con los datos para frutas de origen local. Los valores deberían ser revisados, si fuera necesario. En un estudio reciente del metabolismo de carotenoides en humanos, se necesitaba un solo lote de la producción de brócoli congelado para asegurar la uniformidad de todos los artículos de ese producto durante el curso entero del estudio. Cuando una pequeña compañía regional fue contactada para conseguir el brócoli se encontró que el producto era cultivado y procesado en Guatemala. Los análisis de los niveles de carotenoides en brócoli congelado revelaron que los valores eran significativamente diferentes de aquellos para brócoli fresco obtenido en el mercado al detalle (26). Este hallazgo enfatizó la importancia del uso de valores analíticos para componentes críticos en alimentos a partir de lotes únicos asados en estudios del metabolismo humano.

Una tercera consideración es la necesidad de analizar los alimentos tal y como son consumidos. Cuando nuevas clases de alimentos importantes se vuelven populares, éstos deberían ser analizados para obtener nuevos datos que reflejen los hábitos de consumo (12,13). En muchos países, ha aumentado rápidamente el uso de productos comerciales completamente preparados en vez de los preparados en el hogar. Los estimados estadísticos para estos productos preparados son más representativos de lo que algunos segmentos de la población están consumiendo que los estimados estadísticos para alimentos cocinados en el hogar. Los productos formulados pueden contener diferentes niveles de grasa, sodio y otros componentes comparados con las recetas domésticas. Para algunos componentes se podría usar una técnica de cálculo de recetas. Sin embargo, las formulaciones para productos comerciales generalmente no están disponibles, y con frecuencia son diferentes de las de los productos preparados en el hogar. Por lo tanto, la composición química de los alimentos importantes preparados comercialmente, deberá ser determinada mediante análisis.

Nuevos ingredientes tales como sustitutos de grasa, gomas, y edulcorantes alteran las formulaciones de alimentos comunes, requiriendo la necesidad de nuevos análisis. Finalmente, los avances en la crianza

de animales y plantas, va a requerir también nuevos análisis para estimar los cambios en aquellos componentes de interés. Por ejemplo, en Estados Unidos, los avances recientes en la crianza y prácticas de mercadeo han reducido enormemente la cantidad de grasa que se puede separar en la carne de res y de cerdo. Se planificaron y se realizaron estudios nacionales de las ventas al detalle en colaboración con los Departamentos de Ciencia de la Carne de la Universidad de Texas A&M y la Universidad de Wisconsin para estimar el impacto de estos cambios en la composición de las carnes de res y cerdo (27,28).

Efectos de la descripción de alimentos

Una vez determinado los alimentos y los componentes, se debe identificar los productos individuales y específicos que representan un alimento. Para un solo alimento (ejemplo: carne de res, pizza, o huevos) el investigador puede definir las características del producto que pueden influenciar la variabilidad y la composición del o de los componentes de interés. Algunas características relevantes incluyen la fuente primaria del alimento y el nombre científico para un producto (ejemplo: trigo o maíz, coco o girasol, carne de res o carne de cerdo), la parte de la planta o animal usada, el estado de conservación, procesamiento, e ingredientes agregados. Para algunos

componentes, el origen geográfico y las prácticas de maduración también serán importantes. Como se mencionó antes, los valores de carotenoides para cultivos de brócoli producidos en Guatemala fueron diferentes de los valores de brócoli fresco cultivado en California (24). Para otros componentes, las fuentes de variabilidad serán el tipo de empaque, pH, o condiciones de almacenamiento. En años recientes, se han desarrollado varios sistemas estandarizados para la descripción de alimentos, los cuales proporcionan descriptores importantes (29,30). Los productos específicos y los componentes de interés van a ser los que determinen la lista preliminar de las cualidades que se usarán para la descripción de los productos.

Después de definir los descriptores que se van a usar para un alimento, hay que identificar cuáles son las fuentes principales de ese alimento que son consumidas por la población de interés. Además, se debe identificar la distribución y los esquemas de mercadeo. En el caso de productos comerciales, los datos referentes al volumen de ventas e información sobre el producto son importantes en la selección de unidades representativas para el análisis (9). Para otros productos de consumo tales como carnes, huevos, leche, etc., es posible identificar los criaderos o cultivos más importantes, así como los proveedores comerciales más importantes y su ubicación aproximada en cuanto a volumen de ventas (31). En

regiones donde la producción es muy localizada se pueden identificar los principales mercados de productos (carnicerías, panaderías) así como los de ingredientes (molinos de harina, refineras). Algunos productos pueden que sean producidos en un lugar y luego distribuidos en todo el país, mientras que otros pueden que sean fabricados en diversas regiones y usando diferentes fuentes para los ingredientes.

En un estudio reciente de los niveles de selenio en pan, se seleccionaron noventa muestras de pan blanco a partir de nueve áreas principales de la población a través de Estados Unidos (32). El pan es horneado en panaderías regionales o locales, en las ciudades y pueblos o en sus proximidades. Sin embargo, la mayoría del trigo en los Estados Unidos es cosechado en la región de las planicies del norte y centro, un área con niveles de selenio relativamente altos, y luego transportado a las principales áreas metropolitanas para suplementar la producción de áreas regionales más pequeñas. Los niveles de selenio en el pan en varias de esas ciudades fueron variables debido a que la producción local fue suplementada con el trigo de la región central norte.

El estudio demostró que los niveles de selenio en pan estaban más relacionados con los niveles de selenio en los suelos donde el trigo fue cultivado que con los niveles de selenio en los suelos donde el pan fue

vendido. Al tener que definir el tipo de producto y sus fuentes, el investigador se da cuenta de los productos específicos que se necesitará seleccionar así como del momento y la localización para el muestreo.

Patrones de consumo de alimentos

Una vez definida las variables de mercadeo y de distribución, es necesario evaluar cuáles son los patrones de consumo con el fin de determinar dónde se van a tomar las muestras. Si el objetivo es determinar los estimados estadísticos en alimentos para generar una base de datos nacional, entonces se necesitaría muestrear los productos alimentarios basándose en la distribución de la población y el uso del producto. Se deben responder varias preguntas: ¿Es el alimento consumido en forma frecuente por la población de interés? ¿En qué regiones o poblaciones se consume el alimento? ¿Se consume más el alimento en las áreas rurales que en las ciudades? Si el alimento es consumido ampliamente por muchos subgrupos de la población, ¿cuál es la distribución de la población en el país o la región de interés?

Los principales centros de población en un país pueden ser identificados y usados como las localidades en las cuales se seleccionarán las muestras. En los Estados Unidos la mayoría de la población está concentrada en un

determinado número de áreas metropolitanas conocidas como áreas metropolitanas estadísticas y definidas por la Oficina de Administración y Presupuesto de los Estados Unidos, como aquellas ciudades que cuentan con al menos 50.000 habitantes o un área urbanizada de por lo menos 50.000 habitantes y con una población total de por lo menos 100.000 individuos (33). Las diez ciudades principales, su porcentaje de la

población, y su proporción respectiva en cuanto a la venta de comestibles se presentan en la Cuadro 1. También se muestra el porcentaje de la población representado por las primeras 100 áreas metropolitanas estadísticas (AME), así como el número de supermercados. En la mayoría de las principales ciudades, de dos a cuatro cadenas de supermercados dominan cada ciudad. La mayoría son vendedores regionales de importancia.

Cuadro 1
Los 10 principales mercados de las AME^a según sus poblaciones^b

Posición	Area de mercadeo	Porcentaje del total en Estados Unidos	
		% Población	% Supermercados
1	Los Angeles-Long Beach, CA	3,59	2,39
2	Nueva York	3,38	2,19
3	Chicago	2,40	1,76
4	Filadelfia	1,93	1,41
5	Detroit	1,72	1,41
6	Washington, DC-MD-VA	1,61	1,25
7	Houston	1,35	1,12
8	Atlanta	1,19	1,21
9	Riverside-San Bernardino, CA	1,14	0,90
10	Dallas	1,07	1,01
--		--	--
--		--	--
--		--	--
100	Youngstown-Warren, OH	0,23	0,28
	100 Principales mercados de las AME	59,86	50,86
	Todos los demás en EE.UU.	40,14	49,14
	Cantidades totales en EE.UU.	254.926.669	30.552

^aÁreas metropolitanas estadísticas

^b Adaptado a partir de Progressive Grocer's Market Scope (40)

A pesar de que muchas combinaciones de muestras se autonormalizan -es decir que los productos disponibles son similares al número y tipos necesarios para reflejar los volúmenes de ventas- es posible normalizar los estimados estadísticos obtenidos para la muestra después de que se han analizado igual número de unidades individuales por marca o región mediante la aplicación de factores de normalización (10).

Tomando en cuenta la distribución nacional y la porción del mercado para muchos productos así como la concentración de la población en las principales AME, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y otros investigadores han seleccionado unidades representativas de alimentos de los abastecedores de alimentos al detalle y restaurantes en tres a diez ciudades a lo largo del país (22, 27, 28, 34). Por ejemplo, en un estudio reciente de selenio en aproximadamente 200 alimentos, las unidades de muestras se compraron en dos supermercados principales en cada una de las nueve ciudades que fueron seleccionadas (Holden, datos aún no publicados). Dos a tres ciudades fueron seleccionadas en cada una de las cuatro regiones del país; dos supermercados principales fueron muestreados en cada ciudad. Se seleccionaron al azar (y se analizaron) aproximadamente 100 muestras analíticas para cada uno de los principales alimentos que aportan selenio en la dieta (carne, pan blanco,

cerdo, pollo y huevos). Para alimentos que aportan selenio en menor cantidad, se tomaron de 5 a 25 muestras analíticas. Al escoger las unidades de las marcas comerciales con el mayor volumen de ventas, en los principales supermercados, en las principales áreas metropolitanas se asumió que se seleccionó para un alimento específico, aquellos productos más representativos y más frecuentemente consumidos.

Para determinar selenio en carne de res, fue necesario determinar las principales categorías de los productos de res en la dieta de los Estados Unidos. Los datos de mercadeo y de producción obtenidos del Comité de la Carne y Ganado de los Estados Unidos (US Livestock and Meat Board), y la asociación de comercio del sector privado para los productores de carne, indicaron que el consumo per cápita de res fue de aproximadamente 33 kg/año. Los tipos de carne de mayor consumo fueron los cortes frescos de carne de res incluyendo bistec, carne para asar, y carne molida, incluyendo carne molida al por mayor comprada en los supermercados, así como las hamburguesas vendidas en los restaurantes de comida rápida (35). Usando esta información se desarrolló un plan de muestreo. Noventa y cuatro unidades de cinco cortes principales de carne de res fueron obtenidas de un estudio más grande sobre la composición de carne de res conducido por la Universidad de Texas A&M (27). Las muestras

habían sido recolectadas en las principales tiendas de venta al detalle en diez ciudades. Además, se analizaron 58 muestras de carne molida de res tomadas de un estudio a nivel nacional por el USDA (34). Finalmente, 27 muestras de hamburguesas fueron tomadas en nueve ciudades de las tres cadenas comerciales de mayor importancia (Holden, datos sin publicar). Los valores promedios y las desviaciones estándares fueron calculados y publicados en la Tabla Provisoria del USDA para Selenio en Alimentos publicada recientemente (36).

¿Cuántas unidades de muestreo son necesarias?

El número de muestras analizadas va a determinar, en parte, el poder estadístico del estimado. Aunque los modelos estadísticos usados para calcular el número requerido de unidades pueden ser complejos y afectados por múltiples factores, la siguiente ecuación indica las facetas más importantes del cálculo para poblaciones homogéneas (10):

$$n \geq (ts)^2 / (r \gamma)^2$$

El número apropiado de unidades está basado en cuatro parámetros. El primero es t , la abscisa de la curva normal que corta una área a en los extremos de la distribución, indicando el nivel de confianza deseado. El

error estándar del estimado es denotado por s , mientras que el promedio de la muestra es denotado por y . El promedio y el error estándar pueden ser obtenidos de datos previamente publicados o de estudios piloto, si los hay disponibles. Algunos libros de referencia sobre datos de la composición de alimentos publican desviaciones estándares o errores estándares del promedio y pueden ser usados como estimados aproximados del tamaño de la muestra. Los estimados anteriormente publicados y los objetivos científicos del estudio deberían servir como la base para calcular el número de muestras. El lector debería notar que el coeficiente de variación, (CV), si es conocido, puede substituir a s/y . El límite del error relativo deseado en el estimado es indicado por r . Por ejemplo, que la proximidad del estimado al promedio "verdadero" esté dentro de un 10% lo representa r .

El cálculo del número apropiado de muestras es un proceso iterativo, el cual empieza con una aproximación del número de muestras la que es determinada por el investigador como una "primera aproximación". La primera aproximación (adivinanza) se puede basar en estimaciones del costo preliminar o de las capacidades del laboratorio analítico. Luego del cálculo inicial, el estimado del número de muestras es más afinado por recálculo hasta que los valores de n obtenidos mediante ensayos sucesivos sean aproximadamente iguales.

El costo del muestreo también puede ser incluido en la ecuación. El Cuadro 2 ilustra el efecto que tiene un aumento del coeficiente de variación en el número de muestras requerido para obtener el mismo nivel de con-

fianza. A medida que se duplica el CV el número requerido de muestras se triplica o cuadriplica. Como ilustración, el valor de t fue fijado en 2,00 mientras que $r = 0,1$. Más información es dada por Cochran (10).

Cuadro 2
Efectos del incrementos del coeficiente de variación (CV) en el tamaño de la muestra '

Si el CV es igual a	entonces n es igual a
12,5 %	7
25 % ²	26
50%	100
100 %	400

¹ $\alpha = 0,05$

² Si $\alpha = 0,10$; entonces $n = 19$

En el pasado se ha usado, la media o valor promedio para estimar el nivel de un componente en un alimento. Sin embargo, el uso del promedio presume que la distribución estadística de todos los valores para ese componente en un alimento específico siguen la distribución gaussiana o normal (37). Recientemente, el Laboratorio de Composición de Alimentos del USDA, en colaboración con el Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos, compiló y publicó una tabla de composición de alimentos con los niveles de cinco carotenoides en frutas y vegetales considerados importantes desde el punto de vista de su contribución en el

contenido de carotenoides de la dieta (16). Los valores fueron obtenidos de fuentes analíticas publicadas y sin publicar. Se usó la mediana en la tabla para representar el valor promedio debido a la aparente variabilidad en la distribución de los valores en varios de los alimentos y a la limitada cantidad de datos disponibles (de 1 a 14 fuentes con datos aceptables por alimento). Sin embargo, el uso de la mediana impide el cálculo de un indicador de varianza. Se necesita de más investigación para poder evaluar las características de las distribuciones estadísticas obtenidas ya sea a partir de un sistema de muestreo amplio o a partir de la recopilación de datos de

diversas fuentes. Además, se debería evaluar la solidez de las técnicas estadísticas tradicionales para determinar qué tan apropiadas son estas técnicas para datos de composición de alimentos. Se debe estudiar el impacto de usar el promedio versus la mediana en las bases de datos de composición de alimentos y en la obtención de conclusiones relacionadas con la dieta. En particular, se debe tener cuidado cuando se estiman valores para la composición de alimentos a partir de un conjunto pequeño de datos.

Después que se ha definido la muestra, se pueden identificar y conseguir los artículos individuales o unidades dentro de una muestra que van a ser usados para el análisis. Una vez que las unidades, paquetes o recipientes llegan al laboratorio, debe planificarse cuidadosamente su manipulación (preparación y homogenización) y la selección de alícuotas (muestras para análisis) para mantener la representatividad e integridad del material. Ya que la persona encargada del diseño del proyecto y de la estrategia de muestreo puede que no sea el analista del laboratorio, la importancia de la comunicación entre estos individuos o grupos no se debe menospreciar. Es necesario enfatizar el uso de nomenclatura estandarizada con respecto al muestreo a nivel del laboratorio. De acuerdo con las recomendaciones para el muestreo en química analítica dadas por la Unión Internacional de Química Pura y

Aplicada (IUPAC) en 1990, Hortwitz define la "muestra" como "una porción de material seleccionada de alguna manera para representar una cantidad más grande de material. El resultado obtenido a partir de la muestra es solamente un estimado de tal cantidad ... de constituyente ... del material de que fue tomada". Anteriormente, el término muestra había sido usado en forma más informal para referirse a la porción (extracto, diluido o no) que es analizada a varios niveles en el procedimiento analítico. Otros términos tales como "prueba" (test) o "incógnita" (unknown) se deberían usar para referirse a esas porciones, con el fin de evitar inconsistencias o ambigüedades y subsecuentes malas interpretaciones de los resultados. El lector puede consultar la referencia (8) para mayor información.

¿Qué tan buenos tienen que ser los datos?

Los datos para la composición química de alimentos deben ser lo suficientemente buenos como para permitir establecer en forma cuidadosa los patrones de consumo de alimentos y su impacto en la salud de grupos o subconjuntos de la población. De igual manera, los datos deben ser lo suficientemente buenos como para lograr otros objetivos científicos y económicos definidos por los investigadores. La calidad de un estimado estadístico específico se basa

en la exactitud y precisión del proceso de medición el cual se inicia con la selección de la muestra. La generación de datos exactos de composición de alimentos requiere de una cuantificación exacta de la variabilidad inherente al alimento y que a la vez se minimice la variabilidad inherente al proceso de medición. En general, las fuentes principales de variabilidad estadística en los estimados dietarios son los datos del consumo de alimentos provenientes de los métodos usados para estimar las dietas y de los datos de composición de alimentos. La variabilidad en los datos de la composición de alimentos representa todos los tipos de variabilidad ya sea atribuible a los planes de muestreo, a la manipulación de las muestras, a los métodos analíticos, y al control de calidad analítico. Cada una de estas fuentes de variabilidad puede ser separada y cuantificada mediante análisis de varianza (37). El establecimiento de las fuentes y la magnitud de la variabilidad para los datos de composición de alimentos pueden indicar aquellas áreas donde es necesario mejorar el proceso de medición (38). Aunque el muestreo es sólo una de las fuente de variabilidad, la falta de un muestreo representativo puede aumentar el grado de desviación (bias) de los estimados estadísticos de tendencia central y causar errores en los estimados de la varianza. Como se mencionó anteriormente, es posible que un número pequeño de alimentos aporte la mayor

parte de un componente específico en la dieta de una población. Por lo tanto, se recomienda que los recursos para el muestreo sean dedicados a obtener buenos estimados estadísticos para los parámetros de tendencia central y de variabilidad de esos alimentos que contribuyen en mayor grado a la dieta.

BIBLIOGRAFIA

1. Life Sciences Research Office. 1989. Nutrition Monitoring in the United States; An Update Report on Nutrition Monitoring. Hyatts-ville, MD. US Dept. of Health and Human Services.
2. Steinmetz, K.A. and Potter, J.D. 1991. Cancer Causes and Control. 2: 427-442.
3. Hegsted, D.M. and Ausman, L.M. 1988. (J.Nutr. 118:1184-1189).
4. Katan, M.B., et al. 1988. (Eur. J. Clin. Invest. 18:644-647).
5. Judd, J.T., et al. 1994. (Am. J. Clin. Nutr. 59:861-868).
6. Vanderveen, J.E. and Pennington, J.A.T. 1983. (Food Nutr. Bull. 5:40-45).
7. Holden, J.M., et al. 1987. In: Rand, W.M., et al., eds. Food Composition Data: A User's

- Perspective. Tokyo, UNU Press. pp. 177-193.
8. Horwitz, W. 1990. (Pure Appl. Chem. 62:1993-1208).
 9. Nielsen, A.C. 1990. Nielsen Scantrack Data, Northbrook, IL.
 10. Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques. 3 ed. New York, Wiley. pp. 1-78.
 11. Greenfield, H. and Southgate, D.A.T. 1992. Food Composition Data: Production, Management and Use. London, Elsevier Applied Science.
 12. Stewart, K.K. 1981. In: Beltsville Symposia in Agricultural Research IV Human Nutrition Research, Allenheld. Totowa, NJ., Osmun Publication.
 13. Beecher, G.R. and Matthews, R.H. 1990. In: Present Knowledge in Nutrition. 6 ed. Washington DC, International Life Sciences Institute.
 14. Le Marchand, L., et al. 1989. (J. Nat. Cancer Inst. 81:1158-1164).
 15. Moore, T. 1957. Vitamin A., Elsevier, Amsterdam.
 16. Mangels, A.R., et al. 1993. (J. Am. Diet. Assoc. 93:284-296).
 17. West, CE. and Poortvliet, E.J. 1993. The carotenoid content of foods with special reference to developing countries. Washington DC, USAID/VITAL.
 18. Khachik, F., et al. 1992. (Methods Enzymol. 213:347-359).
 19. Rodriguez-Amaya, D.B. 1989. (J. Micronutr. Anal. 5:191-225).
 20. Chug-Ahuja., et al. 1993. (J. Am. Diet. Assoc. 93:318-323).
 21. Schneeman, B.O. and Gallaher, D.D. 1990. In: Present Knowledge in Nutrition. 6 ed. Washington DC, International Life Sciences Institute.
 22. Li, B.W., et al. 1987. (J. Am. Diet. Assoc. 87:740-743).
 23. Hepburn, F.N. 1988. Proceedings of the 12 th National Nutrient Data Bank Conference. Ithaca, NY, The CBord Group. pp. 31-33.
 24. Schubert, A., Holden J.M. and Wolf, W.R. 1987. (J. Am. Diet. Assoc. 87: 285-299).
 25. Tonucci, L. H., et al. 1995. (J. Agric. Food Chem.). In Press.
 26. Micozzi, M.S., et al. 1992. (Am. J. Clin. Nutr. 55:1120-1125).

27. Savell, J. W., et al. 1991. (J. Anim. Sci. 69:2883-2893).
28. Buege, D., et al. 1990. Madison, WI, University of Wisconsin. College of Agriculture and Life Sciences. (Research Bulletin R-3509).
29. McCann., et al. 1988. (J. Am. DietAssoc. 88:336-341).
30. Kohlmeier, L. and Poortvliet, E. 1992. Report of the FLAIR Eurofoods-Enfant Projects Second Annual Meeting. Wageningen, Wageningen Agricultural University.
31. Honikel, K.O. 1994. Report, FLAIR Eurofoods- Enfant Project Third Annual Meeting. Wageningen, Wageningen Agricultural University.
32. Holden, J.M., et al. 1991. (J. Food Comp. Anal. 4:183-195).
33. Progressive Grocer's Market Scope (1993) Progressive Grocer's Trade Dimension Division. Stamford, CT, Maclea Hunter Media, pp. 19:348-549.
34. Holden, J.M.; Lanza, E. and Wolf, W.R. 1986. (J. Agric. Food Chem. 34:302-308).
35. Knutson, J. 1989. Meatfacts 88. Washington DC, American Meat Institute. p. 17.
36. Gebhardt, S.E. and Holden, J.M. 1992. Provisional Table on the Selenium Content of Foods. Washington, DC, USDA.
37. Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. 1981. Biometry. 2 ed. San Francisco, CA, W.H. Freeman and Company.
38. Beaton, G.H., et al. 1979. (Am. J. Clin. Nutr. 32:2546-2559).

CAPITULO 13

CALIDAD DE METODOS ANALITICOS

Julia Vinagre

INTRODUCCION

Los métodos analíticos que se apliquen para producir datos de composición química de alimentos deben ser apropiados, utilizar técnicas analíticas exactas y ser realizados por analistas entrenados.

La selección de un método analítico debe ser realizada por el consejero científico del programa de base de datos, pero esta responsabilidad debe ser compartida con el analista.

Si se considera que el principal objetivo de la base de datos de composición de alimentos es nutricional, es evidente que el método de análisis seleccionado para un nutriente debe reflejar lo más fielmente posible el valor nutritivo del alimento. En esta elección de un método particular, se debe conocer, en primer lugar la química del nutriente, la naturaleza del sustrato alimenticio a ser analizado, el efecto del procesamiento y la preparación sobre la matriz del alimento y en el nutriente, y el rango esperado de concentración del nutriente. El segundo requisito es comprender las implicancias nutricionales del nutriente, lo cual incluye su rol, su distribución en los alimentos y su importancia relativa en alimentos individuales en el suministro dietario total del nutriente.

El proceso analítico se puede considerar dividido en 3 etapas: i)

operaciones previas (muestreo, acondicionamiento, disolución, separaciones, reacciones analíticas y otras); ii) Medición y traducción de la señal analítica mediante el uso de instrumentos y; iii) toma y tratamiento de datos. La calidad de los resultados depende de la calidad de las diferentes etapas del proceso analítico.

En la elección de un método se debe focalizar la atención en los principios analíticos involucrados, más bien que en el grado de sofisticación del instrumento. Muchas veces un método con uso de instrumentos modernos puede producir valores menos confiables que el método tradicional que pretende reemplazar y es preferible desarrollar programas que aseguren la calidad de los datos obtenidos.

Suele suceder también que las legislaciones de alimentos se basen en un método estandarizado oficial que puede no ser el más adecuado desde el punto de vista nutricional y, por tal motivo, se deben tomar decisiones individuales en cada caso.

CRITERIOS PARA LA ELECCION DE UN METODO

Basándose en las consideraciones de Egan, la elección de métodos debe considerar:

a) Dar preferencia a métodos cuya calidad y confianza se ha establecido en estudios colaborativos, o similares en varios laboratorios (ISO / REMCO, 1993)

b) Preferir métodos documentados o adoptados por organizaciones internacionales reconocidas.

c) Preferir métodos de análisis que se aplican en forma uniforme a varios tipos de alimentos sobre aquellos que se aplican a alimentos específicos.

Entre los atributos a considerar en la calidad de un método se deben mencionar aquellas características que son básicas: confiabilidad, aplicabilidad, especificidad, exactitud, precisión, detectabilidad y sensibilidad.

Confiabilidad

Es un término general cualitativo que expresa el grado de cumplimiento satisfactorio de un método analítico en términos de sus variados atributos técnicos (aplicabilidad, exactitud, precisión, sensibilidad y detectabilidad), siendo por lo tanto, un concepto compuesto.

El objetivo del análisis es determinar cuál de estos atributos es importante y cuál puede estar comprometido. Ejemplo: si se desea analizar un

componente mayor no se requiere un bajo límite de detección.

Aplicabilidad

En la aplicabilidad de un método se debe considerar que esté libre de interferencias producidas por otros materiales presentes en la muestra alimenticia, asimismo influye el rango en que se va a usar el método.

Especificidad o selectividad

Es la habilidad de un método para responder exclusivamente a la sustancia que se desea analizar. Sin embargo, en algunas ocasiones se aceptan métodos con una pobre especificidad cuando el propósito del análisis es captar compuestos similares dentro de un grupo (Ejemplo: grasa total, cenizas)

La especificidad se refiere a la propiedad del método de producir una señal medible debida sólo a la presencia del analito, libre de interferencia de otros componentes en la matriz de la muestra.

Exactitud

Es la cercanía del valor analítico al "valor verdadero" de concentración del compuesto de interés en el material bajo examen. Es la concor-

dancia entre la mejor estimación de una cantidad y su valor real. La inexactitud es la diferencia numérica entre el valor promedio de un conjunto de repeticiones y el valor verdadero.

En la práctica la cercanía a un estándar de algún tipo se toma como medida de exactitud.

Matemáticamente se expresa:

$$B = \bar{X} - \hat{X}$$

Desviación relativa:

$$B\% = \frac{B}{\bar{X}} \cdot 100$$

Desviación:

Recuperación:

$$R = \frac{\bar{X}}{\hat{X}} \cdot 100$$

\bar{X} = valor promedio X
 \hat{X} = valor verdadero

De todas ellas, sin lugar a dudas, la más utilizada es la recuperación.

Si bien el valor verdadero de la concentración no se conoce sino que sólo puede estimarse, es posible preparar una muestra por un procedimiento más exacto que el evaluado (por pesada, dilución en

peso, etc.) y utilizarla como referencia.

La exactitud o mejor dicho la inexactitud debe ser tan pequeña como sea posible para que el valor medido se aproxime al de referencia, o sea, la recuperación debe acercarse al 100%.

En el análisis de macrocomponentes, en general se requiere que el valor medido no difiera significativamente del aceptado como referencia. Para determinarlo, se utiliza un ensayo *t* de Student, efectuando varias determinaciones de la muestra de concentración conocida y calculando el *t* experimental (*tob*) que se compara con tablas *t* para *n*-1 grados de libertad en el nivel de confianza escogido, generalmente *p*=0,05.

$$tob = \frac{\bar{X} - \hat{X}}{S \sqrt{n}}$$

Si el *tob* es menor que el valor tabulado el método tiene la exactitud requerida para ese ámbito de confianza. Si el *tob* resulta mayor que el valor tabulado, el método tiene un error sistemático, del signo resultante, para ese ámbito de confianza.

Precisión

En términos reales más bien se debe considerar la imprecisión que corresponde, aproximadamente, al

término dispersión y variabilidad analítica. La imprecisión se determina haciendo ensayos repetitivos de una misma muestra analítica, o de cada conjunto de muestras analíticas y luego se calcula la desviación estándar, siendo muy importante en este caso la homogeneidad del sustrato.

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$RSD = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100$$

$$CV = 100S / \bar{X} (\%)$$

La precisión tiene la desventaja que requiere que los valores se distribuyan normalmente, que enfatiza los valores extremos de una serie de mediciones y que en muchos métodos aumenta la desviación estándar cuando aumenta la concentración.

Para evaluar datos de un amplio rango de concentración es más útil calcular la desviación estándar relativa (RSD) o bien el coeficiente de variación por ciento (CV%).

La precisión está relacionada con la disposición de las medidas alrededor de su valor medio o central y corresponde al grado de concordancia entre ensayos individuales cuando el método se aplica repetidamente a múltiples alícuotas de una muestra

La precisión se expresa matemáticamente por "S" o más comúnmente por RSD o CV.

Los estimadores desviación estándar y desviación estándar relativa permiten evaluar la incertidumbre en la estimación de la medida (error aleatorio, correspondiente a la dispersión de datos alrededor de la media).

La precisión de un método analítico debe estudiarse sobre:

- a) El sistema, evaluando la dispersión de al *menos* 6 inyecciones del estándar, por ejemplo en técnica HPLC
- b) El método, evaluando la dispersión de varias preparaciones de la muestra final homogénea. La evaluación corresponde a todo el procedimiento, desde la preparación de la muestra hasta la medición del analito por parte del instrumento. La imprecisión causada por las diluciones es un factor que con frecuencia se olvida.

La precisión se puede medir en condiciones repetitivas (mismo analista, mismo día, mismo instrumento) y en condiciones reproducibles (diferente analista, diferente día, diferente instrumento).

En muchos casos debe indicarse el límite o intervalo de confianza de la medida el cual corresponde al rango en el cual puede definirse la probabilidad de capturar el parámetro μ con la probabilidad indicada.

Cuando el número de muestras es pequeño (menos de 30), las medidas independientes y la distribución normal se calculan de acuerdo a la distribución t de Student:

$$\bar{X} - \frac{(t_{\alpha/2, n})S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + \frac{(t_{\alpha/2, n})S}{\sqrt{n}}$$

Student tabulado para n mediciones con $v=n-1$ grados de libertad y para varios niveles α de significancia (el más aplicado es $p=0,05$ correspondiente a un intervalo de confianza del 95%).

Detectabilidad

Es la cantidad mínima de una sustancia (definida en término de cantidad absoluta o concentración)

que proporciona una respuesta medible para un método descrito.

Sensibilidad

Es la pendiente de la curva respuesta - concentración, o el cambio de respuesta por unidad de concentración. Si la pendiente es empinada el método tiene alta sensibilidad y si la pendiente es poco empinada, el método posee una baja sensibilidad. En estudios de composición de nutrientes el análisis de elementos trazas requiere alta sensibilidad, lo que en la práctica se puede lograr mediante amplificación electrónica o por concentración química del analito.

En la Gráfico 1 se resumen los atributos a considerar en la calidad.

VALIDACION DE METODOS

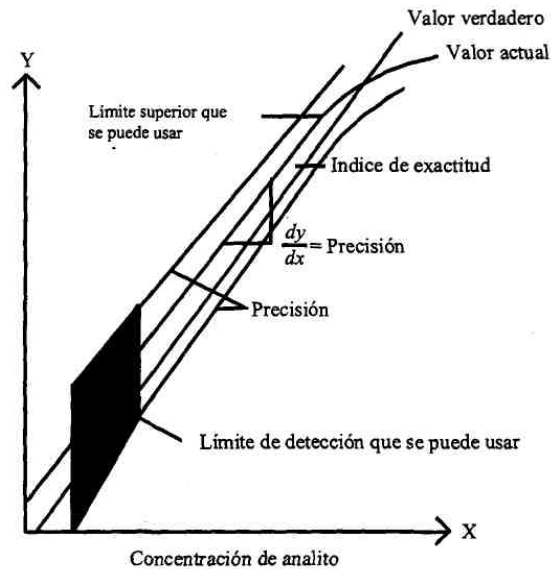
Aún los métodos bien establecidos necesitan ser validados por los analistas usando el personal, reactivos y equipos del laboratorio cuyo método se quiere validar.

La validación puede hacerse analizando un conjunto de muestras que han sido analizadas por otro método o por otro laboratorio. El analista debe familiarizarse con un método y asegurarse que ha alcanzado

el grado deseado de recuperación y un conjunto de blanco y muestras
precisión después de haber analizado analíticas sintéticas o fortificadas.

Gráfico 1

Respuesta en función de la concentración del analito Atributos de los método



Si un método particular sobre un alimento, o realizado en otro laboratorio, ha dado un cumplimiento adecuado está indicando que el método es adecuado, pero esto no significa que se pueda asumir que si el método se ha realizado satisfactoriamente con un alimento determinado opere exactamente igual con un alimentodiferente sino

muy por el contrario, se debe asumir la posición opuesta hasta comprobarlo. Así por ejemplo, alimentos procesados y formulados, especialmente si contienen emulsificantes, pueden constituirse en un problema especial cuando se analiza con un método de análisis desarrollado para un alimento primario.

La validación consiste, en esencia, en confirmar y documentar que los resultados emanados de la aplicación de un método de análisis son confiables.

Evidentemente todo nuevo método analítico debe validarse para demostrar su idoneidad, pero generalmente existen metodologías antiguas aplicadas durante mucho tiempo y entonces tiene poco sentido validar como si fuera una metodología desconocida. Se habla entonces de una validación retrospectiva, donde se pueden combinar los nuevos criterios de validación con toda la experiencia ya adquirida. En cambio, se conoce como validación prospectiva a la que se realiza frente a un producto nuevo.

En muchos casos un método analítico es desarrollado y validado por un grupo de trabajo y aplicado por otro grupo y para asegurar que este último sea a su vez capaz de entregar resultados confiables, es conveniente realizar una transferencia de validación. Si se trata, por ejemplo, de un método cromatográfico consiste en la comparación de resultados de las pruebas de adecuación y análisis en paralelo, al menos dos muestras homogéneas de concentraciones conocidas, dentro del rango de aceptación del producto o dentro del rango de aplicación de la metodología.

En un ensayo de validación deben considerarse los siguientes parámetros:

- selectividad
- linealidad
- precisión
- exactitud
- sensibilidad
- robustez

La selectividad, precisión, exactitud y sensibilidad, fueron descritas con anterioridad y en lo que respecta a la linealidad de un método analítico se refiere a la proporcionalidad entre la concentración de analito y su respuesta. Este paso de la validación es necesario si se va a trabajar con un solo estándar en las determinaciones de rutina, aunque pueden aceptarse métodos no lineales, si se opera con estándares múltiples cada vez. Además, conjuntamente se determina el rango lineal, es decir, el intervalo comprendido entre la concentración mínima y máxima de analito para el cual el método ha sido probado y dentro del cual se puede efectuar el dosaje por interpolación en una curva estándar.

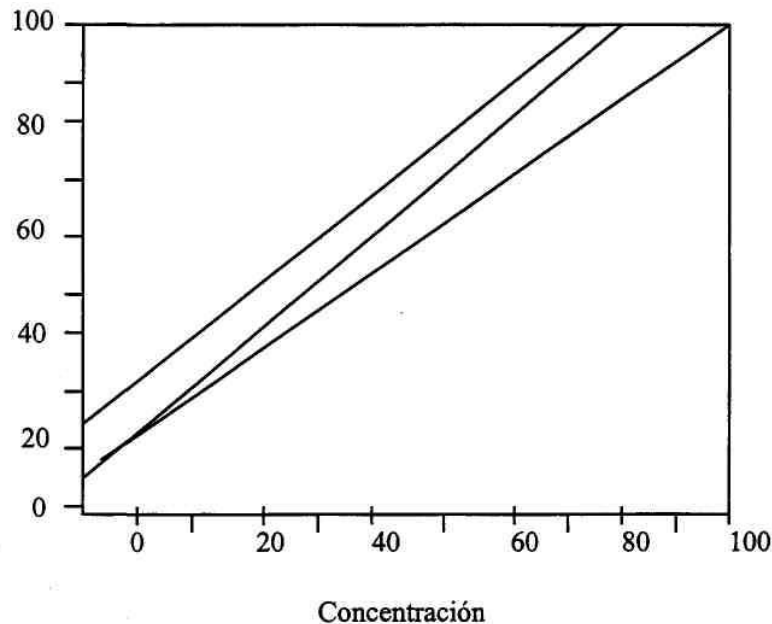
Para su determinación se prepara una serie de mínimo cinco diluciones de un estándar comprendiendo los ámbitos estimados de trabajo con un exceso de al menos 50% sobre el límite superior y un defecto de 50% debajo del límite inferior. Estas soluciones se inyectan, al menos por duplicado, y se determina la curva de regresión $Y = bX+a$ sobre los puntos individuales sin promedios por el método de los cuadrados mínimos y se grafica para su documentación.

En muchos casos es interesante comparar los resultados de la recta de regresión obtenida sobre el analito

puro, con la correspondiente a analito + matriz (en el Gráfico 2, se señala para HPLC el efecto de la matriz).

Gráfico 2

Rectas de regresión del analito y analito más matriz para HPLC



, La no correspondencia de las rectas indica problemas por efecto de la matriz y está relacionada con la exactitud del método en cuestión. Estos efectos de matriz pueden clasificarse de acuerdo a su naturaleza en aditivos y multiplicativos. Los aditivos se refieren a un desplazamiento positivo del cero en presencia de la matriz y los multiplicativos a un cambio de la pendiente. Independiente de la apariencia de la recta, resulta conveniente evaluar los estimadores de regresión

en un intervalo de confianza dado (por ejemplo $p=0,05$):

- Del coeficiente de regresión lineal (r). Se determina para evaluar el ajuste al modelo lineal propuesto, $Y=bX+a$.
- De la pendiente (b). Se determina como parámetro indicativo de la sensibilidad del método, para evaluar la correlación de diferentes métodos. El límite de confianza para el estimador de la

- pendiente (b) se calcula en función de su varianza S_b . De la ordenada al origen (a). Se determina para evaluar la proporcionalidad de la función analítica, es decir, que la recta pase por el origen y que cualquier desviación pueda adjudicarse únicamente a un error aleatorio. El límite de confianza del estimador de la ordenada al origen (a) se calcula en función de su varianza S_a .

$$tr = \frac{(r)\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}}$$

El mejor indicador del modelo lineal, en reemplazo de r es el cálculo del valor tr con $n-2$ grados de libertad el cual se compara con el valor t tabulado para el nivel de confianza requerido. La hipótesis nula es "no existe correlación entre X e Y", si el valor observado de tr es mayor que t tabla se rechaza la hipótesis y existe correlación lineal significativa con la probabilidad calculada.

BIBLIOGRAFIA

1. Quattrocchi, O.A.; Abelaira, S. L. and Laba, R.F. 1992. Introducción a la HPLC; Aplicación y práctica. Buenos Aires, Argentina, Artes Gráficas Farro
2. Euehem and Welac. 1993. Accreditation for Chemical Laboratories.
3. Miller, J.C. and Miller, J.N. 1988. Statistic of Analytical Chemistry. John Wiley & Sons.
4. Garfield, F.M. 1991. Quality Assurance Principles for Analytical Laboratories. AOAC International.

CAPITULO 14

METODOS ANALITICOS PARA LA DETERMINACION DE HUMEDAD, ALCOHOL, ENERGIA, MATERIA GRASA Y COLESTEROL EN ALIMENTOS

Lilia Masson

HUMEDAD

La determinación de humedad es un paso obligado en el análisis de alimentos (1,2). Es la base de referencia que permite: comparar valores; convertir a valores de humedad tipo; expresar en base seca y expresar en base tal como se recibió.

Por estas razones debe seleccionarse cuidadosamente el método a aplicar para la determinación de humedad en un alimento, ya que un mismo método no sirve para todos los alimentos.

En general, los más usados aplican un cierto grado de calor. El alimento sufre cambios que pueden afectar el valor obtenido como humedad. Se pierden compuestos volátiles junto con el agua, como alcohol, aceites esenciales y materia grasa.

En el Cuadro N° 1 se encuentra un resumen de los métodos más usados para la determinación de humedad en alimentos, señalando brevemente sus ventajas, limitaciones y aplicaciones.

ENERGIA

Los métodos más usados (3) son:

1. Bomba calorimétrica

Requiere correcciones por el calor producido por solubilización de los óxidos de azufre y nitrógeno.

La calibración se realiza generalmente con ácido benzoico como patrón termoquímico.

Los valores obtenidos son los valores brutos de combustión y que deben diferenciarse de los valores de energía metabolizable, que habitualmente se emplean en nutrición.

2. Cálculo por factores

La energía metabolizable se calcula aplicando los factores para: proteína, materia grasa, carbohidratos disponibles, ácidos orgánicos y alcohol.

En particular para fibra dietética, alcoholes azúcares, oligosacáridos, no hay aún acuerdo para estos componentes.

La expresión kilocalorías se sigue usando, a pesar que se recomienda el sistema internacional de kilojoule. El factor de conversión es $1 \text{ kcal} = 4,184 \text{ kJ}$

Al expresar el valor de energía de un alimento deberá evitarse de usar más de tres cifras significativas. El método empleado cualquiera que sea debe ser descrito claramente.

Las siguientes consideraciones se deben tener en cuenta:

Cuadro 1
Métodos mas usados para la determinación de humedad

Temperatura °C	Tiempo	Limitaciones	Ventajas	Aplicaciones
METODO DESECACION POR ESTUFA				
130 ±1° 105 ± 1°	3 hrs. Peso constante ±5mg	Destructivo, pérdida de volátiles, caramelización de azúcares, no aplicable a alimentos azucarados, grasas o aceites esenciales.	Rápido	Semillas oleaginosas Mayoría de los alimentos
60° a presión reducida		Lento, pérdida de volátiles	Método Universal	Alimentos azucarados, materias grasas.
Variante de agregar arena tanto a 105° C como a 60°C y a presión reducida *			Facilita la determinación. Mayor superficie para la salida de la humedad general.	Alimentos con aceites esenciales. Alimentos con contenido graso importante. Alimentos en general.
HORNO MICROONDA		Costo del equipo	Rápido	Alimentos, humedad alta y media
KARL FISHER		Costo del equipo	Rápido	Alimentos de muy baja humedad. Alimentos higroscópicos.
NMR		Costo del equipo, necesita calibración	Rápido	Mayoría de los alimentos, semillas.
LIOFILIZACION		Permanece agua residual, costo del equipo	No altera el producto	Mayoría de los alimentos
DETERMINACION CON ARRASTRE CON XILOLO TOLUENO (MET. DEANYSTARK)			Rápido. Determina sólo la humedad.	Alimentos con alto contenido de materias volátiles, pimentón, cebolla, margarina, mantequilla, manteca.

a) La energía bruta de diferentes proteínas, materia grasa y carbohidratos es constante para todos los alimentos.

química del alimento utilizando los siguientes factores de conversión:

- Proteína: 5,4 kcal o 23 kJ/g
- Carbohidrato: 4,1 kcal o 17 kJ/g
- Grasa: 9,3 kcal o 39 kJ/g

b) Las medidas de digestibilidad aparente dan una indicación exacta de la energía disponible.

Energía disponible

c) Los coeficientes de digestibilidad aparente son constante para todos los alimentos.

Es la energía de los carbohidratos, grasas y proteínas menos la cantidad presente en las heces. A efectos de cálculo se utilizan los siguientes factores:

d) La digestibilidad no varía significativamente entre los individuos.

- Proteínas: $5,4 - 1,25 = 4,15$. Se aproxima a 4,0 kcal o 17 kJ/g
- Carbohidrato: 4,0 kcal o 17 kJ/g
- Grasa: 9,0 kcal o 38 kJ/g

Energía bruta

Es la energía liberada como calor cuando el alimento se quema en la bomba calorimétrica. Se puede obtener por cálculo en base a la composición

Cuadro 2
Valores de energía para algunos componentes de los alimentos

Componente	kcal/g	kJ/g
Proteína	4	17
Materia grasa	9	37
Monosacárido	3,75	16
Disacárido	3,94	16
Almidón y glicógeno	4,13	17
Alcohol etílico	7	29
Glicerol	4,31	18
Acido acético	3,49	15
Acido cítrico	2,47	10
Acido láctico	3,62	15
Acido málico	2,39	10
Acido quínico	2,39	10

Problema de los carbohidratos

Otras tablas miden los carbohidratos disponibles, no calculan por diferencia. Calculados como monosacáridos usan 3,75 kcal o 16 kJ/g.

Fibra dietética

Se reduce la energía aparente disponible de grasa y proteína en 2-3% con ingestas moderadas y en un 4-6 % con ingestas altas

ALCOHOL ETILICO

Se pueden aplicar varios métodos (1). A continuación se reseñará brevemente la base de ellos.

1. Hidrometría

El contenido de etanol se puede medir en el destilado a partir de un volumen de la muestra exactamente medido.

Los azúcares reductores no son destilables. Interfieren el SO₂ y el ácido acético a los niveles que se señalan a continuación:

Niveles de SO₂ superiores a 200 mg/l
Acidez volátil que exceda 0,10%

Por esta razón las muestras deben neutralizarse antes de la destilación. La determinación se efectúa por medio de un hidrómetro calibrado y se registra la

temperatura. El porcentaje de etanol en volumen se obtiene de tablas específicas.

También se puede determinar el porcentaje de etanol en volumen con hidrómetros que miden el peso específico y consultar posteriormente las tablas pertinentes.

Los hidrómetros para etanol deben calibrarse con soluciones de etanol exactamente preparadas. Este método requiere bastante experiencia y cuidados extremos en todo el proceso de neutralización, destilación, medición y control de temperatura.

2. Método densitométrico

Requiere de un equipo especial. Mide el peso específico de la muestra, por el cambio de frecuencia de oscilación en un tubo en U comparado con dos estándares.

El peso específico se convierte a porcentaje de etanol a 15,56°C. Se aplica a destilados entre 25-79° alcohólicos.

El control de la temperatura y presión son factores importantes a considerar en la determinación.

3. Método refractométrico

Ocupa el refractómetro de inmersión. Debe tenerse un muy buen control de la temperatura a 15,56°C. A temperaturas

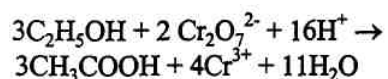
diferentes se aplican factores de corrección.

4. Determinación del etanol en peso

Se utiliza el método del picnómetro. Se debe tener la precaución de un buen control de peso del picnómetro y bien calibrado, y un muy buen control de temperatura

5. Determinación de etanol por el método de dicromato de potasio

El etanol obtenido por destilación se oxida cuantitativamente a ácido acético por un exceso de dicromato de potasio estandarizado.



El exceso de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ se determina con solución de sulfato ferroso y amonio estandarizado. Los tiempos y temperatura de incubación para oxidar el etanol a ácido acético son críticos.

Debe tenerse especial precaución con el material de vidrio, exactitud de las mediciones, calibración de pipetas, etc. Debe realizarse un blanco.

6. Análisis de etanol por cromatografía gas-líquido (GLC)

El etanol presente en vinos, cervezas, jugos se puede separar de otros componentes por GLC. Para mejorar

los aspectos cuantitativos se usa 2-propanol como estándar interno.

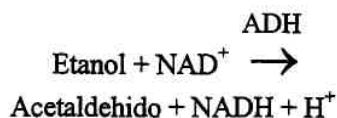
La relación de área de ambos picos se compara con la de una solución patrón de etanol y 2-propanol.

Se pueden emplear columnas empacadas de acero inoxidable o vidrio de 2 m rellenas con Porapak QS, Carbowax 0,2 % 1500 sobre Carbopack C 80 -100 mesh, Chromosorb 103.

Se recomienda determinar el porcentaje de etanol en volumen por un método oficial para efectos de control.

7. Método enzimático

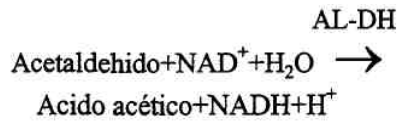
El etanol se puede oxidar a acetaldehído por el NAD en presencia de la enzima alcohol dehidrogenasa (ADH) para producir NADH. Es una reacción estequiométrica en condiciones experimentales adecuadas. El NADH producido se determina espectrofotométricamente a 334, 340 o 360 nm.



Actualmente se dispone de mezclas preparadas. Debe tenerse precaución en la medición cuantitativa de volúmenes muy pequeños de reactivo y muestra.

La reacción se desplaza a la derecha en medio alcalino, atrapando el acetaldehído formado y luego

oxidándolo a ácido acético en presencia de aldehído dehidrogenasa.



Dependiendo de la longitud de onda que se elija, se debe tener la precaución de que la concentración de etanol sea de 0,01 a 0,12g/l (365 nm) o de 0,005 a 0,06g/l(340o334nm).

En general en alimentos líquidos se recomienda clarificar y filtrar.

El método es muy sensible, debe tenerse especial cuidado con el agua empleada que debe estar libre de etanol. Igualmente se recomienda tapar las cubetas en el momento de la lectura. El etanol es muy volátil. Debe trabajarse en atmósfera libre de etanol. Para controlar el método se recomienda emplear una solución patrón de etanol.

LIPIDOS

Desde el punto de vista de una base de datos de composición de alimentos, el análisis y determinación de los diferentes componentes lipídicos de un alimento encierra una serie de desafíos y problemas.

Entre las determinaciones más frecuentes se pueden señalar:

- materia grasa total

- materia insaponificable
- esteroides
- ácidos grasos
- pigmentos carotenoides
- vitaminas liposolubles A, D, E, K

Para cada uno de estos temas se dispone de diversas metodologías que se expondrán brevemente a continuación. Los dos últimos serán tratados en otra sección.

1. Materia grasa total

En el Cuadro 3 aparece un resumen de los métodos más empleados en la extracción de materia grasa total. Se ha señalado brevemente sus limitaciones, ventajas y aplicaciones.

2. Materia insaponificable

Es un dato que normalmente se determina cuando se van a cuantificar esteroides u otros componentes que se encuentran en la materia insaponificable.

Métodos

Generalmente se aplica método AOAC- AOCS o Comunidad Europea (1,6). Se tienen las siguientes etapas:

- saponificación
- lavado
- extracción con éter de petróleo, éter etílico
- evaporación del solvente
- pesada del residuo

Limitaciones o inconvenientes

Debe asegurarse una completa saponificación, para lo cual la preparación del KOH alcohólico es importante.

Debe realizarse una cuidadosa extracción con los solventes.

Evitar los problemas de separación de fases, formación de emulsiones.

Realizar un lavado exhaustivo para retirar jabones.

Proceder a una cuidadosa evaporación del solvente y control del residuo final por pesada, que corresponde a la materia insaponificable.

Los esteroides recuperados se derivatizan a trimetilsililéteres (TMSE) con mezcla piridina: hexametilidisilazano: trimetilclorosilano 9:3:1, a razón de 50 T1 por mg de esteroides.

Análisis por columna capilar GLC de sílica fundida o vidrio 20-30 m de largo de 0,25 a 0,32 mm diámetro interno, recubierta con fase líquida Se52, Se54 o equivalente, grosor de película entre 0,1 y 0,3 μm y temperatura de la columna $260^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}$.

Para la identificación de los diferentes picos se usan los tiempos de retención y la comparación con mezclas de TMSE de los esteroides analizados en las mismas condiciones.

3. Esteroides por GLC

a) Método de la Comunidad Europea (6)

El método se basa en:

Saponificación de la materia grasa con KOH alcohólico, a la cual se adiciona alfa colestanol como patrón interno.

Extracción de la materia insaponificable con éter etílico.

Separación de la fracción de esteroides del insaponificable extraído mediante cromatografía en placa de sílica gel básica.

El tiempo de retención del beta sitosterol se ajusta a 20 ± 5 minutos.

Para la determinación cuantitativa se calculan las áreas de los picos del colestanol y de los esteroides dadas por el integrador y se aplica la fórmula para expresar en mg/kg de materia grasa.

b) Método general

La obtención de la materia insaponificable se puede realizar por método oficial AOAC, AOCS, Comunidad Europea (1,6).

Cuadro 3
Métodos para determinar materia grasa total

Método	Limitaciones	Ventajas y aplicaciones
Extracción con un solvente		
Continuo (BUTT)	Solventes inflamables Debe trabajarse sobre muestra seca 0 de muy baja humedad, menos de 8%.	Semillas oleaginosas, cubos de caldo saborizantes. Algunas sopas deshidratadas.
Discontinuo (SOXHLET) Eter etílico, éter de petróleo, alcoholes	Extracción incompleta, usa alta temperatura, no puede usarse para estudio de ácidos grasos. No se puede aplicar a alimentos sometidos a algún tratamiento térmico ni a leche y derivados lácteos.	Algunos tipos de derivados cárneos, frutas y verduras, algunos productos azucarados.
Automático (FOSS-LET FAT ANALYZER) solvente Tetracloroetileno		Derivados cárneos
Extracción con mezcla de solventes		
Hidrólisis acida previa a la extracción con solventes: Eter etílico, éter de petróleo	No se recomienda ocupar el extracto lipídico en el estudio de ácidos grasos aunque algunos autores lo emplean. No recomendable en alimentos ricos en azúcares, productos lácteos.	Método rápido, de amplia aplicación en diversos tipos de alimentos. Trabaja sobre muestra fresca. Debe aplicarse a todo alimento sometido a algún tipo de procesamiento 0 tratamiento térmico.
Hidrólisis alcalina previa a la extracción con solventes: Eter etílico, éter de petróleo.		
Método de Folch, Bligh y Dyer Cloroformo-Metanol	Equipo especial con tubos y centrifuga adecuada. Alternativa: usar embudos de decantación. Cierta costo en solventes. Re-extracción para purificación, debe conocerse el % de humedad Debe conocerse el % de humedad del del alimento para ajustarla al 80%.	Método de elección para leche y productos lácteos. Extracción en frío, aplicable prácticamente a todo alimento. El extracto se puede usar para determinación de ácidos grasos, esteroides, etc. Son métodos rápidos.
Métodos volumétricos		
Carbonización selectiva con H ₂ SO ₄ concentrado	Equipo especial	Rápido. Se usó mucho para leche y derivados lácteos.
Otros métodos		
Dispersión de la luz. Milkotester.	Equipo especial	Rápido. Leche cruda
Near Infrared Reflectance (NIR)	Equipo especial de alto costo. Requiere calibración	Cereales. Leche.
NMR	Equipo especial de alto costo. Requiere calibración.	Semillas oleaginosas. Método muy rápido.

La derivatización puede realizarse para preparar acetatos, trimetilsililéteres, o butiratos.

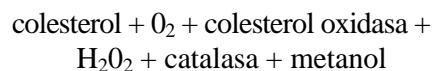
El método de la Comunidad Europea purifica el residuo insaponificable por TLC antes de la derivatización. También se describen alternativas sin derivatizar.

El método es por cromatografía gas-líquida (GLC) en columnas de vidrio con fase OV 17, Se30, de 2 m, también se emplean columnas de sílica ruidada de 12; 20; 30 m Se52, Se54 o equivalente.

El estándar interno puede ser 5 alfa colestano, o 5 alfa colestanol.

c) Método enzimático

Otro método para determinar colesterol es el método enzimático (7). El colesterol se oxida con colesterol oxidasa en presencia de agua oxigenada, catalasa y metanol, formándose finalmente una lutidina cuyo color se mide al espectrofotómetro a 405 nm. Las reacciones involucradas se señalan a continuación:



→ formaldehído + acetilacetona + amonio

→ Lutidina (el color se mide al espectrofotómetro a 405 nm).

4. Ácidos grasos

El análisis de los ácidos grasos de cualquier alimento requiere de las siguientes etapas:

- Obtención de la materia grasa por método de extracción en frío con mezcla de solventes.
- Derivatización de los ácidos grasos.
- Análisis por cromatografía gas-líquido.

El primer punto ya fue tratado en métodos de extracción.

Se abordará a continuación los principales métodos de derivatización:

Al preparar los ésteres metílicos hay que considerar los siguientes aspectos que pueden afectar el resultado:

- Conversión incompleta de los lípidos de la muestra a ésteres metílicos de ácidos grasos.
- Cambios en la composición original de los ácidos grasos durante la esterificación que puede originar formación de isómeros posicionales y/o geométricos.
- Formación de compuestos extraños que pueden confundirse con ácidos grasos.

d) Contaminación y daño de la columna GLC proveniente de muestras contaminadas o de restos de los reactivos de derivatización.

Los métodos de derivatización se pueden dividir en cuatro categorías (8):

- catálisis básica
- catálisis ácida, básica
- diazometano
- otros métodos de esterificación

a) Catálisis básica

Metóxido de sodio en metanol anhidro

Ventajas

Rápido, puede efectuarse a temperatura ambiente. Convierte los triglicéridos o acilgliceroles directamente a ésteres metílicos (transesterificación).

No produce isomerización de dobles enlaces. No libera el aldehído del plasmalógeno. No transesterifica ni esfingolípidos ni colesterol.

Desventajas

No convierte los ácidos grasos libres a ésteres metílicos. Por lo tanto no sirve para muestras de materias grasas con elevada acidez.

Debe trabajarse en medio anhidro. La presencia de agua produce saponificación lo cual resulta en

pérdida de ácidos grasos. El uso prolongado puede alterar la composición en ácidos grasos.

Alta concentración de álcali y alta temperatura puede llevar a la formación de ácidos grasos conjugados.

b) Catálisis ácido básica

HCl en metanol 5% P/V H₂SO₄ en metanol 1 a 2% V/V Cloruro de acetilo en metanol KOH en metanol y BF₃ en metanol

Ventajas

Todos estos métodos convierten los acilgliceroles o triglicéridos y ácidos grasos libres en ésteres metílicos. El más popular tal vez es el BF₃ 20% en metanol por usar el primer procedimiento aceptado por AOCS.

El método de la AOAC saponifica con NaOH en metanol y luego esterifica con BF₃ en metanol. Es un método rápido.

Desventajas

Forma compuestos ajenos o interferentes.

No es útil para aceites de semilla que contienen ácidos grasos inusuales como epoxy, ciclopropeno, insaturación conjugada, etc.

Reacciona con plasmalógenos formando aldehído.

Reacciona con colesterol formando colesterolmetiléster y colestadieno.

El reactivo es caro e inestable. Debe refrigerarse. El empleo de BF_3 antiguo o concentrado produce pérdidas de ácidos grasos poliinsaturados.

Cloruro de acetilo en metanol

Ventajas

Presenta buenos resultados con leche y aceites vegetales sin extracción previa de los lípidos.

Comparable al BF_3 -metanol para transesterificar los colesteril esterés, no produce compuestos extraños.

Desventaja

No esterifica los ácidos grasos libres

c) Diazometano

Ventajas

Es un método rápido casi instantáneo a temperatura ambiente.

Esterifica los ácidos grasos libres en presencia de metanol.

El exceso de reactivo se elimina por evaporación bajo N_2 .

Desventaja

Reactivo muy tóxico. Se puede usar sólo si es estrictamente necesario. Es explosivo. Forma compuestos extraños reaccionando con dobles enlaces o grupos carbonilos.

d) Otros métodos de esterificación

Se han buscado nuevos reactivos con el objeto de obtener más rápidamente los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

1. Utilización de sales cuaternarias de amonio

Se han usado sales cuaternarias de amonio fuertemente básicas como:

- hidróxido de m-trifluorometilfeniltrimetilamonio (TFMPTAH)
- hidróxido de trimetilfenilamo (TMPAH)
- hidróxido de trimetilamonio (TMAH)

Ventajas

Se produce la transesterificación de los acilglicéoles o triglicéridos a ésteres metílicos de ácidos grasos por pirólisis en la columna GLC.

La transesterificación se efectúa en una etapa, no se requiere etapa de

extracción. De especial importancia en ácidos grasos de cadenas cortas.

Se podría determinar separadamente la composición en ácidos grasos de los triglicéridos, de los ácidos grasos libres y del total.

Desventajas

La muestra debe ser neutralizada antes del análisis por GLC. La alta alcalinidad y alta temperatura de la columna para la metilación pirolítica produce isomerización de dobles enlaces dando ácidos grasos conjugados. Algunos productos de ruptura de estos reactivos pueden interferir con el análisis de ácidos grasos de cadena mediana.

2. Transesterificación directa

Cloruro de acetilo en metanol

Ventajas

La extracción y aislación del lípido se efectúa en una sola etapa.

La muestra se coloca en un solvente, se agrega cloruro de acetilo en metanol y se obtiene los ésteres metílicos de los ácidos grasos. Se han investigado diferentes solventes.

Se ha aplicado a tejidos, plasma, alimentos, leche, grasa de leche, etc. Se ha mostrado más eficiente comparado

con el método tradicional de extracción de Folch.

3. Metanol caliente en HCL

Ventaja

Se aplicó a hojas y los ésteres metílicos de los ácidos grasos se extrajeron con solvente.

Desventaja

Se obtuvieron valores más bajos que los obtenidos por métodos convencionales.

Guanidina y sus derivados alquilados en metanol

Ventajas

Se produce una completa metanólisis de los aceites y se convierte los acilglicerolés o triglicéridos y ácidos grasos libres en ésteres metílicos.

Los ácidos grasos forman la sal guanidinacarboxilato que en presencia de exceso de metanol forma los ésteres metílicos.

Este método se ha comparado satisfactoriamente con el método Ce 2-66 con 20% BF_3 en metanol de la AOCS.

El reactivo no es caro, no produce isomerización de dobles enlaces. Es un

método rápido, bastan 2 minutos en baño de agua hirviendo.

Desventaja

El exceso de reactivo debe ser extraído antes que la muestra se inyecte en la columna GLC.

4. Metilación con metanol catálisis básica y ácida

La metilación se efectúa con metilato de sodio, calentando a reflujo 10 minutos. Se enfría y luego se agrega la solución metanólica de H_2SO_4 hasta pH ácido, viraje de la fenolftaleína, luego se calienta a reflujo **por** 20 minutos, se enfría. Se agrega el hexano para la extracción de los ésteres metílicos.

5. Preparación de ésteres butílicos

Se prefiere para el análisis de ácidos grasos de cadena corta presentes en grasa de leche.

Se usa BF_3 al 12,5 % en butanol

Ventaja

Da mejores recuperaciones de estos ácidos grasos de cadena corta.

Preparación de ésteres metílicos

La Comunidad Europea (9) señala los siguientes métodos para la preparación de los ésteres metílicos.

a) En caso de materias grasas que contengan ácidos grasos inferiores a C_{12} , sólo podrán usarse los procedimientos en tubo cerrado o con sulfato de dimetilo.

b) Cuando se trata de materias grasas con acidez superior al 3%, sólo podrán usarse los procedimientos con mezcla de metanol y ácido clorhídrico o con sulfato dime-tílico.

c) En el caso de determinación de isómeros trans, sólo se usarán los procedimientos con metilato de > sodio o con sulfato dimetílico.

d) El procedimiento que emplea mezcla de metanol, hexano y ácido sulfúrico se empleará para pequeñas cantidades de materias grasas, por separación mediante cromatografía en capa fina.

Recomendación: no se tomará en cuenta la materia insaponificable cuando no supere el 3%. En caso contrario, los ésteres metílicos se prepararán a partir de los ácidos grasos.

Cromatografía gas-líquido de los ésteres metílicos.

Método de la Comunidad Europea (9)

Señala las siguientes alternativas:

a) Columna empacada de vidrio o acero inoxidable 1 a 3 metros de

largo, 2 a 4 mm diámetro interno (Di.) Soporte inerte: tierra de diatomeas lavada al ácido y silanizada. Fase líquida poliésteres o cianosilicona entre 5 y 20%.

b) Columna capilar de vidrio o sílica fundida, Di. 0,2 y 0,8 mm, longitud 25 metros. Fase líquida tipo polietilenglicol 20.000, poliésteres, polisiloxano polar (cianosiliconas).
Espesor de film entre 0,1 y 0,2 Tm

c) Análisis cualitativo
Como referencia: Se toma el pico del estearato de metilo.

d) Análisis cuantitativo, se puede aplicar: normalización interna, patrón interno, factores de corrección.

Otras consideraciones en relación a la cromatografía gas-líquido de ésteres metílicos de ácidos grasos

El Dr. Robert Ackman ha propuesto que las fases de tipo Carbowax 20M sean utilizadas como patrones de referencia para columnas capilares de sílica fundida en ensayos interlaboratorios. También ha trabajado bastante con Silar CP, una fase que es ligeramente más polar que Carbowax 20M. FFAP, Supelcowax-10 y SP 1000 son muy similares al Carbowax 20M en columnas de sílica fundida.

Fases estacionaria con enlace cruzado y unidas (bonded) se han mostrado satisfactorias en la resolución de ciertos pares críticos.

En el caso de columnas empacadas, tres columnas que contienen 15% EGSS-Y, EGSS-X y Silar 10C sobre soporte silanizado 100-120 mesh, lavado al ácido abren un amplio rango de polaridad para el análisis de la mayoría de los ácidos grasos poliinsaturados.

Gas portador

El hidrógeno tiene ventajas como gas portador para las columnas capilares de tubo abierto en términos de eficiencia. Problema: detectar pérdidas o escapes permanentemente por seguridad. El helio es más seguro pero más costoso en diversos países.

Los gases deben pasarse a través de trampas de oxígeno y humedad antes de la columna para dar mayor estabilidad a la línea base cuando se trabaja a altas sensibilidades y para prolongar la vida de la columna. Para columnas empacadas, nitrógeno con menos de 5 ppm de oxígeno es adecuado. El argón es más caro que el nitrógeno y contiene menos oxígeno.

El horno

Deberá tener un dispositivo altamente sensible para controlar la temperatura,

de modo que sea uniforme en todas las regiones.

Uso de patrones para identificación

Existen en el mercado mezclas patrones conteniendo cantidades conocidas de ésteres metílicos de ácidos grasos saturados, monoenoicos y polienuicos. Sirven para efectos de identificación y cuantificación.

Para identificación se usan los tiempos de retención corregidos o relativos de los patrones en relación a los componentes de la muestra, corridos en la misma columna y bajo idénticas condiciones. La comparación se debe hacer en dos columnas con fases líquidas de polaridad diferente. El largo de cadena equivalente es otra posibilidad de identificación.

Como algunos lípidos de origen animal y marino contienen mezclas complejas de ácidos grasos, se recomienda usar algunas materias grasas de composición conocida como: aceite de hígado de bacalao, materia grasa de testículos de bovino y porcino, lípidos de hígado de rata, etc.

Valores para ácidos grasos

Los valores para ácidos grasos individuales, generalmente se expresan como porcentaje de ácidos grasos en relación al total, ya que esta es la forma más común de presentación analítica.

A nivel de base de datos se necesita la información por 100 g de alimento. Por lo tanto, se han publicado factores de conversión derivados de la proporción de los ácidos grasos presentes en el lípido total para convertir porcentajes de ácidos grasos a ácidos grasos por 100 g de alimento (3).

Conclusiones generales

- a) Asegurarse que el método de preparación de los ésteres metílicos es el adecuado para el tipo de muestra.
- b) Los métodos deben seguirse de acuerdo a las especificaciones establecidas.
- c) El empleo de reactivos nuevos sin extracción del reactivo de transesterificación debe ser cuidadoso en cuanto a su efecto sobre la columna.
- d) La exactitud del método debe ser comprobada con estándares primarios de ácidos grasos de cadena corta, larga y poliinsaturados.

BIBLIOGRAFIA

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15 ed. USA.
2. Chile. Instituto Nacional de Normalización. 1988. NCh 484

- CR 88; Determinación de la humedad y materias volátiles en granos o semillas oleaginosas. Santiago.
3. Greenfield, H. and Southgate, D.A.T. 1992. Food Composition Data. Production, Management and Use. London, Elsevier Applied Science.
 4. Bligh, E.G. and Dyer, W.J. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. (Can. J. Biochem. and Physiol. 37: 911-917).
 5. Folch, J.; Lees, M. and Stanley, G.H.S. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. (J. Biol. Chem. 226: 497-509).
 6. Determinación de la composición y del contenido de esteroides mediante cromatografía de gases con columna capilar. 1991. (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L248/15).
 7. Methods of Biochemical Analysis and Food Analysis. 1989. Germany, Boehringer Mannheim.
 8. Christie, W.W. 1989. Gas Chromatography and Lipids. Scotland, The Oily Press. AIR.
 9. Materias grasas. Determinación de ácidos grasos por cromatografía gaseosa. (UNE55 037-3).

CAPITULO 15

METODOS DE ANALISIS PARA LA DETERMINACION DE NITRÓGENO Y CONSTITUYENTES NITROGENADOS EN ALIMENTOS

Nalda Romero

METODOS DE DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL

1. Método de Kjeldahl

Fundamento

Se caracteriza por el uso de ebullición, ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado *in situ* o por destilación alcalina y titulación.

Dificultades químicas y prácticas

Digestión prolongada.

Conversión cuantitativa de nitrógeno a amoníaco.

Espumosis excesiva.

Acción corrosiva de ácido sulfúrico sobre el sistema de extracción de humos.

Consideraciones ambientales respecto a descarga de humos y contaminación de aguas con catalizadores metálicos.

Soluciones

Aumentar relación sulfato de potasio/ácido sulfúrico (1 g.1 ml) t° 370-410°C.

Uso de catalizadores metálicos.

Uso de H₂O₂.

Catalizadores metálicos utilizados

a) Oxido de mercurio

Ventaja

Oprima recuperación de nitrógeno

Desventajas

Tóxico. Alto costo.
Contaminación de aguas.

Formación de compuesto estable con amoníaco el que debe ser descompuesto con adición de tiosulfato de sodio.

b) Setenio o mezcla de sulfato de cobre y selenio

Desventaja

El selenio puede producir pérdida de nitrógeno.

c) Mezcla de sulfato de cobre y dióxido de titanio

Ventajas

Util en análisis de cereales. Uso a gran escala como rutina.

Desventaja

Menos efectiva en recuperar nitrógeno.

Determinación de amonio

El amonio en el digestor puede ser determinado por diversos métodos:

- a) Adición de exceso de álcali al digestor, destilación del amonio y titulación.
- b) Mezcla alcalina de fenol con hipoclorito de sodio que da una coloración azul con amonio.
- c) Mezcla alcalina de salicilato de sodio, nitroprusiato de sodio e hipoclorito de sodio que da una coloración verde esmeralda brillante con amonio.
- d) Determinación electrométrica usando un electrodo de ion específico y una solución de hidróxido de sodio al 1 % .

Ventajas del método de Kjeldhal

- i) Apropiado para varios tipos de productos. Alta fiabilidad. Usado como método de referencia.

Desventajas del método de Kjeldhal

Interfieren compuestos nitrogenados no proteicos.
Uso de catalizadores tóxicos o caros.
Elección del factor de conversión.

2. Método de Dumas

Fundamento

Se caracteriza por pirólisis completa de la muestra y medición del contenido de nitrógeno de los gases de combustión.

El nitrógeno puede ser medido con manómetro después de absorber el dióxido de carbono en una solución alcalina o por conductividad térmica en métodos automatizados.

Ventaja

Muestra equivalencias satisfactorias al compararlo con el método de Kjeldahl en análisis de forrajes y alimentos infantiles, aunque con valores levemente mayores.

Desventajas

Incluye nitrógeno inorgánico. Requiere pequeñas cantidades de muestra 5-50 mg, finamente dividida y homogénea para minimizar el error de muestreo. Este método no puede aplicarse a material húmedo por lo que debe efectuarse un secado previo.

3. Métodos radioquímicos

Se han descrito dos métodos:

a) Activación neutrónica

Fundamento

Se irradia una cantidad pesada de muestra con neutrones lo que produce el paso de ^{14}N a ^{13}N . Este positrón tiene una vida media de 10 minutos y emite radiaciones gamma las que se registran en un contador de centelleo. Las cuentas se relacionan con el contenido de nitrógeno de la muestra.

Ventajas

Simple; rápido.
Sin problemas de contaminación.
Los valores encontrados presentan buena correlación con el método de Kjeldahl.

Desventaja

El costo de infraestructura es muy elevado.

b) Activación protónica

Fundamento

Similar al anterior con la variante de que la muestra se irradia con protones y se efectúa la conversión de ^{14}N a ^{14}O , un isótopo que decae con la emisión de un protón y de radiaciones gamma las que son registradas y relacionadas con el contenido de nitrógeno de la muestra.

METODOS DE DETERMINACION DE PROTEINAS

Existen diversos métodos alternativos para determinar proteínas:

1. Utilización del factor de conversión

a) Determinar el contenido de nitrógeno total y multiplicar por un factor de conversión de nitrógeno a proteína. Este factor se calculó considerando el porcentaje de nitrógeno que contiene la proteína en los alimentos.

Desventajas del uso del factor de conversión:

Para efectos de cálculo se considera el contenido de nitrógeno de la proteína principal y no de toda la mezcla.

La fracción analizada no necesariamente es proteína pura.

No se realizan correcciones de nitrógeno no proteico.

Se ha sugerido determinar el factor de conversión de nitrógeno a proteína utilizando la composición de aminoácidos del alimento a analizar, lo que se complica al combinar los alimentos, por lo cual se prefiere continuar con el uso de los factores tradicionales informando a su vez el factor utilizado.

- b) Determinar el contenido de nitrógeno proteico y multiplicar por un factor de conversión de nitrógeno a proteína.

Se han utilizado diversos métodos para separar la proteína de compuestos nitrogenados no proteicos entre los que se señalan:

- diálisis y ultrafiltración por membrana;
- coagulación por calor (no es efectivo para caseína y gelatina);
- uso de agentes precipitantes como: ácido tungstíco, ácido tricloroacético, hidróxido de cobre, óxido férrico, acetato de plomo, ácido fosfo-tungstíco, ácido metafosfórico, ácido tánico, ácido sulfosalicílico, etanol, mezcla cloroformo y octanol (8:1), mezcla fenol, ácido acético y agua (1:1:1).

Desventajas

Diferencias en las fracciones proteicas obtenidas por los diversos métodos. Debe considerarse posibles retenciones sobre la proteína precipitada de pequeñas moléculas no proteicas por adsorción o intercambio iónico. Problemas relacionados con el uso del factor de conversión de nitrógeno a proteína.

2. Métodos químicos

Fundamento

Las proteínas presentan un amplio rango de comportamiento químico debido a la propiedad de los aminoácidos de tener diferentes tipos de grupos funcionales, a las reacciones químicas de estos grupos y a los enlaces peptídicos.

Consideraciones en la aplicación de los métodos químicos:

- Los alimentos son una matriz compleja por lo que se sugiere que estos métodos empíricos e indirectos sean calibrados con el método de Kjeldahl;
- se espera una buena correlación entre estos dos tipos de determinación de proteína cuando la relación N no proteico/N proteico es baja y constante; y
- son satisfactorios para leche y cereales e insatisfactorios para la mayoría de los vegetales y mezclas de alimentos.

a) Método de Biuret

Principio químico

La reacción se caracteriza por una coloración púrpura cuando los iones

cúpricos son complejados por los enlaces peptídicos a pH alcalino. El matiz del color depende del tipo de proteína y su intensidad depende del contenido de proteína presente.

Reactivo utilizado

Solución alcalina conteniendo iones cúpricos complejados con tartrato de sodio y potasio.

Lectura

550 nm, a 263 nm se aumenta la sensibilidad en 10 veces.

Desventaja

Se ha encontrado poca aplicación en análisis de alimentos debido a la presencia de interferentes como azúcares reductores que reducen el ion cúprico en medio alcalino produciendo resultados insatisfactorios. Ejemplo: leche.

b) Método "dye-binding"

Principio químico

Se caracteriza por la formación de un coágulo de proteína coloreado e insoluble producto de la reacción de la proteína con una solución coloreada de ácido sulfónico a pH 2. El anión

coloreado se une por asociaciones electrostáticas a los sitios básicos de la proteína, por ejemplo a los grupos M-amino de lisina, guanidina de arginina, imidazol de histidina y aminos terminales. Además se producen atracciones intermoleculares por interacciones hidrofóbicas entre la proteína y la mitad no iónica del anión y entre el anión unido a proteína y la mitad no iónica del anión en solución.

El coágulo se separa por filtración y se mide colorimétricamente el exceso de tintura en el sobrenadante. Esta medida se relaciona con el contenido de proteoma.

Lectura A

595 nm

Consideraciones

El método es empírico por lo que se debe buscar la concentración de tintura ideal que sature la proteína y forme el coágulo pero que no pierda sensibilidad.

Ventajas

Util en análisis de rutina de muestras similares.
Económico y rápido.
Preciso como el método de Kjeldhal.
Usado como método de referencia.

Desventajas

Dificultad en encontrar tinturas puras. Desuniformidad en la calidad de las tinturas de un lote de fabricación a otro, por lo que se requiere la calibración del método con cada lote. No es aplicable a alimentos que varíen su contenido en grupos aminos (proteólisis, pardeamiento).

c) Método de destilación alcalina

Fundamento

La hidrólisis de las amidas en medio alcalino fuerte da origen a amoníaco el cual es destilado y su valor es relacionado con el contenido de proteína.

Se ha encontrado que el rendimiento de amonio es altamente reproducible para una proteína dada.

d) Método de Lowry

Reactivo

Acido fosfomolibdico-fosfotúngstico

Fundamento

Cuando se agrega reactivo de Folin a una proteína, ésta se reduce a un complejo azul de molibdeno por la oxidación de los aminoácidos tirosina, triptófano, cistina, cisterna e histidina.

Lectura A

750 nm

Ventajas

Alta sensibilidad y simple de operar.

Desventajas

La respuesta del color varía de acuerdo al tipo de proteína.

La intensidad del color no es estrictamente proporcional a la concentración de proteína.

Los iones potasio, magnesio, EDTA e hidratos de carbono interfieren en la reacción.

e) Método de titulación con formol

Fundamento

A la muestra neutralizada con álcali se le agrega formaldehído en exceso el cual reacciona con cada grupo básico de lisina y arginina. El exceso de formaldehído se neutraliza con un exceso de álcali estándar el cual se titula, y se relaciona con el contenido de proteína.

Desventaja

Su reproducibilidad es menor a la de otros métodos alternativos.

3. Métodos físicos

Consideraciones

Son más simples, rápidos y el costo por análisis es menor aunque el costo de los equipos es elevado. La exactitud de estos métodos se relaciona con las características del material a analizar. La concordancia con nitrógeno total depende de que el material no varíe de muestra en muestra.

a) Espectroscopia infrarroja

Fundamento

Se aprovecha la absorción del grupo amida del enlace peptídico a 6,46 Tm.

Ventajas

Rápido, análisis de multicomponentes
No destructivo.

Desventajas

Interferido por agua.
Proceso de calibración complejo.

b) Espectroscopia infrarroja reflectante

Fundamento

La muestra se ilumina con seis longitudes de onda cercanas a la

radiación infrarroja (0,75-2,5 Tm) y se detecta la luz reflejada.

Consideración

Es necesaria la calibración contra un conjunto de muestras estadísticamente significativas, analizadas por métodos de referencia tradicionales.

Ventajas

Rápido, análisis de multicomponentes.
Aplicable a materiales sólidos.
Cuantifica proteína en presencia de agua.

Desventajas

Interfieren almidones y lípidos.
Desplazamiento de espectro de reflectancia por humedad contenida en las partículas.
Proceso de calibración complejo.

c) Espectrofotometría ultravioleta

Fundamento

Mide proteínas en solución con absorción máxima a 280 nm atribuible a los anillos aromáticos de tirosina y triptófano y entre 180-220nm.

Ventajas

Rápido, no destructivo.

Util para monitorear eluentes en columnas cromatográficas.

Ventaja

Buena correlación con contenido de N total.

Desventaja

Pueden determinarse simultáneamente otros grupos de interés (grupos sulfuros de aminoácidos).

Interferencia de otros compuestos (ácidos nucleicos, nucleótidos).

d) Métodos refractométricos

g) Polarografía

Fundamento

Determina trazas de proteína.

Mide la refracción directa de la proteína en solución o el cambio de índice de refracción causado por la remoción de la proteína de la solución.

METODOS DE DETERMINACION DE AMINOACIDOS

e) Método turbidimétrico

Los aminoácidos constituyen la estructura primaria de la proteína y le confieren el valor nutricional a los alimentos.

Fundamento

Mide la reducción de la intensidad de la luz al pasar por una suspensión de partículas de proteínas. Este cambio se relaciona con el contenido de proteína.

Para el análisis de los aminoácidos es necesario romper los enlaces peptídicos de las proteínas por medio de hidrólisis que puede ser ácida, alcalina o enzimática. La hidrólisis ácida se realiza con ácido clorhídrico de concentración 6N. El reactivo debe ser puro y no debe dejar residuos por lo que se recomienda una hidrólisis en fase gaseosa. Para que la hidrólisis de las proteínas sea completa es necesario tener en cuenta factores como la razón ácido/proteínas, la temperatura y el tiempo de hidrólisis y evitar la presencia de oxígeno en el medio

f) Espectroscopia electrónica

Fundamento

Irradiación del material con rayos X y cuantificación de los fotoelectrones liberados característicos al átomo de N del grupo amida de la proteína.

aplicando vacío y nitrógeno para minimizar la oxidación de los aminoácidos.

Consideraciones de la hidrólisis ácida

La hidrólisis ácida afecta la estructura de ciertos aminoácidos, como:

- a) Destrucción parcial de treonina, serina, cistina, cisterna, metionina y tirosina.

La destrucción de cistina, cisteína y metionina se evita oxidando primero la muestra con ácido per fórmico y se determinan en su lugar el ácido cisteico y metionina sulfona.

El triptófano se destruye totalmente con el ácido clorhídrico por lo que para su determinación es necesario realizar una hidrólisis alcalina.

- b) Conversión de: tirosina a un cloro-derivado; asparagina a ácido aspártico; y glutamina a ácido glutámico.

- c) Liberación lenta de isoleucina y valina.

Para compensar las pérdidas producidas en los aminoácidos y además para cuantificar los aminoácidos presentes se puede adicionar a la muestra antes de la hidrólisis, una cantidad conocida de un

estándar interno que puede ser el ácido 2-aminobutírico.

Los aminoácidos libres se derivatizan por métodos precolumna o postcolumna y se separan aplicando la cromatografía de intercambio iónico, la cromatografía líquida de alta resolución o la cromatografía gas-líquido.

Requisitos de una derivatización precolumna:

Condiciones de reacción suave y rápida. Que forme derivados estables y de ' respuesta lineal.

Que los factores de respuesta sean similares para todos los aminoácidos.

Que sea reproducible.

Alta resolución de los derivados de aminoácidos.

Que reaccione con aminoácidos primarios y secundarios.

BIBLIOGRAFIA

1. Alaiz, M., et al. 1992. Amino acid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxy-methylenemalonate. (Journal of Chromatography 591:181-186).

2. Greenfield, H. and Southgate, D.A.T. 1992. Food Composition Data. London, Elsevier Applied Science.

3. King. 1978. Developments in Food Analysis Techniques. London, Applied Science Publishers.
4. Pomeranz, C. and Meloan. 1971. Food Analysis; Theory and Practice. Westport, Connecticut, The AVI Publishing.

CAPITULO 16

ANALISIS DE FIBRA DIETETICA

Nelly Pak

INTRODUCCION

El gran interés por la fibra dietética (FD) se remonta a la década del setenta cuando investigadores como Trowell, Burkitt y otros, basándose principalmente en estudios epidemiológicos enunciaron la hipótesis de que la deficiencia de FD se relaciona con la existencia de una serie de enfermedades presente en los países desarrollados con cultura occidental, como constipación, hemorroides, diverticulosis, cáncer de colon, diabetes, obesidad y enfermedad cardiovascular (1-7).

CONCEPTOS Y COMPONENTES DE LA FIBRA DIETETICA

El concepto actual de FD lo define como los componentes de la dieta de origen vegetal, que son resistentes a las enzimas digestivas del hombre y químicamente estaría representado por la suma de los polisacáridos que no son almidones ni lignina (8).

Forman parte de la FD convencional componentes estructurales de la pared de las células vegetales: celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina y no estructurales, como gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada. Podemos clasificar a la fibra de acuerdo a su solubilidad en agua en fibra insoluble (FI) (celulosa, gran parte de las hemicelulosas y lignina) y soluble

(FS) (pectinas, gomas, mucílagos, ciertas hemicelulosas, polisacáridos de algas y celulosa modificada).

Los polisacáridos que conforman la FD difieren en sus componentes químicos (9). Así, la celulosa es un polímero de glucosa unida en posición β 1-4, sin cadenas laterales; las hemicelulosas son polímeros de pentosas y hexosas, con cadenas laterales en las que se presentan diferentes azúcares y ácidos glucorónicos (existen alrededor de 250 diferentes tipos de hemicelulosas); las pectinas son polímeros de ácido galacturónico con cadenas laterales con diferentes azúcares. La lignina es un polímero no polisacárido que contiene unidades de fenilpropano derivados de los alcoholes sinapílico, coniferílico y cumarílico.

Las gomas son exudados formados en el sitio de injuria de las plantas, constituyen un grupo complejo de polisacáridos que contienen ácido glucorónico y galacturónico así como xilosa, galactosa y manosa. Típicas gomas en este grupo son la goma arábiga, gatti, karaya y tragacanto. Los mucílagos están generalmente dispersos en el endosperma y se mezclan con los polisacáridos digeribles, la utilidad que le prestan a la planta es de reserva energética y para darles humedad a la semilla. Son generalmente polisacáridos neutros, por ejemplo la goma guar es un galactomanano de alto peso molecular derivado de la semilla del *Cyamopsis*

tetragonolobus, una leguminosa que crece en la India y Pakistán.

Entre los polisacáridos de algas se tiene a los carragenanos que se obtienen de las paredes celulares de ciertas algas rojas. Hay varios tipos de carragenanos compuestos de residuos de galactosa unidos alternativamente en posición 1,3 y 1,4 sulfatados en grados variables; los alginatos, obtenidos de las paredes celulares de algas pardas que se describen químicamente como un copolímero lineal de ácidos manurónico y gulurónico.

Las celulosas modificadas como la metilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, carboximetilcelulosa, son gomas semisintéticas porque se sintetizan a partir de un producto natural como lo es la celulosa.

Las gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosas modificadas se utilizan como aditivos en la industria alimentaria, como emulsificante y estabilizante en pequeñas cantidades.

Por otra parte, existe una gran variedad de componentes no convencionales asociados con la FD que van desde ceras a minerales y que por su baja digestibilidad pueden conducir a propiedades semejantes a la FD (10) y que son motivos de controversia en el sentido de si deben o no incluirse dentro de la FD. Entre estos podemos mencionar los compuestos fenólicos (taninos), ceras,

glicoproteínas (extensina), minerales, ácido fítico, compuestos de Maillard, almidón resistente, quitina y quitosanos y formas confeccionadas por el hombre (polidextrosa, lactulosa, etc). Lo que hace difícil incluirlos como una parte oficial de la FD, es que algunos de ellos son altamente variables e impredecibles aunque la indigestibilidad que presentan parece compatible con los principios de la FD.

METODOLOGIA ANALÍTICA PARA MEDIR LA FIBRA DIETÉTICA

Los métodos para determinar la FD pueden desglosarse en métodos gravimétricos y métodos enzimático-químicos.

Los métodos gravimétricos se basan en pesar el residuo que queda después de una solubilización enzimática o química de los componentes que no son fibra.

Los métodos enzimático-químicos consisten en aislar los residuos de FD por acción enzimática y en liberar por hidrólisis ácida los azúcares neutros que constituyen los polisacáridos de la fibra y medirlos por cromatografía líquida de alta presión (HPLC), cromatografía de gases (GLC) o colorimétricamente. Los ácidos urónicos se determinan colorimétricamente o por descarboxilación y la

lignina se determina generalmente por gravimetría.

Los métodos gravimétricos son más sencillos y rápidos, se limitan al cálculo de las fibras totales o de las fibras solubles e insolubles, los métodos enzimático-químicos en cambio son más complejos y lentos, proporcionan la cantidad de cada uno de los azúcares neutros y ácidos, se pueden estimar por separado la lignina y añadirla a la suma de los azúcares individuales dando el contenido de fibra total.

Veremos con más detalle cuáles son los principales métodos, la fracción que se analiza en cada uno de ellos y los comentarios que se desprenden de dichas técnicas.

METODOS GRAVIMETRICOS

1. Químico gravimétrico

a) Fibra cruda

Se basa en el tratamiento secuencial con ácidos y álcalis en condiciones estandarizadas. Con este método se subvalora en forma importante el contenido de FD ya que se disuelve gran parte de la hemicelulosa y lignina, cantidades variables de celulosa y toda la fibra soluble.

Los valores de fibra cruda no tienen relación con el verdadero valor de FD

de los alimentos humanos. Los valores de FD generalmente son 3 a 5 veces mayores que los valores de fibra cruda, pero no puede hacerse un factor de corrección porque la relación entre fibra cruda y FD varía dependiendo de los componentes químicos. La fibra cruda tiene poca significancia fisiológica en la nutrición humana y no debiera usarse para informar del contenido de fibra de los alimentos (11,12).

b) Fibra ácido detergente

Este método consiste en someter la muestra a ebullición con bromuro de cetiltrimetilamonio en medio ácido y subsecuente filtración y lavado del residuo. Este método da una buena estimación de celulosa y lignina. En el residuo se puede analizar la celulosa o lignina (13).

c) Fibra neutro detergente

Este procedimiento envuelve la extracción del alimento con una solución caliente de laurilsulfato de sodio y la subsecuente determinación gravimétrica del residuo (13). Este método da una buena estimación de la fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) y ha sido usado ampliamente para evaluar los alimentos de consumo humano.

En alimentos ricos en hidratos de carbono como cereales y verduras

amiláceas sobreestima la fibra neutro detergente, por ello ha sido necesario modificar esta técnica con el agregado de una alfa amilasa que digiere los hidratos de carbono (14). La ventaja de este método es que permite determinar la FI por un método relativamente simple. La gran desventaja es que la FS se pierde, además se ha encontrado que subestima la FI en algunos alimentos como la soya y papa, por la disolución de complejos proteína-fibra (15).

La diferencia entre el método neutro y ácido detergente nos da la hemicelulosa pero existen errores potenciales asociados con esta estimación, por lo que se enfatiza la medición directa de hemicelulosas (16).

d) Fibra dietética total simplificada

Recientemente un método gravimétrico no enzimático fue desarrollado para el análisis de FD total (FDT) en productos con bajo contenido de almidón como frutas y verduras (17). Este método ha sido estudiado en forma colaborativa bajo los auspicios de la AOAC. Para la mayor parte de las dietas que contienen almidón este método sobreestima el contenido de FDT.

2. Enzimático gravimétrico

Estos métodos se basan en digerir las proteínas e hidratos de carbono con enzimas, el remanente se adjudica a la FD previo descuento del contenido de cenizas y proteínas remanentes. Puede determinarse la FI sola, o, por precipitación con alcohol, se puede incluir la FS y se pueden determinar separadas o juntas.

Podemos mencionar la técnica de Asp y cols (18) que emplea Termamyl como alfa amilasa, pepsina y pancreatina y permite determinar la FDT o separada en soluble e insoluble; la de Pak y cols. (19), que utilizando las mismas enzimas, introduce modificaciones que simplifican la determinación; y la de Prosky y cols. (20), basada en la de Asp y otros investigadores, que determina FDT empleando Termamyl, proteasa y glucoamilasa y que por el hecho de trabajar con enzimas bacterianas, hay que comprobar que no tenga presencia de actividad enzimática que digiera la fibra (pectinasas, hemicelulasas). El método es más simple, más rápido y más esquematizado que el de Asp, hay buena correlación entre ambas técnicas. Posteriormente Prosky y cols, lograron determinar por separado la FI y FS (21,22). Cabe mencionar la determinación de FDT, FI y FS de Lee y cols. (23) que basándose en las técnicas de Prosky y cols, y usando las

mismas enzimas, hacen pequeñas modificaciones que permiten reducir el tiempo de análisis y mejorar la precisión del ensayo.

Los métodos de Prosky han sido reconocidos como métodos oficiales de la AOAC para la determinación de FDT (20), FI (22) y de Lee para FDT, FI y FS (23).

Las principales ventajas de estos métodos es que son relativamente exactos y precisos comparados a otros procedimientos. Más aún, estos métodos son simples, económicos y sencillos de realizar y no requieren personal altamente entrenado y una alta inversión de capital, particularmente cuando se comparan a métodos más sofisticados usando técnicas de GLC o HPLC.

Sin embargo, no dan información detallada sobre los componentes de la FDT. Estos métodos son considerados los más adecuados para análisis de rutina para el etiquetado de la fibra y propósitos de control de calidad (24).

Hay que recalcar que los métodos de FD de la AOAC incluyen almidón resistente y que el secado de la muestra previa al análisis, puede aumentar la FD por reacción de Maillard y almidón resistente.

Ultimamente ha aparecido una técnica simple para la determinación de FD en alimentos congelados, que requiere menor tiempo y manipulación que los

métodos de la AOAC. El método contempla la dispersión de la muestra en buffer fosfato 7,4 y adición de bilis y enzimas pancreáticas. Los resultados fueron comparables a métodos de AOAC (25).

3. Químico-enzimático-gravimétrico

a) Fibra dietética total (fibra neutrodetergente + fibra soluble)

Recientemente un método gravimétrico ha sido declarado oficial por la AOAC para análisis de rutina de FDT. El método usa el procedimiento de fibra neutro detergente y lo combina con una determinación separada de FS para derivar la FDT (26).

El valor así determinado está en concordancia con valores de FDT medido por métodos enzimático-gravimétricos ya señalados. Este método fue aprobado por la AOAC para determinaciones de FDT solamente y no para determinaciones de FS y FI.

METODOS ENZIMATICO - QUIMICO

El residuo de las fibras obtenido después de la digestión enzimática es hidrolizado con ácidos fuertes para liberar los azúcares monoméricos que se determinan colorimétricamente, por

GLC o HPLC. Los azúcares ácidos se cuantifican por descarboxilación y medición del anhídrido carbónico liberado o colorimétricamente. La lignina se determina gravimétricamente en algunas técnicas.

1. Colorimétricos

En soluciones acidas, los carbohidratos producen reacciones de condensación con un gran número de sustancias dando productos coloreados que pueden medirse espectrofotométricamente.

a) Método de Southgate (27)

Se basa en el fraccionamiento de FD en polisacáridos no celulósicos solubles e insolubles medidos colorimétricamente como hexosas, pentosas y ácidos uránicos, celulosa como glucosa y la lignina gravimétricamente como residuo insoluble en H_2SO_4 72%. La ventaja es que da una rica información de los componentes de la fibra. Su desventaja es que es complejo, sobreestima el valor de FD porque no considera la hidratación de los azúcares al hidrolizar los polisacáridos (28) y porque las reacciones colorimétricas que emplea de hexosas, pentosas y ácidos uránicos con antrona, orcinol y carbazol respectivamente son poco específicas (29). También se ha encontrado que en algunos alimentos ricos en hidratos de

carbono, no se elimina bien este componente (30).

2. Cromatografía de gas líquido

Analiza los azúcares que componen la fibra dietética después de su derivatización a compuestos volátiles y de su separación con cromatografía de gas líquido, generalmente 5-6 monómeros neutros.

a) Método de Englyst y cols.

Con esta técnica es posible obtener en un mismo ensayo la determinación de los polisacáridos que no son almidón, polisacáridos no celulósicos y polisacáridos insolubles que no son almidón. La lignina no es posible medirla. Hay que hacer notar que no se incluye el almidón resistente en la determinación de FD a diferencia de la determinación de FD por métodos enzimático-gravimétricos.

Desde su inicio, el método ha tenido varias modificaciones para mejorar su exactitud (32-35). Un punto importante de notar es que los polisacáridos que no son almidón solubles, se calculan como la diferencia entre el total y F.I. Wolters y cols. (36) informan que la sobreestimación de la cantidad de polisacáridos que no son almidón solubles podría ser la razón de porqué este componente se calculó como

diferencia entre el total y polisacáridos que no son almidón insolubles.

b) Método de Theander y cols. (37)

Se describen 3 métodos que permiten determinar la FDT o desglosada en soluble e insoluble. Los azúcares neutros se analizan por GLC, los ácidos uránicos por descarboxilación y la lignina por gravimetría. Este método incluye almidón resistente y lignina.

Se ha dado a conocer una reciente versión del método para un análisis rápido de FD (método de Uppsala) (38).

3. Cromatografía líquida de alta presión

Se determina la composición de los monosacáridos de los residuos de FD empleando HPLC (39,40). Aunque este método parece promisorio, su precisión necesita evaluarse en estudios colaborativos.

SELECCION DEL METODO

El método elegido debe adecuarse al propósito. Si es de legislación o etiquetado nutricional, los métodos enzimático-gravimétrico serán los adecuados, pero si se quiere una información más detallada en términos

de investigación, obligadamente habría que usar los métodos cromatográficos.

BIBLIOGRAFIA

1. Trowell, H.C.1973. Dietary fibre, ischaemic heart disease and diabetes mellitus. (Proc. Nutr. Soc. 32:151-157).
2. Trowell, H.C.1974. Diabetes mellitus death-rates in England and Wales 1920-70 and food supplies. (Lancet 2:998-1002).
3. Trowell, H.C. 1975. Dietary fiber Hypothesis of the etiology of diabetes mellitus. (Diabetes 24:762-765).
4. Trowell, H.C. 1978. The development of the concept of dietary fiber in human nutrition. (Am. J. Clin. Nutr. 31 (Suppl):S3-S11).
5. Burkitt, D.P.; Walker, A.R.P. and Painter, J.N.S. 1972. Effect of dietary fiber stools and transit-times, and its role in the causation of disease. (Lancet 2:1408-1414).
6. Burkitt, D.P. 1973. Epidemiology of large bowel disease; the role of fibre. (Proc. Nutr. Soc.32: 145-149).

7. Burkitt, D.P.; Walker, A.R.P. and Painter, J.N.S. 1974. Dietary fiber and disease. (*J. Am. Med. Assoc.* 229:1068-1074).
8. Kritchevsky, D. 1988. Dietary Fiber. (*Ann. Rev. Nutr.* 8:30-328).
9. Schneeman, B.O. 1986. Physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects. (*Food Technol.* 40:104-109).
10. Dreher, M.L. 1987. Handbook of Dietary fiber. New York and Basel, Dekker M. p.17.
11. Southgate, D.A.T.; Hudson, GJ. and Englyst, H. 1978. The choice for the analyst. (*J. Sci. Food Agric.* 29:979-988).
12. Slavin, J.L. 1987. Dietary fiber: classification, chemical analysis, and food sources. (*J. Am. Diet Ass.* 87:1164-1171).
13. Goering, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Washington DC, US Department of Agriculture. (*Agriculture Handbook* 379).
14. Shaller, D. 1976. AACC Meeting New Orleans LA; AACC Method 32-20, First Approval 10/26/77. Minneapolis, MN, Methods of the American Association of Cereal Chemist.
15. James, W.P.T. and Theander, O., eds. 1981. The analysis of dietary fiber in foods. New York, Marcel Dekker. pp.265-266.
16. Robbins, C.T., et al. 1975. Feed analysis with reference to white tailed deer. (*J. Wildlife Management* 39:67-69).
17. Li, B.W. and Cardozzo, M.S. 1992. Nonenzymatic-gravimetric determination of total dietary fiber in fruits and vegetables. (*J. AOAC Int.* 75:372-374).
18. Asp., N.G., et al. 1983. Siljestrom; A rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. (*J. Agric. Food Chem.* 31:476-482).
19. Pak, N., et al. 1989. A rapid and simultaneous determination of soluble and insoluble dietary fiber. (*Nutr. Rep. Int.* 40:551-565).
20. Prosky, L., et al. 1985. Determination of total dietary fiber in foods and food products; Collaborative Study. (*J. AOAC Int.* 68:677-679).
21. Prosky, L., et al. 1988. Determination of insoluble soluble and total dietary fiber in foods and food products; Interlaboratory Study. (*J. AOAC* 71:1017-1023).
22. Prosky, L., et al. 1992. Determination of insoluble and

- soluble dietary fiber in foods and food products; Collaborative Study. (J. AOAC Int. 75:360-367).
23. Lee, S.C.; Prosky, L. and De Vries, J.W. 1992. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods. Enzymatic-Gravimetric method, MES-TRIS buffer; Collaborative study. (J. AOAC Int. 75:395-416).
24. Lee, S.C.; Prosky, L. and Tanner, J.T. 1993. Quality Assurance for analytical laboratories, Mparkany (De). London, Royal Society of Chemistry.
25. Al-Hasani, S.M.; Hlavac, J. and Hunstman, M.A. 1993. Simple method for determination of dietary fiber in frozen foods. (J. AOAC Int. 76:1014-1015).
26. Mongeau, R. and Brassard, R. 1990. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber; Collaborative study of a rapid gravimetric method. (Cereal Foods World 35:319-324).
27. Southgate, D.A.T. 1969. Determination of carbohydrates in foods, II. Unavailable carbohydrates. (J. Sci. Food Agric. 20:331-335).
28. Selvendran, R. and Du Pont, M.S. 1980. Simplified methods for the preparation and analysis of dietary fiber. (J. Sci. Food Agric. 31:1173-1182).
29. Hudson, G.I. and Baily, B.S. 1980. Mutual Interference effects in the colorimetric methods used to determine the sugar composition of dietary fiber. (Food Chem. 5:201-206).
30. Schweizer, T.E. and Wursch, P. 1979. Analysis of dietary fibre. (J. Sci. Food Agric. 30: 613-619).
31. Englyst, H.H.; Wiggins, H.S. and Cummings, J.H. 1984. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. (Analyst. 109:937-942).
32. Englyst, H.N. and Cummings, H.J. 1984. Simplified methods for the measurement of total non starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugar as alditol acetates. (Analyst. 109:937-942).
33. Englyst, H.N.; Cumming, J. and Wood, R. 1987. Determination of dietary fiber in cereals products-collaborative trials. Part II: study of further simplified procedures. (J. Assoc. Publ. Anal. 25:59-71).
34. Englyst, H.N.; Cumming, J. and Wood, R. 1987. Determination of dietary fiber in cereals products-

- collaborative trials. Part III: study of further simplified procedures. (J. Assoc. Publ. Anal. 25:73-110).
35. Englyst, H.N. and Cummings, J.H. 1988. Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides in plant foods. (J. AOAC Int. 71:808-814).
36. Wolters, M.G., et al. 1992. Comparison of different methods for determination of dietary fiber. (J. AOAC Int. 75:626-634).
37. Theander, O. and Westerlund, E.A. 1986. Studies on dietary fiber. 3. Improved procedures for analysis of dietary fiber. (J. Agric. Food Chem. 34:330-336).
38. Theander, O., et al. 1990. The Uppsala method for rapid analysis of total dietary fiber. In: Furda, I. and Brine, C.J., eds. New developments in dietary fiber. New York, Plenum Press. pp. 273-281.
39. Garleb, K.A.; Bourquin, L.D. and Fahey, G.C. 1979. Neutral monosaccharide composition of various fibrous substrates: A comparison of hydrolytic procedure and use of anion-exchange high performance liquid chromatography with pulsed amperometric detection of monosaccharides. (J. Agric. Food Chem. 37:1287-1289).
40. Hicks, KB. 1988. High-performance liquid chromatography of carbohydrates. (Adv. Carbohydr. Chem. Biochem. 46:17-72).

CAPITULO 17

ANALISIS DE VITAMINAS EN ALIMENTOS

Willy Schüep

INTRODUCCION

El análisis de las vitaminas en los alimentos es un gran desafío para los analistas dado que se asocia con problemas significativos. Muchos de estos problemas han sido eliminados gracias a los recientes avances en la tecnología y el desarrollo de nuevos enfoques analíticos. Todos los antiguos métodos biológicos utilizados para determinar o incluso demostrar la actividad biológica de las vitaminas, han sido en la actualidad reemplazados por métodos microbiológicos (EMB). Los métodos físico-químicos, principalmente la cromatografía gas líquido (GLC) y la cromatografía líquida de alta presión (HPLC) han sido aplicados para solucionar muchos problemas relacionados con el análisis de las vitaminas. Diferentes autores han publicado amplias revisiones como por ejemplo la nueva edición clásica de Métodos de Análisis de Vitaminas (1), el libro COST 91 (2) o la reciente publicación de Lumley (3). En ellos se entrega una revisión de los métodos que se están utilizando para la determinación de las vitaminas en los alimentos. Vale la pena mencionar que los procedimientos básicos pueden en la mayoría de los casos aplicarse a los análisis en los alimentos para animales siempre que se consideren los ajustes correspondientes a los cambios de la matriz. Los métodos discutidos se aplican actualmente en la

determinación de la vitaminas por muchos laboratorios. Algunos de los antiguos procedimientos no son tratados en forma extensa dado que no satisfacen los requerimientos actuales en relación a exactitud, precisión y selectividad. Está claro que no se mencionan en este artículo todos los detalles de los procedimientos. Analizar vitaminas en los alimentos no es, a pesar de los recientes avances, una tarea fácil y se necesita experiencia y los conocimientos adecuados para producir resultados reproducibles, que sean exactos y válidos.

Laboratorio y equipamiento

La mayoría de las vitaminas son sensibles a la luz y algunas se oxidan muy rápidamente. Por lo tanto, debería evitarse la luz solar directa y la luz brillante. La iluminación artificial es mejor proporcionada por tubos fluorescentes dorados. En ciertos casos, las diferentes etapas en el procedimiento deberían realizarse en material de vidrio ámbar para prevenir la degradación. Dado que el calor también contribuye a la isomerización o a una posterior alteración de las vitaminas, debería evitarse el calor innecesario. Por lo tanto, debe tenerse cuidado que, por ejemplo, la evaporación de los solventes se realice lo más suave posible utilizando un equipamiento adecuado como por ejemplo un evaporador rotatorio con un buen control de la temperatura, un

enfriamiento adecuado de los condensadores y un vacío óptimo.

como acetato, palmitato o propionato utilizando formulaciones especiales que mejoran la estabilidad.

VITAMINAS LIPOSOLUBLES

Las vitaminas A, D, E, K y los carotenoides activos de provitamina A están siendo determinados principalmente utilizando HPLC. G.F.M. Ball (4) ha escrito una amplia revisión de los ensayos de vitaminas liposolubles en alimentos. Los métodos para vitamina A y E son relativamente fáciles de seguir por analistas experimentados, si se observan cuidadosamente las etapas más críticas. La determinación de la vitamina D y vitamina K es más difícil básicamente debido al bajo contenido encontrado en los alimentos.

1. Vitamina A

La vitamina A se utiliza como un nombre genérico para describir al retinol, sus ésteres y los correspondientes isómeros. La vitamina A se encuentra principalmente en productos animales tales como leche, crema, mantequilla, queso, huevos, carne, hígado, riñón y aceite de hígado de bacalao. Por lo general, se encuentra como ésteres de ácidos grasos de cadena larga pero también se encuentra como retinol. Los alimentos son fortificados normalmente con ésteres de retinol tales

a) Fórmulas y propiedades

Fórmula empírica

Retinol $C_{20}H_{30}O$ (P. molecular 286,5)

Acetato de retinol $C_{22}H_{32}O_2$ (P. molecular 328,5)

Palmitato de retinol $C_{36}H_{60}O_2$ (P. molecular 524,9)

Descripción

Retinol: Polvo cristalino amarillo (P. fusión 62-64°C)

Acetato de retinol: Polvo cristalino amarillo brillante (P. fusión 57-60°C)

Palmitato de retinol: Polvo cristalino amarillo o aceite amarillo (P. fusión 28-29°C)

Espectro de absorción

La vitamina A y los correspondientes ésteres muestran un espectro de absorción característico, la posición del pico máximo depende del solvente; en isopropanol es a 326 nm,

en ciclohexano es a 328 nm. El retinol tiene un coeficiente de extinción ($E_{1\%}^{-1\text{cm}} = 1835$ en etanol (5) y de 1826 en n-hexano; este valor es válido sólo para el solvente mencionado; puede cambiar significativamente con otros solventes.

Estabilidad

El retinol y sus ésteres son rápidamente destruidos por la luz, el oxígeno y los ácidos. Deben almacenarse en frascos ámbar sellados con gas inerte (por ejemplo: nitrógeno).

Unidades biológicas

Una Unidad Internacional (UI) corresponde a la actividad de 0,344 μg de acetato de vitamina A puro cristalino; 0,300 μg de retinol o 0,550 μg de palmitato de retinol corresponden a 1 UI. 1 μg de retinol es equivalente a 3,333 UI de vitamina A.

b) Método

Primeramente, se determinaba la vitamina A mediante una reacción colorimétrica de retinol con tricloruro de antimonio (reacción de Carr-Price). El retinol obtenido después de

saponificar y extraer los componentes no saponificables tenía que ser purificado utilizando cromatografía de columna abierta con el fin de eliminar los componentes interferentes. La HPLC se ha convertido en la actualidad en el método de elección dado que esta técnica acorta considerablemente el procedimiento del análisis y aumenta la reproducibilidad y exactitud.

Saponificación y extracción

La mayoría de los procedimientos de análisis están utilizando una etapa de saponificación antes de la extracción con un solvente orgánico adecuado. Una comparación de los métodos basada en los datos obtenidos en un estudio colaborativo (6) revela que las condiciones para la saponificación pueden variar dentro de ciertos límites sin afectar los resultados. En generalmente 2-10 g de la muestra se saponifican preferentemente bajo nitrógeno utilizando una mezcla de hidróxido de potasio acuoso, etanol o metanol, agua y con la adición de un antioxidante como ácido ascórbico, pirogalol o BHT. Los antioxidantes deberían ser agregados a la muestra antes de la adición de la solución de hidróxido de potasio. El Cuadro 1 muestra un ejemplo de la proporción de estos reactivos.

Cuadro 1
Proporción de reactivos para saponificación

Peso de la muestra (g)	Alcohol (ml)	Acido ascórbico	Hidróxido de potasio
2-5	50 (metanol)	0,25 g	5 ml (50%)
5-10	100 (etanol)	1,0 g (+ 0.04 Na ₂ S)	12 g (+ 20 ml de agua)
10-20	150(etanol)	1,0 g	50 ml (80%)

El tiempo normal de saponificación es entre 15-45 minutos con temperaturas que fluctúan de 80 a 100°C (reflujo).

La vitamina A es extraída de la solución de saponificación por medio de un solvente adecuado por ejemplo: éter dietílico, tertbutil metil éter, n-hexano 3 a 4 veces, con volúmenes que fluctúan de 50-150 ml. Los extractos combinados son lavados a pH neutro con agua (2-4 veces, 50-150 ml).

Evaporación y dilución

Se agregan aproximadamente 2-5mg de BHT al extracto antes de la evaporación utilizando un evaporador rotatorio bajo un vacío parcial y a una temperatura que no exceda 50°C. Deben tomarse medidas para remover restos de agua tales como secar con sulfato de sodio, o destilación azeotrópica con etanol o tolueno o el uso de papel filtro para separación de fases.

El residuo es redissuelto utilizando de preferencia la fase móvil u otro solvente compatible con HPLC de tal modo de obtener una concentración apropiada para la inyección dentro de la columna de HPLC. Esta la solución final de la muestra.

HPLC

Principalmente, pueden utilizarse dos modos de cromatografía (fase normal y fase reversa) para la cuantificación de la vitamina A. El Cuadro 2 muestra dos procedimientos de trabajo a partir de las múltiples posibilidades que existen para lograr buenas separaciones.

Los estándares y soluciones estándares deberían controlarse espectrométricamente en cuanto a la pureza y la concentración corregida debería utilizarse para el cálculo.

En algunos de los sistemas cromatográficos, se logra una separación entre el retinol "sólo trans" y el

13-cis retinol. En estos casos, los resultados deberían informarse como equivalentes de retinol "sólo trans" lo cual es la suma del retinol "sólo-trans" y el 13-cis retinol después de corregir

considerando la menor biopotencia (75% del retinol "sólo-trans"). Es importante indicar claramente las unidades utilizadas para informar los resultados.

Cuadro 2
Condiciones de los sistemas de cromatografía para vitamina A

	Sistema de Fase Normal (FN)	Sistema de Fase Reversa (FR)
Columna	Acero inoxidable; 125x4,0 nm	Acero inoxidable; 250x4,0 nm
Fase estacionaria	Lichrosorb Si 60 (Merck); 5 µm	Hypersil ODS (Shandon); 5µm
Fase móvil	n-hexano: 2-propanol (98:2)	Metanol: H ₂ O (93:7)
Flujo	1,0 ml/min	0,8 ml/min
Presión	35 bar	60 bar
Volumen de inyección	20-50 µl	20 µl
Detección	Fluorescencia; Em: 470 nm Ex: 325 nm	UV: 325 nm
Tiempo de retención	aprox. 6 min	aprox. 5 min
Estándar	aprox. 2 µg/ml (6,6 UI/ml)	aprox. 2 µg/ml (6,6 UI/ml)
Cálculo	Método de estándar externo; Recuento de área o altura	Método de estándar externo; Recuento de área o altura

c) Resumen

1. La muestra y el extracto de la muestra deben protegerse de la luz y la oxidación.

2. La saponificación bajo reflujo debería llevarse a cabo preferentemente bajo nitrógeno utilizando antioxidantes.

3. Los antioxidantes (BHT) deben agregarse antes de la evaporación de los solventes bajo un vacío parcial y sin exceder 50°C.

4. Separar adecuadamente el retinol y sus isómeros de los otros componentes.

5. Control espectrométrico de la pureza del estándar.

6. Informar las unidades relacionadas al resultado.

7. Hacer una referencia a los análisis de carotenoides, dado que algunos tienen actividad de vitamina A tal como el β -caroteno.

2. Vitamina E

La vitamina E que se encuentra en la naturaleza abarca una serie de compuestos denominados tocoferoles y tocotrienoles. Estos compuestos tienen diferentes actividades biológicas y por lo tanto es importante que sean cuantificados individualmente si ha de determinarse la actividad biológica de la vitamina E. Entre las fuentes más ricas de vitamina E están los cereales, germen de cereales y la mayoría de las semillas oleaginosas, nueces y aceites a partir de ellos. La vitamina E también se encuentra en los vegetales con hojas (lechuga, espinaca, repollo, puerro), en la grasa animal y también en la leche, mantequilla y queso. El representante más importante del grupo de la vitamina E es α -tocoferol. En los alimentos procesados, la vitamina E puede ser suplementada como α -tocoferol o acetato de α -tocoferol.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

α -tocoferol $C_{29}H_{50}O_2$ (P. molecular 430,7)

Acetato de α -tocoferol $C_{31}H_{52}O_3$ (P. molecular 472,8)

β -tocoferol $C_{28}H_{48}O_2$ (P. molecular 416,7)

γ -tocoferol $C_{28}H_{48}O_2$ (P. molecular 416,7)

δ -tocoferol $C_{27}H_{46}O_2$ (P. molecular 402,6)

Descripción

Aceites viscosos

Espectro de absorción

α -tocoferol

Max. a 292 nm; mín. a. 255 nm (etanol)

Acetato de α -tocoferol

Máx. a 284 nm; mín. a. 254 nm (etanol)

E 1%-1cm en metanol (7) para:

α -tocoferol 76 (292 nm) β -

tocoferol 89 (296 nm) γ -

tocoferol 91 (298 nm) δ -

tocoferol 87 (298 nm)

Estabilidad

El acetato de α -tocoferol es relativamente estable en atmósfera de oxígeno; es hidrolizado por la humedad en presencia de álcalis o ácidos fuertes liberando α -tocoferol, el cual es rápidamente oxidado por el aire.

Unidades biológicas

Para propósitos dietéticos, la actividad de la vitamina E es expresada como equivalentes de RRR- α -tocoferol (α -ET). 1 α -ET es la actividad de 1 mg de RRR- α -tocoferol. Para estimar el total de α -ETs de dietas mixtas que contienen sólo formas naturales de vitamina E, se pueden aplicar los siguientes factores de conversión (8).

1 mg de RRR- α -tocoferol es equivalente a:

- 1,1 mg de RRR-acetato de α -tocoferol
- 3,3 mg de RRR- α -tocotrienol
- 2,0 mg de RRR- β -tocoferol
- 1,36 mg de α -tocoferol sólo racémico
- 4,0 mg de RRR- γ -tocoferol
- 1,49 mg de acetato de α -tocoferol sólo racémico
- 100,0 mg de RRR- Δ -tocoferol

b) Método

El método anteriormente utilizado para la determinación de la vitamina E

en los alimentos era una reacción de cloruro férrico que se reducía a iones ferrosos, los que forman un complejo de color rojo con α,α' -dipiridina, o batofenantrolina (4,7-difenil-1,10-fenantrolina).

Se realizaba la reacción denominada Emmerie-Engel en extractos purificados cromatográficamente después de saponificar las muestras y que era interferida por muchos componentes. Producía complejos más bien inestables y el tiempo de manejo complicaba el procedimiento, el cual requería mucho trabajo.

Se utilizó la cromatografía de gas por algún tiempo pero muy pronto se reconocieron las ventajas de HPLC, también considerando la posibilidad de separar simultáneamente α , β , γ , y 5-tocoferol con esta técnica que estaba emergiendo.

Muestras de aceites y grasas que contienen tocoferoles no esterificados

Muestras de aceites y grasas con bajo contenido de agua y que contienen tocoferoles no esterificados pueden procesarse muy fácilmente: Aproximadamente 2 g de muestra son pesados exactamente hasta el mg más cercano dentro de un matraz aforado

de 25 ml Se agrega n-hexano u otro solvente apropiado y se disuelve con agitación. La sonicación de la solución puede apoyar el proceso de disolución. El volumen es completado hasta el aforo con el mismo solvente. Esta solución de la muestra puede utilizarse sólo en el sistema cromatográfico de fase normal. Puede ser necesario diluir más esta solución antes de la cromatografía o utilizar un menor peso de la muestra.

La margarina o mantequilla se tratan de una manera similar. Es necesario separar la grasa de estas muestras antes de la etapa de dilución. Esto puede realizarse por ejemplo: mezclando la muestra con sulfato de sodio anhidro, agregando n-hexano y, tratando la mezcla en un baño ultrasónico. Los sólidos son filtrados y lavados extensamente con n-hexano. Se remueve el solvente utilizando un evaporador rotatorio y un vacío parcial a una temperatura que no exceda 50°C, y el residuo es disuelto en un volumen definido de n-hexano y cuantificado por HPLC de fase normal.

Saponificación y extracción

El procedimiento más común para la determinación de tocoferoles incluye la saponificación alcalina de las muestras seguida por la extracción del material no saponificable con un solvente orgánico apropiado. Cualquier éster de α -tocoferol que pueda haberse agregado como un suplemento a los alimentos será convertido a α -tocoferol por este procedimiento. Se saponifica 2-10 g de la muestra preferentemente bajo nitrógeno utilizando una mezcla de etanol o metanol, agua, un antioxidante tal como el ácido ascórbico, hidroquinona, pirogalol o BHT e hidróxido de potasio acuoso. Los tocoferoles son muy sensibles al oxígeno en un ambiente alcalino. Por lo tanto, el alcohol y el antioxidante deberían agregarse a la muestra antes de la adición de la solución de hidróxido de potasio necesario para la saponificación y tiene que tenerse cuidado en remover todo el oxígeno del recipiente de reacción. A continuación se muestra un ejemplo de la proporción de estos reactivos. (Cuadro 3)

Cuadro 3
Proporción de reactivos para saponificación

Peso de la muestra	Alcohol	Acido ascórbico	Hidróxido de potasio
2-5 g	50 ml (metanol)	0.25 g	5 ml (50%)
10 g	150 ml (etanol)	1,0 g	50 ml (60%)
5-10 g	100 ml (etanol)	1,0 g + 0,04 g Na ₂ S	12 g + 20 ml de agua

El tiempo normal de saponificación es de 15-45 minutos con temperaturas que fluctúan de 80 a 100°C (reflujo).

Los tocoferoles son extraídos de la mezcla de saponificación por medio de un solvente adecuado, por ejemplo, éter dietílico, tertbutil metil éter, n-hexano, 3 a 4 veces con volúmenes que fluctúan de 50-150 ml. Los extractos combinados son lavados a pH neutro con agua (2-4 veces, 50-150 ml).

Evaporación y dilución

Se agregan aproximadamente 2-5mg de BHT al extracto antes de la evaporación utilizando un evaporador rotatorio bajo un vacío parcial y a una temperatura que no exceda 50°C. Deben tomarse medidas para remover restos de agua tales como secar con sulfato de sodio, o destilación azeotrópica con etanol o tolueno o el uso de papel filtro para separación de fases.

El residuo es redisolto utilizando de preferencia la fase móvil u otro solvente compatible con HPLC de tal modo de obtener una concentración apropiada para la inyección dentro de

la columna de HPLC. Esta la solución final de la muestra.

HPLC

Principalmente, pueden utilizarse dos modos de cromatografía (fase normal y fase reversa) para la cuantificación de los tocoferoles. El sistema de fase normal tiene claras ventajas dado que todos los vitámeros son separados mientras que los sistemas de fase reversa no separan β -tocoferol de γ -tocoferol.

La detección se realiza preferentemente mediante fluorescencia debido a su mayor selectividad así como también por los menores límites de detección obtenidos si se compara con UV. A partir de las múltiples posibilidades para lograr buenas separaciones, el Cuadro 4 muestra a continuación las condiciones de dos procedimientos de trabajo. Los estándares y soluciones estándares deberían controlarse espectrométricamente en relación a la pureza y utilizar la concentración corregida para el cálculo. Es importante mencionar claramente las unidades utilizadas para informar los resultados por ejemplo, en mg α -tocoferol/100 g de alimento.

Cuadro 4
Condiciones de los sistemas de cromatografía para tocoferoles

	Sistema de fase normal (FN)	Sistema de fase reversa (FR)
Columna	Acero inoxidable; 125x4,0 nm	Acero inoxidable; 125x4,0 nm
Fase estacionaria	Lichrosorb Si 60 (Merck); 5 μ m	Hypersil ODS (Shandon); 5 μ m
Fase móvil	n-Hexano: Dioxano (97:3)	Metanol: H ₂ O (98:2)
Flujo	1,0 ml/min	0,5 ml/min
Presión	35 bar	60 bar
Volumen de inyección	20-50 μ l	20 l
Detección	Fluorescencia; Em: 292 nm Ex: 330 nm	UV: 285 nm
Tiempo de retención (aprox. en min)	α -tocoferol 5,4 β -tocoferol 8,7 γ tocoferol 9,7 δ -tocoferol 14,9	α -tocoferol 12,0 β -tocoferol 10,5 γ tocoferol 8,7 8-tocoferol 5,4
Estándar	aprox. 10 μ g/ml α -tocoferol	aprox. 10 μ g/ml α -tocoferol
Cálculo	Método estándar externo; Recuento de área o altura	Método estándar externo; Recuento de área o altura

c) Resumen

1. Las condiciones de saponificación para la determinación de tocoferoles son similares a aquellas utilizadas para la vitamina A.
2. Debe tenerse cuidado en evitar el contacto con oxígeno en las soluciones alcalinas.
3. La detección de fluorescencia tiene claras ventajas así como
4. Los estándares deberían examinarse y determinarse espectrométricamente utilizando el correspondiente E 1%-1cm también la cromatografía de fase normal.
5. Los resultados deberían informarse claramente ya sea como mg de los tocoferoles indivi-

duales o como equivalentes de vitamina E.

3. Vitamina D

La vitamina D de efecto antirraquítico se encuentra en diversas formas; las dos más importantes son la vitamina D₂, ergocalciferol, previamente conocida como calciferol y la vitamina D₃, colecalciferol. La vitamina D₂ se encuentra en pequeñas cantidades en los aceites de hígado de pescado y algunas esponjas.

La vitamina D₃ está más ampliamente distribuida en la naturaleza y se encuentra en cantidades relativamente grandes en los aceites de hígado de pescado, y en cantidades más pequeñas en pescados tales como arenque, caballa, salmones y sardinas, en huevos, mantequilla y queso crema. El bajo nivel (del orden de 0,03 µg/100g en la leche total) hace difícil para el analista determinar los niveles naturales de la vitamina D en los alimentos.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Vitamina D₂ C₂₈H₄₄O (P. molecular 396,7)

Vitamina D₃ C₂₇H₄₄O (P. molecular 384,6)

Descripción

Polvos cristalinos blancos a amarillos

Punto de fusión

Vitamina D₂ 113-118°C

Vitamina D₃ 82-88°C

Rotación específica

Vitamina D₂ [α]_D 20-D = + 102,5° a + 107,5° (c=4 en etanol absoluto)

Vitamina D₃ [α]_D 20-D = +105° a 112° (c=0,5 en etanol absoluto)

Espectro de absorción

Las vitaminas D₂ y D₃ exhiben una absorción máxima a 265 nm en soluciones alcohólicas. E 1%-lcm vitamina D₂ 475 (etanol)(9) vitamina D₃ 480 (etanol)(9)

Estabilidad

Las vitaminas D₂ y D₃ se destruyen relativamente rápido por luz, oxígeno y ácidos. Por lo tanto, deben almacenarse bajo nitrógeno en frascos sellados. Los compuestos cristalinos son relativamente estables al calor, pero tienden a isomerizarse en solución. El equilibrio de isomerización depende principalmente de la temperatura.

Unidades biológicas

1 Unidad Internacional (UI) de vitamina D se define como la actividad biológica correspondiente a la cantidad de 0,025 µg de vitamina D₂ o D₃ puras.

b) Método

Antiguamente, la única manera relevante de determinar la actividad de la vitamina D era por medio de pruebas biológicas en las cuales se administraban extractos liposolubles a animales (ratas o pollos). Las pruebas medían la mejoría (prueba curativa) o el desarrollo (prueba profiláctica) de la deficiencia de vitamina D en términos del grado de raquitismo producido. Alrededor de 1970, se desarrollaron los procedimientos de cromatografía de gas que incluían una saponificación, extracción del material no saponificable, remoción de las interferencias mediante precipitación seguida por una cromatografía en alúmina, Sephadex y Florisil, luego la conversión de la vitamina D a la isovitamina previa a la formación del derivado trimetilsililado y cromatografía de gas (10). Un procedimiento muy largo y laborioso. Cuando se determinaba la vitamina D₃ en la muestra, se agregaba vitamina D₂ como estándar interno y viceversa. La HPLC ofrece actualmente el método de análisis más adecuado para la determinación de vitamina D en un

amplio rango de alimentos incluso a bajos niveles de concentraciones naturales.

Saponificación y extracción

Si ha de determinarse la vitamina D₃, se agrega D₂ como estándar interno. Si ha de determinarse la vitamina D₂, se agrega D₃ como estándar interno. La vitamina D₂ y la vitamina D₃ son extraídas de los alimentos mediante saponificación utilizando una solución alcohólica de hidróxido de potasio seguida de una extracción del solvente. La determinación de vitamina D₂ y D₃ en una solución apropiada del extracto de la muestra se realiza mediante HPLC de fase normal semipreparativa seguida por HPLC de fase reversa analítica. La cromatografía se monitorea por UV y se logra la identificación de los picos de acuerdo a los tiempos de retención y la cuantificación se realiza por el método de estándar interno utilizando las áreas o las alturas de los picos.

De 10 a 30g de la muestra se saponifican preferentemente bajo nitrógeno utilizando una mezcla de etanol o metanol, agua, un antioxidante tal como ácido ascórbico, hidroquinona, pirogalol o BHT e, hidróxido de potasio acuoso. El antioxidante debería agregarse a la muestra antes de la adición de la solución de hidróxido de potasio necesaria para la saponificación. Si ha

de determinarse vitamina D₃, se pipetea una cantidad apropiada de estándar de vitamina D₂ en la solución alcohólica dentro del frasco de saponificación. La cantidad de estándar interno de vitamina D₂ agregada deberá ser similar a la cantidad de vitamina D₃ esperada en la muestra y viceversa. En el Cuadro 5, se muestran ejemplos de la proporción de reactivos utilizados para la saponificación. El tiempo normal de saponificación es de 20-45 minutos

con temperaturas que fluctúan de 80 a 100°C (reflujo).

La vitamina D₂ y D₃ son extraídas de la mezcla enfriada de saponificación por medio de un solvente adecuado, como éter dietílico, tertbutil metil éter, n-hexano, éter de petróleo o mezclas, de 3 a 4 veces con volúmenes que fluctúan de 50-150 ml. Los extractos combinados son lavados a pH neutro con agua (2-4 veces, 50-150 ml).

Cuadro 5
Proporción de reactivos para saponificación

Peso de la muestra	Alcohol	Antioxidante	Hidróxido de potasio
16 g	150 ml etanol	1 g pirogallol	30 g KOH + 75 ml H ₂ O
8g	100 ml etanol	1 g ascorbato sódico	12 g KOH + 50 ml H ₂ O
24 g	90 ml etanol	0,5 g ácido ascórbico	30 ml (60%)

Evaporación y dilución

Se agregan aproximadamente 2-5mg de BHT al extracto antes de la evaporación utilizando un evaporador rotatorio bajo un vacío parcial y a una temperatura que no exceda 50°C. Deben tomarse medidas para remover restos de agua tales como secar con sulfato de sodio, o destilación azeotrópica con etanol o tolueno o el uso de papel filtro para separación de fases.

El residuo es redisoluto utilizando de preferencia la fase móvil del sistema HPLC semipreparativo u otro solvente compatible con HPLC de tal modo de obtener una concentración apropiada para la inyección dentro de la columna de HPLC.

HPLC

Sistema semipreparativo (fase normal)

Un estándar mixto de vitamina D₂ y D₃ es cromatografiado en el sistema HPLC semipreparativo y la condiciones optimizadas de tal manera de obtener con un tiempo de retención reproducible un sólo pico de vitamina D y también tener una óptima separación de otros componentes que interfieren. Esto permite una recolección precisa de la banda de la fracción de vitamina D.

Sistema analítico (fase reversa)

Un estándar mixto de vitamina D₂ y D₃ deberá ser cromatografiado en el sistema analítico de HPLC ajustando las condiciones cromatográficas hasta que la resolución de la vitamina D₂ y D₃ esté al menos completada en un 98% y las vitaminas sean resueltas de todas las interferencias de matriz de los alimentos.

Condiciones y cuantificación de HPLC

Una alícuota del extracto de la muestra concentrada se inyecta en el sistema HPLC semipreparativo y la fracción de la vitamina D es recogida vía corte de bandas. La ventana de tiempo para el corte de banda debe haberse determinado previamente uti-

lizando una mezcla estándar de vitamina D y debería ser lo más angosta posible.

La fracción del corte de banda obtenida en la HPLC semipreparativa debe llevarse a sequedad y redisolverse en un solvente compatible con la fase móvil del sistema analítico de HPLC analítico. Se inyectan alícuotas de la solución obtenida y se identifican y cuantifican los picos de vitamina D₂ y D₃ utilizando el método estándar interno. En el Cuadro 6 se presentan las condiciones de los dos sistemas:

Los estándares y soluciones estándares deberían controlarse espectrométricamente en cuanto a la pureza y utilizar la concentración corregida para el cálculo.

Es importante mencionar claramente las unidades utilizadas para informar los resultados, por ejemplo en µg de vitamina D₃/100 g de alimento.

c) Resumen

1. Las condiciones de saponificación para la determinación de la vitamina D₂ y D₃ son similares a aquellas utilizadas para la vitamina A o E.

2. Se recomienda la HPLC de fase normal semipreparativa seguida por HPLC de fase reversa analítica.

3. La vitamina D₂ debería utilizarse como estándar interno para la determinación de la vitamina D₃ y viceversa para compensar las pérdidas producidas durante la preparación de la muestra.

4. Los estándares deberán examinarse y determinarse espectrométrica-mente utilizando los correspondientes E 1%-Icm.

5. Los resultados deberán informarse claramente con las unidades correspondientes.

Cuadro 6
Condiciones de los sistemas de cromatografía para vitamina D

	Sistema de fase normal (FN) Sistema semipreparativo	Sistema de fase reversa (FR) Sistema analítico
Columna	Acero inoxidable; 250x4,0 nm	Acero inoxidable; 250 x 4,0 nm
Fase estacionaria	Lichrosorb Si 60 (Merck); 5 µm	VYDAC 201 TP 54
Fase móvil	n-Hexano: 2-Propanol (95:5)	Acetonitrilo: Metanol (91:9)
Flujo	1,0 ml/min	0,8 ml/min
Presión	70 bar	35 bar
Volumen de inyección	500 µl	10 µl
Detección	UV: 265 nm	UV: 265 nm
Tiempo de retención (aprox. en min.)	fracción de vitamina D: 17	Vitamina D ₂ : 18 Vitamina D ₃ : 21,5
Estándar Cálculo		aprox. 0,18 µg/ml Método de estándar interno; Recuento de área o altura

4. Vitamina K

La vitamina K de efecto antihemorrágico, que tiene un rol importante en regular la coagulación sanguínea se encuentra en una serie de formas; químicamente las moléculas son derivados del 2-metil-1,4-naftoquinona que tiene una cadena lateral en la posición 3. En el grupo de la vitamina K₁ la cadena lateral tiene sólo un enlace doble, mientras que en el otro grupo de la vitamina K₃, los dobles enlaces de la vitamina K₃ se repiten regularmente en la cadena lateral. El miembro más importante del grupo es el compuesto dentro de la serie K₁ con 20 átomos de carbono en la cadena lateral, generalmente conocido como vitamina K₁. Está presente en plantas verdes, vegetales verdes (repollo, espinaca), papas, frutas (tomates, frutillas), escaramujos y también en aceites de hígado. La suplementación de las fórmulas infantiles con vitamina K₁ ha recibido alguna atención dado que ayuda a proteger a los recién nacidos en contra de la muerte por hemorragia.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Vitamina K₁ C₃₁H₄₆O₂ (P. molecular 450,7)

Descripción

Aceite viscoso amarillo dorado

Espectro de absorción

La vitamina K₁ exhibe una absorción máxima en éter de petróleo a 242, 248, 260, 269 y 325 nm. Los valores correspondientes de E 1%-1cm son 396,419,383,387,68(11).

Estabilidad

La vitamina K₁ es degradada lentamente por el oxígeno atmosférico pero es rápidamente destruida por la luz. Es relativamente estable al calor, pero descompuesta por álcalis.

b) Método

Los métodos desarrollados en años recientes para la determinación de la vitamina K₁ se basan principalmente en procedimientos HPLC. Los problemas relacionados a la cuantificación son similares a aquellos de la vitamina D₃: bajas concentraciones e interferencias con las matrices de los alimentos. Por lo tanto, no es sorprendente que el método más reciente utilice el mismo enfoque: prepurificación con HPLC semipreparativo seguida por HPLC analítico para la cuantificación (12).

Digestión enzimática y extracción

Dado que la vitamina K₁ no es estable bajo condiciones alcalinas, el material

lipídico por lo general presente en fórmulas infantiles y leche en polvo es removido por una digestión con lipasa. Se agrega fenilacetato de colesterol como estándar interno y la vitamina es extraída con hexano. La determinación de la vitamina K₁ en la solución del extracto de la muestra se realiza mediante HPLC semipreparativa de fase normal seguida por HPLC analítico de fase reversa. La detección de la vitamina K se realiza mediante UV a 269 nm y se logra la identificación del pico sobre la base de tiempos de retención. La cuantificación se realiza mediante el método de estándar interno utilizando las áreas o alturas del pico.

Tres gramos de la muestra (fórmula infantil o leche en polvo) o 15,0 g de fórmula "lista para usar" se suspenden en agua, buffer fosfato y 1 g de lipasa. La mezcla es incubada durante 120 min. a 37°C. Se agrega 10 ml de etanol, el estándar interno y 1 g de carbonato de potasio y se extrae la vitamina 2 veces con 15 ml de n-hexano.

Evaporación y dilución

Los extractos combinados son concentrados utilizando un evaporador rotatorio bajo vacío parcial y a una temperatura que no exceda 40°C. Deben tomarse medidas para remover restos de agua tales como secar con sulfato de sodio, o destilación

azeotrópica con etanol o tolueno o el uso de papel filtro para separación de fases. El residuo es redisolto en un pequeño volumen de n-hexano (1,5-2,0 ml).

HPLC

Sistema semipreparativo

Un estándar de vitamina K₁ es cromatografiado en el sistema HPLC semipreparativo y las condiciones optimizadas de tal manera de obtener un tiempo de retención reproducible para el pico de vitamina K₁ y el pico de fenilacetato de colesterol en el rango de 2,0-4,5 minutos.

Sistema HPLC analítico

Una mezcla de estándar de vitamina K₁ y fenilacetato de colesterol debe ser cromatografiada en el sistema HPLC analítico y las condiciones cromatográficas ajustadas hasta que se obtenga una resolución completa de los compuestos de interés.

Condiciones y cuantificación de HPLC

Una alícuota del extracto concentrado de la muestra se inyecta dentro del sistema HPLC semipreparativo y la fracción que contiene la vitamina K₁ es recolectada vía corte de bandas. La

ventana de tiempo para el corte de bandas debe haber sido previamente determinada utilizando una mezcla estándar de vitamina K₁ y deberá ser lo más angosta posible.

La fracción de corte de banda del HPLC semipreparativo debe llevarse a sequedad y redisolverse en 500 µl de

2-propanol. Las alícuotas de la solución obtenida se inyectan en el HPLC analítico y se identifican los picos de la vitamina K₁ y fenilacetato de colesterol como estándar interno. La cuantificación se realiza utilizando el método de estándar interno. (Cuadro 7)

Cuadro 7
Condiciones de los sistemas de cromatografía para vitamina K

	Sistema de fase normal Sistema semipreparativo	Sistema de fase reversa Sistema analítico
Columna	Módulo de compresión radial 8x10	Módulo de compresión radial 8x10
Fase estacionaria	Resolve Silica; 5µm	Resolve C18 ; 5 µm
Fase móvil	n-Hexano: 2-Propanol (99,9:0,1)	Metanol: 2-Propanol: Acetato de etilo: Agua (450:350:145:135)
Flujo	2,0 ml/min	2,0 ml/min
Volumen de inyección	100-150 µl	20-50 µl
Detección	UV: 269 nm	UV: 269/277 nm
Tiempo de retención (aprox. en min.)	Fracción: 2,0-4,5	Vitamina K ₁ 26 Estándar interno: 42 aprox. 2,5 µg/ml
Estándar Cálculo		Método estándar interno; Recuento de área o altura

Los estándares y soluciones estándares deberían controlarse espectrométricamente en cuanto a la pureza y utilizar la concentración corregida para el cálculo. Es importante mencionar claramente las unidades utilizadas para informar los resultados por ejemplo, en µg vitamina K₁/100 g de alimento.

c) Resumen

1. Las condiciones de digestión para la remoción del material lipídico son críticas.
2. Se recomienda la HPLC fase normal semipreparativa seguida

por HPLC analítica de fase reversa.

3. Debería utilizarse fenilacetato de colesterol como estándar interno.
4. Los resultados deberán informarse claramente con las correspondientes unidades.

VITAMINAS HIDROSOLUBLES

Las vitaminas del grupo B presentan buena solubilidad al agua y por lo tanto, no es sorprendente que se haya desarrollado métodos principalmente microbiológicos para la determinación de estos compuestos. Los métodos microbiológicos tienen claras ventajas como por ejemplo, son capaces de medir cantidades muy pequeñas de una vitamina en particular en un amplio rango de matrices y con una precisión razonable. Por otra parte, éstos métodos necesitan una infraestructura de laboratorio específica, personal capacitado y en general demandan mucho trabajo y tiempo. Algunas de las vitaminas del grupo B también pueden determinarse utilizando procedimientos HPLC o mediante métodos colorimétricos. Se discuten los métodos microbiológicos sólo para aquellas vitaminas en que no se dispone de otro método atractivo y confiable.

1. Tiamina. Vitamina B₁

La tiamina existe en la naturaleza como tiamina, monofosfato de tiamina, difosfato de tiamina, trifosfato de tiamina y unida a las proteínas. Las principales fuentes de vitamina B₁ son los granos de los cereales, cascara de arroz, germen de cereales, levaduras, clara de huevo, vegetales, frutas, papas, huevos, leche, hígado y carne.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Vitamina B₁ (hidrocloruro)
C₁₂H₁₇ON₄ClS*HCl (P.M. 337,3).

Descripción

Polvo cristalino blanco.

Punto de fusión

Vitamina B₁ (hidrocloruro): 250°C (descomposición).

Espectro de absorción

La vitamina B₁ muestra un espectro de absorción característico en la región de 200 a 300 nm. Las posiciones del pico máximo y las respectivas extinciones dependen marcadamente

de los solventes utilizados y del pH de las soluciones. En una solución de ácido clorhídrico 0,1 N, la tiamina muestra una absorción máxima a 245 nm.

Estabilidad

En la ausencia de luz y humedad, la sales de tiamina son relativamente estables al oxígeno atmosférico incluso cuando tibio. La solución ácida también es estable; sin embargo, ocurre descomposición en una solución neutra o alcalina.

b) Método del tiocromo (13)

El método más ampliamente utilizado para la determinación de la vitamina B₁ incluye una hidrólisis ácida seguida por una defosforilación enzimática de los ésteres y la cuantificación de la tiamina liberada. La medición de la vitamina B₁ en el extracto final se realiza mediante fluorometría después oxidar a tiocromo que es un compuesto fluorescente. Más recientemente, se han publicado procedimientos por HPLC que se utilizan para cuantificar, el propio tiocromo o a través de una derivatización postcolumna.

Extracción y defosforilación

La muestra (hasta 25 g) es hidrolizada utilizando ácido sulfúrico 0,1 M

durante 15 min a 121°C. El pH de la mezcla enfriada se ajusta a 4,5 a través de la adición de buffer acetato. Se agregan 500 mg de Takadiastasa y la suspensión se incuba al menos por 20 minutos a 45°C. Debe mencionarse que las condiciones de incubación dependen del tipo de enzima y del lote utilizado, así como también del tipo de muestra y pueden variar considerablemente.

Purificación y reacción del tiocromo

El extracto puede ser purificado si es necesario a través de una columna de intercambio iónico, como Amberlite CG 50 (100-200 mesh). La tiamina es retenida en el intercambio iónico y luego es eluída con ácido clorhídrico 0,15 M. El eluido se ajusta a un volumen definido con ácido clorhídrico (0,15 M). Alícuotas de esta solución se mezclan con isobutanol, una solución de hidróxido de sodio (50%), una solución de hexacianoferrato de potasio (5%) y se agita vigorosamente durante 60 segundos. En una serie paralela con los mismos reactivos, se prepara un blanco bloqueando la reacción a través de la adición de cloruro de benceno-sulfonilo. Se agrega cloruro de sodio después de la oxidación para optimizar la extracción. Después de la centrifugación se toman 10 ml del extracto de isobutanol, se mezcla con 0,5 ml de etanol y se mide la fluorescencia en contra del blanco. Es

importante seguir exactamente el protocolo para obtener resultados reproducibles.

c) Método HPLC

Derivatización en precolumna

El tiocromo formado como se describió en el procedimiento anterior

puede también cuantificarse utilizando HPLC. Este enfoque es de algún modo más fácil debido a que la reacción es detenida por la adición de ácido, el tiocromo es purificado a través de una extracción de fase sólida y el extracto obtenido medido por HPLC en un sistema de fase reversa. Las condiciones de HPLC pueden ser como se indica en el Cuadro 8.

Cuadro 8
Condiciones de cromatografía para tiamina

Columna	250x 4,0 nm acero inoxidable
Fase estacionaria	Bakerbond C8; 5 um
Fase móvil	Buffer Fosfato: Metanol: 2-Propanol (63: 27: 10)
Flujo	0,8 ml/min
Volumen de inyección	20 µl
Detección	Fluorescencia: Ex: 366 nm; Em: 435 nm
Tiempo de retención	aprox. 5 min
Cálculo	Estándar externo

Derivatización postcolumna

La cuantificación de la tiamina también puede lograrse utilizando un sistema HPLC de fase reversa que separa en gran medida la tiamina de los otros componentes. En una etapa de derivatización postcolumna se realiza la oxidación a tiocromo mezclando el eluente con la solución de ferricianato alcalino seguida por detección fluorescente (14).

d) Resumen

1. La tiamina es extraída por hidrólisis ácida seguida por una etapa de desfosforilación enzimática.
2. Debe tenerse cuidado que la preparación enzimática utilizada esté funcionando.
3. El protocolo para la oxidación a tiocromo debe ser seguido en forma

precisa a fin de obtener resultados reproducibles.

4. Debe llevarse un blanco durante el ensayo completo.

5. Los procedimientos por HPLC están disponibles tanto para derivatización en precolumna como también para derivatización post-columna.

2. Riboflavina. Vitamina B₂

La riboflavina se encuentra en los alimentos como riboflavina libre o como riboflavina-5'-fosfato (FMN) y como flavin adenina dinucleótido (FAD).

Las principales fuentes de vitamina B₂ son hígado, riñón, carne, pescado, leche, queso, huevos y vegetales. La solubilidad de la riboflavina en el agua es más bien deficiente (aprox. 7 mg/100 ml) pero en álcali diluido es fácilmente soluble.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Vitamina B₂ C₁₇H₂₀O₆N₄ (P.M. 376,4)

Na-Riboflavina-5'-fosfato C₁₇H₂₀O₉N₄PNa (P.M. 478,4)

Descripción

Polvo cristalino amarillo a naranja amarillento.

Punto de fusión

Vitamina B₂: 280-290°C (descomposición)

Rotación específica

Riboflavina: [α]_D²⁰ = -122° a -136° (c=0,25 en NaOH 0,05N)

Na-Riboflavina-5'-fosfato: [α]_D²⁰ = +38 + 42° (c=1,5 en HC 120%).

Espectro de absorción

Las soluciones de riboflavina y del fosfato en HCl 0,1 N muestran una absorción máxima a ca. 223, 267, 374 y 444 nm.

Estabilidad

Ambos compuestos son sensibles a la luz y a la radiación UV, pero son estables al calor y al oxígeno atmosférico.

En soluciones alcalinas, la descomposición es rápida, especialmente si se expone a la luz.

b) Método

Debido a sus propiedades físico-químicas, la riboflavina puede determinarse fluorométricamente. Este modo de detección posee claras ventajas dado que es más específico que por ejemplo UV. Sin embargo, todavía existen distintos componentes en los alimentos que interfieren, lo cual complica el análisis. Se han utilizado diferentes métodos en el pasado que incluyen la irradiación de un extracto de muestra purificada con luz lo que lleva a la formación del llamado lumicromo. Este es un compuesto que tiene fuertes propiedades fluorescentes y puede cuantificarse fácilmente. Sin embargo, el procedimiento de trabajo requiere tiempo y trabajo. Por lo tanto, los ensayos microbiológicos son utilizados rutinariamente además de los métodos HPLC lo que permite una preparación más simple de la muestra que el método del lumicromo.

Extracción y desfosforilación (15)

La muestra (hasta 10 g) se hidroliza utilizando ácido sulfúrico 0,1 M durante 15 min a 121°C. El pH de la mezcla enfriada se ajusta a 4,5 a través de la adición de buffer acetato. Se agrega 500 mg de Takadiastasa y la suspensión es incubada al menos durante 20 minutos a 45°C. Debe mencionarse que las condiciones de

incubación dependen del tipo de enzima y el lote utilizado así como también del tipo de muestra y pueden por tanto variar considerablemente. La reacción enzimática es detenida por la adición de ácido sulfúrico.

Precipitación y dilución

La mezcla acidificada es llevada a volumen con ácido sulfúrico 0,1M y es filtrada después de mezclarla completamente. Una alícuota del filtrado es mezclada con volúmenes iguales de metanol y luego centrifugada. Dos partes del sobrenadante transparente son diluidas con una parte de agua e inyectada al sistema HPLC. Este tipo de preparación de muestra evita la obstrucción de la columna por una posible precipitación después de la inyección. Es muy importante proteger la muestra y los extractos de la luz. Toda la manipulación de la muestra deberá realizarse en frascos de vidrio ámbar y las soluciones mantenerse en la oscuridad.

Condiciones de HPLC

Existen numerosas y diferentes posibilidades de obtener una buena separación. En la mayoría de los casos el pico de riboflavina será el único pico principal del cromatograma (Cuadro 9).

Cuadro 9
Condiciones de cromatografía para riboflavina

Columna	250x 4,0 nm acero inoxidable
Fase estacionaria	RP18 ejemplo Spherisorb (16) 5 μm o μ Bondapack (17)
Fase móvil	Metanol: H ₂ O (35:65) o (70:30) o mezclas de metanol con buffers y/o PIC B6, B7 etc.
Detección	Fluorescencia: Ex: 445-50 nm: Em: 525-30 nm

c) Resumen

1. La vitamina B₂ se extrae de la matriz alimentaria mediante hidrólisis acida seguida por una etapa de desfosforilación enzimática.
2. Debe tenerse cuidado que funcione la preparación enzimática a utilizar. Esto puede hacerse inyectando estándar de FMN en la línea de HPLC y controlando la muestra tratada para FMN residual.
3. La riboflavina liberada debería protegerse de la luz.
4. Se logra la mejor cuantificación y separación utilizando HPLC de fase reversa.
5. El modo de detección es preferentemente realizado por fluorescencia dado que éste es más selectivo.

3. Piridoxina. Vitamina B₆

La vitamina B₆ se encuentra en la naturaleza en 6 diferentes formas: piridoxamina (PM), piridoxina (PN), piridoxal (PL) y los correspondientes ésteres fosfatados: piridoxamina fosfato (PMP), piridoxina fosfato (PNP) y piridoxal fosfato (PLP). La cantidad relativa de estos vitámeros encontrados en los alimentos puede variar significativamente por ejemplo, PN se encuentra predominantemente en los cereales, vegetales, y frutas mientras que en la carne y los productos lácteos, PM, PMP, PL y PLP son básicamente los responsables de la actividad de la vitamina B₆.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Vitamina B₆ (hidrocloruro de piridoxina) C₈H₁₁O₃N*HCl (P.M. 205,6).

Descripción

Polvo cristalino blanco.

Punto de fusión

206° C (descomposición).

Espectro de absorción

En soluciones acuosas los puntos máximos de absorción son: 291 nm a pH ácido; 254 y 324 nm a pH neutro y 245 y 309 nm para las soluciones alcalinas.

Estabilidad

El hidrocloreuro de piridoxina es estable al calor y al oxígeno. La piridoxina es degradada por la luz en soluciones alcalinas o neutras.

b) Método

Debido a la múltiple presencia de la vitamina B₆ en los alimentos es imposible determinar su actividad midiendo un sólo componente. Aunque puede ocurrir interconversión entre las diferentes formas debido a reacciones enzimáticas, el analista encontrará predominantemente una mezcla si el alimento no ha sido suplementado con hidrocloreuro de piridoxina. Por lo tanto, en este momento se recomienda un método

microbiológico para la determinación de la actividad de la vitamina B₆.

Extracción y desfosforilación

La vitamina B₆ es extraída de la muestra por hidrólisis ácida. Las condiciones recomendadas por AOAC (18) son HCl 0,44 M durante 2 h a 121°C para productos de plantas y HCl 0,055 M durante 5 h a 121°C para productos animales. Debe mencionarse que la hidrólisis ácida puede liberar vitámeros-B₆ a partir de glucósidos y por lo tanto llevar a una sobrestimación del contenido biodisponible. Después de la hidrólisis, las soluciones son neutralizadas a un pH 5,0 con una solución de hidróxido de sodio. La dilución del extracto se realiza con agua para obtener concentraciones de aproximadamente 100 ng/ml.

Microorganismo de ensayo y método

El microorganismo de ensayo, *Saccharomyces carisbergensis* (ATCC 9080) es mantenido en un agar-APT. El subcultivo es preparado por incubación hasta 24 h a 30°C en el medio de fermentación que contiene B₆. El medio de cultivo no. 0951-15-2 se utiliza para el ensayo (Laboratorios Difco, Detroit USA). Los tubos se llenan con el medio (10 ml), y se agregan 25, 50 y 100 µl del extracto o de una solución estándar. Seis tubos

para blanco no contienen ningún aditivo. Los tubos son sometidos a un baño de vapor durante 10 minutos a 100°C. Después de enfriarse, todos los tubos con excepción de 2 blancos son cada uno inoculados con 1 gota de inóculo y luego incubados durante 16-18h a 30°C.

Medición de la turbidez

La turbidez de la suspensión celular se mide a 580 nm después de mezclar bien. Para el cálculo, se utiliza un estándar y se debe corregir el blanco.

Respuesta del microorganismo de ensayo

Saccharomyces carisbergensis (ATCC 9080) no responde a PM de la misma manera que a PN y PL. *Saccharomyces faecalis* responde a PL y PM y *Lactobacillus casei* sólo a PL.

c) Resumen

1. El ensayo de vitamina B₆ se realiza mediante método microbiológico.
2. Es necesaria una hidrólisis ácida prolongada para las muestras de origen animal.
3. La respuesta del microorganismo de ensayo no es igual para todos los vitámeros.

4. Vitamina B₁₂

Los compuestos activos de la vitamina B₁₂ presentan una estructura química complicada; el más conocido e importante es cianocobalamina. La vitamina B₁₂ se encuentra sólo en material de origen animal y en los metabolitos de microorganismos. Las fuentes importantes de B₁₂ son el hígado, riñón y yema de huevo.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Vitamina B₁₂: C₆₃H₈₈O₁₄N₁₄PCo
(P.M. 1355,4).

Descripción

Polvo cristalino rojo oscuro.

Punto de fusión 210-220°C

carbonización.

Espectro de absorción

La solución acuosa muestra una absorción máxima a 278, 361 y 550 nm.

Estabilidad

La cianocobalamina cristalina y sus soluciones neutras o débilmente ácidas

son relativamente estables al aire y calor pero son atacadas por la luz y la radiación UV. La vitamina B₁₂ es sólo levemente estable a álcalis, ácidos fuertes y agentes reductores.

b) Método (19)

El nivel presente en los alimentos es muy bajo y el método microbiológico es la única manera de estimar la vitamina B₁₂ en forma satisfactoria.

Extracción

La vitamina B₁₂ es extraída de la muestra con agua o buffer a una temperatura de aproximadamente 100°C durante 10-30 minutos con la adición de cianuro de potasio. El pH del extracto se ajusta a 6 ya sea con hidróxido de potasio o ácido clorhídrico. La dilución del extracto se realiza con agua para obtener concentraciones de aproximadamente 2 mg/ml.

Microorganismos de ensayo y método

El microorganismo de ensayo, *Lactobacillus leichmanii* (ATCC 7830) es mantenido en un agar de cultivo de Micro-Ensayo (Laboratorios Difco, Detroit USA; no. 0319-

02). El subcultivo es preparado por incubación hasta 16-18 h a 37°C en el medio de fermentación que contiene B₁₂ (caldo de micro inoculación (Difco no. 0320-02). El medio de cultivo Difco no. 0457-15 se utiliza para esta prueba. Los tubos se llenan con el medio (10 ml), y se agrega 25, 50 y 100 µl del extracto o solución estándar. Seis tubos para blanco no contienen ningún aditivo. Los tubos son sometidos a un baño de vapor durante 10 minutos a 100°C o autoclavados durante 5 min a 121°C. Después de enfriarse, todos los tubos con excepción de 2 blancos son cada uno inoculados con 1 gota de inóculo y luego incubados durante 16-18 h a 37°C.

Medición de la turbidez

La turbidez de la suspensión celular se mide a 580 nm después de mezclar bien. Para el cálculo se utiliza una curva estándar y se debe corregir el blanco.

c) Resumen

1. El análisis de la vitamina B₁₂ se realiza por el método microbiológico.
2. Los ensayos con *Lactobacillus leichmanii* son los más empleados.

5. Folatos

Las estructuras de los compuestos con actividad de ácido fólico siempre contienen ligadas una o más moléculas de ácido glutámico que son esenciales para la actividad biológica. El ácido fólico se encuentra en la naturaleza principalmente como conjugados y se encuentra en el hígado, riñón, músculos, leche, queso, vegetales de hoja oscura, coliflor, legumbres y germen de trigo.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Acido fólico: $C_{19}H_{19}O_6N_7$
(P.M. 441,4).

Descripción

Polvo cristalino amarillo a naranja amarillento.

Punto de fusión

A 250°C se oscurece seguido por carbonización.

Rotación específica

$[a]_{20-D} = + 20^\circ$ (c=0,5 en NaOH 0,1N).

Espectro de absorción

El ácido fólico muestra un espectro de absorción característico que depende del pH de la solución. En NaOH 0,1 N los puntos máximos son a 256, 283 y 365 nm.

Estabilidad

El ácido fólico cristalino es completamente estable al aire y calor, pero es degradado por la luz y la radiación UV. Las soluciones neutras son relativamente estables; los ácidos, álcalis y agentes oxidantes y reductores tienen un efecto destructivo.

b) Método

La cantidad total de folato presente en los alimentos es muy baja (por ejemplo, 6 µg/100 g en leche) y el ensayo microbiológico es la única manera de estimar la actividad del folato en forma satisfactoria. Dado que los folatos se presentan con diferentes unidades de ácido glutámico es necesario someter al extracto de la muestra a un tratamiento enzimático con deconjugasa. El uso de un microorganismo de ensayo resistente al cloranfenicol facilita el ensayo porque así la preparación de la muestra y el trabajo con el microorganismo de ensayo no tienen

que realizarse bajo condiciones estériles.

Extracción y deconjugación

El material (equivalente a aproximadamente 1 µg de ácido fólico) se mezcla bien con buffer fosfato pH 6,1 y se autoclava durante 5 minutos a 121°C. Después de enfriar, se agrega una solución de páncreas de pollo y se incuba durante 18 horas a 37°C.

La enzima es desactivada ebulliendo la solución durante 5 minutos. Después de enfriar, la solución es diluida a un volumen definido con una solución de ácido ascórbico 2% y filtrada. El contenido estimado de ácido fólico en el extracto de muestra debiera corresponder a aproximadamente 0,2-0,4 ng/100 µl.

Microorganismo de ensayo y método

El cultivo liofilizado del microorganismo de ensayo, *Lactobacillus casei* (NCIB 10463) es suspendido en tubo de vidrio que contiene el medio (Medio ácido fólico L. casei Difco no. 0822 -15-9) y ácido fólico y se incuba durante 20 horas a 37°C (cultivo I).

Una gota de este cultivo densamente turbio se traslada a un nuevo tubo que

contiene 5,0 ml del medio de ensayo y ácido fólico. Este tubo es nuevamente incubado durante 20 horas a 37°C (cultivo II). El medio de ensayo que contiene 20 mg de cloranfenicol por litro es inoculado con 2 ml de cultivo II.

Los tubos son llenados con el medio (4 ml), y se agregan 25, 50 y 100 µl del extracto o de la solución estándar. Seis tubos para blanco no contienen ningún aditivo. Los tubos son incubados durante 23 horas a 42°C.

Medición de la turbidez

La turbidez de la suspensión celular se mide a 660 nm después de mezclar bien. Para el cálculo se utiliza una curva estándar y se debe corregir el blanco.

c) Resumen

1. El ensayo de la actividad del folato natural necesita de un tratamiento con deconjugasa.
2. La determinación se realiza mejor a través de un método microbiológico.
3. El uso de *Lactobacillus casei* resistente al cloranfenicol como microorganismo de ensayo facilita el ensayo en forma considerable.

6. Acido pantoténico

El ácido pantoténico libre es un aceite inestable extremadamente higroscópico; por lo tanto, no es aconsejable para aplicaciones prácticas y se utiliza principalmente en forma de sales de calcio y de sodio.

En la naturaleza el ácido pantoténico se encuentra raramente al estado libre; sin embargo, está ampliamente distribuido como un componente de la coenzima A y se encuentra sobretodo en el hígado, riñón, músculo, cerebro y yema de huevo así como también en la levadura, cereales, y plantas verdes, especialmente leguminosas.

El ácido pantoténico es ópticamente activo; sólo las formas dextro-rotatorias (D-pantotenatos) tienen actividad de vitamina.

a) Fórmulas y propiedades

, Fórmula empírica

Acido pantoténico

Sal de calcio $(C_9H_{16}O_5N)_2Ca$
(P.M. 476,5)

Sal de sodio $C_9H_{16}O_5NNa$
(P.M. 241,2).

Descripción

Polvo blanco.

Punto de fusión

Sal de calcio: 200°C (descomposición) Sal de sodio: 160-165°C

Rotación específica

Sal de calcio : $[\alpha]_{20-D} = + 26^\circ$ a $+ 28^\circ$
(c=4 en agua)

Sal de sodio: $[\alpha]_{20-D} = + 26,5^\circ$ a $+ 28,5^\circ$ (c=4 en agua).

Estabilidad

En almacenamiento en frío y protegidos de la humedad, el D-pantotenato de calcio y el D-pantotenato de sodio son claramente estables al oxígeno atmosférico y a la luz.

Los compuestos son higroscópicos, particularmente la sal sódica. Las soluciones acuosas son termolábiles y sufren ruptura hidrolítica especialmente bajo condiciones alcalinas o acidas.

b) Método

El ácido pantoténico en mezclas complejas sólo puede determinarse microbiológicamente. El ácido pantoténico debe ser liberado previamente. No existe un procedimiento realmente

estándar para esto, de tal modo que el método difiere de un caso a otro, por ejemplo la extracción con agua o con diferentes mezclas de solventes con o sin tratamiento enzimático (papaína, diastasa, extracto de hígado, etc.) (20). El método descrito más adelante intenta medir principalmente los pantotenatos suplementados en los alimentos.

Extracción

El material es agitado con agua durante 30 minutos a 37°C en un agitador. Si el material contiene grandes cantidades de grasa, es recomendable remover los lípidos. Esto se realiza agregando al agua, por ejemplo 20 ml de acetato de etilo. Se utiliza la capa acuosa para el procedimiento posterior. El extracto acuoso es diluido a un volumen definido con agua y se filtra.

La leche en polvo y materiales similares son extraídos autoclavando la suspensión acuosa a 100°C por 30 min. Después de enfriar, el pH se ajusta a 4,5 con ácido sulfúrico, se diluye con agua a un volumen definido y se filtra. El pH de la solución filtrada se ajusta a 6,8 con hidróxido de sodio y se ajusta a un volumen definido. Esta solución es utilizada para el ensayo microbiológico.

Microorganismo de ensayo y método

El microorganismo de ensayo *Lactobacillus plantarum* (ATCC 8014) se hace crecer en un caldo inóculo Bacto-Micro esterilizado (Laboratorios Difco Detroit USA; no. 0320-02) durante 24 horas a 37°C. Se realiza una segunda transferencia del cultivo utilizando 6 ml del medio e inoculando con 0,1 ml del primer cultivo. Este es el inóculo para el ensayo (cultivo 2). Los tubos son llenados con el caldo de ensayo (Difco; medio de ensayo de pantotenato no. 0604-15), se agregan volúmenes iguales de agua (5 ml a cada uno) y se añaden 250, 500 y 1000 µl del extracto o de la solución estándar.

Los tubos usados como blancos no contienen ningún aditivo. Los tubos son cubiertos y esterilizados durante 10 minutos a 118°C. Después de inocular con 100 µl del cultivo 2 los tubos son incubados durante 19 horas a 37°C. Luego, los tubos son sometidos a un baño de vapor durante 5 minutos a 100°C para detener el crecimiento.

Medición de la turbidez

La turbidez de la suspensión celular se mide a 660 mn después de mezclar bien. Para el cálculo se utiliza una

curva estándar y se debe corregir el blanco.

Punto de fusión

228-232°C (descomposición).

c) Resumen

1. La determinación de D-pantotenato suplementado en los alimentos se realiza mejor por un método microbiológico.

Rotación específica

[a] 20-D = + 90 a + 94° (c=1,0 en NaOH 0,1N).

2. El microorganismo de ensayo es *Lactobacillus plantarum*

Estabilidad

La D-biotina seca, en forma de cristales es claramente estable al aire, luz de día y calor; es gradualmente destruida por la radiación UV. Las soluciones acuosas son relativamente estables a condiciones alcalinas o ácidas débiles. En soluciones fuertemente ácidas o alcalinas la actividad biológica se pierde parcialmente por el calentamiento.

7. Biotina

La biotina se encuentra parcialmente en estado libre en vegetales, frutas, leche, salvado de arroz y parcialmente en forma unida a proteína en tejidos animales, semillas de plantas, levaduras. Fuentes importantes de biotina son el hígado, riñón, carne, levadura, yema del huevo, leche, hongos y vegetales.

b) Método

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Biotina C₁₀H₁₆O₃N₂S
(P.M. 244,3).

Descripción

Polvo cristalino blanco.

El método microbiológico es el método de elección para la biotina. El microorganismo de ensayo más utilizado es *Lactobacillus plantarum*. La biotina debe extraerse en la forma libre de la muestra antes del ensayo. Esto se logra por la combinación de hidrólisis ácida seguida por una digestión enzimática (21).

Extracción y digestión enzimática

El material de ensayo es calentado en ácido sulfúrico 1M durante 30 minutos a 118°C. El extracto es luego neutralizado a un pH de 7,5 con hidróxido de sodio 20% y diluido a un volumen definido con agua. Las alícuotas (5-10 ml), esperando que contengan 5-30 ng de biotina (0,1-0,6 ng/ml), son diluidas con una solución de papaína (10 mg/ml) a un volumen de 50 ml e incubadas toda la noche (aproximadamente 18 h) a 37°C. La enzima es desactivada autoclavando durante 10 minutos a 118°C. Luego el extracto es centrifugado, filtrado y se utiliza la solución transparente para el ensayo microbiológico. La papaína usada para el ensayo debe revisarse antes (compuestos que interfieren dan como resultado un valor alto de blanco).

Microorganismos de ensayo y método

El microorganismo de ensayo *Lactobacillus plantarum* (ATCC 8014) se hace crecer en un caldo inóculo Bacto-Micro esterilizado (Laboratorios Difco Detroit USA; no. 0320-02) durante 24 horas a 37°C. Una segunda transferencia del cultivo se realiza utilizando 6 ml del medio e inoculando con 0,1 ml del primer cultivo. Este es el inóculo para el ensayo (cultivo 2). Los tubos son

llenados con el caldo de ensayo (Difco; medio de ensayo Bacto- biotin no. 419-15), se agregan volúmenes iguales de agua (5 ml a cada uno) y 250, 500 y 1000 µl del extracto o de la solución estándar. Los tubos usados como blancos no contienen ningún aditivo. Los tubos son cubiertos y esterilizados durante 10 minutos a 118°C. Después de inocular con 100 µl del cultivo 2 los tubos son incubados durante 19 horas a 37°C. Luego, los tubos son sometidos a un baño de vapor 100°C durante 5 minutos a para detener el crecimiento.

Medición de la turbidez

La turbidez de la suspensión celular se mide a 660 nm después de mezclar bien. Para el cálculo se utiliza una curva estándar y se debe corregir el blanco.

c) Resumen

1. La determinación de D-biotina se realiza mediante método microbiológico.
2. El microorganismo de ensayo es *Lactobacillus plantarum*
3. La liberación de la biotina unida es realizada en forma óptima por hidrólisis acida seguida por una digestión enzimática con papaína.

8. Acido nicotínico y nicotínamida (niacina)

El ácido nicotínico y la nicotínamida poseen la misma actividad vitamínica; el ácido libre se convierte a amida en el cuerpo. Los sinónimos menos usados como vitamina PP y factor PP se refieren a su actividad preventiva de pelagra. La nicotinamida se encuentra en todas las células, por lo general en forma unida como el grupo prostético de coenzimas. El hígado y carne de animales con pezuña son fuentes nutricionalmente importantes de esta vitamina. También está presente en el maíz y otros cereales en una forma no utilizada por el hombre.

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Acido nicotínico $C_6H_5O_2N$
(P.M. 123,1)

Nicotínamida $C_6H_6ON_2$
(P.M. 122,1).

Descripción

Polvos cristalinos blancos.

Punto de fusión

Acido nicotínico: 234-237°C
(sublimación)

Nicotínamida: 128-131°C.

Espectro de absorción

El ácido y la amida muestran espectros de absorción similares en soluciones acuosas con un máximo a 261 nm con una extinción dependiente del pH.

Estabilidad

Ambos compuestos son estables al oxígeno atmosférico, luz y calor en estado seco y en solución acuosa; la amida es hidrolizada al ácido calentando en soluciones fuertemente ácidas o alcalinas.

b) Método

La extracción de niacina se realiza mediante hidrólisis ácida (la hidrólisis alcalina liberaría también nicotiniléster ligado, el cual no es biodisponible). El ensayo microbiológico es fácil de realizar. El microorganismo de ensayo más comúnmente utilizado es *Lactobacillus plantarum* (22). Se describe una prueba colorimétrica basada en la reacción de Königs que utiliza bromuro de cianógeno para la oxidación y procaína (p-amino-benzoil-dietilaminoetanol) para formar componentes coloreados.

Extracción y digestión enzimática

El material conteniendo aproximadamente 300 µg de niacina es hidrolizado en 125 ml de ácido sulfúrico 0,1 M durante 15 minutos a 110°C. Después de enfriar, el pH se ajusta a 4,5 utilizando acetato de sodio, se agregan 500 mg de Takadiastasa y la mezcla es incubada durante 20 minutos a 45°C. La solución es acidificada con 25 ml de ácido sulfúrico 30%, es diluida a 250 ml con agua y filtrada. 50 ml del filtrado se acidifican con 1 ml de ácido sulfúrico 30% y se agrega gota a gota (2-6 ml) de una solución de permanganato de potasio 3% hasta que permanezca el color rosado. El exceso de permanganato es destruido por la adición de una solución de peróxido de hidrógeno 3% hasta que desaparezca el color rosado. Se suspende 1 g de sílice tratada (tierra de diatomeas) con 25 ml de la solución oxidada, se agita vigorosamente durante 1 minuto, se centrifuga y se deja decantar. La niacina absorbida en la sílice tratada es lavada con 25 ml de ácido sulfúrico 0,1 M, se centrifuga y se deja decantar. Se agregan 25 ml de hidróxido de potasio 0,5 M, se agita durante 1 minuto y se centrifuga. Se colocan 20 ml del sobrenadante en un

vaso precipitado, se cubre con un vidrio de reloj y se calienta durante 10 minutos en un autoclave a 110°C para hidrolizar la nicotinamida a ácido nicotínico. La solución enfriada se ajusta a un pH de 4,5 con ácido clorhídrico (0,1 M), se transfiere a un matraz volumétrico de 50 ml y se agregan 3 ml de una solución de bromuro de cianógeno 3% y se ajusta a volumen con agua.

Precaución: no inhalar el vapor de esta solución. Tomar todas las precauciones necesarias para trabajar con compuestos tóxicos.

El matraz se coloca en un baño de agua durante 10 minutos a 75-85°C, y se enfria a temperatura ambiente. 10 ml de la solución se pipetea en la cubeta del fotómetro, se agrega 1 ml de ácido clorhídrico 1M y el espectrómetro se ajusta a absorbancia cero. Se agrega 1 ml de una solución de procaína 5% (5 g en 100 ml de HCl 1M), se mezcla y se mide la absorción dentro de 15-20 segundos a 420 nm.

En una serie paralela, la muestra es "spiked" con aproximadamente la misma cantidad de ácido nicotínico (300 µg) como estándar interno.

Cálculos

$$\frac{A * N * 100}{(Z-A) * W * 1000} = \text{mg de ácido nicotínico/100 g muestra}$$

A : absorbancia de la muestra

Z : absorbancia de la muestra + estándar interno

N : cantidad de ácido nicotínico como estándar interno en μg

W : peso de la muestra en g

c) Resumen

1. La determinación de la niacina se realiza mejor por un método microbiológico

2. El microorganismo de ensayo es *Lactobacillus plantarum*

3. El ensayo que usa la reacción de Königs es muy tedioso, necesita mucha experiencia y tiene una seria desventaja debido a los reactivos. Sin embargo, se obtienen resultados buenos y reproducibles.

9. Vitamina C

El ácido L-ascórbico se encuentra en todos los tejidos vivos como un importante compuesto redox del metabolismo celular. Fuentes importantes de la vitamina C son las frutas frescas (cítricos, uvas negras, escaramujo, pimiento rojo) y vegetales (repollo, papas, lechuga, tomates etc.).

a) Fórmula y propiedades

Fórmula empírica

Acido ascórbico $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (P.M. 176,1)

Ascorbato de sodio $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6\text{Na}$ (P.M. 198,1).

Descripción

Acido ascórbico: Polvo cristalino blanco

Ascorbato de sodio: Polvo cristalino con tinte amarillo.

Punto de fusión

Acido ascórbico 190°C (descomposición)

Ascorbato de sodio
Descomposición sin un punto de fusión definido a los 220°C .

Espectro de absorción

En la luz UV, el ácido ascórbico en una solución fuertemente ácida muestra una absorción máxima a ca. 245 nm, la cual cambia a pH neutro a 265 nm y aproximadamente 300 nm a pH 14.

Rotación específica

Acido ascórbico: $[\alpha]_{20-D} = -22^\circ$ a -23° (c=2,0 en agua) Ascorbato de sodio: $[\alpha]_{20-D} = +103^\circ$ a 106° (c=5,0 en agua).

Estabilidad

El ácido ascórbico cristalino es relativamente estable en el aire en ausencia completa de humedad, mientras la sal sódica tiende a volverse amarilla. Las soluciones acuosas son atacadas por el oxígeno atmosférico y otros agentes oxidantes; el primer ácido formado, el ácido dehidroascórbico es oxidado posteriormente en forma irreversible. Los álcalis y los iones de metales pesados (por ejemplo, cobre) actúan como catalizadores.

b) Métodos

El ácido ascórbico (AA) es fácilmente oxidado a ácido dehidroascórbico (ADA) y por lo tanto, es necesario

seleccionar las condiciones de extracción en forma cuidadosa con el fin de minimizar las posibles pérdidas debido a las etapas de preparación de las muestras. Las soluciones de extracción más comúnmente utilizadas son las de los ácidos metafosfórico, oxálico y acético y mezclas de ellos. Se puede agregar EDTA en ciertos procedimientos para complejar los iones de los metales así como también agentes reductores como ditiotreitól (DTT).

Básicamente existen dos enfoques diferentes para la determinación del ácido ascórbico:

- La determinación del ácido ascórbico presente en la muestra o en el extracto de muestra ignorando alguna presencia posible de ADA.
- La determinación del ácido ascórbico "total" que incluye la suma de AA y ADA utilizando un método que transforma ya sea AA a ADA o ADA a AA con la consiguiente cuantificación de ADA o AA.

Todos los métodos que utilizan las propiedades reductoras de la molécula de ácido ascórbico pertenecen a la primera categoría. Se pueden utilizar muchos reactivos y de todos ellos, el 2,6-diclorofenolindofenol (DCFI) es ciertamente el más utilizado debido a que su uso es simple y los resultados

son en general confiables. El DCFI es de color azul profundo pero incoloro cuando es reducido por AA. Por lo tanto, es fácil titular volúmenes fijos del extracto de la muestra hasta que permanezca un color rosado y comparar el volumen de reactivo utilizado con aquellos de una solución estándar de concentración conocida de AA. En ciertos casos, no se percibe el cambio de color debido a otros componentes coloreados presentes en el extracto. En estos casos, el punto final de la titulación puede visualizarse midiendo el cambio de potencial en la solución con un electrodo de platino-plata/cloruro de plata (Pt-Ag/AgCl) (23).

Uno de los métodos más específicos que pertenecen a la segunda categoría fue desarrollado por Deutsch y Weeks (24) y se basa en la medición de ADA después de la oxidación de todo el AA utilizando ya sea oxígeno unido a carbón u otro oxidante tal como iodo. El ADA formado es luego derivatizado con o-fenilendiamina para formar un derivado fuertemente fluorescente, el que puede cuantificarse fácilmente por la comparación con soluciones estándares. El método es un procedimiento AOAC de acción final (25).

En años recientes, diversos investigadores han publicado procedimientos que utilizan HPLC para separar y cuantificar AA y/o

ADA. El siguiente procedimiento de ensayo permite la determinación simultánea de AA y ácido eritórico (26) y se ha utilizado para determinar AA en carne, productos cárnicos, alimentos procesados, alimentos enriquecidos, verduras, frutas, leche y bebidas.

Extracción

El material (1-5 g) es extraído con 25-50 ml de ácido metafosfórico 0,5% que contiene ditiotreitól 0,2% (DTT) utilizando un homogenizador o mediante agitación. Después de la centrifugación, el extracto es diluido con buffer acetato pH 4,8 que contiene DTT 0,2%, se filtra usando un filtro de 0,45 μm y se inyecta en el HPLC.

El Cuadro 10 muestra las condiciones de HPLC.

c) Resumen

1. La determinación del ácido ascórbico puede realizarse fácilmente mediante titulación con DCFI pero sólo se está determinando AA y en algunos casos pueden ocurrir interferencias.

2. El método de Deutsch y Weeks con el derivado de quinolina fluorescente formado con fenilendiamina proporciona una

manera confiable de medir la vitamina C "total".

3. Si ha de determinarse el ácido ascórbico "total", HPLC puede proporcionar una alternativa

confiable suponiendo que utilizan condiciones apropiadas extracción para la reducción ADA a AA previo a cuantificación con HPLC.

Cuadro 10
Condiciones de cromatografía para ácido ascórbico

Columna	Acero inoxidable; 250x4,0 m
Fase estacionaria	Hypersil ODS (Shandon), 5 µm
Fase móvil	Buffer acetato ^a : Metanol: Agua (15:40:945)
Flujo	0,8 ml/min
Presión	90 bar
Volumen de inyección	10-20 µl
Detección	UV: 254 nm
Tiempo de retención	aprox. 6-8 min
Estándar	aprox. 10 µg/ml
Cálculo	Método estándar externo Recuento de área o altura

^a Buffer acetato: 36,8 g de acetato de sodio*3H₂O disueltos en 800 ml de agua, 101 ml de ácido acético, pH ajustado a 3,8 y diluido a 1000 ml con agua

BIBLIOGRAFIA

1. Augustin, J., et al, eds. 1985. Methods of vitamin assay. 4 ed. New York, John Wiley & Sons.
2. Brubacher, G.; Müller-Mullot, W. and Southgate, D.A.T., eds. 1985. Methods for the determination of vitamins in foods. London, Elsevier Applied Science Publishers.
3. Lumley, I.D. Vitamin analysis in foods. In: Ottaway, P.B., ed. The technology of vitamins in foods. Glasgow, Blackie Academic & Professional.
4. Ball, G.F.M. 1988. Fat-soluble vitamin assays in foods analysis. London, Elsevier Applied Science.
5. The Merck Index. 1983. 10 ed.
6. Fingías, P.M., et al. 1995. The certification of the mass fraction of vitamins in a margarine, a milk powder and a lyophilized Brussels sprout powder reference material. Brussels, Commission of the

- European Union. (CRMs 122,421 & 431). In Press.
7. Pocklington, W.D. and Diefenbacher, A. 1988. (Pure & Appl. Chem. 60:877-892).
8. National Research Council. Commission on Life Sciences. Subcommittee on the Tenth Edition of the RDA's Food and Nutrition Board. 1989. Recommended Dietary Allowances. 10 ed. Washington DC, National Academy Press.
9. The Pharmaceutical Codex, Incorporating the British Pharmaceutical Codex. 1979. 11 ed. The Pharmaceutical Press.
10. Bell, J.G. and Christie, A.A. 1973. (Analyst 98:268-273; 99:385-396).
11. Indyk, H.E., et al. 1995. (J. AOAC Int. 78:719-23).
12. Brubacher, W., Müller-ulat, V. and Southgate, D.A.T. 1985. Methods for the determination of vitamins in foods recommended by COST 91. London, Elsevier Applied Science Publishers. pp. 51-65.
13. Bognar, A. 1981. Determination of thiamine and riboflavin in food by using HPLC. Deutsche Lebensm. (Rundschau 77: 431-436).
14. Schüep, W. and Steiner, K. 1988. In: Keller, H.E., ed. Analytical methods for vitamin and carotenoids in feed. (Roche Publication 2101:30-32).
15. Ollilainen, et al. 1990. (J. Micronutrient Analysis 8:199-207).
16. Fingás, P.M. and Faulks, R.M. 1984. (Food Chem. 15:37-44).
17. AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15 ed. (Section 961.15:1089-1091).
18. Roche, Grenzach. 1988. In: Keller, H.E., et al. Analytical methods for vitamin and carotenoids in feed. (Roche Publication 2101). pp. 36-38.
19. Bell, J.G. 1984. Microbiological assay of vitamins of the B-group in foodstuffs. (Laboratory Practice 23:235-242).
20. Frigg, M. and Brubacher, G. 1976. Biotin deficiency in chicks fed a wheat-based diet. (International J. Vitamin and Nutrition Research 46:314-321).
21. AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15 ed. (Section 994.13:1084-1085).

22. Pongracz, G. 1988. In: Keller, H.E.,ed. Analytical methods for vitamin and carotenoids in feed. (Roche Publication 2021). pp. 20-22.
23. Deutsch, MJ. and Weeks, CE. 1965. (J. Assoc. Official Anal. Chem. 48:1249-1256).
24. AOAC. 1990. Official methods for analysis. 15 ed. (Section 967.22; 984,26:1059-1061).
25. Schüep, W. and Keck, E. 1990. (Z Lebens Unters Forsch 191:290-292).

CAPITULO 18

ANALISIS DE CAROTENOIDES

Delia Rodríguez Amaya

INTRODUCCION

El análisis de carotenoides puede tomar, dependiendo del grado de información deseado, tres caminos: i) determinación solamente de las provitaminas A; ii) determinación de las provitaminas y de los principales carotenoides no provitamínicos A; y iii) determinación de la composición completa de los carotenoides. Considerando la gran dificultad asociada a la tercera opción y también debido a la importancia fisiológica recientemente reconocida para los carotenoides sin actividad provitamínica A, la segunda es probablemente la estrategia más correcta para la obtención de datos para tablas de composición de alimentos.

Independientemente del camino a seguirse, tres factores dificultan los análisis: i) el gran número de carotenoides naturales; ii) la variación cualitativa y cuantitativa en la composición de carotenoides en alimentos; y iii) el posible deterioro durante el análisis al tratarse de compuestos altamente insaturados (1-3).

Los errores típicos son: i) extracción incompleta; ii) pérdidas en la saponificación, lavadas y partición; iii) separación cromatográfica incompleta; iv) identificación errónea; v) errores en la cuantificación y cálculo; y vi) isomerización y oxidación durante el análisis.

Es imprescindible que se implanten en forma rigurosa las debidas precauciones para evitar la formación de artefactos y pérdidas cuantitativas durante el análisis. Entre éstas se destacan: i) ejecución de los análisis lo más rápido posible; ii) protección contra la luz; iii) no utilización de alta temperatura; iv) uso de solventes de grado analítico o destilados, libres de impurezas destructivas (por ejemplo, éter etílico y tetrahidrofurano libres de peróxidos, cloroformo libre de ácido); v) exclusión del oxígeno (por ejemplo, aplicación de vacío, atmósfera de N₂ o argón); y vi) empleo de agentes antioxidantes y neutralizantes (4,5). Las muestras frescas, si son cortadas o picadas, deben ser inmediatamente extraídas para prevenir la oxidación enzimática.

Es bien sabido que la composición de los carotenoides varía en función de factores tales como el cultivar o la variedad, estado de maduración, clima, composición del suelo, parte de la planta utilizada, duración de la postcosecha, procesamiento y almacenamiento (6). Por lo tanto, el muestreo es de absoluta importancia y los resultados deben ser acompañados por informaciones adicionales (por ejemplo, especificando cultivar, estado de maduración, parte analizada, origen geográfico). Los errores en el muestreo pueden superar los del propio análisis.

El procedimiento general de los análisis consiste de: i) extracción; ii) partición con éter de petróleo o hexano; iii) saponificación; iv) concentración; v) separación cromatográfica; y vi) identificación y cuantificación. La partición puede ser eliminada en los métodos que emplean HPLC (cromatografía líquida de alta eficiencia). La saponificación se usa para remover clorofilas y lípidos indeseables y en hidrolizar hidroxicarotenoides esterificados con ácidos grasos, liberando los carotenoides. Sin embargo, esta etapa debe ser evitada siempre que sea posible, puesto que puede causar degradación y producir compuestos artificiales (7), además de prolongar el análisis.

ETAPAS PRECROMATOGRÁFICAS

Los carotenoides son normalmente extraídos con solventes orgánicos miscibles en agua como acetona, metanol o etanol, siendo el primero el más utilizado. Con la introducción de la HPLC en el análisis de carotenoides, el tetrahidrofurano está siendo muy utilizado. La muestra (cuya cantidad depende del contenido de carotenoides) es macerada con acetona fría en un homogenizador eléctrico (por ejemplo, "waring blender") con vaso de vidrio o acero inoxidable, durante lo 2 minutos, seguido de un paso de filtración en embudo Büchner o de vidrio. Para

aumentar la extractabilidad de algunos tejidos resistentes a la penetración del solvente, se coloca inicialmente la muestra finamente picada en el solvente por cerca de 20 minutos en la heladera. Otras muestras como la calabaza y el maíz pueden ser homogenizadas con pequeñas cantidades de agua antes de la extracción. Las muestras secas deben ser rehidratadas antes de ser extraídas. La extracción y filtración deben ser repetidas hasta que el residuo aparezca sin color (2 o 3 veces).

Los carotenoides son transferidos a éter de petróleo o hexano (a veces con éter etílico), preferencialmente de forma suave y gradual en un embudo de separación. Para evitar la formación de emulsión, la cual es difícil de deshacer y ocasiona pérdidas de carotenoides que pasan para la fase acuosa, se adiciona el extracto en varias porciones al éter de petróleo que se encuentra en el embudo. Después de cada incremento, se agrega agua contra la pared interna del embudo de tal forma que no haya agitación. Una vez separadas las fases, se descarta la inferior y se repite el proceso adicionando una nueva porción del extracto. Cuando todo el extracto se encuentra en el embudo, se lava otras cuatro o cinco veces con agua para retirar la acetona residual. La fase de éter de petróleo con los carotenoides es después secada con sulfato de sodio anhidro y concentrada en un rotavapor a menos de 35°C.

La mejor manera de efectuar la saponificación, cuando es necesaria, es adicionando a la solución de carotenoides en éter de petróleo, igual volumen de KOH metanólico al 10%. La reacción se realiza durante la noche, en la obscuridad y a temperatura ambiente. La solución de carotenoides es lavada cinco veces con agua en un embudo de separación para retirar el álcali y después secar con sulfato de sodio anhidro.

SEPARACION CROMATOGRAFICA

La cromatografía en capa delgada (TLC) ha sido muy útil en el análisis cualitativo, especialmente en el monitoreo de reacciones químicas. Sin embargo, esta técnica ha tenido poca aplicabilidad en análisis cuantitativos debido a la posibilidad de isomerización y degradación de los carotenoides en una superficie altamente expuesta. La cromatografía en fase de gas no es apropiada por causa de la termolabilidad y falta de volatilidad de los carotenoides. El método tradicional para separar estos compuestos es la cromatografía descendente en columna (flujo por gravedad auxiliado con trompa de vacío) llamada cromatografía en columna abierta (CCA). La separación es seguida visualmente.

Los adsorbentes (fase estacionaria) más comúnmente usados en CCA son

el MgO:Hiflosupercel en varias proporciones y la alúmina neutra desactivada. La sílica no es recomendada porque su acidez inherente puede causar degradación o isomerización de los carotenoides. De las muchas combinaciones de solventes, las más comúnmente utilizadas en la elución son el éter de petróleo o hexano, con porcentajes crecientes de éter etílico y acetona.

Esta técnica (8,9) ha sido hasta ahora empleada en el laboratorio de la autora en Campinas para determinar la composición cuantitativa de carotenoides en alimentos brasileños. El concentrado de carotenoides es aplicado como una cobertura delgada al extremo superior de una columna de MgO: Hiflosupercel (1:1 o 1:2) previamente embebida en éter de petróleo. La columna es preparada con una columna de vidrio (2 d.i. x 20 cm) empacada con adsorbente hasta una altura de 10 cm según la AOAC(10). La cromatografía se desarrolla con los siguientes eluyentes: éter de petróleo, 1, 2 y 5% de éter etílico en éter de petróleo y después acetona en éter de petróleo, aumentando de 1% hasta 100%, si se hace necesario. La proporción de MgO:Hiflosupercel y los volúmenes y porcentajes de los solventes de elución son adaptados a la composición de carotenoides de la muestra. La separación completa de los carotenoides, especialmente los presentes en cantidades trazas, frecuentemente necesita de cromatografía en columnas de

MgO:Hiflosupercel o alúmina de aquellas fracciones obtenidas de la primera columna.

La HPLC es la técnica preferida en la actualidad, especialmente en países desarrollados (11-14). La mayoría de los métodos utiliza HPLC de fase inversa con columna C₁₈, en la cual las interacciones son suaves, por lo tanto evitando la degradación de los carotenoides durante la cromatografía. Las fases móviles más comunes son las combinaciones de acetonitrilo, metanol, diclorometano, tetrahidrofurano, cloroformo y acetato de etilo. La elución isocrática es más simple, reproducible y rápida y es recomendada para la determinación de las provitaminas A o los carotenoides principales. Sin embargo, a pesar de las desventajas de ser más compleja y requerir el reequilibrio entre análisis, la elución con gradiente es necesaria para una separación más completa de los carotenoides. De hecho, a pesar de la amplia citación del gran poder de resolución de la HPLC, difícilmente una única separación es suficiente para resolver todos los carotenoides de una muestra alimenticia. También, para muestras de alimentos, es importante usar precolumnas de protección para prevenir la entrada de impurezas a la columna analítica y prolongar así su vida útil.

En CCA, la resolución y reproducibilidad de la separación depende de la habilidad y experiencia del analista, particularmente en su

destreza en empacar la columna, ajustar los volúmenes y porcentajes de los solventes de elución y visualizar las bandas. Sin duda, la HPLC tiene mayor potencial de resolución y reproducibilidad. Sin embargo, las propiedades de las columnas para HPLC de diferentes fabricantes varían significativamente; de hecho, se han observado diferencias entre lotes de columnas del mismo fabricante o dentro de un mismo lote. El desempeño de la columna también puede cambiar de un análisis para otro y, más acentuadamente, de un día para otro, especialmente cuando existe oscilación de la temperatura.

IDENTIFICACION

Una identificación conclusiva es un requisito fundamental en la obtención de datos confiables. Desafortunadamente, al examinar la literatura del área de alimentos, se nota que este aspecto no ha recibido su debida atención. En algunos trabajos empleando HPLC, los picos de los cromatogramas son designados con nombres de carotenoides sin haber evidencias concretas de la identificación. Esto ha ocasionado que las autoridades mundiales en carotenoides establezcan criterios mínimos de identificación:

- espectro de absorción UV/visible de acuerdo con el cromóforo sugerido

- propiedades cromatográficas concordantes en dos sistemas diferentes, preferencialmente R_f (TLC) y tR (HPLC), inclusive co-cromatografía con patrón auténtico y
- espectro de masa que confirme por lo menos la masa molecular.

Datos cromatográficos (orden de elución de la columna, tR en HPLC, R_f en TLC) proporcionan las primeras indicaciones sobre la identidad, pero no deberían ser usados como único criterio. Los valores de R_f y tR son difícilmente reproducibles. La co-cromatografía es prueba definitiva para excluir posibles identificaciones cuando el incógnito se separa de los patrones; pero no es conclusiva para una identificación positiva. El espectro visible permanece como el medio de diagnóstico más accesible al investigador. Las longitudes de onda de absorción máxima (λ_{max}) y la forma del espectro son características del cromóforo de enlaces dobles conjugados (cadena poliénica) y ciertas otras propiedades estructurales (4, 15). No obstante, hay casos de carotenoides diferentes con el mismo cromóforo (por ejemplo β -caroteno y sus xantofilas β -criptoxantina y zeaxantina), los cuales no pueden ser distinguidos por el espectro de absorción. El tipo, localización y número de grupos funcionales en las xantofilas (carotenoides que contienen sustituyentes oxigenados) pueden ser

verificados con reacciones específicas para los grupos (4, 16, 17). Estas reacciones pueden ser ejecutadas rápidamente con pequeñas cantidades de los carotenoides desconocidos y monitoreadas por espectrometría UV/visible, TLC o HPLC. Las pruebas químicas más importantes son la reducción de aldehidos y ceto-carotenoides con $NaBH_4$ o $LiAlH_4$, acetilación de grupos hidroxílicos primarios o secundarios con anhídrido acético, metilación de grupos hidroxílicos alílicos con metanol acidificado y rearrreglo epóxido-furanoide catalizado por ácido. La espectrometría de masa por impacto de electrones suministra las masas moleculares y fragmentaciones típicas de ciertos grupos o ciertas características de los carotenoides. Esta técnica, sin embargo, no es accesible a la mayoría de los laboratorios. Carotenoides comunes, bien conocidos, pueden ser identificados concluyentemente mediante la combinación consciente de datos cromatográficos, espectros de absorción y reacciones químicas específicas (18).

La introducción del detector "photodiode array" en HPLC facilita la caracterización de los carotenoides ya que los espectros de absorción pueden ser obtenidos automáticamente "on line". Por otro lado, las mayores cantidades de carotenoides separados, obtenidas en CCA, permiten la aplicación de los varios medios de identificación mencionados.

CUANTIFICACION

En la CCA, la cuantificación es relativamente fácil. Las fracciones colectadas (identificadas) son cuan-

tificadas espectrofotométricamente, conforme la ley de Beer. Las concentraciones de los carotenoides son calculadas según la fórmula:

$$\text{Carotenoides } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{Absorción x volumen (ml) x } 10^6}{A_{1\text{ cm}}^{1\%} \times 100 \times \text{peso de la muestra (g)}}$$

Los valores de $A_{1\text{ cm}}^{1\%}$ se encuentran tabulados (4, 19, 20).

El énfasis primordial en la HPLC es la separación de los carotenoides. De entre numerosos trabajos sobre la aplicación de la HPLC en el análisis de carotenoides en alimentos, apenas algunos pocos incluyeron cuantificación. En los artículos de revisión o capítulos de libros, el espacio dedicado a la cuantificación es notablemente reducido, desproporcionalmente a su importancia. A pesar de la frecuente afirmación de que HPLC es la técnica más exacta, sensible y reproducible para el análisis cuantitativo de carotenoides, en la práctica los datos reportados son inconsistentes (1, 21, 22). Es sorprendente que algunas veces los picos que aparecen como hombros de otros picos mayores o picos altamente sobrepuestos son cuantificados sin ningún comentario sobre la inexactitud de tal práctica.

La cuantificación en HPLC sería fácil si la normalización (porcentajes por

áreas) pudiera ser utilizada. Datos obtenidos de esta manera pueden ser considerados solamente como estimativos ya que los carotenoides poseen diferentes coeficientes de absorción y máximos de absorción en longitudes de onda diferentes, además de la necesidad de conocer las concentraciones absolutas (peso de cada carotenoide por peso de la muestra) en alimentos. Para obtener las concentraciones de los carotenoides en alimentos se requiere calibración interna o externa. Las curvas de calibración son construidas con patrones cuyas concentraciones son determinadas espectrofotométricamente como fue descrito antes. La exactitud de los resultados obviamente depende de la pureza de los patrones y del grado de exactitud con que sus concentraciones son conocidas. Se conoce el caso de dos investigadores que demostraron una gran variación en la pureza de *trans*-P-caroteno adquirido comercialmente (23, 24),

necesitándose de una purificación antes de su utilización. Además del β -caroteno, sólo el α -caroteno está comercialmente disponible. Los patrones para los otros carotenoides deben ser obtenidos de fuentes naturales, aislados y purificados por CCA, TLC y HPLC. Adicionalmente y a pesar de afirmarse lo contrario, los patrones sufren degradación después de abierto el recipiente sellado. Las soluciones patrón deben ser usadas recién preparadas, tener su concentración verificadas por espectrometría y su pureza por TLC o HPLC. Por lo tanto, el mayor problema de HPLC es la dificultad para obtener y preservar los patrones puros de carotenoides, especialmente para la calibración externa donde es necesario inyectar frecuentemente los patrones. Además, el alto costo del instrumento, columnas, solventes y los servicios de mantenimiento limita el uso de esta técnica en los países en desarrollo.

Comparaciones directas entre los métodos de CCA y HPLC mostraron que cualquiera de estas técnicas puede ser usada para la determinación de las provitaminas A o los principales carotenoides (25, 26). Para la determinación de la composición completa de los carotenoides, la HPLC posee la ventaja de una mayor resolución; sin embargo, problemas en la identificación y cuantificación pueden complicar los análisis. Típicamente, la composición en

carotenoides de los alimentos está constituida por algunos pocos carotenoides principales (1 a 4) y muchos carotenoides en niveles de trazas. Son estos carotenoides minoritarios los que dificultan los análisis, sea por CCA o por HPLC.

En años recientes, hubo una preocupación sobre la necesidad o no de separar los isómeros *cis* (presentes en cantidades pequeñas) y *trans* de las provitaminas A, sabiendo que los isómeros *cis* tienen biopotencias más bajas que los carotenoides *trans* correspondientes. La presencia de provitaminas *cis* ya fue investigada en numerosas muestras en el Brasil (28-29). La separación de isómeros no se justifica en frutas *in natura*, pues las provitaminas *cis* no fueron detectadas o se encuentran en niveles muy bajos. Por otro lado, varias hortalizas, especialmente las verdes, y productos procesados, presentaron isómeros *cis* en concentraciones variadas y significativas, demostrándose así la importancia de la separación de esos isómeros. Sin embargo, esta separación torna el análisis todavía más complejo. Por lo tanto, antes de incluir estas sofisticaciones en los métodos oficiales, las bioactividades de las provitaminas A deben ser reevaluadas, utilizándose procedimientos más específicos, sensibles y apropiados para su extrapolación a la nutrición humana antes que al crecimiento de ratas.

Agradecimientos

La autora agradece a la FAPESP y el CNPq por el apoyo financiero, sin el cual no hubiera sido posible la experiencia propia de este campo.

BIBLIOGRAFIA

1. Rodriguez-Amaya, D.B. 1989. Critical review of provitamin A determination in plant foods. (J. Micronutr. Anal. 5:191-225).
2. Rodriguez-Amaya, D.B. 1990. Provitamin A determination - Problems and possible solutions. (Food Nutr. Bull. 12(3):246-250).
3. Rodriguez-Amaya, D.B. and Amaya-Farfan, J. 1992. Estado actual de los métodos analíticos para determinar provitamina A. (Arch. Latinoamer. Nutr. 42:180-191).
4. Davies, B.H. 1979. Carotenoids. In: Goodwin, T.W., ed. Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments. 2 ed. London, Academic Press. v 2. pp. 38-65.
5. Schiedt, K. and Liaaen-Jensen, S. 1995. Isolation and analysis. In: Britton, G.; Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H., eds. Carotenoids. Basel, Birkhäuser Verlag. v 1A. pp. 81-108.
6. Rodriguez-Amaya, D.B. 1993. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: Charalambous, G., ed. Shelf-Life Studies of Foods and Beverages; Chemical, Biological, Physical and Nutritional Aspects. Amsterdam, Elsevier Science Publishers. pp. 547-589.
7. Kimura, M.; Rodriguez-Amaya, D.B. and Godoy, H.T. 1990. Assessment of the saponification step in the quantitative determination of carotenoids and provitamins A. (Food Chem. 35:187-195).
8. Rodríguez, D.B., et al. 1976. Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia*. (Ann. Bot. 40:615-624).
9. Rodriguez-Amaya, D.B., et al. 1988. Assessment of provitamin A determination by open column - visible absorption spectrophotometry. (J. Chromatogr. Sci. 26:624-629).
10. Deutsch, MJ. 1990. Vitamins and other nutrients. In: Helrich, K., ed. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15 ed. Arlington, Association of Official Analytical Chemists. v 2. pp. 1045-1114.
11. Craft, N.E. 1992. Carotenoid reversed-phase high-performance

- liquid chromatography methods; Reference compendium. (Meth. Enzym. 213:185-205).
12. Khacik, F., et al. 1992. Separation and quantitation of carotenoids in foods. (Meth. Enzym. 213:347-359).
13. Pfander, H.; Riesen, R. and Niggli, U. 1994. HPLC and SFC of carotenoids - scope and limitations. (Pure Appl. Chem. 66:947-954).
14. Pfander, H. and Riesen, R. 1995. Chromatography; Part IV High Performance Liquid Chromatography. In: Britton, G.; Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H., eds. Carotenoids. Basel, Birkhäuser Verlag. v 1A. pp. 145-190.
15. Britton, G. 1995. UV/visible spectroscopy. In: Britton, G.; Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H., eds. Carotenoids. Basel, Birkhäuser Verlag. v 1B. pp. 13-62.
16. Liaaen-Jensen, S. 1971. Isolation, reactions. In: Isler, O., ed. Carotenoids. Basel, Birkhäuser Verlag. pp. 61-188.
17. Eugster, C.H. 1995. Chemical derivatization: microscale tests for the presence of common functional groups in carotenoids. In: Britton, G.; Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H., eds. Carotenoids. Basel, Birkhäuser Verlag. v 1A. pp. 71-80.
18. Mercadante, A.Z. and Rodriguez-Amaya, D.B. Identification of mango carotenoids by HPLC-diode array detector, chemical reactions and mass spectrometry. (Trabalho apresentado no Institute of Food Technologists' Annual Meeting and Food Expo, Atlanta).
19. De Ritter 1981. Carotenoid analytical methods. In: Bauernfeind, J.C., ed. Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. New York, Academic Press, pp. 883-923.
20. Britton, G. 1985. General carotenoid methods. (Methods Enzymol. 111: 113-149).
21. Wilberg, V.C. and Rodriguez-Amaya, D.B. 1993. Quantificação de ζ -caroteno e licopeno em tomate e em alguns dos seus produtos por CLAE. (Cienc. Tecnol. Aliment. 13:132-141).
22. Wilberg, V.C. and Rodriguez-Amaya, D.B. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. (Lebensm. Wiss. Technol). In Press.
23. Quackenbush, F.W. and Smallidge, R.L. 1986. Non-aqueous reverse phase liquid chromatographic system for

- separation and quantitation of provitamin A. (J. Assoc. Off. Anal. Chem. 69:767-772).
24. Craft, N.E.; Sander, L.C. and Pierson, H.F. 1990. Separation and relative distribution of all-*trans*- ζ -*carotene* and its *cis* isomers in δ -*carotene* preparations. (J. Micronutr. Anal. 8: 209-221).
25. Carvalho, P.R.N.; Collins, C.H. and Rodriguez-Amaya, D.B. 1992. Comparison of provitamin A determination by normal-phase gravity-flow column chromatography and reversed-phase high performance liquid chromatography. (Chromatographia 33:133-137).
26. Adewusi, S.R.A. and Bradbury, J.H. 1993. Carotenoids in cassava: Comparison of open-column and HPLC methods of analysis. (J. Sci. Food. Agric. 62:375-383).
27. Godoy, H.T. and Rodriguez-Amaya, D.B. 1994. Occurrence of *cis*-isomers of provitamin A in Brazilian fruits. (J. Agric. Food Chem. 42:1306-1313).
28. Rodriguez-Amaya, D.B. and Tavares, C.A. 1992. Importance of *cis*-isomers in determining provitamin A in tomato and tomato products. (Food Chem. 45:297-302).
29. Godoy, H.T. and Rodriguez-Amaya, D.B. 1994. Occurrence of *cis*-isomers of provitamin A in Brazilian vegetables. (J. Sci. Food Agric). In Press.

CAPITULO 19

SISTEMA PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS DATOS PUBLICADOS DE NUTRIENTES: SELENIO, UN CASO DE PRUEBA

*Joanne M. Rolden
Anita Schubert
Wayne R. Wolf y
Gary R. Beecher*

INTRODUCCION

Los datos de composición de alimentos son utilizados por nutricionistas, dietistas y epidemiólogos para evaluar la adecuación de la dieta de grupos, subgrupos e individuos de la población. Se usan para determinar las políticas de gobierno a nivel regional y de país en relación a los programas de nutrición y alimentación y otros esfuerzos de salud pública. Los datos relativos a la evaluación de nutrientes y contaminantes como plaguicidas se utilizan para formular las políticas de agencias regulatorias como por ejemplo la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) de Estados Unidos. Además, la industria de alimentos usa los datos de composición de alimentos como ayuda a la rotulación de alimentos, aseguramiento de la calidad y desarrollo de productos. En forma ideal, los datos a utilizar para tal evaluación y formulación de políticas deberían ser exactos y precisos mediante estándares analíticos y deberían representar tanto los estándares cualitativos y cuantitativos como la distribución cualitativa y cuantitativa de nutrientes u otros componentes encontrados en el suministro de alimentos consumidos por el grupo o los individuos que serán estudiados. Debido a que los datos obtenidos de modo de cumplir con todos estos requerimientos son escasos, se necesita hacer evaluaciones críticas de las limitaciones de los datos publicados disponibles.

Los datos de composición de alimentos de calidad y cantidad variable pueden recolectarse de muchas fuentes diferentes. Pueden obtenerse de fabricantes de productos alimentarios; éstos pueden incluir valores individuales para replicados o valores promedio para muestras específicas. Los datos pueden tomarse de las etiquetas de los alimentos. Ciertos datos se obtienen directamente de análisis de alimentos adquiridos y muestreados específicamente con el propósito de determinar su composición. Estos estudios pueden estar o no publicados. Los datos de composición de alimentos también pueden recolectarse de la literatura científica como resultados indirectos del desarrollo de metodología analítica, ensayos de alimentación animal, ensayos de tratamiento de suelos y estudios de biodisponibilidad. Mientras estos estudios publicados pueden cumplir los objetivos señalados, no toda la información puede ser adecuada para usar en las tablas y bancos de datos de composición de alimentos. Dado que los requerimientos de los usuarios de datos pueden ser diversos, se debería evaluar la conveniencia de incluir datos específicos en una base de datos de acuerdo a criterios objetivos que sean conocidos por los usuarios de los datos. Es necesario algún indicador de calidad de los datos para cada nutriente en cada alimento para proporcionar al usuario de los datos una medición de la confiabilidad y utilidad de valores específicos de la base de datos.

El principal objetivo de este trabajo fue desarrollar un conjunto de criterios que podrían aplicarse a los datos analíticos publicados (un subconjunto de datos de nutrientes disponibles) para cualquier nutriente específico o componente en los alimentos. Se seleccionó el selenio (Se) como un caso de prueba para estos criterios debido al alto interés en este nutriente y la necesidad de evaluar exactamente la ingesta de Se en una serie de estudios en marcha en humanos. Además, los datos publicados de Se han sido generados por un número limitado de métodos analíticos satisfactorios y constituyen una serie de datos finitos adecuados para probar un sistema de criterios.

Un objetivo secundario fue proporcionar a los analistas una serie de guías para diseñar estudios de composición de nutrientes e informar sus resultados. Tales guías también pueden utilizarlas editores de revistas y sus revisores para evaluar los artículos científicos enviados a publicación y para producir detalles de un estudio que sea importante para los compiladores de datos de composición de nutrientes.

Los criterios desarrollados específicamente para Se se aplicaron al grupo de datos de Se disponibles en la literatura científica. Los puntajes determinados en el proceso fueron combinados para producir un código de confiabilidad (CC) para el valor promedio de Se de cada ítem

alimentario revisado. Este documento describirá estos criterios y su aplicación y dará varios ejemplos. Una tabla de alimentos con sus concentraciones de Se, los respectivos CC y las referencias específicas será publicada en forma separada.

ANTECEDENTES

En 1980, los científicos del Laboratorio de Composición de Nutrientes del Servicio de Investigación Agraria y la Unidad de Investigación de Datos de Nutrientes del Servicio de Información de Nutrición Humana de los Estados Unidos reconocieron la necesidad de contar con criterios objetivos que evaluaran los datos de composición de alimentos. Las discusiones llevaron al desarrollo de criterios de calidad de datos, los cuales se utilizaron para evaluar los datos de hierro para la publicación de la tabla provisoria de *Contenido de Hierro de los Alimentos* (1)-

Los diversos estudios para alimentos específicos fueron evaluados según los criterios en tres categorías: i) documentación del método analítico, ii) manejo de la muestra y si el método analítico era apropiado y, iii) control de calidad (analítico). Los puntajes para estos criterios llevaron a la asignación de un CC, el cual apareció en la tabla de hierro adyacente a la concentración promedio de hierro.

Por primera vez, se proporcionó a los usuarios de una tabla de composición de nutrientes, una medida o grado de confianza en el valor promedio para ese alimento en particular. Los asteriscos adjuntos al CC indicaban un número limitado de fuentes o el grado de variabilidad.

Recientemente, Stewart (2) reiteró la importancia de evaluar los datos de los nutrientes para su inclusión en las bases de datos. Recomendó varias actividades críticas que contribuyen a la generación de datos analíticos de alta calidad en los alimentos, incluyendo: i) el desarrollo de métodos analíticos apropiados y validados, ii) el uso de técnicas confiables de muestreo de alimentos para asegurar la representatividad de las muestras y iii) el uso de sistemas adecuados de control de calidad en conjunto con metodologías validadas para asegurar la producción de datos validados de composición.

Aunque no se conocen otros esfuerzos similares en el campo de los datos de composición de alimentos, algunos investigadores en otros campos han estado preocupados de los sistemas de evaluación de la calidad de los datos. W. Mabey y cols. (3) han publicado recientemente un sistema similar de criterios para utilizarse en la evaluación de datos cuantitativos a incluir en una base de datos para evaluación ambiental. Para cada una de las cuatro categorías principales, se presentaron listas específicas de

criterios para permitir una evaluación completa de cada dato, dando como resultado la derivación de un índice de calidad de datos. Este índice señala al usuario de la base de datos que se ha realizado una evaluación objetiva de los datos y debería ayudar a educar a los usuarios y generadores de datos y también a mejorar la excelencia total de los datos.

PROCEDIMIENTO

El sistema de criterios objetivos descrito aquí para la evaluación de datos de composición de nutrientes publicados refleja los conceptos básicos descritos por Exler (1) e incorpora los aspectos críticos citados por Stewart (2).

El sistema involucra varias etapas (Gráfico 1):

- a) el desarrollo de categorías de criterios para incluir aspectos claves relacionados con la metodología analítica y el muestreo;
- b) revisión de la literatura y recolección de aquellas publicaciones que informaron el contenido de alimentos y la metodología relacionada;
- c) definición de criterios en cada categoría en cuatro niveles de puntaje para reflejar los aspectos

específicos que forman parte de la evaluación de la literatura que informa el contenido de Se en los alimentos;

d) asignación de puntajes para cada criterio por publicación y por ítem alimentario;

e) derivación del índice de calidad, IC, para cada estudio; y

f) derivación del valor promedio y CC para el contenido de Se en cada alimento al combinar los datos de los estudios aceptables.

Se desarrollaron cinco categorías generales para evaluar los datos para cada ítem alimentario: i) número de muestras, ii) método analítico, iii) manejo de la muestra, iv) plan de muestreo y, v) control de calidad analítico. Estas categorías identifican los aspectos esenciales para cualquier estudio relacionado con la composición de alimentos. Se estableció una escala de puntaje de 0 (inaceptable) a 3 (el más deseable). Dentro de cada categoría, los criterios para cada nivel de puntaje fueron definidos específicamente para Se.

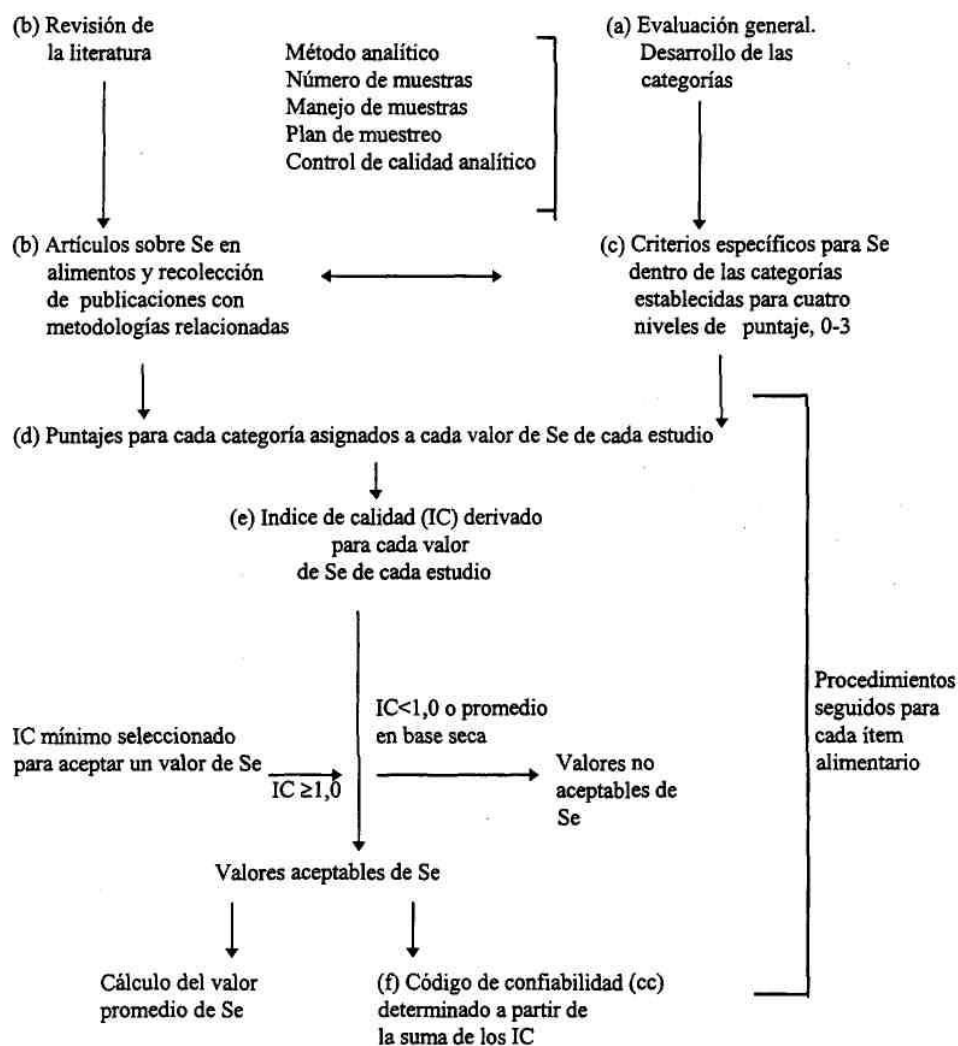
El establecer los criterios demandó el conocimiento de la metodología aceptada, los procedimientos de manejo de muestra y las medidas de control de calidad específicas para este nutriente. Además, se requirió el conocimiento de métodos estadísticos

para las categorías de plan de muestreo y el número de muestras.

Los criterios de puntaje se mencionan en el Cuadro 1 y se describen en detalle más adelante. En general, el nivel de documentación y lo apropiado de los procedimientos se abordan dentro de cada categoría.

Una extensa búsqueda de la literatura produjo aproximadamente 65 publicaciones (de 33 revistas, informes, resúmenes y libros diferentes) publicados después de 1960 que informan datos analíticos y originales de Se en alimentos. Varias referencias incluyen datos de más de un estudio. Las publicaciones publicadas antes de 1960 fueron recolectadas con propósitos históricos, pero no se incluyeron los datos en esta evaluación debido a la dificultad de evaluar la validez de la metodología utilizada y la posible falta de importancia de aquellos datos para los estudios actuales de consumo de alimentos debido a los cambios posibles en el producto alimentario durante los últimos 25 años. Las publicaciones de metodologías citadas en los artículos también fueron recolectadas. Además, se incluyó los recientes datos de los Estudios de Dieta Total del FDA, no publicadas al momento de esta evaluación (4), debido a que este programa es uno de los pocos que ha analizado los alimentos tal como son consumidos (alimentos coicidados y mezcla).

Gráfico 1
Diagrama de flujo del sistema de evaluación para los datos
publicados de setenio



Los datos de los años fiscales 1982/83 y 1983/84 fueron tratados en forma separada, proporcionando los conjuntos promedios para cada ítem alimentario analizado. Dado que el

enfoque de esta publicación fue el contenido de Se en alimentos consumidos habitualmente por los estadounidenses, se recolectaron sólo aquellos estudios que analizaron

alimentos cultivados, procesados o vendidos en los Estados Unidos y Canadá.

Como se mencionó previamente, los datos de cada estudio fueron clasificados según los criterios en una escala de 0 a 3. En general, se asignó un 0 cuando la información no era adecuada para permitir la evaluación de los datos de composición de alimentos o cuando ciertos procedimientos o prácticas eran inadecuados. Se asignó un 3 cuando los procedimientos estaban bien documentados y aplicados en forma adecuada.

CRITERIOS

Número de muestras

El rigor estadístico requiere que el número apropiado de muestras para un estudio sea una función de la variabilidad de los nutrientes dentro de la población de cada ítem alimentario (5). Tanto las fuentes intrínsecas de variación como las fuentes extrínsecas de variación afectan los niveles de Se en los alimentos.

Sin embargo, cuando se evalúa los datos publicados, uno raramente tiene acceso a la magnitud de las fuentes específicas de variación para un alimento determinado. La desviación estándar, cuando se da, es una

indicación de variación total. Alguna variabilidad es evaluada indirectamente por otras categorías de criterios y comprende: el error sistemático intrínseco a la metodología analítica o al manejo de la muestra, la variabilidad atribuible a las diferencias en las marcas y variedades de alimentos analizados, y errores en la exactitud analítica y precisión en la ejecución del método analítico. Se puede utilizar una fórmula estadística para estimar el tamaño de una muestra apropiada si se da el promedio, la desviación estándar y el nivel de error aceptable (5). Sin embargo, el nivel de error seleccionado dependerá de la concentración del nutriente en un ítem alimentario dado y de los límites de detección y de cuantificación (6) para el método analítico. Tal juicio podría hacerse al darse datos suficientes para cada alimento.

Al utilizar un coeficiente predeterminado de variación de un 20% como el límite de error aceptable, se estimó el tamaño de muestra apropiado para un número limitado de estudios donde se informaban las desviaciones estándar. La estimación y el número real de muestras analizadas en cada estudio fueron comparables.

Frente a la ausencia de información adecuada en muchos estudios, particularmente datos de desviación estándar, se optó por hacer una especie de juicio subjetivo sobre los límites del tamaño de la muestra para cada

puntaje: un puntaje 1 para una o dos muestras o cuando el número de muestras no es especificado; un puntaje 2 para tres a diez muestras; y un puntaje 3 para muestras mayores de diez y la inclusión de desviación estándar, error estándar o datos crudos a partir de los cuales puede calcularse la desviación estándar. Un puntaje 0 no es aplicable en esta categoría. A medida que la documentación mejore, será posible evaluar lo apropiado del número de muestras analizadas basándose en consideraciones estadísticas.

Método analítico

Varios aspectos relacionados con el método de análisis son importantes con respecto a los puntajes para el método analítico. La documentación de cualquier método que se utiliza es lo primario: la conveniencia del método no puede determinarse si no se incluyen descripciones o referencias detalladas en otra referencia. Un puntaje 0 se asigna cuando no se describe el método, no se dan referencias o la referencia no está disponible. En algunos casos, el uso de métodos "oficiales" para el análisis de alimentos específicos merece un mayor puntaje. Al uso del método fluorométrico oficial para el análisis de Se, como fue publicado en el

manual de la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC) (7), se le asigna como mínimo un 2. Sin embargo, el uso de un método "oficial" no excluye la atención sobre un segundo problema importante: la validación del método.

Es necesaria la validación del método de ensayo para la matriz general (por ejemplo, carne, grano, grasa) y de preferencia para el ítem alimentario específico en cuestión, para demostrar que pueden obtenerse resultados exactos. El uso de pruebas de recuperación en el alimento mismo o uno similar es un aspecto de la validación metodológica. Se obtienen mayores puntajes para recuperaciones cercanas a 100% y por la similitud entre el alimento en que se efectúan las pruebas y el alimento analizado. El uso de un segundo método con alta consideración en el mismo alimento o similar, es otro aspecto de la validación metodológica.

En el caso del Se, los métodos con alta consideración son el método fluorométrico aprobado por la AOAC, el análisis de activación de neutrones (AAN) y la espectrometría de masa por dilución isotópica. Los resultados analíticos de este segundo método deben estar en buena concordancia con los resultados del método de ensayo, o se le asigna un 0.

Cuadro 1
Criterios de calidad de los datos^a

Puntaje	3	2	1	0
Número de muestras	>10; DE, EE, o datos crudos informados	3-10	1-2 señalado en forma explícita o no	-
Método analítico	Método fluorométrico oficial (referencia dada) u otro método documentado por un documento publicado con estudios de validación para los alimentos analizados, incluyendo el uso de MRE (materiales de referencia estándares) apropiados cuando estén disponibles, 95-105% de recuperación en un alimento similar a la muestra analizada en el mismo u otro documento; concentración de Se sobre el límite de cuantificación del método	Método fluorométrico modificado u otro método, alguna documentación, estudios de validación incompletos para los alimentos analizados; debe incluir recuperaciones de 90- 110% en alimento similar a la muestra analizada (o buena recuperación sin entregar información estadística) y/o uso de otro método (fluorométrico oficial, dilución isotópica o AAN) en la misma muestra con buena concordancia (dentro del 10%)	Método no fluorométrico, parcialmente descrito; recuperaciones de 80-90% o >110% en alimentos similares a la muestra; o uso de métodos de comparación o recuperación en alimento sólo relacionado en alguna forma a la muestra (animal/planta)	Sin documentación de método, sin referencia o sin acceso a referencia, sin estudios de validación o concordancia deficiente (>10%) del método de prueba con el método de comparación en la misma muestra

Cuadro 1 (Continuación)
Crterios de calidad de los datos^a

Puntaje	3	2	1	0
Manejo de la muestra	Documentación completa de los procedimientos, incluyendo el análisis de sólo la parte comestible, validación del método de homogenización, detalles de la preparación del alimento, condiciones de almacenamiento y monitoreo de los cambios de humedad	Procedimientos pertinentes documentados, incluyendo sólo análisis de la parte comestible; procedimientos parecen razonables pero no se informan algunos detalles	Descripción limitada de los procedimientos, incluyendo evidencia del análisis de sólo la parte comestible	Procedimientos totalmente inapropiados o sin documentación de criterios pertinentes para el alimento analizado
Plan de muestreo	Múltiple muestreo geográfico con descripción completa; la muestra es representativa de marcas/variedades comúnmente consumidas o comercializadas	1 o 2 áreas geográficas muestreadas; la muestra es representativa	Muestra representativa de pequeño porcentaje de EE.UU. y/o origen no claro	No descrito o muestra no representativa
Control de calidad analítico	Exactitud y precisión óptima del método. Esto monitoreado y señalado explícitamente por los datos	Documentación de la evaluación de la exactitud y precisión del método; exactitud y precisión aceptables	Alguna descripción mínimamente aceptable de exactitud y precisión del método	Sin documentación de la exactitud y/o precisión

^a Ver el texto para una completa descripción de los criteri

Una buena concordancia se define según la adaptación de los autores a la recomendación de Stewart, como que los valores obtenidos por los métodos comparables deberían estar dentro del 10% entre ellos si la ingesta diaria del alimento proporciona más de un 5% del RDA (Recommended Dietary Allowances) para aquel nutriente (8). Dado que no existe una RDA en EE.UU. para el selenio, se ha utilizado el 5% del extremo menor de la ingesta dietaria diaria segura y adecuada de 50-200 µg de Se, tal como fue recomendado por el Comité de Alimentación y Nutrición del National Research Council (9).

El análisis de un material de referencia estándar (MRE) mediante el método en cuestión y la comparación del valor obtenido con el valor certificado y el rango de incertidumbre estimada del MRE es útil para la validación cuando la matriz y la concentración de Se del MRE son similares a aquellas del alimento en cuestión (10). Sin embargo, el pequeño número de MRE que están certificados para Se ha limitado este aspecto a un puntaje de 3 para el método analítico. A medida que aumente la disponibilidad de MRE con una variedad de matrices, se requerirá este aspecto del criterio para los puntajes bajo 3.

Finalmente, se requiere una evidencia que el análisis se realiza sobre el límite de cuantificación del método, tal como fue definido por el Comité de Mejoramiento Ambiental de la

Sociedad Americana de Química (6), para asegurar que el método puede determinar los niveles esperados de Se en el alimento que ha de analizarse. Para un puntaje 3, el límite de cuantificación debe ser definido y estar bajo el nivel de Se informado para el alimento en cuestión.

Otros aspectos relacionados con el método analítico tienen alguna importancia, pero son considerados secundarios a los puntos principales. Uno de ellos se refiere al tamaño de las muestras que son analizadas. El tamaño de la muestra debe ser adecuado en relación a la sensibilidad del método de tal modo que i) la concentración esté sobre el límite de cuantificación y ii) la muestra analizada sea representativa del total del alimento. Este punto no fue incluido en los requisitos del método analítico.

En resumen, tres aspectos deben satisfacerse para que los datos obtengan un puntaje de 3: i) una descripción completa del método en la misma publicación o otra publicación accesible; ii) estudios de validación para el alimento en cuestión, las cuales pueden consistir en pruebas de recuperación con un 95% a un 105% de recuperación de Se o en resultados comparables con el uso de un segundo método que tenga una alta consideración, así como también el uso de un MRE adecuado cuando se disponga de éste; y, iii) valores analíticos informados sobre el límite de cuantificación definido del método.

Manejo de la muestra

El manejo de una muestra desde el momento de la adquisición hasta el momento del análisis es crítico para la estabilidad general del nutriente. Por ejemplo, es importante prevenir la pérdida de componentes volátiles para mantener la concentración relativa del nutriente, un factor de importancia para Se. Por lo tanto, la documentación del protocolo de manejo de la muestra es esencial para evaluar los datos pertenecientes a la composición de nutrientes de un alimento. A la carencia de documentación de los procedimientos de manejo de la muestra o al uso de procedimientos inapropiados se les asigna un 0. La contaminación de la muestras de alimentos con Se vía utensilios, accesorios de cocina, molinos o contenedores no es un problema, en contraste con el análisis de otros nutrientes inorgánicos como por ejemplo el zinc y el cromo. Sin embargo, deben conocerse los detalles de la homogeneización, control de la temperatura y otros aspectos de la preparación de la muestra para evaluar la representatividad de una alícuota de muestra tomada de un gran lote de material preparado.

El análisis de la parte comestible debe informarse para asignar un puntaje de 1 o mayor. Por ejemplo, algunos alimentos enlatados deben drenarse, las frutas y vegetales crudos deben pelarse o cocerse y las carnes deben deshuesarse y separarles la grasa si se

acostumbra a consumir estos alimentos de esta manera. Una homogeneización completa del alimento es crítica para alimentos con diversos constituyentes. Ejemplos de estos alimentos son: pescado apanado y frito o aves, mezclas de alimentos y, frutas o verduras consumidas con cáscara o semillas. En forma ideal, una completa homogeneización es verificada analizando porciones de diferentes partes de la mezcla final. Los factores adicionales que deberían informarse para obtener el puntaje más alto son: una descripción detallada del alimento, incluyendo métodos de procesamiento (por ejemplo, si el arroz era pulido, no enriquecido o instantáneo); método de cocción (si existe); condiciones generales de almacenamiento, por ejemplo alimentos congelados mantenidos en forma congelada, alimentos frescos analizados después de recogerlos y mediciones del contenido de volátiles/humedad.

Plan de muestreo

El plan de muestreo del estudio refleja la representatividad de las muestras en relación a la marca o cultivo, método de preparación y origen geográfico del alimento. ¿Es el ítem alimentario en particular típico de lo que consumen muchos estadounidenses? A ninguna descripción del plan de muestreo o al uso de una muestra no representativa se le asigna un 0. Esto incluiría un alimento cultivado bajo condiciones

experimentales de suelo, un alimento cultivado en el jardín de alguien o el alimento preparado en una forma no habitual. Se evaluaron los datos de los estudios de Canadá debido a que algunos alimentos vendidos en Canadá crecían en Estados Unidos -por ejemplo frutas y algunos granos- y por lo tanto, pueden ser representativos de lo que los estadounidenses consumen. Los datos de los alimentos cultivados en suelo canadiense pero que no son exportados a Estados Unidos tuvieron un menor puntaje (0 o 1) para el plan de muestreo dado que el motivo principal de esta investigación eran los alimentos consumidos por los estadounidenses. El uso de marcas populares y formas de alimentos habitualmente consumidas tuvieron un puntaje de 2. La obtención de muestras representativas de los supermercados en más de dos áreas con buena densidad de población tuvo un puntaje de 3. En el caso de los alimentos frescos obtenidos de agricultores o productores, se evaluó , la representatividad del cultivo y de la fuente geográfica tomando como referencia las estadísticas de agricultura (11).

Control de calidad analítico

Para evaluar la calidad de los datos de los nutrientes se necesita la información que detalle la precisión y exactitud aceptables en la ejecución diaria de un método analítico. La exactitud y la precisión son pon-

deradas como aspectos separados del control de calidad analítico. Para cada dato, el menor puntaje de los dos aspectos determina el puntaje en esta categoría.

La exactitud es el grado en que un valor analizado representa o estima el valor "verdadero". Un investigador debe demostrar que el método es capaz de determinar exactamente el nivel del nutriente en un alimento en particular; es decir, un método debe ser validado para cada matriz general, tal como fue descrito en la sección anterior sobre método analítico.

Una vez validado, el método debe realizarse en forma apropiada cada vez que se realice el análisis. La exactitud en el uso diario de un método es uno de los dos elementos que deben monitorearse e informarse para que los datos del estudio obtengan un puntaje favorable en el control de calidad analítico.

La exactitud diaria se moni-torea mediante el análisis de un material de control de calidad que es similar en matriz y concentración de nutriente a la muestra. El análisis de ese material debería incluirse con cada lote de muestras problema o cada día de análisis si varios lotes se corren diariamente. Los materiales de control de calidad pueden ser un MRE como por ejemplo aquellos disponibles del National Bureau of Standards (NBS), los cuales están certificados para nutrientes espe-

cíficos, o pueden ser materiales de referencia secundarios tales como materiales desarrollados especialmente para un estudio y caracterizados por uno o más métodos, incluyendo los métodos de referencia. Los MRE del NBS actualmente disponibles y certificados para evaluar la exactitud de un método para la determinación de Se en los alimentos son: hojas de orquídea 1571 (12), harina de trigo 1567 (13), harina de arroz 1568 (14), hígado de bovino 1577a (15), tejido de ostra 1566 (16) y leche en polvo desgrasada 1549 (17).

Cuando se utiliza un MRE del NBS para juzgar la exactitud, el valor promedio analizado deberá caer dentro del promedio más/menos la incertidumbre estimada, como se señala en el certificado del NBS para que el estudio obtenga un 3. El uso de un MRE con resultados que caen fuera del rango de incertidumbre estimado obtendrán un 0. Esta regla aparentemente estricta se basa en las fuentes de los valores del MRE. Muchos certificados de análisis no marcan la incertidumbre en términos estadísticos tales como los intervalos de confianza o cierto número de desviaciones estándares. Por ejemplo, el certificado de la harina de arroz (no. 1568) indica que (14): "La incertidumbre estimada se basa en el juicio y representa una evaluación de los efectos combinados de la imprecisión metodológica, posibles errores sistemáticos entre los métodos y variabilidad del material para muestras de 400 mg o más. (No

se hizo ningún intento para derivar mediciones estadísticas exactas de imprecisión debido a los diversos métodos involucrados en la determinación de los constituyentes)".

Cuando se utiliza un material de control de calidad, deberá obtenerse un promedio de referencia y una desviación estándar mediante el análisis del material por el mismo u otro laboratorio que utilice un método de referencia. Para monitorear la exactitud de un método, el material de referencia formulado deberá analizarse con cada lote de material desconocido o en cada día de análisis, comparando los resultados con el promedio de referencia y la desviación estándar como se muestra en el Cuadro 2.

La revisión de las referencias de Se realizada para esta investigación reveló que frecuentemente se analizaba un material de referencia al principio de un estudio, lo que servía para validar el método antes de iniciar el análisis de muestras desconocidas. Ocasionalmente, se informó un promedio y una desviación estándar para el material de control de calidad, pero por lo general la documentación no fue suficiente para determinar si el material fue analizado con cada lote de muestras desconocidas. En tales casos, se asumió que el investigador utilizaba el material de referencia sólo para validar el método de prueba en vez de medir la exactitud diariamente.

En este caso, se asignó un puntaje de exactitud no mayor a 1.

La otra mitad del control de calidad analítico es el nivel de precisión; el

aspecto de preocupación aquí es la cantidad de variabilidad acerca del valor promedio asociado con la ejecución diaria de un método en particular.

Cuadro 2
Requerimientos de exactitud para materiales de referencia secundarios

El valor promedio analizado del material de referencia secundario deberá caer dentro del valor promedio de referencia \pm	Para recibir un puntaje de
2 desviaciones estándares	3
2 1/2 desviaciones estándares	2
3 desviaciones estándares	1

La indicación de la variabilidad diaria puede determinarse sólo cuando el método analítico es monitoreado en forma continua a través del uso de un material de control de calidad similar en la matriz a las muestras desconocidas que se va a analizar. Al igual que la exactitud, la precisión diaria de un método depende de la matriz.

La precisión por lo general se mide calculando el porcentaje del coeficiente de variación (% CV), también conocido como porcentaje de desviación estándar relativa (% DER), a partir del promedio y la desviación estándar (DE) de varios replicados de una muestra: $\% CV$ o $\% DER = DE$ dividido por el promedio $\times 100\%$. Mientras menor sea el % CV, más preciso será el análisis. Los límites establecidos en el laboratorio de los autores para el puntaje del % CV son:

5% o menor obtiene un 3 ; 10% o menos obtiene un 2 y, 15% o menos obtiene un 1. El % CV, calculado a partir de replicados analizados dentro de un laboratorio dado, incluye la variabilidad atribuible al instrumental y eficiencia del técnico y del método. La precisión de un método podría ser deficiente en las manos de un investigador y aceptable en las manos de otro.

Cuando los puntajes de exactitud y precisión son los mismos, ese puntaje se convierte en el puntaje del control de calidad analítico. Cuando la exactitud y la precisión difieren, se asigna el menor puntaje al puntaje del control de calidad analítico total del estudio. A los datos de un estudio con una documentación incompleta no se les asigna más de un 1 en esta categoría. La carencia de documentación o precisión o exactitud no

aceptables obtiene un 0 en el control de calidad analítico.

CALCULO DEL VALOR PROMEDIO DE Se Y EL CODIGO DE CONFIABILIDAD

El índice de calidad (IC), que es una medida de la calidad total de los datos de un solo estudio, fue obtenido en una de las siguientes formas: i) cuando el método analítico obtiene un 0 o cuando tres o más categorías obtienen 0, el IC para ese estudio es 0; o ii) cuando no existen aquellas condiciones, los puntajes para cada una de las cinco categorías son promediados. Por lo tanto, el IC puede fluctuar de 0 a un máximo de 3,0.

Los valores promedios de Se informados en base fresca en aquellos estudios que tienen un IC igual o

mayor a 1,0 son promediados en forma conjunta para obtener un valor promedio de Se. Los valores informados sobre una base de peso seco no pueden combinarse con valores informados en base fresca, por ejemplo alimentos consumidos, a menos que se incluyan los niveles de humedad con los valores en base seca para permitir un cálculo retroactivo al peso fresco. Si no se informan los niveles de humedad, se excluyen los valores en base seca independiente de su IC.

Un código de confiabilidad (CC), asignado al valor promedio de Se para cada alimento, indica el grado de confianza que un usuario puede tener en el valor promedio. Se determina por la suma de los IC iguales o mayores a 1,0 entre los diversos estudios evaluados para un ítem alimentario dado, y luego refiérase al Cuadro 3 para su correspondiente CC.

Cuadro 3
Asignación y significado de los códigos de confiabilidad

Suma de los índices de calidad	Código de confiabilidad	Significado del código de confiabilidad
>6,0	a	El usuario puede tener una gran confianza en este valor
3,4 a 6,0	b	El usuario puede tener confianza en este valor; sin embargo, existen problemas en los datos en los que se basa el valor
1,0 a < 3,4	c	El usuario puede tener menos confianza en este valor debido a la limitada cantidad y/o calidad de los datos

La base para el CC es la necesidad de confirmar los resultados de un informe por otros investigadores a fin de considerarlo válido. Por lo tanto, se requiere los datos de mínimo tres estudios con una suma de los IC de 6,2 para que un valor promedio sea asignado con la letra a. El punto de corte entre b y c de 3,4 fue obtenido al dividir aproximada e igualmente todas las sumas posibles de los IC, por ejemplo de 1,0 a 6,0.

RESULTADOS

El Cuadro 4 proporciona los datos de Se que fueron recolectados y evaluados para tres alimentos: panecillos, leche entera y cangrejo enlatado. Estos alimentos fueron seleccionados para mostrar los niveles variables de Se entre los alimentos y dentro de los alimentos, las combinaciones diferentes de puntajes, el rango típico de los IC, y un ejemplo para cada CC.

Los análisis de los panecillos se informaron en tres referencias. En la referencia 18, los análisis se realizaron en muestras del mismo producto a partir de dos grupos diferentes de ciudades. Se asignaron ceros en dos categorías: en el control de calidad analítica debido a la deficiente precisión en la segunda serie de recolecciones en la referencia 4 y debido a la carencia de documentación

en las referencias 19 y 18; y en el plan de muestreo debido al origen canadiense del producto en la referencia 19. La mitad de los puntajes fue 2, mientras que el 1 y el 3 se asignaron con menor frecuencia. Se encontró que los datos de los cuatro estudios (tres referencias) eran aceptables y los cuatro valores de Se se utilizaron para obtener el valor promedio de 34 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, con valores mínimos y máximos de 21 y 61. El CC de *a* basado en la suma de los IC . 6,4- indica que uno puede utilizar este valor con una confianza apreciable.

Los análisis de las muestras de leche entera se presentaron en 11 referencias que contenían 15 estudios. Sin embargo, los datos de 11 estudios fueron juzgados como no aceptables basándose en un puntaje 0 en el método analítico: carencia de documentación, carencia de validación del método para la leche, o niveles de Se informados que estaban bajo el límite de cuantificación señalado.

De los cuatro estudios restantes (19, 20, 21, 22), los datos de dos (19, 20) obtuvieron un 0 en el plan de muestreo debido a su origen canadiense, mientras que todos obtuvieron un 0 en el control de calidad analítico: las referencias 19 y 21 no informaron mediciones de control de calidad, mientras que las referencias 20 y 22 no abordaron los aspectos de exactitud y precisión.

Tabla 4
Evaluación de calidad de los datos para panecillos , leche entera y cangrejo enlatado

Descripción	Ref. No.	Puntaje en criterios de calidad de datos					Se (ug/100g)			
		Número de muestras (real)	Método analítico	Manejo de la muestra	Plan de muestreo	Control de calidad analítico	índice de calidad	Promedio	DE	Comentarios
Leche entera										
Fluida entera	9	2(4)	2	2	3	1	2,0	0		Todos los valores < límite de cuantificación
Fluida entera	9	2(4)	2	2	3	0	1,8	0		Todos los valores < límite de cuantificación
Entera o desgrasada	4	2(9)	0		2	0	0	5,9	0,8	Sin método de validación
Entera	4	3(48)	0	2	1	0	0	5,9	1,2 ^b	Sin método de validación
Entera	19	2(3)	3	2	0	0	1,4 ^a	1,5	0,2	Canadá
Desgrasada o entera	18	3(24)	0	2	2	0	0	6,9	2,1	Sin método de validación
Entera homogenizada	24	1(1)	2	2	2	0	1,4 ^a	1,2		Duplicados
Fresca entera	15	1(1)	0	2	0	0	0	0,8	1,0	Duplicados; sin método de validación
Fresca entera	15	1(1)	0	2	2	0	0	1,1	1,7	

Tabla 4 (Continuación)

Puntaje en criterios de calidad de datos							Se (ug/100g)			
Descripción	Ref.No.	Número de muestras (real)	Método analítico	Manejo de la muestra	Plan de muestreo	Control de calidad analítico	índice de calidad	Promedio	DE	Comentarios
Regular (>3,5% grasa)	21	1(?)	3	3	2	0	1,8 ^a	2,47		103 muestras, todos tipos
Entera homogenizada	20	1(1)	2	2	0	0	1,0 ^a	1,1		Duplicados; Canadá
Entera	25	1(7)	0	0	0	0	0	1,0		La referencia es el resumen
Leche	6	3(67)	0	0	1	0	0	4,0		Sin documentación
Entera	26	1(?)	0	0	1	0	0	4,8 ^b		Sin documentación
Entera	26	1(?)	0	0	1	0	0	1,9 ^b		Sin documentación
						Σ	0	1,6		documentación
						Promedio	5,6	1,1-2,5		CC = b
						Mín-Máx				
Panecillos										
Blanco, suave, enriquecido	9	2(4)	2	2	3	1	2,0 ^a	25,50	14,06	4 mezclas compuestas analizadas de 3 muestras cada uno
Blanco, suave, enriquecido	9	2(4)	2	2	3	0	1,8 ^a	21,00	4,69	

Tabla 4 (Continuación)

	Puntaje en criterios de calidad de datos						Se (ug/100g)			
Panecillos	4	2(4)	1	2	2	0	1,4 ^a	29	9	Sin documentación de control de calidad
Dore y sirva	19	2 (3)	2	2	0	0	1,2 ^a	61	24	
						Σ	6,4	34 21-	61	Canadiense
						Promedio				CC = a
Cangrejo										
enlatado										
Geisha King enlatado	27	1 (?)	1	0	2	0	0,8	51		Sin la documentación del manejo de la muestra, duplicados
Procesado envasado en agua	23	1 (?)	1	2	2	0	1,2 ^a	21,68		
						I	1,2	22		CC = c
						Promedio				

(a) Se requiere un índice > 1.0 para la inclusión de un valor individual de Se en el cálculo del promedio

(b) Conversión del volumen al peso basándose en el ítem no. 01-077, "Leche entera" en el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, *Manual de Agricultura* No. 8-1 (Science and Education Administration USA, Washington, D.C. 1975)

La referencia 21 no informó explícitamente el número de muestras de leche entera analizada para Se; sólo se señaló el número total de muestras (103) el cual incluye tres tipos de leche además de la leche entera. Aunque es posible que se analizara un gran número por tipo de leche, el número de categoría de muestras recibió un 1 debido a documentación insuficiente. En dos estudios (19, 20) sólo se analizó una muestra (en duplicado). El nivel medio de Se en la leche entera, basándose en los datos de cuatros estudios aceptables es de 1.6 µg de Se/100 g, con un mínimo y máximo de 1,1 y 2,5. La suma de los IC es 5.6, el cual establece un CC de *b*, indicando que un usuario de este dato puede tener alguna confianza en el valor.

Las muestras de cangrejo enlatado fueron analizadas por dos series de investigadores, con un valor de Se proveniente de sólo un estudio (23) que recibió un IC aceptable. Los investigadores no informaron mediciones de control de calidad analítico (puntaje 0), analizaron porciones duplicadas de sólo una muestra (puntaje 1 en el número de muestras) y recuperaron sólo un 80-90% de Se en las pruebas de recuperación (resultados de validación mínima con un puntaje 1 en el método analítico). Por lo tanto, la concentración de 22 µg de Se/100 g se basa sólo en una

muestra, con puntajes de 0 a 2 en las otras cuatro categorías. El CC de *c* señala claramente que se necesita más datos de Se en el cangrejo enlatado.

DISCUSION

El principal objetivo de evaluar los datos de nutrientes es eliminar los datos de baja calidad, dejando sólo información confiable para el cálculo de un valor promedio a usar en las tablas y bases de datos. Un CC de *a* puede significar que sólo tres estudios, dos de ellos excelentes, han sido publicados o que existe una gran cantidad de datos mínimamente aceptables. En caso de los datos de Se en general, un CC de *a* significa la segunda situación. La mayoría de los estudios que informan el contenido de Se en los alimentos tuvieron IC entre 1,0 y 2,0 sobre un posible 3,0. Un CC de *c* implica que existen pocos datos de calidad mínimamente aceptables. Un CC de *b* indica que la calidad de los datos cae entre *a* y *e*.

Combinar e interpretar los datos de diferentes estudios presenta algunos desafíos únicos para el estadístico y evaluador de los datos de nutrientes. Específicamente, las distorsiones de cada estudio deben tomarse en cuenta: las distorsiones basadas en las diferentes muestras,

el método analítico, los reactivos, instrumentación, eficiencia de los analistas y grado de exactitud y precisión para cada estudio. Por lo general, estas distorsiones para un estudio dado no están cuantificadas o documentadas. Las diferencias en los valores promedios para diversos estudios no pueden evaluarse fácilmente cuando los laboratorios analizan muestras obtenidas de diferentes fuentes, y utilizan diferentes técnicas de manejo, reactivos, etc. El cálculo de un valor promedio de nutrientes a través de estudios puede realizarse en variadas formas. Las estrategias de ponderación fueron de especial interés. Ponderar el promedio según el número de muestras en los estudios es un enfoque que fue considerado: los datos de estudios que informaron análisis con el mayor número de muestras tendrían una mayor ponderación. Sin embargo, este enfoque le daría una mayor importancia a la categoría del número de muestras en vez de las otras. Otro enfoque podría ser dar mayor importancia a los datos de estudios con la menor variación. Sin embargo, esto no es posible siempre debido a que algunas veces, no se informó una desviación estándar o un error estándar. Un tercer enfoque sería darle mayor importancia a los datos de los estudios con el mayor IC.

Esto también fue rechazado debido

al estrecho rango de IC, y la consiguiente falta de resolución en la escala. En vista de las limitaciones discutidas, se consideró que ponderar no era deseable y se acordó calcular esta vez un valor promedio simple para Se.

A medida que la documentación y la calidad de los datos mejore, se podría considerar la estrategia de ponderar para el cálculo del valor promedio de nutrientes.

La derivación del IC y los consiguientes CC también puede enfocarse en diversas formas. Un esquema conservador sería basarse en la presunción que la calidad de un estudio es tan grande como su aspecto más débil, tal como fue el sistema del tabla de hierro (1). A partir de este punto de vista, el IC para cada estudio sería igual al menor de los cinco puntajes. Sin embargo, al aplicar este método de puntaje a los estudios existentes de Se habría dado como resultado muy pocos datos aceptables, puesto que 0 es un puntaje frecuente, especialmente en el control de calidad analítico. También, hacer que el IC sea equivalente al menor puntaje cargaría el IC hacia la categoría con el mayor número de puntajes cero. Para evitar estas consecuencias, se decidió un enfoque menos conservador que consideró: (a) que ocasionalmente se toman algunas medidas de

control de calidad durante la investigación pero que no se informan y (b) que los valores actuales encontrados en publicaciones de Se que no mencionan el control de calidad caen, a menudo, dentro o cerca del rango de valores informados en las publicaciones de Se que sí informan mediciones apropiadas de control de calidad. Esto es válido para los ejemplos mencionados en esta publicación. Para el propósito de tener datos suficientemente aceptables, los estándares han sido ajustados. Sin embargo, considerando este compromiso al derivar el IC, se añadió una característica de seguridad para el cálculo del valor promedio de Se : la exclusión de valores con un índice menor a 1,0. Esta característica requiere que un estudio alcance un nivel mínimo de calidad global para que sus datos sean incluidos. El IC mínimo aceptable fue fijado en 1,0 debido a que parecía ser un punto de corte razonable, i.e. un mayor punto de corte eliminaría la mayoría de los estudios.

Los usuarios de estos datos deberían estar conscientes que el valor medio de Se para cada alimento puede no ser representativo de los niveles promedio encontrados en el suministro nacional de alimentos. Los valores medios aceptables se derivaron de los datos disponibles

de uno o varios estudios. No se les dio importancia a los criterios individuales e incluso bajos puntajes en el plan de muestreo no descalificarían el estudio, dependiendo de los otros puntajes. Sin embargo, en cada caso el valor promedio representa la mejor estimación actual de Se en un alimento dado.

IMPLICACIONES

Uno de los propósitos de desarrollar este sistema fue estimular a los investigadores a considerar las cinco categorías de criterios cuando diseñen estudios e informen resultados. El sistema es dinámico y puede modificarse para responder a los mejoramientos en áreas como la metodología analítica y disponibilidad de MRE así como también a la diseminación de nuevos datos. A medida que se realice investigación adicional que incorpore los niveles máximos de estos criterios, esperamos mejorar nuestros estándares para permitir una evaluación más estricta de los datos publicados, y por lo tanto aumentar la confianza de los usuarios. Por ejemplo, el límite de cuantificación del método raramente fue informado en los estudios que evaluamos. Sin esta información, es difícil evaluar la validez de los niveles bajos de Se en los alimentos. Dar puntaje a

estudios en este aspecto del método analítico sólo cuando se informó un límite de cuantificación fue un compromiso basado en el nivel de datos existentes. En futuras evaluaciones, se espera que se asignará un puntaje de 0 en el método analítico a aquellos estudios que no informen el límite de cuantificación del método así como también para estudios que informen resultados bajos el límite de cuantificación señalado.

Aunque los criterios se desarrollaron utilizando al Se como caso de prueba, éstos son aplicables a las compilaciones de datos para otros componentes de alimentos. El sistema de evaluación se convierte en específico para cada nutriente con la adecuación de los criterios y del esquema para derivar el IC y el valor promedio del nutriente. El uso de este sistema de evaluación para cualquier componente alimentario requiere estas etapas: recolección de publicaciones importantes; delineación de criterios específicos para el nutriente para los distintos niveles de puntaje; asignación de puntajes; y selección de estrategias para obtener el IC y el valor medio del nutriente.

La calidad de un conjunto dado de datos influencia el ajuste de los criterios en la escala de puntaje al igual que el esquema que se elija para derivar el IC y el valor medio

del nutriente. Este proceso es análogo al problema estadístico habitual de balancear los errores tipo I y tipo II. Si la escala de puntaje es muy rígida, la mayoría de los datos disponibles serán eliminados. Por otra parte, si es demasiado permisiva, se incluirán muchos estudios menos confiables.

La delineación de los niveles de calidad de los datos permite al usuario evaluar la conveniencia de un valor medio específico de nutriente para sus bases de datos. Además, el acceso a puntajes de criterios que fueron asignados en el procedimiento de evaluación de datos permitiría al usuario de los datos evaluar las decisiones específicas realizadas en la evaluación.

El número de bases de datos disponibles en el mercado está aumentando como también el número de usuarios. Los usuarios de datos deben asumir la responsabilidad de seleccionar datos de nutrientes de calidad conocida.

BIBLIOGRAFIA

1. Exler J., Iron Content of Food. 1983. USA, Consumer Nutrition Division, Human Nutrition Information Service. Washington D.C. (Home

- Economics Research Report 45).
2. Stewart. K.K. 1984. The State of Food Composition Data: An Overview with Some Suggestions. (Food Nutr. Bull., 5:54-68).
 3. Mabey, W. R., et al. Elements of a Quality Data Base for Environmental Fate Assessment, Final Report. (Environmental Protection Agency Contract no. 68-03-2981, SRI Project PYU 2073, Work Assignment. n°. 6, 5 July 1984).
 4. Pennington, J.A.T., et al. Mineral Content of Foods and Total Diets; The Selected Minerals in Foods Survey "1982-1984" (J. Amer. Diet. Assoc. In Press).
 5. Cochran, W.G. 1977. Sampling Techniques. New York, John Wiley & Sons.
 6. Keith, L. H., et al. 1961. Principles of Environmental Analysis. (Anal. Chem. 55:2210-2218).
 7. Williams, S. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14 ed. Washington DC, Association of Official Analytical Chemists.
 8. Stewart. K.K. 1981. Nutrient Analyses of Food; A Review and a Strategy for the Future. In: Beecher, G.R. Nutrition Research. Totowa, NJ, Allanheld Osmum. (BARC Symposium 4). pp. 209-220.
 9. National Research Council, Commission on Life Sciences, Committee on Dietary Allowances, Food and Nutrition Board. 1980. Recommended Dietary Allowances. 9 ed. Washington DC, National Academy Press.
 10. Wolf, W.R. and Inhat, M. 1985. Evaluation of Available Certified Biological Reference Materials for Inorganic Nutrient Analysis. In: Wolf, W.R., ed. Biological Reference Materials; Availability, Uses, and Need for Validation of Nutrient Measurement New York, John Wiley & Sons. pp. 89-105.
 11. Estados Unidos. Department of Agriculture. 1983. Agriculture Statistics. Washington DC, US Government Printing Office.
 12. National Bureau of Standards Certificate of Analysis. 1977. Standard Reference Material 1571 Orchard Leaves. Washington DC, National Bureau of Standards.

13. National Bureau of Standards Certificate of Analysis. 1978. Standard Reference Material 1567 Wheat Flour. Washington DC, National Bureau of Standards.
14. National Bureau of Standards Certificate of Analysis. 1978. Standard Reference Material 1568 Rice Flour. Washington DC, National Bureau of Standards.
15. National Bureau of Standards Certificate of Analysis. 1982. Standard Reference Material 1577a Bovine Liver. Washington DC, National Bureau of Standards.
16. National Bureau of Standards Certificate of Analysis. 1979. Standard Reference Material 1566 Oyster Tissue. Washington DC, National Bureau of Standards.
17. National Bureau of Standards Certificate of Analysis. Standard Reference Material 1549 Non-Fat Milk Powder. Washington DC, National Bureau of Standards.
18. Olson, O.E.; Palmer, I.S. and Howe, M. 1984. Selenium in Foods Purchased or Produced in South Dakota. (J. Food Sci. 49:446-452).
19. Arthur, D. 1972. Selenium Content of Canadian Foods. (Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 5:165-169)
20. Amer, M.A. and Brisson, G.J. 1973. Selenium in Human Food Stuffs Collected at the Ste-Foy (Quebec) Food Market. (J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment 6:184-187).
21. Bruhn, J.C. and Franke, A.A. 1977. Trace Metal and Protein Concentrations in California Market Milks. (J. Food Protect. 40:170-173).
22. Morris, V.C. and Levander, O. A. Selenium Content of Foods. (3. Nutr. 100:1383 -1388).
23. Cappon, C.J. and Smith, J.C. 1982. Chemical Form and Distribution of Mercury and Selenium in Edible Seafood. (J. Anal. Toxicol. 6:10-21).
24. Moxon, A.L. and Palmquist, D.L. 1980. Selenium Content of Foods Grown or Sold in Ohio. (OhioReport 65:13-14).
25. Hadjimarkos, D.M. and Bonhorst, C.W. 1961. The selenium content of eggs, milk and water in relation to dental caries in children. (J. Pediatr. 59:256-259).

26. Allaway, W.H., et al. 1968. Selenium, Molybdenum and Vanadium in Human Blood. (Arch. Environ. Health 16:342-348).
27. Schroeder, H.A., Frost, D.V. and Balassa, JJ. 1970. Essential Trace Metals in Man: Selenium. (J. Chron. Dis. 23:227-243).

CAPITULO 20

ANALISIS DE MINERALES Y ELEMENTOS TRAZA EN ALIMENTOS

Peter Kastenmayer

INTRODUCCION

Los minerales y elementos traza son esenciales para una amplia gama de funciones metabólicas en el cuerpo humano. Las deficiencias de minerales y elementos traza pueden producir severos daños en la salud (1). Los alimentos juegan un rol clave al suministrar estos nutrientes para su consumo por los seres humanos. Los datos sobre el contenido de minerales y elementos traza de los alimentos son críticos para las personas involucradas en investigación epidemiológica y patrones de enfermedades, evaluación de la salud y estado nutricional de individuos y poblaciones y el comercio nacional e internacional de los alimentos.

Los datos de composición de alimentos son en la actualidad inadecuados. Existen grandes brechas en los datos disponibles en relación a lo que contienen los alimentos y existe muy poca información sobre la variabilidad de los componentes alimentarios. Por lo tanto, es esencial revisar y completar la información existente sobre el contenido de minerales y elementos traza en los alimentos para las tablas de composición de alimentos. Este artículo dará una breve visión de las técnicas analíticas disponibles para el análisis de estos elementos en los alimentos y los problemas relacionados con su aplicación.

Con el fin de obtener resultados precisos y exactos, se debe controlar cuidadosamente las siguientes etapas durante el análisis:

- Recolección de la muestra
- Pretratamiento de la muestra
- Descomposición de la muestra
- Validación de los métodos y datos analíticos
- Análisis instrumental

Las reglas básicas establecidas para el análisis traza e indicadas a continuación deberían ser seguidas para el procedimiento completo de análisis. Una revisión detallada de estos temas, se encuentra en las referencias (2) y (3):

- El procedimiento analítico debería ser lo más simple posible (el mínimo de manipulación).
- Los análisis deberían realizarse en un ambiente limpio a fin de reducir el riesgo de contaminación.
- La manipulación de la muestra debería hacerse utilizando guantes de polietileno libres de talco.

Todo el material que entre en contacto con las muestras debe ser en lo posible puro e inerte. Generalmente este requerimiento se cumple con cuarzo,

teflón, polietileno y polipropileno.

- El instrumental y los contenedores deberán limpiarse rigurosamente para proporcionar bajos niveles de blanco y reducir los riesgos de pérdidas por absorción en las paredes de los vasos (Gráfico 1)
- Deberán utilizarse sólo reactivos purificados y agua de alta pureza

Todas las etapas del proceso analítico deben ser efectivamente monitoreadas y probadas mediante el análisis de mate-

riales de referencia estándar apropiados y de blancos químicos.

RECOLECCION DE LA MUESTRA

El muestreo es una etapa muy crítica del proceso de análisis debido a que los errores que se cometen en esta etapa pueden comprometer seriamente los resultados obtenidos posteriormente mediante métodos analíticos sofisticados. A menudo los alimentos no son homogéneos, por lo tanto, el tamaño de la muestra debe escogerse cuidadosamente a fin de obtener una muestra representativa.

Gráfico 1
Control de contaminación y pérdidas

Regla básica para la limpieza del equipamiento :

Cada ítem que no se ha limpiado lleva el riesgo de contaminar !

Limpieza del material de vidrio y plástico (polietileno, polipropileno, etc) :

- Sumergir en HCl o HNO₃ 1M durante 24 horas, enjuagar bien con agua pura, secar en un lugar libre de polvo, guardar en bolsas plásticas o en cajas herméticas

Limpieza de teflón, cuarzo :

- Hervir en HNO₃ 4M durante 8 horas, enjuagar bien con agua pura, secar en un lugar libre de polvo, guardar en bolsas plásticas o en cajas herméticas

Se deben tomar precauciones para evitar la contaminación durante el muestreo. El material complementario al muestreo (como por ejemplo, cuchillos, cucharas, etc.) deberá ser de material inerte como titanio, teflón o polietileno.

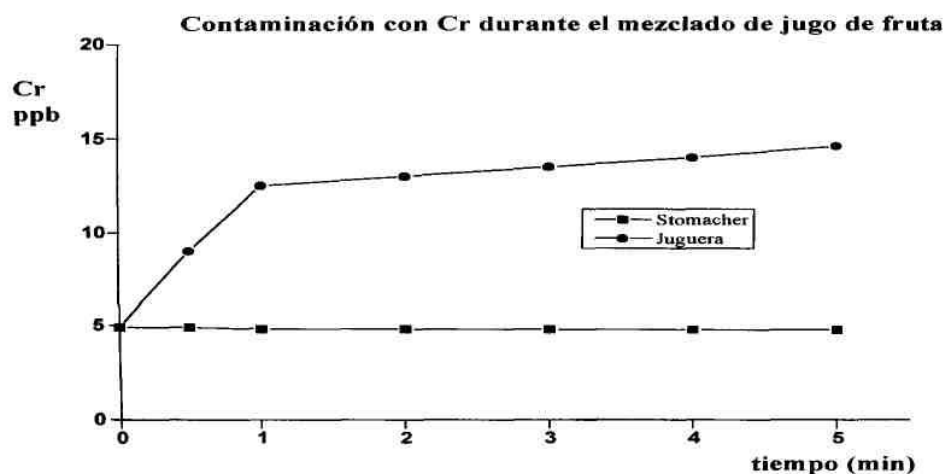
PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA

Si el contenido mineral y de elementos traza de las muestras se va a expresar sólo en base a alimento fresco, es necesario una homogeneización o molienda. Para obtener datos sobre base seca o para preservar la muestra para su almacenamiento, se requiere una preparación posterior como por ejemplo secar en estufa o liofilizar.

Homogeneización

La homogeneización húmeda en una bolsa plástica cerrada utilizando una licuadora de laboratorio del tipo Stomacher se usa frecuentemente para homogeneizar muestras de alimentos frescos. Una de las principales ventajas de esta técnica consiste en el hecho que no existe un contacto directo entre la muestra y el equipo. Esto elimina el riesgo de contaminación y no existe necesidad de limpiar las partes de la máquina. Una alternativa menos costosa son los mezcladores de laboratorio con hojas de titanio o mezcladores caseros (por ejemplo una moladora de café). Estos son más difíciles de limpiar y aumenta el riesgo de contaminación con Fe, Cr y Ni si se utilizan hojas de acero inoxidable (Gráfico 2).

Gráfico 2
Pretratamiento de la muestra



Secado

Generalmente se acepta que no existen mayores problemas de pérdidas de metales típicos como Na, K, Mg, Ca, Fe, Cu y Zn durante la liofilización o el secado en estufa a 60-120°C. Para el Se, se han observado pérdidas en muestras secadas en estufa pero no en las muestras liofilizadas (4). La liofilización generalmente ocupa más tiempo que el secado en estufa pero es más adecuado para los materiales sensibles al calor.

DISOLUCIÓN DE LA MUESTRA

La mayoría de los métodos espectroscópicos para la determinación de metales traza requieren de una mineralización de la muestra para remover la materia orgánica de los alimentos. El método más frecuentemente utilizado para la mineralización de las muestras de alimentos es la calcinación ya sea por vía seca o, por vía húmeda con agentes oxidantes. La vía húmeda puede realizarse en vasos abiertos o sistemas cerrados bajo presión.

La calcinación vía seca en una mufla tiene la ventaja de que no se necesitan reactivos o sólo se requiere una pequeña cantidad de ellos; el rendimiento de muestras es alto y se requiere sólo instrumental simple. Por lo general, las muestras son calentadas a 500-550°C en crisoles de sílica o de platino (5). La técnica no es adecuada

para elementos volátiles (por ejemplo Se, Hg) los cuales se pierden durante la calcinación. Generalmente, la técnica puede utilizarse para el análisis de metales tales como Na, K, Mg, Ca, Fe, Cu y Zn aunque se ha informado ocasionalmente pérdidas de estos elementos. Por lo tanto, es aconsejable verificar los resultados para cada matriz de la muestra analizando un material de referencia o comparando con una técnica establecida de calcinación por vía húmeda.

Las técnicas convencionales de calcinación por vía húmeda en vasos abiertos involucran el calentamiento de la muestras en ácido por períodos largos. Las mezclas más comúnmente utilizadas son $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HClO}_4$ y $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$. Para muchas aplicaciones pueden utilizarse reactivos de alta pureza disponibles comercialmente. Para propósitos especiales, se puede preparar ácidos ultra puros mediante subebullición (4). La vía húmeda puede utilizarse también para elementos volátiles como Se si se seleccionan las condiciones apropiadas de oxidación. Bock (5) ha revisado en detalle los diferentes procedimientos. Sin embargo, los sistemas abiertos de calcinación vía húmeda también tienen una serie de desventajas. Se requieren largos períodos de calentamiento y grandes cantidades de ácidos y existe un riesgo de contaminación y pérdidas durante la mineralización.

Además, los ácidos fuertes son altamente corrosivos y el uso del ácido perclórico requiere de precauciones especiales de seguridad debido al riesgo de explosiones.

Estas desventajas han llevado al desarrollo de sistemas cerrados donde la descomposición puede realizarse bajo temperatura y presión elevadas. Se reduce significativamente el tiempo de digestión, se necesitan sólo cantidades pequeñas de ácidos y se elimina el riesgo de pérdida de elementos volátiles o contaminación

aérea. En la actualidad, se encuentran disponibles diversos sistemas que utilizan bombas calentadas con microondas las cuales permiten una rápida digestión (10-20 min) de la mayoría de los alimentos usando sólo HNO_3 y H_2O_2 (Gráfico 3) (6,7). Pequeñas cantidades de compuestos solubles de carbono permanecen en el digerido especialmente si se utilizan bombas de baja presión (presión máxima <14 bar). En la mayoría de los casos, estos compuestos solubles no son un problema para las determinaciones de metales que utilizan métodos espectroquímicos.

Gráfico 3
Métodos de descomposición

Digestión por microondas (bombas cerradas)
<ul style="list-style-type: none">• Muchos sistemas disponibles en el mercado :<ul style="list-style-type: none">- MDS (CEM), PMD (Kürner), MLS (MLS GmbH), Parr• La calidad de la digestión depende de la presión/temperatura :<ul style="list-style-type: none">- Vaso estándar : 15 a 20 bar- Vaso de alta presión : 80 a 100 bar• Algunas desventajas :<ul style="list-style-type: none">- Sólo 0.1 a 0.5 gramos de muestra orgánica- Digestión incompleta a baja temperatura/presión (compuestos orgánicos solubles)- Riesgo de explosión si no se utilizan según las instrucciones

VALIDACION DE LOS METODOS Y DE LOS DATOS ANALITICOS

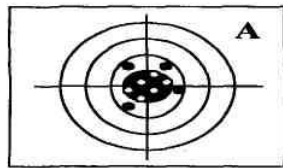
La principal dificultad en la determinación de elementos traza en el análisis de alimentos es la exactitud y precisión de los resultados analíticos. En el Gráfico 4 se muestra la diferencia entre la reproducibilidad (precisión) y la exactitud. Una técnica analítica bien desarrollada y validada debería proporcionar resultados sin error sistemático (exactos) y un pequeño error estadístico (precisos). Los

métodos absolutos como por ejemplo volumetría, gravimetría, electrogravedad, colorimetría y dilución isotópica son, por lo general, muy precisos y exactos pero, a menudo, no pueden aplicarse a los análisis de minerales o elementos traza.

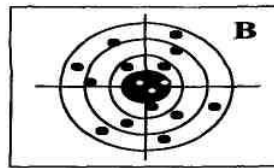
Los métodos comparativos tales como los métodos espectroquímicos requieren de calibración contra estándares conocidos para obtener resultados cuantitativamente exactos.

Gráfico 4
Metodología de determinaciones analíticas

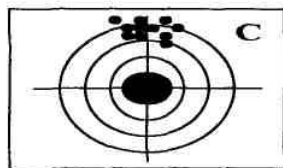
Exactitud y Precisión



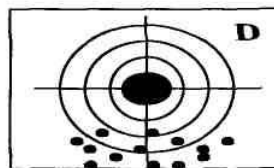
Error estadístico : pequeño
Error sistemático : cero



Error estadístico : grande
Error sistemático : cero



Error estadístico : pequeño
Error sistemático : grande



Error estadístico : grande
Error sistemático : grande

Preparación de estándares

Los estándares deberían prepararse en ácido diluido (por ejemplo HNO_3

0,5 M) utilizando metales de alta pureza, sales estequiométricas o soluciones calibradas de elementos disponibles en el comercio. Tiene que

verificarse la calibración de pipetas y matraces volumétricos usados en este proceso. Los estándares deberían almacenarse en contenedores no contaminados y muy herméticos. La concentración de estándares deberá revisarse después de un almacenamiento prolongado. Para trabajar en el rango de ppb, las soluciones estándares se preparan preferentemente en forma diaria a partir de soluciones concentradas.

Curvas de calibración

Una curva de calibración se obtiene al medir una señal v de una serie de estándares con concentraciones crecientes del analito x y se grafican estos valores en contra de las concentraciones respectivas. Las curvas de calibración pueden ser rectas o curvadas en altas concentraciones. Debe tenerse cuidado en seleccionar el enfoque matemático correcto para definir la línea de calibración a través de los puntos (por ejemplo regresión no lineal para las líneas curvadas).

Interferencias

Idealmente, los estándares y el blanco deberían contener exactamente la misma concentración de todos los elementos de la matriz que la muestra excepto para el analito. A menudo en la práctica, esto no puede realizarse. Entonces, debe verificarse que no existan interferencias que compro-

metan la exactitud del resultado analítico. Las interferencias surgen debido a las diferencias en composición de la muestra analizada y de los estándares externos y los blancos utilizados para la calibración. Pueden subdividirse en interferencia por el blanco o aditiva e interferencia por la matriz o multiplicativa. Una interferencia aditiva puede ser causada por los componentes de la matriz que producen un señal no compensada independiente de la concentración de analitos. Un ejemplo típico es la interferencia espectral producida por H_2SO_4 en la longitud de onda del Fe (248,3 nm) en espectrometría de absorción atómica de llama. Si no puede evitarse el uso de H_2SO_4 para un análisis en particular tal interferencia puede corregirse usando un sistema de corrección del fondo (background) (para mayores detalles, ver párrafo sobre espectrometría de absorción atómica) o restando a la señal de la muestra, la señal de un blanco que contiene exactamente la misma cantidad de H_2SO_4 que la muestra.

Debe mencionarse también que tanto la contaminación con el analito como la pérdida de éste produce errores del tipo aditivo.

Las interferencias multiplicativas o de la matriz son causadas por componentes de la matriz que alteran la respuesta de la señal del componente analito en una forma proporcional a la señal (por ejemplo

cambio en la pendiente de la línea de calibración). Un ejemplo de tal interferencia puede encontrarse en la depresión de la pendiente de la línea de calibración del Ca en muestras que contienen sulfates o fosfatos en espectrometría de absorción atómica de llama. La separación del elemento objetivo de los elementos de la matriz es una forma eficiente de evitar tales problemas pero por lo general, ocupa mucho tiempo y es costosa. Por lo tanto, se escogen otros enfoques para minimizar las interferencias de la matriz tales como el método del estándar interno, la compatibilización de matrices o el método de adición de estándar.

En el método del estándar interno, una concentración conocida de un elemento de referencia x_r se agrega a todas las muestras, estándares y blancos. La señal del analito v , es comparada con la señal del estándar interno y_r . La curva de calibración se prepara graficando la relación entre la señal del analito y la señal de referencia y_i/y_r contra la concentración del analito de los estándares x_i . Las especies de referencia, por lo general son escogidas, por tener propiedades químicas y espectroscópicas similares

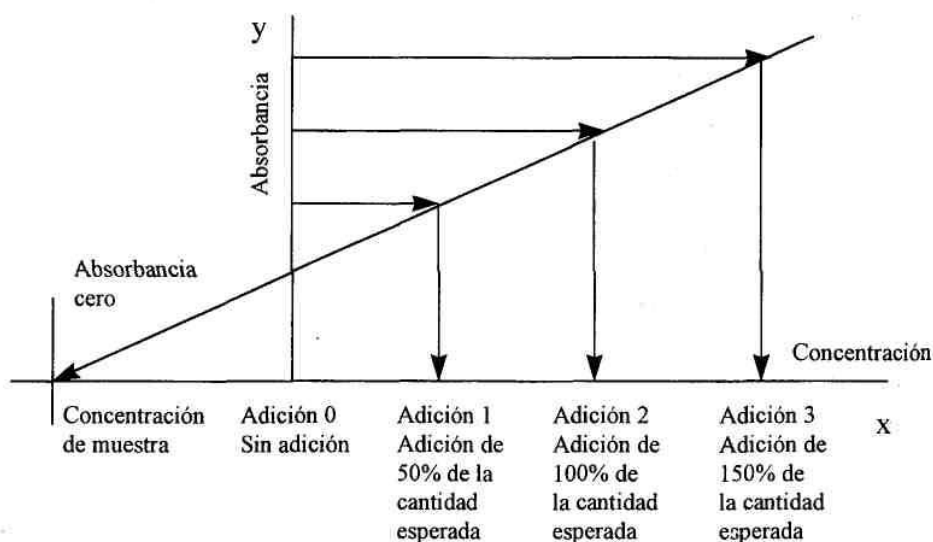
a aquellas del analito de tal modo que la señal analítica del analito y del estándar interno cambien proporcionalmente cuando ocurren los efectos de la matriz. El método del estándar interno se aplica frecuentemente en espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente.

En el método de la compatibilización de la matriz, los estándares se preparan para que calcen lo más posible con la matriz de la muestra en que ha de determinarse el analito. Este método se utiliza principalmente para muestras con una matriz simple. Para matrices complicadas o desconocidas, se aplica generalmente el método de adiciones de estándares (Gráfico 5). Se toman volúmenes iguales de solución de la muestra; se agregan cantidades conocidas y crecientes del elemento que ha de analizarse a todas las soluciones exceptuando a una. Todas las *soluciones son diluidas al mismo volumen* y se miden. La adición de estándar puede aplicarse sólo si existe una relación lineal entre la señal y la concentración del analito x . Es importante mencionar que el método de adición de estándar no puede aplicarse para corregir las interferencias aditivas (8).

Gráfico 5
Metodología de determinaciones analíticas

Para superar las interferencias:

- Compatibilización de la matriz
- Método del estándar interno
- Método de la adición de estándar



Detección y límite de determinación

Los métodos analíticos se caracterizan por sus límites de sensibilidad, detección y determinación. El límite de detección, definido como la concentración de analito más pequeña que se puede detectar, se puede calcular mediante:

$$D_L = \frac{K_L \times S_B}{b} \quad (K_L = 3) \quad (1)$$

El límite de cuantificación es la concentración más baja de analito que puede determinarse con una

desviación estándar específica de, por ejemplo, 10%

$$D_Q = k_Q \times S_B \quad (k_Q = 10) \quad (2)$$

b = pendiente de la línea de calibración (b es también la sensibilidad del método)

S_B = desviación estándar del fondo o blanco.

En química analítica los valores escogidos para k_L y k_Q son, por lo general, 3 y 10. Debe mencionarse que para una concentración D_L , el

promedio de la señal medida será $y_B + 3SB$ y sólo un 50% de los resultados serán considerados como detectados. Por lo tanto, las mediciones de bajas concentraciones no son confiables. En tal situación, es aconsejable tratar de mineralizar una cantidad más grande de muestra o incluir una etapa de preconcentración para obtener una mejor relación señal/fondo (o blanco). Si esto no es posible, deberá seleccionarse un método analítico más adecuado para el problema analítico.

Control de calidad

Cuando se desarrolla un nuevo método analítico, tiene que revisarse la exactitud para asegurar que se obtengan resultados confiables. Existen varias posibilidades para este propósito. Si se encuentra disponible en el laboratorio otro método analítico validado, puede analizarse una serie de muestras por ambos métodos y comparar los resultados utilizando regresión lineal. Los resultados obtenidos con el nuevo método se grafican en el eje y , y aquellos obtenidos con el método estándar en el eje x . El coeficiente de correlación y la línea de regresión dan información sobre la concordancia entre los métodos (por ejemplo $\text{intercepto} = 0$, $\text{pendiente} = 1$, $r = 1$ en el caso ideal de una perfecta concordancia).

La exactitud de los resultados también puede revisarse analizando un material de referencia (MR) adecuado junto

con la muestra. Los materiales de referencia son sustancias donde la concentración de uno o más elementos es certificada por un procedimiento técnicamente válido mediante un ente certificador prestigioso. Es importante que el contenido del elemento y la matriz del material de referencia sean similares a aquellos de la muestra. Los materiales de referencia son proporcionados por la Oficina Comunitaria de Referencia (BCR, Bruselas, Bélgica), la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, Viena, Austria), el Instituto Nacional de Estudios Ambientales (NIES, Tsukuba Ibaraki, Japón) y por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, Gaithersburg, USA).

Otro enfoque es el uso de métodos estándares de análisis emitidos por instituciones tales como la Asociación Americana de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC).

Además, la validez del procedimiento analítico puede someterse a pruebas utilizando muestras sintéticas y muestras "spiked".

MÉTODOS ANALÍTICOS

En la actualidad, está disponible una amplia variedad de métodos analíticos para el análisis de minerales y elementos traza en los alimentos. Los métodos más frecuentemente utilizados incluyen:

- Espectrofotometría
- Fluorometría
- Espectrometría de absorción atómica, -AAS- (atomic absorption spectrometry)
- Espectrometría de absorción atómica de llama, -FAAS- (flame atomic absorption spectrometry)
- Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito, -GFAAS- (graphite furnace atomic absorption spectrometry)
- Espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros, -HGAAS- (hydride generation atomic absorption spectrometry)
- Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente, -ICP-AES- (inductively coupled plasma atomic emission spectrometry)
- Espectrometría de masa de plasma acoplado Inductivamente, -ICP-MS- (inductively coupled plasma mass spectrometry)

La elección del método analítico, por lo general, depende de la instrumentación disponible, la experiencia del

laboratorio y los niveles de concentración del analito.

Espectrofotometría

Hace tres década era la técnica más común para el análisis de metales en los alimentos. Sin embargo ha perdido importancia en años recientes debido al desarrollo de nuevas técnicas tales como la espectrometría de absorción atómica. Se basa en la relación entre la absorción de la radiación visible o ultravioleta cercana de una solución y la concentración de las especies coloreadas en la solución. El analito tiene que ser convertido a un complejo coloreado antes del análisis. Marczenko entrega una buena revisión de la literatura reciente (10).

La instrumentación básica es todavía relativamente simple y de bajo costo en comparación con los instrumentos que se requieren para las otras técnicas de análisis de metales. El método puede automatizarse fácilmente para el análisis rutinario y da resultados con una buena sensibilidad y precisión. Las desventajas de esta técnica son que a menudo se requiere un control estricto del pH y un estado de oxidación específico y también pueden haber problemas con la interferencia de otros metales. Sin embargo, puede predecirse que se utilizará por muchos años especialmente en laboratorios pequeños o en condiciones de terreno.

Fluorometría

Ciertos metales pueden ser transformados en complejos orgánicos asociados con iones o quelatos fluorescentes que tienen la característica de absorber luz de una longitud de onda y en su lugar emitir luz de otra longitud de onda. La luz emitida o fluorescencia es proporcional a la concentración del analito. El método es relativamente barato y es muy sensible, varios órdenes de magnitud mejor que la espectrofotometría. Se utiliza frecuentemente para la determinación de elementos traza en muestras biológicas y en alimentos que son más difíciles de analizar con otras técnicas como por ejemplo Se (11).

Espectrometría de absorción atómica (AAS)

Los átomos libres producidos en un atomizador a partir de una muestra (llama u horno de grafito calentado eléctricamente) pueden absorber radiación de su longitud de onda específica de resonancia generada por una fuente externa (por ejemplo un cátodo hueco o una lámpara de descarga sin electrodos. Si la luz de esta longitud de onda específica pasa a través del atomizador que contiene el vapor atómico del elemento, parte de la luz será absorbida, y el grado de absorción será proporcional a la densidad de átomos en el paso de la luz.

Más de 60 elementos metálicos pueden determinarse, en un amplio rango de concentraciones mediante este método con una buena sensibilidad y precisión (12).

Diferentes formas de introducción de la muestra y atomización han sido desarrolladas para esta técnica la cual puede automatizarse fácilmente para el análisis rutinario.

Espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS)

La llama se utilizó exclusivamente como fuente de atomización en los primeros años del desarrollo de la AAS. La solución de la muestra se aspira vía un nebulizador dentro de la llama de aire/acetileno o N_2O /acetileno donde se evapora el solvente y los sólidos remanentes se separan en átomos. La FAAS no es muy susceptible a los efectos de la matriz, aunque pueden encontrarse interferencias. Las interferencias físicas pueden ocurrir debido a cambios en la viscosidad de la solución, lo que influye en su velocidad de aspiración dentro de la llama y, por lo tanto, en la cantidad de analito en la llama.

Los errores debido a interferencias físicas se pueden reducir mediante la compatibilización de la matriz. Las interferencias de ionización se encuentran cuando el grado de ionización del analito en la llama

es diferente para las muestras que para los estándares debido a que los átomos e iones no absorben en la misma línea espectral. Los elementos alcalinos y alcalino térreos se ven especialmente afectados por esta interferencia. Las interferencias de ionización pueden ser reducidas al agregar un supresor de la ionización, el cual proporciona una alta concentración de electrones para suprimir la ionización del analito (por ejemplo adición de Cs para el análisis de Na). Las interferencias químicas en la FAAS son causadas a menudo por aniones que forman compuestos de baja volatilidad como por ejemplo óxidos refractarios (B, Al, Fe o V), fosfatos y sulfatos (Mg, Ca). En algunos casos, tales interferencias pueden eliminarse al agregar un agente liberador que reacciona preferencia con las especies que interfieren y evita su reacción con el analito. Por ejemplo, se puede agregar La como agente liberador en la determinación de Ca para reducir la interferencia del sulfato o fosfato. En casos donde no pueda eliminarse la interferencia, deberá emplearse la técnica de adición de estándar para obtener resultados exactos. La FAAS es probablemente la técnica más ampliamente utilizada para el análisis de metales en alimentos debido a su simplicidad, alto rendimiento de muestras y el costo relativamente bajo de su instrumentación. Permite la determinación de la mayoría de los elementos traza en los alimentos en el rango de mg/kg con una precisión de

0,3-1% (a absorbancias $> 0,1-0,2$) y una exactitud de aproximadamente 0,5-5%.

Espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS)

La HGAAS puede determinar elementos que forman hidruros volátiles como por ejemplo As, Bi, Sn y Te. En esta técnica, el analito es reducido a su hidruro volátil, transferido mediante un chorro de gas a una célula de cuarzo caliente, descompuesto y atomizado. La separación del analito reduce en gran medida las interferencias de la matriz de tal modo que pueden determinarse niveles de concentración de $\mu\text{g}/\text{kg}$. Si el tamaño de la muestra es un problema, puede emplearse inyección de flujo que permite analizar volúmenes de muestra tan pequeños como 100 μl . Sin embargo, el método tiene sus desventajas. Se requiere de un tratamiento especial después de la digestión de la muestra para generar un estado de oxidación específico (e.g. Se^{+4}) para la formación del hidruro y ciertos metales (por ejemplo Cu, Fe) pueden interferir con la formación del hidruro.

Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS)

El desarrollo de atomizadores de grafito en barras amplió el poder de

detección de la AAS para un amplio rango de elementos dentro del rango de $\mu\text{g}/\text{kg}$. La solución de la muestra, típicamente 5-100 μl , es inyectada dentro de un tubo de grafito de 3-5 cm de longitud, el cual es luego calentado eléctricamente en etapas para producir vapor atómico del analito. Por lo general el programa de calentamiento, comprende una etapa de secado para evaporar el solvente (70-120°C); una etapa de "quemado" (o calcinación) para remover la materia orgánica o los componentes volátiles de la matriz (350-1250°C); una etapa de atomización (2000-3000°C) y, un ciclo de limpieza a temperatura máxima a fin de quemar el analito remanente. Se requiere de una optimización cuidadosa de todos los parámetros del calentamiento durante el desarrollo de un método para obtener resultados reproducibles y exactos.

Al comparar con la FAAS, la atomización electrotérmica padece con mayor frecuencia de interferencias tales como absorción de fondo por especies moleculares o dispersión y efectos de la matriz. Los fabricantes del instrumental reconocieron tempranamente la importancia de corregir la absorción de fondo y en la actualidad se dispone de varios y diferentes tipos de sistemas de corrección de fondo (Deuterio, Zeeman y Smith-Hieftje). Las interferencias químicas se encuentran con frecuencia en GFAAS y para muchas aplicaciones se requiere del método de adición de estándar.

Además, algunos elementos (especialmente del grupo periódico V) pueden perderse como compuestos volátiles durante la etapa de calcinación particularmente cuando están presentes haluros. Tales problemas pueden a menudo eliminarse usando el procedimiento denominado de la modificación de la matriz. La modificación de la matriz consiste en agregar un material específico que reduce la volatilidad del analito y por lo tanto, permite la calcinación de la muestra a una mayor temperatura. Por ejemplo, se puede reducir la pérdida de As o Se al agregar iones de Ni para formar NiAs o NiSe.

En algunos casos, el modificador también puede contribuir a hacer que un componente interferente de la matriz sea más volátil sin la pérdida del analito. Como un ejemplo, se puede agregar NH_4NO_3 como modificador para volatilizar una matriz de NaCl como NH_4Cl y NaNO_3 antes de atomizar los elementos del analito.

Algunos fabricantes también ofrecen instrumentos GFAAS para el análisis directo de muestras sólidas tales como polvos, hojuelas, tejidos, etc. La cantidad de muestras tomadas para el análisis fluctúa de 0,1 a 10 mg para concentraciones de analitos en el rango de ppm y las ppb. El muestreo directo de sólidos es útil para aumentar el poder de detección y evitar la disolución de la muestra, la

cual ocupa mucho tiempo y aumenta el riesgo de contaminación.

El muestreo de sólidos también tiene algunas desventajas. Por lo general, la concentración de la matriz es alta debido a que la matriz orgánica no es removida por una etapa de mineralización lo cual da como resultado una alta absorción de fondo y fuertes interferencias químicas. Adicionalmente, uno a menudo no puede estar seguro que una muestra sea homogénea en una escala de unos pocos miligramos.

La precisión y exactitud típicas para las determinaciones de la mayoría de los elementos traza por la GFAAS están en el rango de 1-5% y 0,5-5% respectivamente.

La GFAAS tiene una sensibilidad que es superior aproximadamente un factor de 1000, a la FAAS pero su rendimiento de muestras es mucho menor. Esta es una desventaja importante cuando tiene que determinarse un gran número de elementos en forma rutinaria.

Espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES)

La ICP-AES a diferencia de la espectrofotometría, fluorometría y AAS es una técnica multielemento que permite el análisis simultáneo de un gran número de elementos (13). Se

basa en la medición de la radiación de la línea espectral emitida por átomos excitados en un plasma de Ar generado por calentamiento inductivo con un campo electromagnético de alta frecuencia. Los principales componentes de un instrumento ICP-AES son la antorcha plasmática, el nebulizador y el policromador. La antorcha consiste en 3 tubos concéntricos de cuarzo rodeados por una bobina de inducción enfriada por agua conectada a un generador de alta frecuencia. El plasma es creado al hacer que el Ar sea conductivo al exponerlo a una descarga eléctrica que crea electrones e iones. Bajo la influencia del campo electromagnético de alta frecuencia, las partículas cargadas calientan el argón hasta que el plasma alcanza una temperatura de 5500-8000 °K. Esto lleva a una vaporización casi completa del analito y a una alta eficiencia de atomización. La solución de la muestra es introducida vía nebulizador dentro de la antorcha utilizando un flujo transportador de Ar de 1 L/min. Para el gas que enfría se requiere de un flujo de gas mucho mayor, por lo general, 10 L/min. La técnica más común de introducción de la muestra es vía nebulizador. Se utilizan varios tipos de nebulizadores para generar aerosoles a partir de muestras líquidas: nebulizador concéntrico, nebulizador Babington, nebulizador de flujo cruzado y nebulizador ultrasónico. Cada tipo de nebulizador presenta características diferentes respecto a eficiencia, tolerancia a altas

cargas de sales y estabilidad. Existe una amplia variedad de técnicas de introducción de la muestra en la ICP-AES además de los nebulizadores convencionales: nebulización termo-spray, evaporación electrotérmica, generación de hidruros y muestra sólida directa utilizando ablación laser.

El policromador sirve para separar las líneas espectrales para los diferentes elementos. Pueden distinguirse dos tipos de instrumentos de ICP-AES:

- Los espectrómetros de lectura directa que poseen varias ranuras de detección prealineadas que permiten la detección simultánea de todos los elementos de interés. En este diseño, las líneas analíticas, por ejemplo el tipo de elementos medidos, no pueden cambiarse con facilidad.
- Los espectrómetros secuenciales más flexibles que utilizan sólo un canal. Los diferentes elementos son detectados secuencialmente al rotar el monocromador, lo que obviamente ocupa mucho más tiempo que el enfoque simultáneo.

Para la determinación simultánea de varios elementos, debe establecerse un compromiso en las condiciones de la fuente a fin de obtener una respuesta máxima y una buena linearidad. ICP tiene un rango dinámico lineal de tres a seis órdenes de magnitud, permitiendo la determinación de un

amplio rango de concentraciones sin dilución o preconcentración (por ejemplo rango de concentración para el análisis de Zn, de 0,04 a 10 µg/mL). Las interferencias químicas y los efectos de la matriz se deben a una mayor temperatura del plasma menos severa que en AAS. Los límites de detección para la ICP-EAS están aproximadamente en el mismo rango que para la FAAS. El método también tiene sus desventajas. El espectro de emisión de ICP puede ser complejo y por lo tanto, ocurren frecuentemente interferencias espectrales de los elementos de la matriz, de especies moleculares o del gas argón. Estas pueden ser minimizadas utilizando espectrómetros de alta resolución. Adicionalmente, se han desarrollado métodos complejos de corrección para compensar estos efectos. Otra desventaja se encuentra en el alto costo del sistema y del funcionamiento de éste debido al alto consumo de Ar. Sin embargo, ICP-EAS ha encontrado una amplia aplicación en el análisis de alimentos debido a su muy alto rendimiento de muestras.

Espectrometría de masa de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS)

Aunque la ICP-MS es una técnica analítica relativamente nueva si se compara con los métodos ya descritos, se ha posicionado rápidamente como una de las técnicas más útiles y versátiles para la determinación de

trazas en el análisis de alimentos (14,15,16). El desarrollo de la ICP-MS se produjo por el deseo de combinar la capacidad multielemento y amplio rango de trabajo lineal de la ICP-EAS con los límites de detección excepcionalmente bajos de la GFAAS. En esta técnica, se combina una mente de ion plasma a alta temperatura y a presión atmosférica con un espectrómetro de masa bajo vacío como un detector sensible. El plasma acoplado inductivamente se genera tal como se describe anteriormente para ICP-EAS. Los iones producidos en el plasma son maestreados en una dirección axial a través de un orificio estrecho (aproximadamente 0,7-1,2 mm de diámetro) dentro de un interfaz bombeado diferencialmente con lentes electrostáticas y desde allí extraídos hacia el analizador de masa. Para la mayoría de los tipos de ICP-MS, se utiliza un cuádrupolo para la separación de masa, pero recientemente se encuentran disponibles instrumentos de sector magnético de alta resolución. Los iones transmitidos son detectados por un multiplicador de electrones "fuera de eje", el cual puede operarse en los modos analógico y/o conteo de pulso. La captura de los datos puede hacerse en los modos de exploración (scanning) o de pico. En el primer modo, se explora la región de la masa con los isótopos de interés mientras que en el modo de pico sólo se miden los iones preseleccionados. La forma más común de introducir la muestra es

la inyección directa de soluciones utilizando un nebulizador neumático y una cámara "spray". Se dispone de una variedad de tipos diferentes de nebulizadores similares a aquellos utilizados por la ICP-EAS. Debido a la alta temperatura del plasma, los compuestos del analito en el aerosol son disociados eficientemente, atomizados y se forman iones con una carga positiva. Más de 50 elementos son ionizados a M^+ en una proporción de $> 90\%$. Desafortunadamente, también se producen picos de iones de óxidos (MO^+), iones cargados doblemente e iones poliatómicos (por ejemplo $ArNa^+$) ya sea a partir del analito, la matriz de la muestra o del solvente. Estos picos complican el espectro y pueden causar serias interferencias espectrales si ocurren en masas de iones con carga individual (por ejemplo ^{40}Ar $^{16}O^+$ en $^{56}Fe^+$). Ellos no pueden ser resueltos utilizando analizadores cuádrupolo pero pueden minimizarse optimizando las condiciones de funcionamiento de los instrumentos o utilizando métodos alternativos de introducción de la muestra. Adicionalmente, la elección del solvente puede contribuir a reducir las interferencias de fondo. Por ejemplo, se prefiere HNO_3 diluido en vez de HCl , H_2SO_4 y H_3PO_4 para la mayoría de las aplicaciones debido a que produce un espectro más simple de fondo. Las interferencias poliatómicas en muchos casos pueden eliminarse utilizando instrumentos de sector magnético de alta resolución de mayor costo, lo cual permite una

resolución de masa hasta 8000. La ICP-MS también sufre de efectos de la matriz, por ejemplo la matriz induce cambios de la intensidad de la señal iónica especialmente en concentraciones de > 1 g/L de sólidos disueltos. En altas concentraciones de sales, pueden observarse efectos de la matriz tales como supresión de la ionización o efectos de carga espacial. Se utilizan diversos métodos para corregir o superar estos efectos de la matriz: dilución de la muestra, compatibilización de la matriz, uso de un estándar interno, adición de estándar, separación química dilución isotópica.

La forma más común de introducción de la muestra en ICP-MS es la nebulización de la solución de la muestra. Durante los últimos años se ha desarrollado una gran variedad de otros métodos. Las muestras sólidas pueden ser analizadas directamente, sin una disolución preliminar, mediante volatilización electro-térmica, nebulización termospray o ablación láser. Las muestras gaseosas tales como hidruros volátiles (Se, As) o compuestos que eluyen de una cromatografía de gas o HPLC (Cr^{3+} / Cr^{6+}) también pueden introducirse en forma directa y eficiente dentro de ICP.

Los límites de detección de los instrumentos con cuádrupolo para la mayoría de los elementos son mejores que $0,1$ $\mu\text{g/L}$ y por lo tanto, considerablemente más bajos que

aquellos para la ICP-EAS ($0,1$ - 100 $\mu\text{g/L}$). Los instrumentos de sector magnético de alta resolución permiten límites de detección inferiores a $0,05$ ng/L . Ventajas adicionales, más allá de los excelentes límites de detección, incluyen un rendimiento de muestras extremadamente alto (>100 muestras/día) y la disponibilidad de información isotópica. La principal desventaja de la ICP-MS consiste en el alto costo del instrumento y de funcionamiento (derivado principalmente de un gran consumo de gas argón puro) y la existencia de interferencias isobáricas en el rango de masa baja (< 80 urna).

Elección del instrumental

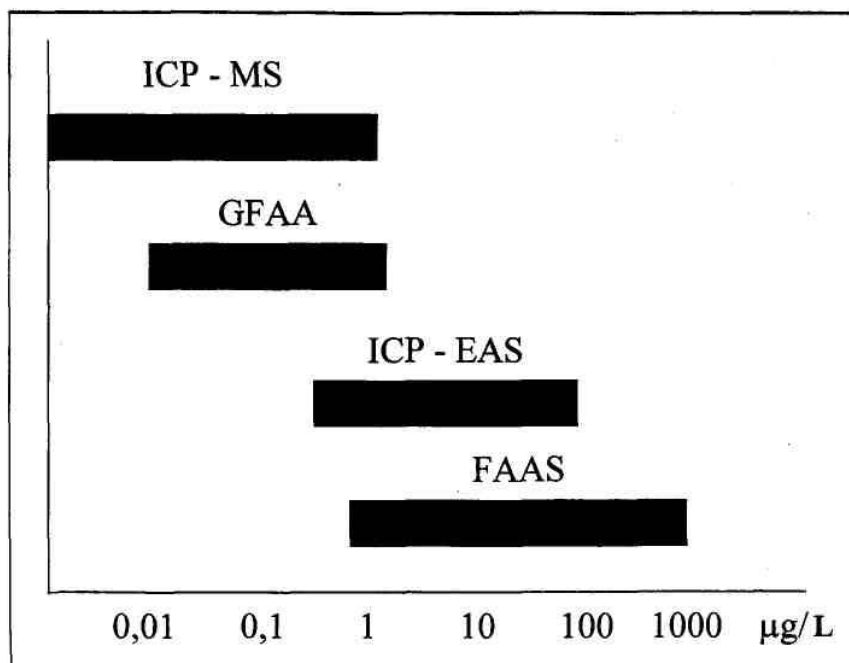
Con la amplia variedad de técnicas analíticas modernas disponibles, los jefes de laboratorio deben decidir cual técnica es la más adecuada para su laboratorio. La nueva instrumentación adquirida debería corresponder a las características de los problemas analíticos que se van a resolver. Los parámetros que se deben considerar para la selección de una técnica analítica incluyen: el límite de detección y de sensibilidad, la precisión analítica, el rango de trabajo analítico, los problemas con las interferencias, el costo del instrumento, el rendimiento de muestras, la posibilidad de automatización y los conocimientos y aptitudes del operador a cargo.

En la actualidad la mayoría de los laboratorios utiliza principalmente las técnicas espectrométricas atómicas, para el análisis de elementos traza. La espectrofotometría y fluorimetría se emplean principalmente donde no se dispone de medios suficientes para otros métodos o bajo condiciones de terreno donde es difícil de utilizar

instrumental complejo. A continuación, se dará una breve revisión de los méritos de las principales técnicas espectrométricas atómicas.

Los límites de detección típicos para las principales técnicas espectrométricas atómicas se muestran en el Gráfico 6.

Gráfico 6
Límites de detección típicos para las principales técnicas espectrométricas



Generalmente, los mejores límites de detección son alcanzados utilizando ICP-MS o GFAAS. La FAAS y la ICP-AES tienen límites de detección

similares para la mayoría de los elementos con la excepción de elementos refractantes tales como B, Al, o Zr, los cuales generalmente se

pueden analizar con una mejor sensibilidad en el plasma caliente de ICP.

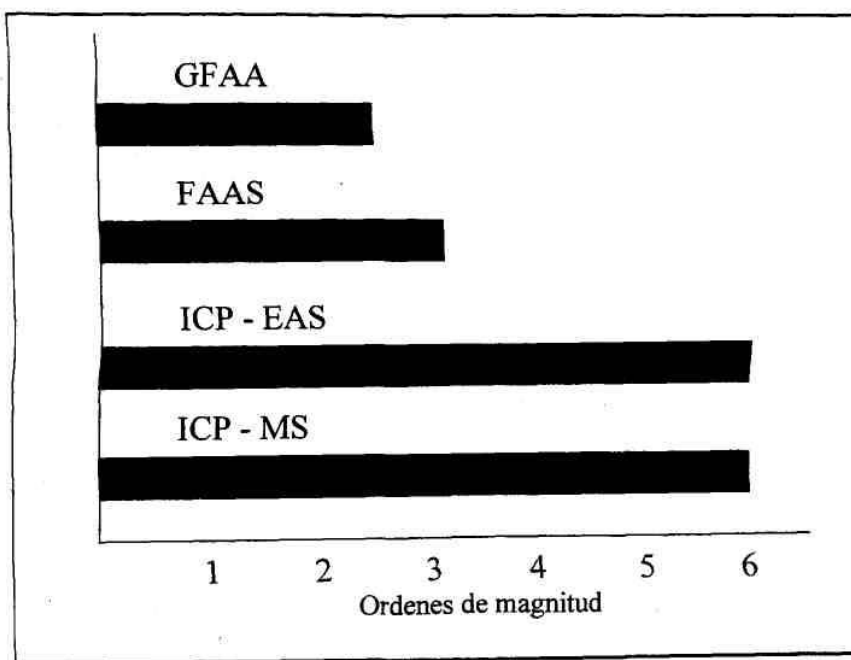
La precisión que se puede obtener en forma rutinaria se encuentra en el siguiente rango: $\approx 0.5\%$ para FAAS, $\approx 1.5\%$ para ICP-AES, $\ll 3-5\%$ para GFAAS y $\approx 2-3\%$ para ICP-MS. La exactitud depende de la calidad de los estándares, el rango de concentración, la presencia de interferencias, el grado de contaminación, etc.

Las interferencias químicas y espectrales no son por lo general un

problema para la FAAS pero ocurren frecuentemente en la GFAAS. La ICP-AES sufre de interferencias espectrales especialmente cuando se analizan matrices complejas. La baja resolución de la ICP-MS también sufre de interferencia debido principalmente a los iones poliatómicos. Esto puede evitarse al utilizar instrumentos de alta resolución más nuevos pero más costosos.

Los rangos de trabajo analítico para las técnicas espectrométricas atómicas se muestran en el Gráfico 7.

Gráfico 7 Rangos de trabajo analítico para las técnicas espectrométricas atómicas

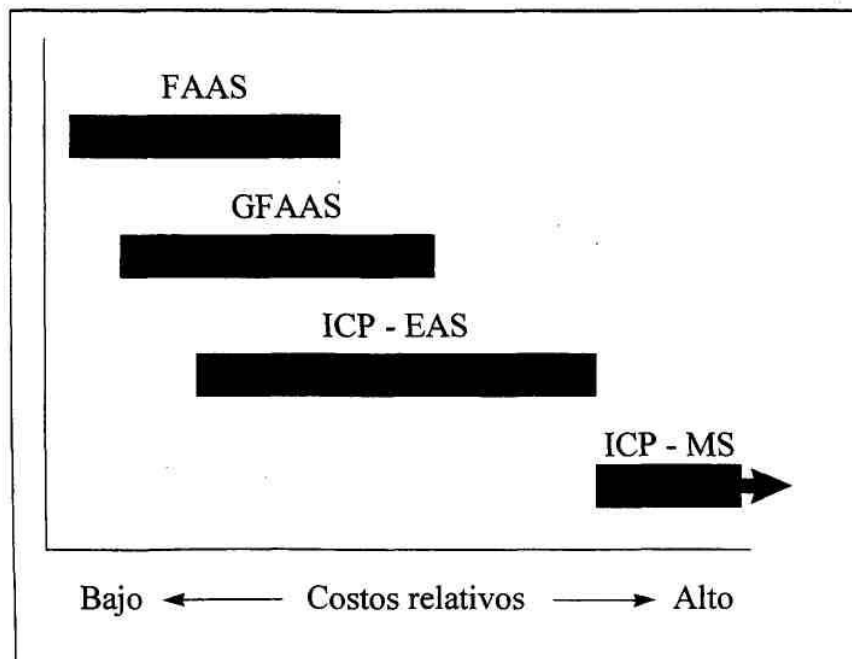


El rango de trabajo analítico se define como el rango de concentración sobre el cual pueden obtenerse resultados cuantitativos sin recalibrar el sistema. Un amplio rango de funcionamiento ahorra el tiempo de análisis que se emplea en calibrar y puede reducir los errores de manipulación de la muestra si las diluciones se mantienen a un mínimo. La ICP-MS y la ICP-AES tienen rangos de funcionamiento de 3 órdenes de magnitud mayores que la GFAAS y la FAAS.

Los costos típicos del sistema para las técnicas espectrométricas atómicas se ilustran en Gráf. 8 Los instrumentos

para análisis de elementos individuales (FAAS y GFAAS) son generalmente menos complejos y, por lo tanto, de menor costo que aquellos instrumentos para las técnicas multielemento (ICP-AES y ICP-MS). El rendimiento de muestras es siempre considerablemente mayor si se emplean los métodos multielemento. Por lo tanto, estas técnicas se utilizan preferentemente en laboratorios donde tienen que hacerse un gran número de análisis de rutina. Sin embargo, los métodos multielemento, por lo general requieren más conocimientos del operador que los métodos más simples para elementos individuales.

Gráfico 8 Sistemas típicos de costo para los sistemas espectrométricos atómicos



Para todos los métodos mencionados anteriormente, la automatización es en la actualidad un asunto de inversión de capital. La mayoría de los fabricantes ofrecen dispositivos de automuestreo que permiten el funcionamiento automático de los instrumentos.

REFERENCIAS

1. Reinhold, J.G., In: *Trace Minerals in Foods*, ed. Smith, K.T., Marcel Dekler, New York, 1988, pp. 1-55
2. Hofmann, J., *Fresenius Z. Anal. Chem.*, 1988,331,220
3. Mizuike, A., In: *Enrichment Techniques for Inorganic Trace Analysis*, eds. Boschke, F.L., Fresenius, W., Huber, J.F.K., Pungor, E., Rechnitz, G. A., Simon, W., and West, Th, S., Springer Verlag, 1983, pp. 9-20
4. Versieck, J., *J.Micronutr. Anal.*, 1989,6,261
5. Bock, R., In: *Decomposition Methods in Analytical Chemistry*, de. Marr, I. L., Blackie, London, 1979, pp.123-152.
6. Kingston, H.M., and Jassie, L.B., in *Introduction to Microwave Sample Preparation*, eds. Kingston, H.M. and Jassie, L.B., American Chemical Society, Washington DC, 1988, pp. 155-166
7. Knapp, G., *Microchim. Acta*, 1991,11,445
8. Welz, B, *Fresenius Z, Anal Chem.*, 1986,325, 95
9. Vandecasteele, C, Block, C.B. in *Modern Methods for Trace Element Determination*, Wiley & Sons, Chichester, 1993, pp. 68-71.
10. Marczenko, Z., *Separation and Spectrophotometric Determination of Elements*, Horwood, Chichester, 1986.
11. Koh, T.S., and Benson, T.H., *J. Assoc. Off Anal. Chem.*, 1983, 66,918
12. Vandecasteele, C, Block, C.B., in *Modern Methods for Trace Element Determination*, Wiley & Sons, Chichester, 1993, pp. 92-137.
13. Vandecasteele, C, Block, C.B., in *Modern Methods for Trace Element Determination*, Wiley & Sons, Chichester, 1993, pp.138-167.
14. Gray, A.L., in *Inorganic Mass Spectrometry*, eds. Adams, F., Gibjels, R., and van Grieken, R., Wiley-Interscience, New York, 1988, pp. 257-300

15. Handbook of Inductively Coupled Mass Spectrometry, Jarvis, K.E., Gray, A.L., and Houk, R.S., Blackie, Glasgow and London, 1992.
16. Vandecasteele, C, Block, C.B., in *Modern Methods for Trace Element Determination*, Wiley & Sons, Chichester, 1993, pp.192-260.

CAPITULO 21

ARMONIZACION Y COLABORACION INTERNACIONAL EN ACTIVIDADES DE COMPOSICION DE ALIMENTOS

Bárbara Burlingame

LA RED INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE DATOS DE ALIMENTOS, METAS Y OBJETIVOS

La Red Internacional de Sistemas de Datos en Alimentos (INFOODS) fue establecida para proporcionar el liderazgo en el desarrollo de estándares y guías para generar, compilar e informar datos de composición de alimentos.

La reunión para su fundación se efectuó en Junio de 1983, en Bellagio, Italia y fue organizada por la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) con la participación de la FAO y la OMS. Su propósito fue "explorar las necesidades y limitaciones de las bases de datos de composición de alimentos.... y proponer lo que se necesitaba". Como resultado de esta conferencia provino el diseño junto con los alcances de una red internacional que se designaría como INFOODS, la cual "promovería la cooperación internacional en la obtención y el intercambio de datos de calidad de composición de nutrientes de alimentos, bebidas y sus ingredientes, en formas apropiadas para satisfacer las necesidades de las agencias de gobierno, científicos de la nutrición, profesionales de la salud y de la agricultura, planificadores y políticos, productores de alimentos, procesadores y agentes minoristas y consumidores".

Para satisfacer este propósito, INFOODS ha asumido las siguientes responsabilidades: 1) establecer una red de centros regionales de datos, 2) crear una estructura administrativa y organizativa para los diversos grupos de trabajo de expertos, 3) actuar como el ente generador y receptor de bases de datos internacionales especiales, 4) proporcionar estímulos para programas de bases de datos nacionales y 5) proporcionar un recurso general y específico de personas y organizaciones interesadas en los datos de composición de alimentos a nivel mundial.

En 1983, la UNU aceptó la responsabilidad de administrar INFOODS y, adicionalmente, se recibió apoyo durante 3 años del Instituto Nacional del Cáncer de Estados Unidos. Con este apoyo combinado, INFOODS estableció una secretaría y diversos centros regionales de datos. En 1994, la FAO se propuso reestablecer sus actividades en el área de la composición de alimentos, y en 1995 la FAO se asoció con la UNU para promover INFOODS.

ACTIVIDADES Y PUBLICACIONES 1987-1994

A través de un comité de IUNS (International Union of Nutritional Scientists) patrocinado por la UNU, INFOODS fue capaz de asegurar la

realización de cuatro importantes publicaciones, todas las cuales están disponibles en los distribuidores de UNU Press o en las oficinas de la UNU en el mundo:

Datos de composición de alimentos. Una perspectiva de los usuarios (UNU, Tokio, 1987)

Basada en la conferencia en Logan, Utah de marzo de 1985, este volumen presenta las opiniones y experiencias de destacados expertos en el área relacionada con la importancia de los datos de composición de alimentos, los problemas actuales, y lo que debe hacerse para mejorar la situación. Proporciona una introducción esencial y una visión general para cualquiera que esté interesado o que espera estar involucrado con la recolección, compilación y utilización de los datos de composición de alimentos. Pone énfasis en las formas en que la composición de alimentos refuerza la investigación y políticas en importantes áreas de la salud pública, dietética, nutrición y epidemiología así como también su importancia crítica en la industria de alimentos y en las decisiones claves tomadas por las agencias de asistencia bilateral e internacional. Es una referencia útil para los cursos universitarios en alimentación y nutrición.

Compilación de Datos para Bases de Datos de Composición de Alimentos (UNU, Tokio, 1991)

Los datos de composición de alimentos han sido compilados en muchas bases de datos a través del mundo. A medida que aumentan los usos de estos datos, más personas y organizaciones se han involucrado en la compilación, y por lo tanto ha aumentado la necesidad de guías para la recolección, formateo y documentación. Este documento describe y presenta las recomendaciones para los procedimientos involucrados en la compilación de los valores para las bases de datos de composición de alimentos, y que incluyen análisis directo, valores representativos calculados, datos "prestados" de otras fuentes, datos estimados a partir de alimentos similares y datos estimados/calculados a partir de los diferentes ingredientes.

Identificación de los componentes de los alimentos para el intercambio de datos (UNU, Tokio, 1991)

El uso efectivo de los datos de composición de alimentos requiere la identificación precisa de los nutrientes y otros componentes alimentarios realmente medidos. Los nombres co-

munas para los componentes alimentarios a menudo se aplican a una variedad de métodos de análisis, o combinación de reactivos químicos lo que puede resultar en diferentes valores cuantitativos para lo que parece ser el mismo componente alimentario. Este libro proporciona la primera estandarización completa de la nomenclatura para el intercambio internacional de datos de nutrientes. Establece una serie de reglas para identificar en forma precisa los compuestos alimentarios y construir bases de datos adecuadas para transferirse entre computadores.

Manual de intercambio de datos de composición de INFOODS (UNU, Tokio, 1992)

Este volumen proporciona datos y guías acerca de los requerimientos para los datos de composición de alimentos, la identificación de componentes nutrientes y no nutrientes de los alimentos, la representación computacional e intercambio preciso de los datos de composición de alimentos y, sobre la organización, compilación y contenido de las tablas de composición de alimentos y bases de datos. Presenta la estructura y reglas para mover archivos de datos entre países y organizaciones regionales en una manera tal que se preserve toda la información disponible. Este enfoque también alerta al personal que desarrolla las bases de datos acerca de las áreas

potenciales en que existen posibilidades de ambigüedad y donde debiera tenerse un cuidado especial para mejorar la calidad de toda la base de datos.

Establecimientos de una revista internacional de composición de alimentos

La reunión de Bellagio también instó a investigar sobre la "factibilidad de establecer una revista internacional dedicada a los estudios de composición de alimentos". Se pensó que tal revista facilitaría la adopción de guías por la comunidad científica, serviría como una fuente de datos de cualquier futura revisión de las guías, y proporcionaría los medios para difundir los hallazgos y las revisiones importantes en todas las áreas de la composición de alimentos. En 1987, la Universidad de las Naciones Unidas estableció el *Journal of Food Composition and Analysis* como una co-publicación con Academic Press, con el Dr. Kent Stewart como editor. Esta revista, en la actualidad en su octavo año, publica manuscritos en todos los aspectos científicos de la información sobre la composición de alimentos para humanos con un énfasis especial en los métodos analíticos, datos reales de composición, y estudios sobre estadísticas, el uso y distribución de tales datos y los sistemas de datos. La información sobre suscripciones puede obtenerse en Academic Press, 6277

Sea Harbor Dr., Orlando, FL 32887-4900, USA.

Directorio de tablas y bases de datos internacionales sobre composición de alimentos

INFOODS ha compilado y distribuido una lista de todas las tablas y bases de datos disponibles de composición de alimentos. Actualmente, existen más de 200 tablas nacionales, regionales y mundiales de composición de alimentos en uso en el mundo que contienen datos únicos. Este directorio está disponible en la página Web (WWW) de INFOODS, o en forma impresa en la Secretaría de INFOODS en Nueva Zelanda.

Datos de composición de alimentos: producción, manejo y uso (H. Greenfield y D.A.T. Southgate, 1992, Primera edición, Elsevier. Reimpresa con correcciones, Chapman y Hall)

La UNU proporcionó apoyo a la Dra. Heather Greenfield de Australia para un año sabático en Norwich, Inglaterra trabajando con el Dr. David Southgate para proporcionar una versión actualizada de su clásico manual.

Publicado en 1992, este libro cubre sistemáticamente y con autoridad la iniciación y organización de un programa de datos de composición de alimentos, incluyendo la selección de

alimentos, muestreo, elección de los métodos analíticos, control de calidad, convenciones y modos de expresión de los datos, nutrientes a incluir y guía para su utilización. Es una compañía esencial para los otros manuales de INFOODS descritos anteriormente.

Guías para la nomenclatura de Alimentos

Un comité de UNU-IUNS encabezado por el Dr. Stewart Truswell desarrolló un documento que fue revisado en una reunión en Copenhague en julio de 1987, y publicado en el *Journal of Food Composition and Analysis*, con el título "Guías INFOODS para describir alimentos: Un enfoque sistemático para describir los alimentos a fin de facilitar el intercambio internacional de datos de composición de alimentos (Truswell y cols, 1991). Este informe se basa en extensas consultas internacionales y está dirigido a ser independiente de las culturas. Presenta guías para describir los alimentos con la intención de facilitar el intercambio de datos de composición de alimentos entre las naciones y culturas por los compiladores de las bases de datos de nutrientes. El sistema es un mecanismo de descripción amplio, multifacético y abierto que utiliza una serie de descriptores. El comité ha sido re-establecido y en la actualidad está desarrollando un enfoque más detallado para complementar y expandir el trabajo anteriormente

realizado incorporando los nuevos avances tecnológicos. Copias de este documento pueden obtenerse del *Journal of Food Composition and Analysis*.

Boletín de INFOODS

Se han publicado 18 números del boletín INFOODS, y el más reciente data de agosto de 1995. El propósito de este boletín es informar a los investigadores de datos de composición de alimentos de las actividades de la Red Internacional de Sistemas de Datos de Alimentos. Los dos últimos números están disponibles en el servidor WWW de INFOODS o en la oficina de la Secretaría de INFOODS en Nueva Zelanda.

Recursos electrónicos

INFOODS ha desarrollado tres recursos electrónicos de datos/comunicación que operan vía Internet: la lista FOOD-COMP, la lista FOOD-TAG y el servidor WWW.

El grupo FOOD-COMP, creado en 1993, opera con el propósito de discutir temas y difundir información a toda la comunidad profesional de composición de alimentos. El procedimiento para unirse a esta lista es enviar un e-mail a food-comp-request@infoods.unu.edu con el nombre completo y la afiliación en el campo del mensaje. Las discusiones

en esta lista cubren un espectro de tópicos que van desde el muestreo, detalles de la preparación de muestras y detalles metodológicos, a acuerdos sobre nombres, y formatos de presentación y expresión de datos. A menudo, se transmite en esta lista otro tipo de datos que incluye anuncios de conferencias y reuniones, disponibilidad de materiales de recursos, y otras notas de relevancia para aquellos involucrados en las actividades de la composición de alimentos.

La lista de registro FOOD-TAG, también creada en 1993, involucra a un grupo muy pequeño de participantes que actualizan los identificadores de los componentes de alimentos. Se proponen nuevas denominaciones (tagnames) según una fórmula establecida y se añaden a la lista, se somete a discusión y si no ocurre ninguna discusión al cabo de 30 días, la denominación (tag) es oficialmente registrada y agregada a la lista maestra. La participación es mediante invitación o mediante una solicitud especial realizada por la Secretaría.

La página Web de INFOODS fue construida en 1994. Contiene noticias, datos y documentos relacionados a INFOODS y a los centros regionales de datos. Puede accederse a ella utilizando Gopher o cualquier explorador web a la siguiente dirección: <http://www.crop.cri.nz/crop/infoods/infoods.html> Además de los

materiales relacionados a INFOODS, este servidor proporciona enlaces a otros de recursos electrónicos en nutrición.

***ACTIVIDADES Y
PUBLICACIONES EN 1995 Y
TRABAJOS EN CURSO***

Reunión del Comité de Calidad de Datos

Se realizó una reunión internacional de dos días de duración sobre calidad de datos con el auspicio de INFOODS, en las oficinas del Depto. de Agricultura de los Estados Unidos, en junio de 1995.

Los participantes provenían de USA, Tailandia, Chile, Zimbawe e INFOODS. Algunas de las materias examinadas incluyeron la necesidad de contar con indicadores de calidad de datos en un sistema de datos de composición de alimentos; sus aplicaciones en la evaluación retrospectiva de los datos, y la producción y evaluación de nuevos datos; sus ventajas/ usos; los diferentes tipos de valores de los componentes en una base de datos de composición de alimentos para los cuales podrían aplicarse; la línea base de parámetros de calidad de datos para datos analíticos y derivados y como la calidad de los datos debería estar representada en un sistema de datos de datos de composición de alimentos.

Algunas de las actividades de seguimiento incluyen encuestas en países donde alguna información sobre calidad /fuente de los datos es actualmente proporcionada a los usuarios para determinar cuan ampliamente se utiliza la información y cómo se aplica.

También se está preparando una segunda encuesta para los usuarios de la información que no reciben indicadores de calidad, para determinar como utilizarían los indicadores si éstos se les proporcionaran.

Reunión de Nomenclatura y Terminología de Alimentos

Un grupo de trabajo convino en determinar las tareas de un comité de expertos sobre la terminología y nomenclatura de los alimentos. Esta reunión de un día fue auspiciada por el Depto. de Agricultura de los Estados Unidos y se realizó en sus oficinas en junio de 1995 con los mismos participantes de la reunión de calidad de datos.

El primer ítem abordado fue la afirmación de la necesidad para reconvenir un comité internacional pertinente para la terminología, nomenclatura y descriptores de alimentos. Las tareas de este comité recomendadas por este grupo de trabajo fueron las siguientes: revisar los sistemas actualmente en uso para

determinar la factibilidad de unirlos; determinar si es posible un solo lenguaje de descripción de alimentos o una serie de criterios mínimos que sean adoptados entre diferentes países; asumir la responsabilidad de la compilación de un diccionario/enciclopedia/internacional de consenso y electrónico de descripción de alimentos que incluyera ojalá imágenes de los alimentos, que describiera y contrastara los diversos sistemas para los usuarios; que quizás estuviese en Internet, que viera donde se complementan y diferencian los sistemas; y que preparara una actualización que fuese una continuación al desarrollo del sistema INFOODS previamente publicado en el *Journal of Food Composition and Analysis*.

Intercambio internacional de datos

El intercambio internacional de datos de alimentos fue el tema principal de una reunión celebrada en Washington D.C. en diciembre de 1994. Se estableció que se compartirían datos entre INFOODS y la Asociación Internacional de Distribuidores de Alimentos (IFDA), con la expectativa que la información de la industria alimentaria será accesible y compatible con el sistema de INFOODS. La reunión también fue el foro para informar a los representantes de la industria y fabricantes de

software de la naturaleza, estado, ventajas y planes futuros de INFOODS. Las denominaciones (tagnames) ya han sido incorporadas dentro del sistema de INFOODS y la arquitectura del sistema debería hacer que sus datos fueran completamente compatibles con el sistema de INFOODS.

Sistema de evaluación dietética

INFOODS está apoyando la actualización de un sistema internacional de evaluación dietética, WORLDFOOD, desarrollado en la Universidad de California, Berkeley. El Sistema WorldFood está diseñado para facilitar una rápida evaluación dietética utilizando un computador personal compatible con IBM. Se ha compilado un lista de 1800 alimentos informados en seis países (Egipto, Kenia, México, Senegal, India e Indonesia) y puede accederse a él a través de menús muy amigables para el usuario. Los datos han sido tomados de tablas de composición de alimentos publicadas o han sido atribuidos si no se disponía de datos analíticos; no hay entradas vacías. La fuente de cada entrada está documentada y las denominaciones de INFOODS (tagnames) están siendo incorporadas como claves de los componentes. Se proporcionará WorldFood a los investigadores que realicen proyectos de investigación

dietética en países en desarrollo. La datos para obtener los disquetes y el manual pueden encontrarse en el servidor Web de INFOODS o en la Secretaría de INFOODS en Nueva Zelandia.

ACTIVIDADES DE LOS CENTROS REGIONALES DE DATOS

La reunión de organización de AFROFOODS se realizó en Accra, Ghana en septiembre de 1994. Se acordó que habría tres grupos sub-regionales: ECSAFOODS- Africa Suroeste, Este y Central (18 países); WAFOODS -Africa Occidental (cinco países); OCAFOODS -Africa Central y Occidental de habla francesa (23 países); y NAFOODS -Africa del Norte (5 países).

ECSAFOODS ha sido establecido como el Centro Regional de Datos para AFROFOODS. INFOODS ha donado equipamiento computacional al Centro, el cual se localiza en el Instituto de Alimentación, Nutrición y Ciencias de la Familia, Universidad de Zimbabwe en Harare. Se ha otorgado una beca de postgrado UNU para un científico de ECSAFOODS para trabajar durante tres meses en el área de los sistemas de información nutricional, la cual comenzó en diciembre de 1995. En la actualidad, se están realizando una serie de actividades.

OCAFOODS realizó una reunión en Dakar, Senegal en mayo de 1995. La FAO y la UNU colaboraron para realizar una reunión de los representantes de los países africanos de habla francesa para discutir problemas comunes y oportunidades para las actividades de composición de alimentos. La reunión intentaba explorar las posibilidades de la cooperación regional entre las instituciones activas en la composición de alimentos. Los participantes concordaron en crear, fortalecer y mantener programas de trabajo de composición de alimentos a nivel nacional y unir éstos a los programas de control de alimentos; y promover la cooperación regional del trabajo de composición de alimentos. Se identificaron muchas materias para consideraciones inmediatas y a futuro.

Las actividades de WAFOODS están siendo coordinadas desde Accra, Ghana, mientras las actividades de NAFOODS se espera que sean coordinadas desde Túnez, Túnez.

ASEANFOODS condujo y completó una prueba interlaboratorios a gran escala entre 1993 y 1995. Los resultados fueron presentados y publicados. Harina de arroz, harina de soya y pescado están disponibles en la actualidad como los Materiales de Referencia de Alimentos de ASEANFOODS, para pruebas de aptitud en laboratorios. Los materiales están

disponibles, con un costo subsidiado, con la Dra. Prapasri Puwastein, del Instituto de Nutrición, Universidad Mahidol de Salaya, Nakhon, Chaisri, Nakhon Pathom 73170, Tailandia. ASEANFOODS tuvo una reunión en mayo de 1995 durante la Conferencia de Análisis de Alimentos del Asia Pacífico en Manila. Se desarrolló una proposición para un taller a realizarse en marzo de 1996, para la producción de las primeras Tablas y Archivos de Datos de Composición de Alimentos de ASEANFOODS.

En el último año, se han realizado muchas reuniones dentro de la región de EUROFOODS con un enfoque en la composición de alimentos, y al mismo tiempo han avanzado muchos proyectos. Los proyectos involucran descriptores y clasificaciones de alimentos, calidad de la información, intercambio de datos, armonización de métodos y, la Base de Datos de Nutrientes de Europa. En 1994, se celebró en Wageningen, Holanda el Segundo Curso Internacional de Postgrado sobre la Producción y Uso de Datos de Composición de Alimentos y el tercero se realizará en octubre de 1996. INFOODS apoya esta iniciativa al proporcionar becas para científicos en composición de alimentos de los países en desarrollo. Más datos del próximo curso puede obtenerse del coordinador de EUROFOODS o de la Secretaría de INFOODS.

OCEANIAFOODS tuvo su cuarta reunión en Fiji en abril de 1995. Se han logrado avances significativos en la difusión de los datos de composición de alimentos, incluyendo una colaboración tripartita con INFOODS, lo que dió como resultado la publicación en noviembre de 1994 de las Tablas de Composición de Alimentos de las Islas del Pacífico, y los archivos de datos utilizados en las aplicaciones del paquete computacional DEETI/Pacific. Se están realizando proyectos de generación de datos, que involucran análisis en la Universidad del Pacífico Sur en Suva, y la recolección de muestras de muchas islas.

LATINFOODS realizó un taller en idioma español de tres semanas de duración en Santiago en octubre de 1995, al cual asistieron más de 30 personas de 11 países de América Latina. El contenido del taller incluyó capacitación en las áreas de generación de información obtenida en el laboratorio, compilación de datos basada en computadores, enfoques multimedia para la difusión de la datos y es un modelo del curso de 1994 celebrado en Wageningen. Se planificaron actividades de seguimiento que incluyen la preparación de Tablas de Composición de Alimentos y archivos de datos de LATINFOODS.

La primera reunión organizativa de MASIAFOODS para los países del Asia Media, se celebró en Beijing desde el 12-14 de octubre de 1995 bajo el auspicio conjunto de la FAO y la UNU. Asistieron 24 participantes de China, Corea, Hong-Kong, Taiwan y las agencias patrocinantes. El propósito de la reunión fue organizar a las personas y a las agencias involucradas en las actividades de composición de alimentos en los países del Asia Media y formalizar su participación en la red INFOODS. Se lograron todos los objetivos y han comenzado las actividades.

El establecimiento de la red regional de América del Norte, conocida provisionalmente como NORAMFOODS, fue la materia principal de una reunión celebrada en Washington D.C. en diciembre de 1994. Hubo acuerdo en que el trabajo dentro de la red INFOODS sería útil. El tema fue luego propuesto formalmente a los delegados de la 20ª Conferencia Nacional del Banco de Datos de Nutrientes, en junio de 1995 en Buffalo, Nueva York. Los participantes de las sesiones expresaron su apoyo a la idea y propusieron que se creara NORAMFOODS con la participación de USA, Canadá y México. Se están planificando reuniones de seguimiento.

La primera reunión de GULFOODS se realizó el 21-23 de noviembre de 1995, en los Emiratos Arabes Unidos bajo el patrocinio conjunto de la FAO y la UNU. Asistieron 27 participantes, relatores y observadores con seis representantes de los estados del Golfo. El propósito de esta reunión fue evaluar el estado de los datos de composición de alimentos en los países del Golfo Arabe, establecer una base de colaboración en los proyectos de composición de alimentos y desarrollar una estructura de cooperación de los países de la región con la Red Internacional Global FAO/UNU de Sistemas de Datos de Alimentos (INFOODS). Se acordó que la reunión de ARABFOODS se realizaría en la Universidad de las Emiratos Arabes Unidos en Al-Ain, EAU.

Se ha acordado el establecimiento de CARIBBEANFOODS que funcionará en el Instituto de Nutrición y Alimentación del Caribe en Kingston, Jamaica. INFOODS está proporcionando equipamiento computacional.

Se está planificando la primera reunión de SAARFOODS para los países del Asia Sur y probablemente se realizará en Pakistán a principios de 1996.

BECAS Y CAPACITACION

Durante el último año, se han otorgado muchas becas de INFOODS, que incluyen la asistencia al 1^{er} y 2^{do} Curso Internacional de Post-grado sobre la Producción y Uso de Datos de Composición de Alimentos en Nutrición, celebrada en Wageningen en 1992 y 1994. También se ha becado a un científico de LATTNFOODS en 1994 y a un científico de AFROFOODS en 1995 para estudiar los sistemas de datos de composición de alimentos en el Institute for Crop Food Research de Nueva Zelanda.

Secretariado de INFOODS
B.A. Burlingame
CACrop & Food Research
Private Bag 11030
Palmerston North
Nueva Zelanda
Tel: +64 6 356 8300
Fax: +64 6 351 7050
E-mail (internet) infoods@crop.cri.nz

Nevin Scrimshaw
UNU Programme Office
Charles Street Station
P.O. Box 500
Boston, MA 02114-0500
Estados Unidos
Tel: +1 617 227 8747
Fax: + 1 617 227 9405
E-mail (internet)
unucpo@infoods.unu.edu
Telex: 6503978146 MCI UW

COORDINADORES Y/O PERSONAS PARA CONTACTARSE DE LOS CENTROS REGIONALES DE DATOS

AFROFOODS:
Dr. Lilia Marovatsanga,
Institute of Food, Nutrition and
Family Sciences, University of
Zimbabwe, PO Box MP 167,
Mount Pleasant
Harare
Zimbabwe

ASEANFOODS:
Associate Professor
Prapasri Puwastien
Institute of Nutrition, Mahidol
University of Salaya, Nakhon Chaisri,
Nakhon Pathom 73170 Thailand

CARIBBEANFOODS:
Dr. Fitzroy Henry
Caribbean Food and Nutrition
Institute
University of the West Indies
PO Box 140
Kingston 7
Jamaica

EUROFOODS:
Professor Clive West,
Dept. of Human Nutrition,
Wageningen Agricultural University,
PO Box, 6700 EV
Wageningen,
The Netherlands

GULFOODS:

Dr. Abdulrahman O. Musaiger
Arab Nutrition Society
Foundation Committee
General Coordinator Office
PO Box 10862
Al-Ain
United Arab Emirates

LATINFOODS: Dr. Ricardo
Bressani Instituto de Nutrición
de Centroamérica y Panamá
(INCAP) Carretera Roosevelt,
Zona 11 Casilla 1188 Ciudad de
Guatemala Guatemala

Prof. Lilia Masson
Facultad de Ciencias Químicas y
Farmacéuticas
Universidad de Chile
Santiago de Chile
Chile

Coordinadores subregionales:

CAPFOODS (América Central y
Panamá)
Dr. Rafael Flores

Instituto de Nutrición de
Centroamérica y Panamá,
Carretera Roosevelt, Zona 11, Casilla
1188,
Ciudad de Guatemala,
Guatemala

SAMFOODS (América del Sur) Prof.
Saturnino de Pablo Instituto de
Nutrición y Tecnología de los
Alimentos (INTA) Universidad de
Chile, Casilla 138-11 Santiago de
Chile Chile

MASIAFOODS:

Professor Wang Guangya
Department of Food Chemistry
Institute of Nutrition and Food
Hygiene
CAPM, 29 Nan Wei Road 100050
Beijing
China

OCEANIAFOODS:

Professor Bill Aalbersberg
University of the South Pacific
Box 1168
Suva
Fuji

CAPITULO 22

DESARROLLO DE SISTEMAS DE MANEJO DE BASES DE DATOS DE COMPOSICION DE ALIMENTOS: LA EXPERIENCIA DE NUEVA ZELANDIA

Barbara Burlingame

INTRODUCCION

El desarrollo de la base de datos de composición de alimentos de Nueva Zelanda evolucionó como una extensión lógica de su trabajo en el área de las bases de datos de composición de alimentos para animales y que comenzó en la década del setenta en conjunto con INFIC (Centros Internacionales de Información de Alimentos para Animales). La demanda por datos de composición de alimentos de alta calidad estaba excediendo la demanda por datos sobre alimentos de uso animal, de tal modo que en 1986, se estableció la base de datos de composición de alimentos de Nueva Zelanda como un sistema separado de la base de datos de alimentos animales 1). Esto coincidió con la participación en INFOODS (Red Internacional de Sistemas de Datos de Alimentos), la cual había sido establecida pocos años después que el INFIC, con el patrocinio de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU).

El equipo multidisciplinario inserto en el programa de nutrición fue el ente fundamental para que Nueva Zelanda tuviera la capacidad de mantener su actual base de datos de alimentos y de explotar los recursos tecnológicos de la información a medida que éstos se desarrollaban. Desde su inicio el equipo de datos de alimentos incluyó a químicos y bioquímicos analistas para la generación de información, personal con manejo computacional

como programadores y analistas de sistemas para la generación y difusión y, científicos en nutrición los cuales estaban involucrados en las tres actividades. También fue fundamental la percepción de que un grupo como éste adquiriera ventajas al trabajar con otros investigadores del área. Relacionarse con INFOODS a medida que éste se desarrollaba fue importante en Nueva Zelanda debido a que INFOODS estaba abordando problemas críticos en la compilación de datos que no habían sido tratados previamente.

IMPACTO DE INFOODS

Aunque los generadores de datos tenían sistemas establecidos para colaboraciones a nivel mundial, como pruebas de aptitud interlaboratorios y muchas revistas de referencia, los compiladores de datos no tenían un foro internacional para su investigación. En 1987, la UNU/INFOODS establecieron el *Journal of Food Composition and Analysis*, publicado por Academic Press y editado por el Dr. Kent Stewart. Esta publicación, en su décimo año, abarca todos los aspectos científicos de la información en la composición química de los alimentos humanos con un énfasis particular en los métodos analíticos de obtención de los datos; datos reales sobre composición de alimentos; y estudios sobre manipulación, identificación,

estadística, almacenamiento, distribución y uso de los datos de composición de alimentos. Esta publicación que cuenta con arbitros ha contribuido a una mayor conciencia de las actividades de composición de alimentos como legitimar la investigación, permitiendo a los científicos dedicarse a esta área con más entusiasmo

Un problema fundamental que ha abordado INFOODS es la identificación ambigua de nutrientes y otros componentes alimentarios. El libro, *Identification of Food Components for INFOODS Data Interchange* (2) y su contraparte actualizada en World Wide Web¹, enumera los identificadores de nutrientes internacionales, también conocidos como tagnames. El uso de tagnames permite una correcta interpretación de lo que se quiere decir con los nutrientes comunes como por ejemplo carbohidratos (totales por diferencia vs disponibles por diferencia vs disponibles por suma vs disponibles por suma en equivalentes de monosacáridos) y proteínas (total calculado del nitrógeno amino vs total por análisis directo vs total calculado del nitrógeno total). Los identificadores abarcan el componente, una unidad por defecto de la medición, los métodos de análisis donde los diferentes métodos producen diferentes resultados, y en algunos casos se requieren palabras

URL: <http://www.crop.cri.nz/crop/infoods/infoods.html>

claves para factores que se utilizan en algunos cálculos de componentes (por ejemplo factores de conversión de nitrógeno con el identificador de proteína).

Nueva Zelanda fue el primer país en el mundo en incorporar identificadores dentro de su base de datos de composición de alimentos en 1991 (3), (4). Actualmente, muchas bases de datos usan identificador, incluyendo la Base de Datos de Composición de Alimentos de las Islas del Pacífico, y bases de datos en ASEANFOODS y LATINFOODS. Los identificadores serán incorporados en la próxima revisión de las bases de datos de Australia y EE.UU. (5, 6).

El uso de identificadores es una etapa primera y esencial al comprometerse en un intercambio internacional de datos de composición de alimentos.

Otro libro, *INFOODS Food Composition Data Interchange Handbook* (7), presenta los detalles teóricos de la estructura de los datos de composición de alimentos y las reglas para mover archivos entre países y organizaciones regionales de una forma que se conserve toda la información disponible. El intercambio de archivos de datos de composición de alimentos se ha realizado entre organizaciones que cooperan en OCEANIAFOODS e interregionalmente.

Los problemas actuales que están siendo analizados por los comités de INFOODS con la esperanza de alcanzar alguna estandarización incluyen indicaciones sobre la calidad de los datos, nomenclatura y terminología de los alimentos y la próxima generación de formatos de intercambio.

SISTEMAS DE INFORMACION NUTRICION AL DE NUEVA ZELANDIA

La Base de Datos de los Sistemas de Información Nutricional fue desarrollada originalmente para que corriera en una Red Novell en un ambiente MS-DOS, utilizando Advanced Revelation (3.1) como la plataforma de desarrollo. Este sistema ha sido descrito en muchas publicaciones (8), (9), (10). Una nueva versión en un ambiente Windows utilizando Paradox, ha sido desarrollada y se está trabajando en un sistema nuevo de plataforma cliente/servidor. El programa es la herramienta que se utiliza desde la etapa de planificación de la muestra hasta la etapa de difusión de los datos.

Características específicas

El nuevo sistema ha sido diseñado para interactuar con muchos otros pro-

ductos computacionales como módulos, y para ejecutar otras aplicaciones y recursos de información, en vez de recrear los productos existentes. Algunos módulos incluyen manuales de métodos, manuales de aditivos e ingredientes de alimentos, directorios comerciales (para el sector de alimentos), diccionarios de alimentos e imágenes de alimentos. Todo esto se encuentra en disquettes o CD-ROM. También con una programación de interacción, se encuentran un "software" de manejo de proyectos, un "software" de publicación y el estándar de interfaz desarrollado por el United States Food & Drug Administration (11).

En la actualidad, esta Base de Datos de Sistemas de Información contiene nueve bases de datos separadas de diversos tamaños y para diversos propósitos (Cuadro 1).

Los alimentos son descritos o nombrados en múltiples facetas (12). En las investigaciones del sistema óptimo de "nombre" de los alimentos, estaba claro que existía una superposición entre lo que típicamente se considera documentación de muestras, nombre del alimento y descriptores de alimentos. Se creó un archivo para documentación de muestras a fin de incluir información sobre recolección y manejo de muestras (13).

Cuadro 1
Bases de datos contenidas dentro de los Sistemas de Información Nutricional de Nueva Zelanda

Base de datos	Tamaño (Mb)	Propósito
NZ Food Composition ¹	38,9	Mantenimiento; desarrollo; investigación; salidas
NZ Recipes ¹	10,9	Desarrollo; investigación
SPC ²	6,0	Asesoría en el desarrollo; intercambio
INCAP ³	1,7	Asesoría en el desarrollo; intercambio
USDA ⁴	37,2	Captura de FTP; intercambio
UK ⁵	0,07	Copia de demostración
Thai: MOPH ⁶	0,2	Intercambio
Thai: INMU ⁷	0,3	Asesoría en el desarrollo; intercambio
Australia ⁸	6,0	Intercambio

¹ New Zealand Institute for Crop and Food Research, Palmerston North

² South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia

³ Institute of Nutrition for Central America and Panama, Guatemala City, Guatemala

⁴ US Department of Agriculture

⁵ Royal Society of Chemistry, United Kingdom

⁶ Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand

⁷ Institute of Nutrition Mahidol University, Salaya, Nakhon Pathom, Thailand

⁸ National Food Authority, Canberra, Australia.

Los descriptores de alimentos en Cuadro 2 muestra las facetas del "nombre" o "descriptor". El nombre y el nombre del alimento se consideraron como uno solo. El

Cuadro 2
Sistema multifacético de asignación de nombres

1. Genérico	(Generic)
2. Tipo	(Kind)
3. Cepa	(Strain)
4. Parte	(Part)
5. Proceso	(Process)
6. Grado	(Grade)
7. Madurez	(Maturity)
8. Género	(Gemus)
9. Especie	(Species)
10. Variedad	(Variety)
11. Mensaje	(Message)
12. Abreviación	(Shortname)
13. Nombre (s) alternativos	(Alternative name (s))
14. Códigos idiomáticos	(Langual codes)

En la actualidad, existen 11 facetas que constituyen un Fullname en que sólo Generic, requiere una entrada (2-11 son optativas). La faceta 12, Shortname, es una combinación de otras facetas, con un límite de 32 caracteres, la que algunas veces contiene abreviaciones y selecciones de sólo la información necesaria para que el Shortname sea único. Este campo fue creado para acomodar aquellos productos con datos tales como paquetes de aplicación computacionales y tablas concisas impresas donde el espacio es importante. Shortname es la única faceta aparte de Generic que requiere una entrada. Las facetas de nombre del INCAP están en español y los nombres MOPH e INMU implementan un juego de caracteres en tailandés en una faceta alternativa de nombres. Un comité de expertos está desarrollando estándares para la nomenclatura y terminología de alimentos, convenido por IUNS (International Union of Nutritional Scientists) e INFOODS. Nueva Zelanda participará en el proceso e implementará las recomendaciones una vez que se llegue a un acuerdo.

En Nueva Zelanda, se enfrentaron los problemas a medida que éstos surgieron, y se trataron situaciones complejas de compilación de datos en una forma sistemática y sobre una base ad-hoc. Algunas de las características del sistema de Nueva Zelanda implementadas desde el

inicio incluyen la provisión de entradas de valores de materia seca y recálculos sobre una base de peso húmedo con un valor apropiado para humedad; cálculos de error estándar que acomodan la desviación estándar del valor de humedad y el nutriente en cuestión; códigos de fuente/calidad para identificar el origen y la calidad de los datos; características de autocálculo con omisiones, como por ejemplo los se requerirían para la energía de un valor de grasa que incluya ésteres de la cera; y una serie de pruebas de integridad que monitorean e informan las relaciones entre los diferentes nutrientes en el mismo alimento y los mismos nutrientes en alimentos similares.

A partir de comienzos de la década del noventa, se han introducido otras características. Una característica importante es el programa de cálculo de receta. Existen dos usos importantes para este programa. Uno obvio es para el cálculo de los componentes de recetas con factores de retención de nutrientes para diferentes métodos de preparación, y también para la preparación de registros que requieren la ponderación de las proporciones, como por ejemplo proporciones de grasa separable y carne magra para carnes o combinaciones de diferentes cultivos de frutas basados en datos de distribución en el mercado para calcular un registro "combinado del cultivo". Este programa se basa en ecuaciones estándares (14), factores de

retención de nutrientes (USA, 1984 y posteriores) que se muestran desplegadas así como también ecuaciones personalizadas y factores de retención y rendimientos seleccionados por el usuario.

El programa de datos crudos permite la captura de resultados de muestras individuales cuando se han recolectado muestras múltiples y determinaciones de replicados individuales en una muestra única. Todos los valores pueden ser capturados y algunos valores individuales como por ejemplo aquellos sospechosos, pueden excluirse del proceso posterior. Los datos analíticos pueden introducirse sobre una base de peso húmedo, sobre una base de materia seca o sobre una base de liofilizado, dependiendo de cómo se prepararon y analizaron las muestras. El programa calcula el promedio de la muestra a partir de los replicados y luego calcula el promedio de las muestras y procesa la información estadística para presentar modos, medianas, promedios, rangos, desviaciones estándares y errores estándares. Se construyeron tres subrutinas diferentes dentro del sistema, para el tratamiento de valores alejados ("outliers"), para ser utilizadas cuando se justifique de acuerdo el número de mediciones individuales. Los datos trazas, capturados como el límite de detección o límite de cuantificación, pueden ser procesados en cualquiera de las cuatro formas siguientes que

están incorporadas al sistema a medida que el compilador lo considere apropiado: como cero, como la mitad del valor, como el valor en sí o simplemente como trazas (Trace). Este programa llama a una base de datos de métodos analíticos mostrándose un despliegue (popup) para la selección del método de análisis utilizado para cada nutriente. Esta característica ha sido implementada en el segmento de replicados de los datos debido a que la misma muestra puede ser analizada por más de un método, por ejemplo, selenio por espectrometría ICP (inductively coupled plasma) en primer lugar y luego por fluorometría.

El programa Changes verifica los datos a través del tiempo. Un campo *reason* en este programa requiere un código explicatorio cuando se modifica un valor individual o un valor promedio. Esto permitirá distinguir en la base de datos entre un error corregido; un valor actualizado, el cual es más representativo que el antiguo; y un cambio real en un valor que en su naturaleza puede ser dependiente del tiempo (por ejemplo un cambio en la legislación de alimentos que especifica un contenido de grasa diferente para la leche baja en grasas y que comienza a regir en una fecha específica).

Además de un código de fuente para cada valor, el cual identifica el origen de los datos, se han agregado indicadores de calidad de los datos.

En la actualidad, estos son códigos de caracteres alfabéticos que identifican el tipo de dato (analíticos y diferentes tipos de atribuidos) y expresan algunos niveles de confianza en la información presentada. Estos continuarán utilizándose hasta que el Comité de Expertos de Calidad de Datos de IUNS/INFOODS desarrolle las respectivas guías. Una vez que se dispongan de estándares internacionales, la conversión será fácil.

En algunos países, existen bases de datos separadas para "referencia" y para "encuesta" (15). En Nueva Zelanda existe una base de datos con varios niveles bien definidos de agregación de datos y con códigos de fuente/confianza para diferenciar los valores analizados de los valores atribuidos.

Los discos compactos se han convertido en una parte importante de los sistemas de información. Por ejemplo, los registros para el programa Changes, tanto los nuevos ingresos así como también los cambios en los registros ya existentes son tan grandes que han sido traspasados a CD-ROM. La biblioteca de imágenes vale decir, muestras reales de alimentos que son fotografiados y digitalizados, también está almacenada y se utiliza desde un CD (16), (17). El dispositivo CD interactúa fácilmente con los sistemas de información contenidos en un servidor de archivos.

Libros y productos computacionales

Hacer que los datos de composición de alimentos estén ampliamente disponibles es el aspecto de "servicio" más importante de este trabajo, pero también es esencial como "transferencia de información/tecnología" de las actividades de investigación. La difusión de los datos a partir de esta base de datos tiene varias formas diferentes vale decir, está diseñada para satisfacer las necesidades de una gran variedad de usuarios. Debido a la versatilidad de la base de datos y a las subrutinas del programa, cada formato estándar puede adaptarse para alimentos, nutrientes y detalles de documentación, pueden escribirse fácilmente los códigos para formatos completamente nuevos (tanto electrónicos como imprimibles). El Cuadro 3 muestra las cinco salidas estándares, cada una de las cuales puede ser ejecutada con pocos golpes de teclas.

FOODfiles (18) es el más adquirido bajo licencia y es utilizado aproximadamente por 25 organizaciones incluyendo universidades e importantes hospitales y por fabricantes de "software" computacionales. Los siete archivos relacionados que conforman FOODfiles se integran generalmente dentro de un sistema de manejo de base de datos o se utilizan para desarrollar sistemas específicos para usuarios.

Cuadro 3
Información proporcionada en diferentes formas de salida a partir de la base de datos de composición de alimentos de Nueva Zelanda

Forma de Salida	Alimentos	Componentes	Base	Datos Numéricos	Códigos de
FOODfiles	Todos (~1650)	52 a 423, según las necesidades del usuario	Por 100gp.c.*; Aminoácidos en mg/gN. Acidos grasos en g/100g Acidos grasos totales	Promedio, Desviación estándar, Error estándar, Número de muestras	Completa para cada nutriente en cada registro
Dietl/NZ	Todos	Subconjunto de 52	Por 100g o cualquier tamaño de porción como lo seleccione el usuario	Promedio	No se proporciona
Tablas no abreviadas	Todos	Todos	Por 100gp.c.*; Aminoácidos en mg/gN. Acidos grasos en g/100g Acidos grasos totales	Promedio, Desviación estándar, Error estándar, Número de muestras	Completa para cada nutriente en cada registro
Tablas abreviadas	Todos	Subconjunto de 52	Por 100g y una porción común	Promedio	Completa para cada nutriente en cada registro
Tablas, concisas	Subconjunto de ~800	Subconjunto de 28	Por 100gy hasta los porciones comunes	Promedio	Fuente principal más importante enumerada en el índice

* p.c: porción comestible

Diversas empresas han suscrito acuerdos de licencia con Crop & Food Research para utilizar FOODfiles en sus productos. Dietl/NZ es utilizado en diversos departamentos de universidades, en las unidades de dietética de más de la mitad de los hospitales de Nueva Zelandia y por personas de la industria de alimentos, sector de atención de salud y empresas de relaciones públicas.

De los tres formatos impresos, las Tablas Concisas (19) es el de mayor popularidad. Prácticamente cada dietista, nutricionista, científico en alimentos y estudiante universitario en Nueva Zelandia posee una copia.

CONCLUSIONES

Las bases de datos de composición de alimentos son necesarias para una variedad de propósitos que incluyen el comercio de alimentos, el desarrollo de políticas agropecuarias, el cuidado clínico y la investigación, la investigación epidemiológica y experimental, la investigación en salud pública y el desarrollo de políticas, el desarrollo de productos alimentarios, el manejo de servicios de alimentación y muchos más. Con el fin de maximizar la utilidad de una base de datos de alimentos más allá del uso limitado para evaluación dietaria, se requiere de un enfoque de un equipo multidisciplinario para ir a la par con los avances en todas las áreas que tienen impacto en este tipo

de trabajo. Además, la internacionalización de la investigación, el desarrollo de políticas, el comercio de alimentos etc., exigen un cierto nivel de estandarización, y por lo tanto, es fundamental el rol de INFOODS.

BIBLIOGRAFIA

1. Shields, H.M.; Burlingame, B.A. and Dunne, P. 1988. The Launching of the New Zealand Food Composition Tables and Database. (Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand 13:160-164).
2. Klensin, J.C., et al. 1989. Identification of Food Components for Data Interchange. Tokio, United Nations University.
3. Burlingame, B.A. 1991. Food analysis and the development of the New Zealand food composition databases. (Proceedings of the Nutrition Society of Australia 16:104-107).
4. Burlingame, B.A. 1993. International Interchange. In: Proceedings of the third OCEANIAFOODS Conference, December 1991. pp. 117-121.
5. Lewis, J. 1995. Country Report, Australia. In: Proceedings of the fourth OCEANIAFOODS Conference. Suva, Fiji. In Press.

6. Haytowitz, D. Personal communication.
7. Klensin, J.C. 1992. INFOODS; Food composition data interchange handbook. Tokyo, United Nations University Press.
8. Burlingame, B.A.; Cook, F. and Duxfield, G. 1990. New Zealand's food composition databases. (Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand 15:132-145).
9. Milligan, G.C. and Burlingame, B.A. 1991. Creation of the New Zealand food composition interim database. (Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand 16:181-188).
10. Burlingame, B.A. 1991. Using International Nutrient Data. In: Proceedings of the Sixteenth Nutrient Databank Conference. Nutrient Databases for the 1990's. pp. 143-144.
11. Petersen, B. 1994. Retrieving food data using the International Interface Standard for Food databases. In: Castenmiller, J. and West, CE., eds. Report of the Third Annual Meeting of the FLAIR Eurofoods-Enfant Project. Vilamora, Portugal, 10-12 de noviembre de 1993. Wageningen. pp. 170-172.
12. Truswell, A.S., et al. 1991. INFOODS Guidelines for Describing Foods; a systematic approach to describing foods to facilitate international exchange of food composition data. (Journal of Food Composition and Analysis 4(1): 18-38).
13. Greenfield, H. and Southgate, D. A. T. 1992. Food composition data: production, management and use. Barking. London, Elsevier Science Publishers.
14. Rand, W.M., et al. 1991. Compiling Data for Food Composition Data Bases. Tokyo, United Nations University.
15. Perloff, B. 1990. USDA's National Nutrient Data Bank. In: Proceedings of the fifteenth National Nutrient Databank Conference. pp. 11-17.
16. Burlingame, B.A. and Cook, F.M. 1994. Images in data bases. In: Proceedings of the 19th National Nutrient Databank Conference. pp. 45-49.
17. Burlingame, B.A., et al. 1995a. Food data: Numbers, words and images. In: Greenfield, H. Quality and accessibility of food-related data. Arlington, AOAC International. v 1. pp. 175-182.

18. Burlingame, B.A., et al. 1995b.
FOODfiles Manual. New Zealand
Institute for Crop & Food
Research.

19. Burlingame, B.A., et al. 1994.
The Concise New Zealand Food
Composition Tables. 2 ed. Fiji,
New Zealand Institute for Crop &
Food Research.

CAPITULO 23

IMAGENES EN LAS BASES DE DATOS: UNA DOCUMENTACION ESENCIAL

Barbara Burlingame

INTRODUCCION

Las personas que desarrollan las bases de datos de composición de alimentos tienen a su disposición tecnología que permite la incorporación de imágenes, además de datos estándar de tipo numérico y descriptivos (1). Para obtener una máxima utilidad, las imágenes deberían usarse para documentar las muestras recolectadas y/o preparadas (por ejemplo después de cocinar o reconstituir); para verificar las descripciones ampliadas (por ejemplo, madurez de la muestra); para identificarlas con nombres científicos para el presente y el futuro ya que pueden cambiar; y para acompañar la información numérica y descriptiva en los paquetes de software para los usuarios. El proceso es tan simple y la información tan valiosa que existen muy pocas razones para omitir esta etapa importante en el trabajo de la composición de alimentos.

DOCUMENTACION MEDIANTE IMAGENES

Idealmente, las imágenes deberían utilizarse al comenzar con la etapa de recolección de la muestra. En la mayoría de los países, las muestras de alimentos se recolectan y procesan en el laboratorio. En primer lugar, deberían fotografiarse las muestras en forma intacta y crudas incluyendo cortes seccionales expuestos que sean

adecuados y con secciones apropiadas del corte expuesto. A menudo, es apropiado fotografiar las muestras nuevamente después de prepararlas como lo haría el consumidor. También debería incluirse una definición de la escala (por lo general una regla métrica) y un panel de índice de colores (por lo general una hoja Pantone) en la mayoría de las fotografías.

También deberían fotografiarse en forma rutinaria los envases y etiquetas de los alimentos, permitiendo la captura de los códigos de barra, códigos de lotes y otra información críptica y codificada.

Todo esto debería hacerse además de registrar los descriptores de palabras y el texto detallado conteniendo los detalles estándar de documentación como por ejemplo edad de la muestra, fecha de la muestra, región geográfica, nombre común y científico, estado físico, procesamiento, materiales de empaque, etc.

Luego las fotos pueden digitalizarse en cualquiera de los diversos formatos estándares utilizando un escáner óptico con la más alta resolución posible. Existe una relación entre la resolución y el espacio requerido para almacenar la imagen: mientras más alta sea la resolución mayor será el tamaño de la imagen.

En la actualidad, existen aproximadamente 500 imágenes PCX en la

Base de Datos de Composición de Alimentos de Nueva Zelandia, que ocupan aproximadamente 160 MB de espacio de disco. El tamaño de los archivos individuales va desde 25 KB para un simple envoltorio de pan en blanco y negro, a 2MB para algunas frutas y verduras con imágenes de alta resolución y color (2).

Los requerimientos de espacio en el disco varían dependiendo del tamaño de la imagen, número de colores, la resolución de la imagen y la tecnología de compresión utilizada.

Pueden realizarse diversas manipulaciones para lograr un eficiente almacenamiento. Un archivo de bebidas de Nueva Zelandia está compuesto de tres diferentes marcas de bebidas en polvo. El envase escaneado en 256 colores ocupa 630 KB; este mismo archivo comprimido con PKZIP ocupa 416 KB; y como un archivo GIF, 93 KB. La misma información contenida en el envase, cuando se entra en la base de datos como texto, ocupará sólo 30 bites.

Utilizando una serie de diferentes paquetes y equipamiento computacional, las imágenes almacenadas en formato PCX pueden transferirse a diferentes medios tal como formatos que consumen menos bites, como es el caso de GIF.

Esto es importante dado que los usuarios tendrán diferente equipamiento y paquetes de computación

disponibles. GIF y TIFF se han convertido en estándares para la industria y JPEG con el respaldo ISO y CCITT (3) se está volviendo popular para comprimir imágenes estáticas y almacenarlas. El intercambio de imágenes se verá facilitado al haber flexibilidad en el formato de las imágenes.

Equipamiento computacional

La capacidad de ver las imágenes depende del equipamiento disponible. Las imágenes requieren como mínimo un monitor Super VGA que pueda mostrar 1024 x 768 pixeles en al menos 256 colores. Algunas imágenes requieren una tarjeta de video de 1MB capaz de mostrar 32.000 colores a partir de una paleta de más de 16 millones de colores. Estos ítemes de equipamiento computacional están ampliamente disponibles y se utilizan en forma común en el mundo.

Otros medios

Los discos flópticos ya han sido utilizados en el intercambio de imágenes entre Nueva Zelandia e INFOODS. Los discos flópticos son de 21 MB de tamaño, en comparación con los discos estándares de 3.5" y un tamaño de 1,44 MB. Aunque esta capacidad es útil, se requieren otros medios para intercambiar bases de datos llenas de imágenes y aquí es donde son esenciales los discos

compactos. Un software adicional permitirá la integración de discos compactos y tecnologías patentadas tales como Photo-CD con las bases de datos de composición de alimentos. Muchos sistemas de información han sido desarrollados utilizando tecnología CD-ROM. Se integran las técnicas convencionales de recuperación que incluyen la búsqueda de texto completo y las bases de datos son integradas para acceder a la información almacenada en CD-ROM.

Limitaciones

Existen algunas limitaciones al utilizar imágenes en las bases de datos de composición de alimentos. Por ejemplo, no puede buscarse una imagen de la misma manera que los archivos de texto. La imagen de una bebida endulzada artificialmente identificará los ingredientes uno de los cuales puede ser aspartame. Sin embargo, los archivos de imágenes no pueden buscarse a través de la presencia de aspartame de la forma en que un descriptor busca archivos de texto o archivos de códigos. Esta es una razón importante por la cual las imágenes no sustituirán la documentación mediante palabras o códigos alfanuméricos.

USO DE LAS IMÁGENES

Validación de datos

La verificación de la información se ha convertido en la aplicación más valiosa a la fecha para este esfuerzo de documentar a través de imágenes. Los analistas y compiladores de bases de datos algunas veces cuestionan los datos y en muchas ocasiones las imágenes nos permiten tomar decisiones acerca de aceptar o rechazar los resultados de algunos análisis de nutrientes. Por ejemplo, hace unos pocos años se cuestionaron los altos valores de β -caroteno encontrados en los análisis de damascos de Nueva Zelanda. Estudios más recientes en damascos produjeron valores que eran significativamente menores. Se analizaron los métodos detalladamente, se comparó los planes de muestreo y los métodos de preparación de las muestras y finalmente se resolvió el problema comparando las imágenes de las muestras reales que se utilizaron. Las imágenes mostraron que las primeras muestras tenían un color naranja mucho más intenso y oscuro que las muestras más recientes. Otro ejemplo de verificación de datos se relaciona con un ave de Nueva Zelanda (mutt-

onbird). Su contenido de hierro es mayor que el que se espera encontrar en un ave, y se asemeja al contenido de hierro de la carne de vacuno y cordero. La imagen muestra que la carne de esta ave es de un color rojo intenso, lo que sugiere que es razonable el alto nivel de hierro.

Encuestas de ingesta de alimentos

A menudo, es difícil compatibilizar un ítem en un historial dietético o encuesta recordatorio con un registro equivalente en un base de datos de composición de alimentos. Incluso en la situación de una entrevista donde los alimentos son seleccionados desde la pantalla de un computador, se requieren algunos juicios que muchas personas no pueden hacer sin contar con el beneficio de los ejemplos visuales. Para la mayoría de las personas, profesionales de la nutrición y similares, es más fácil seleccionar un dibujo que se asemeje a lo que ellos consumirían. Por ejemplo, la mayoría de las personas no podría decir con certeza cuál era la proporción entre la fracciones magra y grasa separables en el pedazo de carne que consumieron, aunque la relación magro:graso es un descriptor común utilizado en los registros de alimentos.

Intercambio internacional

El intercambio internacional de información de composición de alimentos, y en forma más importante, el comercio internacional en productos alimentarios, revela el desafío de confiar en los descriptores de palabras. Sin embargo, aunque se encuentran disponibles amplias traducciones en varios idiomas, las palabras por sí solas nunca serán suficientes. Cada país tiene ítemes únicos en su suministro de alimentos y en su base de datos de composición de alimentos. Nueva Zelandia tiene feijoa, pukeko y karaka (bayas); Australia tiene también alimentos típicos como por ejemplo witchetty grub, waleroo y cassowary gums. La mayoría de las personas que no conocen la región no tendrían idea de que tipo de alimentos se trata.

Incluso más complicado que los alimentos desconocidos por su nombre, están los alimentos con un nombre familiar, los cuales son marcadamente diferentes a su equivalente del mismo nombre en otras regiones. Por ejemplo, el kumara de Nueva Zelandia, con el nombre alternativo de camote (papa dulce), es muy diferente al camote de América del Norte; el zapallo de Nueva Zelandia es diferente del típico

zapallo de América del Norte. Las diferencias observadas en la composición de nutrientes no son tan sorprendentes cuando se muestran las diferencias físicas mediante una imagen del alimento.

INFOODS ha considerado este tema de las imágenes en las bases de datos de composición de alimentos (4) y el modelo de intercambio incluye un elemento de imagen (5). La estructura de intercambio que utiliza el modelo de INFOODS requiere elementos que indiquen el tipo de imagen a codificar así como también proporcionar la imagen real. También, puede utilizarse un elemento de comentario. Las imágenes forman parte del elemento clasificación, la cual es la primera subetapa o etapa auxiliar del elemento alimento. Las imágenes asociadas con un corte de carne (cdc) podrían incluir un diagrama de la corteza del animal que muestre la posición del corte y una fotografía del corte en sí. Estos se incluirían en archivos de intercambio como se muestra a continuación:

<imagen><pcx/> la primera imagen en formato PCX</pcx/><cdc/> diagrama de la carcasa animal con los

sitios identificados de los cortes </cdc/></imagen>
<imagenxgif/>la segunda imagen en formato GIF</gif/><cdc/>imagen del corte</cdc/x/imagen>

BIBLIOGRAFIA

1. Burlingame, B.A., et al. 1995. Food Data: Numbers, words and images. In: Greenfield, H., ed. Quality and accessibility of food-related data. Arlington, AOAC International. vi. pp. 175-182.
2. Burlingame, B.A. and Cook, F.M. 1994. Images in data bases. In: Proceedings of the 19th National Nutrient Databank Conference ,St. Louis. pp. 45-49.
3. Wallace, G.K. 1991. (Communications of the ACM 4:30-45).
4. Klensin, J.C. 1991. (Trends Food Sci. Techno. 2:279-282).
5. Klensin, J.C. 1992. INFOODS Food Composition Data Interchange Handbook. Tokyo, The United Nations University.

CAPITULO 24

CARBOHIDRATOS Y COMPONENTES ALIMENTARIOS RELACIONADOS: IDENTIFICADORES DE INFOODS, SIGNIFICADOS Y USOS

*John Monro y
Barbara Burlingame*':*

* Algunas partes de este artículo fueron originalmente publicadas en: Monro, J. and Burlingame. B. (1996). Carbohydrates and related food components: INFOODS tagnames, meanings and uses. Journal of Food Composition and Analysis 9, 100-118, y se reproducen con la autorización de Academic Press.

INTRODUCCION

De hecho no es fácil clasificar a los componentes de alimentos como carbohidratos, fibra dietética o constituyentes de éstos. El gran número de métodos para expresar y analizar carbohidratos y fibra dietética (1,2) y el continuo debate acerca de los significados de estos términos crean problemas para aquellos que generan, compilan y utilizan los datos de composición de alimentos. Estas incertidumbres se reflejan en los valores numéricos en las tablas de composición de alimentos y archivos de datos. Para el usuario de estos datos la información es, en el mejor de los casos, ambigua, y en el peor puede llevar a interpretaciones erradas muy serias. El problema se ilustra fácilmente con el término carbohidrato muy utilizado en la composición proximal de alimentos, el cual puede representar cualquiera de las cinco acepciones aceptadas para analizar/expresar este ente nutricional, cada una de las cuales representa una mezcla diferente de constituyentes.

Otros términos tales como fibra dietética y pectina no se refieren a especies químicas específicas, sino a mezclas sobrepuestas de polímeros, definidos tanto por su solubilidad bajo ciertos tipos de condiciones como por su identidad química. Polisacáridos no almidón (PNA) es un término más preciso, pero también denota una mezcla. Más aún, los componentes en tales muestras a menudo son descritos

en forma más precisa dentro de una lista de componentes de alimentos, por lo tanto, existe un amplio espectro de redundancia. Un comité de expertos de ENFOODS se reunió con el objetivo de establecer un sistema de identificadores internacionales de componentes de alimentos, para eliminar ambigüedades y malas interpretaciones de la información nutricional. En 1989, este comité desarrolló y publicó identificadores internacionales para los componentes de alimentos, también conocidos como "tagnames" (3). Desde esa época, se ha establecido un sistema electrónico de registro y también de difusión de nuevos identificadores (4). Los identificadores incorporan la entidad del componente alimentario, el método de análisis (o método de cálculo), cuando se sabe que métodos diferentes producen valores diferentes y las unidades de expresión. Cada identificador refleja una representación única de un componente alimentario. Los identificadores se utilizan en la evaluación retrospectiva y en la actualización de los sistemas de composición de alimentos existentes (5,6,7,8,9), y en el diseño e implementación prospectiva de nuevos sistemas (10,11).

El uso de identificadores para todos los componentes de alimentos es un requisito del programa de intercambio de datos de INFOODS (12), así como también para una adecuada interpretación de los datos de

alimentos. La experiencia de Nueva Zelandia con el intercambio electrónico de archivos de datos con o sin identificadores ha sido un ejercicio benéfico para demostrar su importancia en este sentido, y es particularmente importante en componentes de alimentos que son esencialmente carbohidratos (5,13).

METODOS

Categorización de identificadores que son predominantemente carbohidratos en esencia

Se identificaron identificadores que se refieren a componentes de alimentos que son carbohidratos en sí y se dividieron dentro de cinco categorías sobre la base de su uso en archivos de datos/tablas de composición de alimentos y sus propiedades químicas: 1) agregados de constituyentes referidos habitualmente a la entidad "carbohidrato", 2) los componentes individuales de 1); 3) las preparaciones de fibra dietética que pueden subdividirse mediante métodos de análisis; 4) los componentes monosacáridos de 3); y 5) otros componentes de alimentos tales como polisacáridos y tracciones de paredes celulares que también podrían contribuir a la categoría 3) en el análisis de fibra.

Ilustración de la magnitud de las posibles diferencias numéricas entre los agregados del carbohidrato proximal

Se analizaron los términos que representan el ente carbohidrato a partir de las tablas de composición de alimentos de varios países (13,14,15,16,17). Se calculó la composición teóricamente verdadera del salvado de trigo estandarizado y harina de maíz y luego se calculó sobre una base de materia seca. Posteriormente, se calculó un valor "correcto" para cada término para ilustrar la magnitud de las posibles diferencias numéricas con las diferentes expresiones del ente carbohidrato. No se abordaron o consideraron otras razones de variabilidad.

Ilustración de los componentes de diferentes preparaciones de fibra dietética

Se diagramó la relación entre las fracciones de los polímeros presentes en los alimentos que típicamente comprenden la fibra dietética, los sinónimos de fibra dietética comúnmente usados, la asignación de identificadores para las preparaciones de fibra así como también de la contribución aproximada de diversos constituyentes de alimentos a las pre-

paraciones de fibras. El objetivo fue ilustrar dos puntos: i) los polímeros de la pared celular no son recuperados completamente en algunas preparaciones de fibra aún cuando las paredes celulares de las plantas son un punto central en el concepto de la fibra dietética en la nutrición humana y, ii) los materiales que se encuentran fuera de la pared celular que incluyen polisacáridos, almidón resistente a la amilasa, y otros materiales que resisten la digestión por enzimas del tracto digestivo humano pueden estar contenidos en la preparación, dependiendo del método y de la definición.

Identificación de los componentes de la fibra y mezclas como solubles e insolubles

La mayoría de los métodos para los análisis de fibra soluble son simplemente modificaciones de la metodología de fibra total con una etapa insertada después de la digestión de almidón a fin de separar la fibra soluble del material insoluble por filtración o centrifugación del digerido. La fibra soluble es luego recuperada de la fase líquida, la mayoría de las veces por precipitación con etanol. La solubilidad de la fibra dietética y, por lo tanto, la distribución de los polisacáridos no almidón entre las fracciones soluble e insoluble depende en gran medida del método, pero incluso así, no se han

estandarizado las condiciones para extraer almidón de fibra soluble. Los métodos difieren en el pH y en los tipos de buffer, los cuales pueden tener un efecto importante en la solubilidad de las sustancias pécticas que son un componente importante de la fibra soluble (18), por lo tanto, los componentes de la fibra soluble pueden no ser equivalentes para una muestra dada. La distribución común y aproximada de los diversos componentes se han agrupado como fracciones de fibra insoluble y soluble.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los Cuadros 1 a 5 muestran la ubicación de los identificadores para los componentes de alimentos que son predominantemente carbohidratos en cinco categorías principales: 1) agregados de constituyentes referidos habitualmente a la entidad "carbohidrato", 2) los componentes individuales de 1); 3) las preparaciones de fibra dietética que pueden subdividirse mediante métodos de análisis; 4) los componentes monosacáridos de 3); y 5) otros componentes de alimentos tales como polisacáridos y fracciones de paredes celulares que también podrían contribuir a la categoría 3) en el análisis de fibra. La ubicación dentro de una categoría se basa en su uso en los archivos de datos/tablas de composición de alimentos y sus

propiedades químicas. Los Cuadros 6 a 9 ilustran la racionalidad para la creación y utilización de los tagnames de INFOODS, y como se contraponen o concuerdan con los términos simples y comúnmente usados.

Agregaciones de constituyentes comúnmente referidas a la entidad carbohidrato proximal

(1) CHOAVL, (2) CHOAVLM, (3) CHOCDF, (4) CHOAVLDF, (5) CHO-

En el análisis y/o expresión de una entidad de nutriente denominada carbohidrato, la agregación puede incluir o excluir una serie de componentes. El Cuadro 1 muestra los identificadores para cinco métodos comúnmente utilizados y a la vez muy diferentes para expresar la entidad de

composición proximal simplemente denominada a menudo carbohidrato.

CHOAVL y CHOAVLM son agregaciones de valores analíticos (por ejemplo, la suma de los mono- y disacáridos individuales + almidón) mientras que CHOCDF y CHOAVLDF están calculados por diferencia (por ejemplo 100 gramos menos la suma de las cantidades en gramos de las otras entidades del análisis proximal). CHO-, representa a los carbohidratos con un método desconocido de determinación y es un identificador útil cuando se evalúa retrospectivamente los datos de composición de alimentos que tienen una documentación insuficiente. La M terminal en el identificador de la fibra o de un carbohidrato representa la expresión de este componente como su equivalente monosacárido (EM).

Cuadro 1
**Agregación de constituyentes comúnmente referidos como del
ente carbohidrato**

Identificadores	Descripción
CHOAVL	Carbohidrato, disponible (por suma de valores analíticos); incluye a los azúcares libres más dextrinas, almidón y glicógeno
CHOAVLDF	Carbohidrato, disponible (por diferencia); calculado como 100g menos la suma de gramos de agua, proteína, grasa, fibra y cenizas
CHOAVLM	Carbohidrato, disponible, expresado como el equivalente en monosacárido; incluye a los azúcares libres más dextrinas, almidón y glicógeno
CHOCDF	Carbohidrato, total (por diferencia); calculado como 100 g menos la suma de gramos de agua, proteína, grasa y cenizas
CHO-	Carbohidrato, método desconocido

Cuadro 2
Componentes individuales y subagregados del agregado carbohidrato

Identificadores	Componentes
Monosacáridos determinados por análisis directo	
FRUS	Fructosa
GALS	Galactosa
GLUS	Glucosa
ARAS	Arabinosa
XYLS	Xilosa
Disacáridos determinados por análisis directo	
LACS	Lactosa
LACSM	Lactosa, expresada como el equivalente de monosacárido
MALS	Maltosa
MALSM	Maltosa, expresada como el equivalente de monosacárido
SUCS	Sacarosa
SUCSM	Sacarosa, expresada como el equivalente de monosacárido
Agregaciones de mono-y/o disacáridos	
DISAC	Disacáridos
DISACM	Disacáridos, expresados como el equivalente de monosacárido
SUGAR	Total de azúcares disponibles
SUGARM	Total de azúcares disponibles, expresadas como el equivalente de monosacárido
SUGNRD	Azúcares no reductores
SUGRD	Azúcares reductores
Otros polímeros de carbohidratos "disponibles" determinados por análisis directo	
STARCH	Almidón
STARCHM	Almidón, expresado como el equivalente de monosacárido
GLYC	Glicógeno
GLYCM	Glicógeno, expresado como el equivalente de monosacárido
INULN	Inulina
ALGNT	Alginatos
AMYP	Amilopectina
AMYPM	Amilopectina, expresada como el equivalente de monosacárido
AMYS	Amilosa
AMYSM	Amilosa, expresada como el equivalente de monosacárido
DEXTN	Dextrinas
DEXTNM	Dextrinas, expresada como el equivalente de monosacárido
MALTRS	Maltotriosa
MALTRSM	Maltotriosa, expresada como el equivalente de monosacárido
OLSAC	Oligosacáridos
OLSACM	Oligosacáridos, expresados como el equivalente de monosacárido
RAFS	Rafinosa
RAFSM	Rafinosa, expresada como el equivalente de monosacárido
RIBS	Ribosa
SORTL	Sorbitol

Cuadro 3
Identificadores para preparaciones de fibra dietética en alimentos

Fibra mediante métodos gravimétricos para investigación de forrajes	
FIBAD	Fibra; determinada por método de detergente ácido
FIBADC	Fibra; determinada por método de detergente ácido (modificación de Clancy)
FIBC	Fibra; cruda
FIBND	Fibra; determinada por método de detergente neutro
FIBNDH	Fibra; determinada por método de detergente neutro (Holloway)
Fibra alimentaria mediante gravimetría	
FIBINS	Fibra; insoluble en agua
FBSOL	Fibra; hidrosoluble
FIBTG	Fibra; total dietética; determinada gravimétricamente por el método AOAC de fibra dietética total
Fibra alimentaria mediante cuantificación específica del azúcar más gravimetría	
FIBTS	Fibra, total dietética; suma de los componentes polisacáridos no almidón más lignina
FIBTSW	Fibra, total dietética; suma de los componentes polisacáridos no almidón más lignina (Wenlock)
"Fibra" alimentaria (como PNA) mediante cuantificación específica del azúcar; no gravimétrica	
PSACNC	Polisacáridos no celulósicos
PSACNCI	Polisacáridos no celulósicos, insolubles en agua
PSACNCS	Polisacáridos no celulósicos, hidrosolubles
PSACNS	Polisacáridos no almidón
PSACNSI	Polisacáridos no almidón, insolubles en agua
PSACNSS	Polisacáridos no almidón, hidrosolubles
PSNSGII	Polisacáridos no almidón, insolubles bajo condiciones del tracto gastrointestinal
PSNSGIS	Polisacáridos no almidón, solubles bajo condiciones del tracto gastrointestinal
Fibra; método no especificado	
FIB-	Fibra; método de determinación desconocido

Cuadro 4
Componentes monosacáridos de preparaciones de fibra

Identificadores	Componente
ARAFB	Arabinosa en fibra dietética
GALFB	Galactosa en fibra dietética
GLUFB	Glucosa en fibra dietética
MANFB	Manosa en fibra dietética
RHAFB	Ramnosa en fibra dietética
XYLFB	Xilosa en fibra dietética
FIBHEX	Hexosas en fibra dietética
FIBPENT	Pentosas en fibra dietética

Cuadro 5
Otros componentes de alimentos que pueden clasificarse como "fibra dietética" en alimentos

Identificadores	Componente
Fraciones de polímeros de la pared celular	
PECT	Pectina
HEMCEL	Hemicelulosa
CELLU	Celulosa
LIGN	Lignina
PENSN	Pentosano
HEXSN	Hexosano
PURAC	Acido poliurónico
Polisacáridos específicos	
ARAN	Arabinano
GALTN	Galactano
GLUCNB	Betaglucano
XYLN	Xilano
MANN	Manano
STARES	Almidon, resistente
Heteropolisacáridos complejos no estructurales	
AGAR	Agar
ALGNT	Alginato
CARGN	Carragenina
GUMS	Gomas
MUCIL	Mucílagos

La conversión de disacáridos, trisacáridos, tetrasacáridos, pentasacáridos y almidón a EM requiere multiplicar por 1,05, 1,07, 1,08, 1,09 y 1,1 respectivamente (1). La distinción más importante lograda con esta representación aproximada de carbohidratos, en términos de una interpretación apropiada de valores, es disponibles vs total (por ejemplo no disponibles). CHOAVL, CHOAVLM y CHOAVLDF representan a los así llamados carbohidratos disponibles, es decir, aquellos que excluyen a la fibra en su representación.

Puede suponerse por la discusión anterior que las diferentes representaciones de carbohidratos necesitarían diferencias en los valores numéricos correctos para este ente aproximado. Dado que prácticamente todas las tablas de composición de alimentos en el mundo (19) presentan valores de carbohidratos, este componente es particularmente útil en demostrar la importancia de los identificadores ya que éstos se relacionan con la eliminación de ambigüedades e interpretaciones erróneas de los datos numéricos.

A modo de ilustración, el Cuadro 6 presenta las composiciones teóricamente verdaderas de salvado de trigo estandarizado y harina de maíz sobre una base de materia seca, según los constituyentes representados por el término carbohidrato tal como se utiliza en los archivos de datos/tablas de composición de alimentos de diferentes países/regiones (13,14, 15,16, 17). Se escogieron estos ejemplos para representar la situación más extrema sin que sean muy grandes las diferencias en los valores de carbohidratos para la mayoría de los alimentos.

La primera y segunda columna del Cuadro 6 muestran ejemplos de los términos simples y comunes utilizados para carbohidratos como un constituyente proximal en las tablas de composición de alimentos de siete países/regiones. En la tercera columna se presenta una descripción ampliada de los significados de los términos. Generalmente, la descripción ampliada, relacionada con el método de determinación y/o fracciones incluidas dentro del ente carbohidrato se encuentra en algún lugar de la parte introductoria de las tablas de composición de alimentos.

Cuadro 6
Composición teórica verdadera de los constituyentes del término
carbohidrato en salvado de trigo estandarizado y harina de maíz *

País	Término usado	Descripción ampliada	Identificador	Valor estandarizado para salvado de trigo (base materia seca)	Valor estandarizado para harina de maíz (base materia seca)
EE.UU. (USDA) (38)	Carbohidrato, total	Carbohidrato total, por diferencia	<CHOCDF >	75g/100g	85g/100g
Reino Unido (17)	Carbohidrato	Carbohidrato disponible (suma) en equivalente de monosacáridos	<CHOAVL M>	42g/100g	93g/100g
Asia del Este (39)	Carbohidrato	Carbohidrato total por	<CHOCDF >	75g/100g	85g/100g
Australia (16)	Carbohidrato, total	Carbohidrato disponible (suma) (no en equivalentes de monosacáridos)	<CHOAVL >	40g/100g	85g/100g
Nueva Zelanda (40)	Carbohidrato disponible	Carbohidrato disponible (suma) en equivalentes de monosacáridos	<CHOAVL M>	42g/100g	93g/100g
Malasia (14)	Carbohidrato	Carbohidrato disponible por	<CHOAVL DF>	40g/100g	85g/100g

* Los valores presentados son los valores **correctos** estandarizados teóricamente. No se consideran otras fuentes de discrepancias o errores

Como puede observarse en el Cuadro 6, se utiliza a menudo el mismo término, para describir diferentes entes de carbohidratos. Por ejemplo, tanto el USDA como Australia usan el término carbohidrato total. La descripción ampliada muestra que representan dos agregaciones muy diferentes, siendo la mayor diferencia que el USDA incluye a la fibra y Australia la excluye. Por lo tanto, se espera que los valores verdaderos y correctos para los alimentos altos en fibra sean muy diferentes en estos dos países. La columna denominada "valor estandarizado para el salvado de trigo" muestra 75 vs 40g/100 g de materia seca para EE.UU. y Australia respectivamente.

Los valores presentados son valores teóricamente correctos, sin considerar otros factores que podrían contribuir a las diferencias.

Otra razón para las diferencias en los valores de algunas tablas es la expresión de carbohidratos disponibles en equivalentes de monosacáridos. Para los alimentos altos en almidón, oligosacáridos y disacáridos, las diferencias son marcadas. Las tablas en el Reino Unido y Nueva Zelanda expresan carbohidratos disponibles como el equivalente monosacárido, mientras las otras no lo incluyen. La diferencia es, por lo general, calculada como un 10% para almidón y 5% para disacáridos. La última columna en el Cuadro 6 muestra los valores de

carbohidratos de 85 vs 93g/100 g de materia seca para carbohidratos en harina de maíz, un alimento con alto almidón, en que la única diferencia es que la expresión del carbohidrato como el equivalente de monosacárido tiene el valor más alto (nuevamente estos valores han sido estandarizados para eliminar otras potenciales diferencias como por ejemplo las diferentes tasas de extracción para las harinas en diferentes países y la variabilidad biológica normal).

Al usar los identificadores y compararlos para el término carbohidrato en el Cuadro 6 se explica la razón para comprender las diferencias significativas en los valores encontrados en diferentes tablas para el mismo alimento. El simple término utilizado en las tablas no es suficiente. El uso de identificadores es importante en materiales impresos, pero incluso es mayor en los archivos de datos electrónicos donde las descripciones ampliadas, métodos de análisis y otra información importante se encuentran en archivos separados, a menudo sin enlaces directos con los registros de los alimentos (15,20).

Componentes individuales que conforman la agregación proximal de carbohidratos

El Cuadro 2 muestra los constituyentes "disponibles" que conforman la agregación proximal de carbohidratos.

(6) FRUS, (7) GALS, (8) GLUS, (9) ARAS,(10)XYLS

Estos identificadores representan los monosacáridos determinados por análisis directo los que representan los azúcares libres en los alimentos, más que los azúcares medidos después de la hidrólisis. No se espera que los métodos convencionales, CG, HPLC y ensayos enzimáticos produzcan resultados diferentes.

(11) LACS, (12) LACSM, (13) MALS, (14) MALSM, (15) SUCS, (16) SUCSM, (17) DISAC, (18) DISACM

Estos identificadores representan los disacáridos determinados por análisis directo. Son expresados como el peso del azúcar en LACS, MALS, SUCS; como su equivalente de monosacárido en LACSM, MALSM, SUCSM; o como la suma de los disacáridos individuales en DISAC y DISACM. En relación a los monosacáridos, no se espera que los métodos convencionales de análisis produzcan resultados diferentes.

(19) SUGAR, (20) SUGARM, (21) SUGNRD, (22) SUGRD

Estos identificadores representan agregaciones de diversas combinaciones de mono y disacáridos. SUGNRD y SUGRD son agregaciones químicas. SUGRD representa los

azúcares medidos colorimétricamente mediante métodos que dependen del grupo reactivo aldehído o cetona de los monosacáridos de hexosa y pentosa que, a menudo, se encuentran en los alimentos. SUGNRD es un azúcar no reductor, y dentro de esta categoría se encuentra el disacárido sacarosa. Generalmente se mide, por el aumento de azúcar reductor al hidrolizar el disacárido a sus unidades reductoras de monosacáridos. Sin embargo, no puede utilizarse como identificador para di u oligosacáridos debido a que depende, no del número de unidades de azúcares involucrados sino que de su reactividad. Algunos disacáridos tales como maltosa y lactosa, son reductores.

SUGAR y SUGARM representan la suma de los disacáridos y monosacáridos medidos individualmente.

(23) STARCH, (24) STARCHM, (25) GLYC, (26) GLYCM, (27) INULN, (28) ALGNT, (29) AMYP, (30) AMYPM, (31) AMYS, (32) AMYSM, (33) DEXTN, (34) DEXTNM, (35) MALTRS, (36) MALTRSM, (37), OLSAC, (38) OLSACM, (39) RAFS, (40) RAFSM, (41) RIBS, (42) SORTL

Estos identificadores representan otros polímeros de carbohidratos "disponibles" determinados por análisis directo. Las diferentes expresiones del mismo ente químico se relacionan sólo a los equivalentes de monosacáridos, como en STARCH/

STARCHEM y GLYC/GLYCM, con un factor de conversión de 1,10; AMYP/AMYPM, AMYS/AMYSM, DEXTN/DEXTNM, MALTRS/MALTRSM, OLSAC/OLSACM, con factores de conversión en el rango de 1,05-1,09; y RAFS/RAFSM con un factor de conversión de 1,07. STARCH es el más común de los analitos en este grupo, mientras los otros, rara vez, se encuentran en las series de datos de composición de alimentos.

Aunque típicamente caracterizado como "carbohidrato disponible", el almidón puede existir en una forma resistente a la amilasa que se analiza como fibra dietética en algunos métodos (se discute más adelante).

Preparaciones de fibra dietética que pueden subdividirse mediante métodos de análisis

La naturaleza del ente fibra dietética es determinada por el método utilizado para el análisis de fibra. Esto, a su vez, es dictado por la definición de fibra (Cuadro 7). Por ejemplo, definir la fibra como un polisacárido no almidón (PNA) requiere que se lleven a cabo las etapas necesarias para eliminar todo el almidón no digerible, y medir el PNA mediante métodos que miden los poli-

sacáridos específicamente. Por lo tanto, la extracción diferenciada y la recuperación seleccionan los componentes que pueden medirse como fibra dietética y cual de estos componentes sea medido en forma determina la composición aparente de la preparación (Cuadro 7, identificadores 43-61 mencionados más adelante) de fibra dietética que finalmente se obtiene.

En el Cuadro 8 se muestra la relación entre las fracciones de polímeros de alimentos que típicamente comprenden la fibra dietética, los términos comúnmente utilizados de la fibra dietética, los identificadores de preparaciones de fibra, así como también la contribución aproximada de diversos constituyentes de alimentos a las preparaciones de fibra. Se puede ver que aunque las paredes celulares de las plantas son el punto central del concepto de la fibra dietética en la nutrición humana, los polímeros de la pared celular no son completamente recuperados en algunas preparaciones de fibra. Por otra parte, los materiales que están fuera de la pared celular que incluyen polisacáridos, almidón resistente a la amilasa y cualquier otro material que resista la digestión de las enzimas del tracto digestivo humano pueden estar contenidos en la preparación, dependiendo del método y de la definición.

Cuadro 7 Relación entre identificadores, definiciones de fibra dietética y objetivos analíticos

Identificadores	Definición de fibra	Objetivo analítico
FIBC	El residuo de la planta que queda después de la extracción con solvente, ácido diluido, y álcali diluido (41)	Obtener una medición empírica de la fracción no nutritiva de los alimentos animales
FIBAD, FIBADC, FIBND, FIBNDH	Materia orgánica insoluble indigerible por las enzimas animales (42)	Al igual que anterior: obtener una medición empírica de la fracción de pared celular del alimento resistente a la fermentación en el rumen
FIBINS, FIBSOL, FIBTG	Remanentes de células de plantas resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del hombre (43)	Medir los constituyentes alimentarios no digeribles (principalmente polisacáridos y lignina) resistentes a la actividad del tipo mostrado por las enzimas digestivas humanas
FIBTS, FIBTSW	Suma de lignina y los polisacáridos de plantas no digeridos por las secreciones endógenas del tracto digestivo humano (44)	Medir los polisacáridos y lignina no digeribles, resistentes a la actividad del tipo mostrado por las enzimas digestivas humanas
PSACNC, PSACNCI, PSACNCS, PSCANS, PSACNSS, PSNSGII PSNSGIS	Polisacáridos no almidón (45)	Medir los polisacáridos no almidón (PNA) como un índice de paredes celulares de plantas en los alimentos

Cuadro 8
Relación entre fracciones que comprenden la fibra dietética, términos comúnmente usados y campo de cada identificador

Fracción de fibra e iIdentifica	Lignina Celulosa Hemicelulosa Pectina	No Pectina soluble	Al mid ón	Residu o no especí
	Material de la pared celular			
	Polisacárido de la pared celular i			
	Polisacári do no almidón i			
	Polisacári do no			
	• Residuo de alimento no digestible			
(a) Métodos gravimétricos de la investigación de forrajes				
FIBAD	_____			
FIBADC	_____			
FIBC	_____			
FIBND	_____			
FIBNDH ,	_____			
(b) Gravimétricos				
FIBINS	_____			
FIBSOL	_____			

FIBTG

Cuadro 8
(continuación)

Fracción de fibra e identificador	Lignina • Celulosa Hemicelulosa Pectina No Pectina Soluble	Almidón resistente	Residuo no específico
	Material de la pared celular		
	Polisacárido de la pared celular		
	Polisacárido no almidón:		
	Polisacárido no digerible		
	• Residuo de alimento no digerible		
(c) Específico de azúcar + gravimétrico			
FIBTSW			
(d) Específico de azúcar,	no gravimétrico		
PSACNC			
PSACNCI			
PSACNCS		>	
PSACNS			
PSACNSI			
PSACNSS			
PSNSGII			



Cuadro 9**Distribución de los componentes de polisacáridos de los alimentos entre fracciones de fibra soluble e insoluble**

Polisacáridos de los alimentos Identificadores	Componente	Insoluble FIBINS PSACNSI PSNSGII	Soluble FIBSOL PSACNSS PSNSGIS
PECT	Pectina	+	+
HEMCEL	Hemicelulosa	+	-
CELLU	Celulosa	+	-
LIGN	Lignina	+	-
PENSN	Pentosano	+	+
HEXSN	Hexosano	±	±
PURAC	Acido poliurónico	-	+
ARAN	Arabinano	-	+
GALTN	Galactano	-	+
GLUCNB	Betaglucano	-	+
XYLN	Xilano	+	-
MANN	Manano	+	-
STARES	Almidón resistente	+	
AGAR	Agar	.	+
ALGNT	Alginato	-	+
CARGN	Carragenina	-	+
GUMS	Gomas	-	+
MUCIL	Mucílagos	-	+
PSACALG	Polisacáridos de algas	-	+

El signo (+) representa el fraccionamiento completo del componente en aquella fracción; el signo (-) representa la casi ausencia del componente en aquella fracción; el símbolo (±) representa una distribución apreciable en ambas fracciones

Como resultado del interés en el papel de los polisacáridos solubles no almidón en la salud, se ha convertido en una práctica estándar medir la fibra dietética insoluble y soluble en una muestra y se permiten cifras de las dos fracciones en las etiquetas de

alimentos (21). En el Cuadro 9 se resume la distribución normal y aproximada entre las fracciones de fibra insoluble y soluble (identificadores con numeración 48, 49, 57-60, más adelante) de otros componentes de alimentos clasi-

ficados como fibra dietética (identificadores con numeración 70-88, más adelante). La distribución se representa por signos más (+) y signos menos (-). El signo (+) representa un fraccionamiento completo de los componentes de un polisacárido en una fracción; el signo (-) representa una casi ausencia de aquel componente en una fracción; y el signo (\pm) representa una distribución apreciable de aquel componente entre ambas fracciones.

La mayoría de los métodos de análisis de fibra soluble son simplemente modificaciones de la metodología de fibra total, con una etapa inserta después de la digestión de almidón (Gráfico 1), para separar la fibra soluble del material insoluble por filtración o centrifugación del digerido. La fibra soluble es luego recuperada de la fase líquida, la mayoría de las veces precipitando con etanol.

La solubilidad de la fibra dietética y, por lo tanto, la distribución de PNA entre las fracciones insolubles y solubles depende en gran medida del método, pero incluso así, no se han estandarizado las condiciones para extraer almidón de fibra soluble.

Los métodos difieren tanto en el pH y el tipo de buffers, los cuales pueden tener un efecto importante en la solubilidad de sustancias pécticas que son un componente importante de la fibra soluble (18), por lo tanto, los

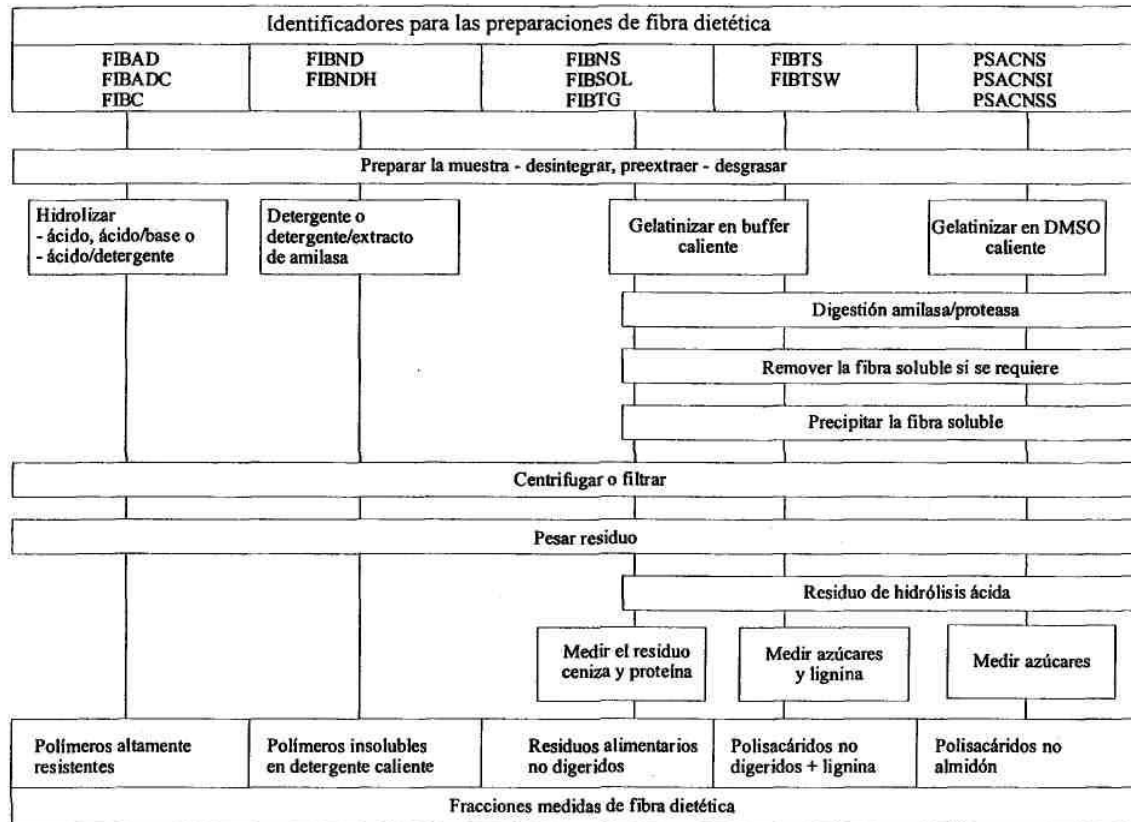
componentes de la fibra soluble pueden no ser equivalentes para una muestra dada.

Sin embargo, ninguna de estas condiciones analíticas genera componentes con alguna importancia fisiológica. Un intento para lograr un mayor acuerdo entre los métodos clínicos de análisis de fibra y la nutrición humana es la medición de la fibra soluble bajo condiciones que simulan el tracto gastrointestinal (22).

En métodos previos de determinación de fibra soluble, las diferencias verdaderas en la solubilidad de la fibra en un alimento antes y después de la preparación (cocción), o como resultado de la maduración o almacenamiento, se habrán eliminado en gran medida debido a que el alimento fue, en efecto, preparado (cocinado) durante el análisis bajo condiciones que causan una amplia depolimerización de los polisacáridos pécticos.

Los métodos que utilizan un buffer fosfato pH 7 en caliente extraen más que aquellos que utilizan un buffer acetato pH 5 en caliente (18), el cual a su vez extrae más que las condiciones fisiológicas (22). Basándose en las condiciones de extracción el orden esperado sería PSACNSS \approx FIBSOL (fosfato pH7, 100°C) > PSACNCS (acetato pH5, 100°C) > PSNSGIS (HCl/NaCl pH2, 100°C) > PSNSGIS (HCl/NaCl pH 7, 37°C)

Gráfico 1
Relación entre métodos de fibra e identificadores



La solubilidad de la fibra es probablemente afectada por otros componentes asociados con ella, y por diversas propiedades del alimento que pueden expresarse en forma diferente bajo condiciones diferentes. Por lo tanto, la única manera segura que la fibra soluble medida durante el análisis *in vitro* represente a aquella soluble *in vivo*, es extraer bajo las condiciones dictadas por el tracto gastrointestinal en vez de las usadas por los analistas. Así, la respuesta propia de un alimento a las condiciones analíticas no dará lugar a problemas de validez nutricional.

Algunos polisacáridos pueden escapar a la precipitación con etanol 80% utilizado en la recuperación de la fibra soluble, por lo tanto se perderían durante el análisis. Normalmente representan sólo un pequeño porcentaje de la mayoría de los alimentos, pero pueden ser importantes en muestras que contengan altos niveles de fructanos de almacenamiento tales como alcachofas y cebollas.

(43) FIBAD, (44) FIBADC

El método detergente ácido (23) utilizado para predecir la digestibilidad de forrajes, deja un residuo bajo en nitrógeno principalmente de lignina más celulosa. Se utiliza principalmente como un pretratamiento antes del análisis de lignina (ADF lignina;

método 973.18D AOAC) y de celulosa, aunque existe alguna pérdida de lignina y la extracción de hemicelulosa y pectina puede ser incompleta. Debido a que es hidrolítico y mide sólo el residuo filtrado, por lo general existe una considerable pérdida de fibra dietética.

(45) FIBC

El método de fibra cruda de Henneberg y Stohmann (24) (método AOAC 962.09, método AACC 32-10) es empírico y técnicamente difícil. La mayoría de la pectina y la hemicelulosa y alguna celulosa y lignina se destruyen. El residuo de fibra puede ser alto en nitrógeno. En resumen, el método es inadecuado para el análisis de alimentos.

Se desarrolló para predecir la digestibilidad de forrajes (con sólo un éxito parcial), pero no es adecuado para los alimentos humanos, en los cuales la fibra dietética típicamente no fibrosa es destruida en gran parte, hasta el grado que FIBC no está consistentemente relacionado a la cantidad de PNA en un alimento. El Cuadro 8 ilustra la recuperación incompleta de la lignina, celulosa y hemicelulosa en el método de fibra cruda.

(46) FBND, (47) FIBNDH

El método de detergente neutro (25) da un residuo bajo en nitrógeno. Fue

diseñado para medir "las paredes celulares" de forrajes, pero es poco adecuado para los alimentos, dado que la mayoría de la fibra soluble (por ejemplo, pectina) es extraída por el calor más el EDTA presente en el detergente. FIBND-FIBAD ha sido utilizado para medir hemicelulosa.

El almidón puede contaminar el residuo de fibra en las muestras con almidón, enlenteciendo la filtración e inflando los valores de la fibra. Diversas modificaciones (26), (27), (28) incorporan un tratamiento con amilasa para solucionar el problema (método AACC de fibra dietética insoluble 32-200, método AOAC 992.6, método AACC 32-06 respectivamente).

(48) FEBINS, (49) FBSOL, (50) FIBTG

FEBINS, FBSOL y FIBTG son medidos mediante el método gravimétrico AOAC (29). La medición de la fibra dietética total, insoluble y soluble en forma rápida mediante este método con una completa recuperación de la fibra dietética ha sido un objetivo primordial durante una serie de años, dando como resultado una serie de métodos (2) representando modificaciones progresivas, cada una con una serie de resultados asociados.

Los métodos gravimétricos involucran la corrección (con un error asociado)

de cenizas y proteínas en el residuo. Tienden a dar valores más altos de fibra total que los métodos de azúcares específicos que miden la fibra como polisacáridos, debido a un rango de componentes resistentes que están presentes en el residuo.

FIBTG es determinado por el método AOAC 985.29 o como FIBINS más FBSOL medido por el método AOAC 991.42. Las modificaciones más recientes (método AOAC 991.43, método AACC 32-07) para FIBTG, FIBINS y FBSOL involucran cambiar el buffer fosfato a MES/TRIS para eliminar un ajuste del pH, reduciendo el número de etapas, previniendo la precipitación del fosfato (el cual había dado valores inflados de fibra) y mejorando la precisión (30).

(51)FBTS,(52)FIBTSW

Estos son determinados por la suma de las fracciones de polisacáridos de la pared celular (PNA hidrosolubles, hemicelulosa, celulosa) medidos específicamente en una muestra después de la digestión de almidón, más lignina. El procedimiento de Southgate (31) implica medir hexosas, pentosas y ácidos urónicos colorimétricamente en las fracciones.

Métodos más recientes implican medir los polisacáridos no digeribles solubles e insolubles como la suma de monosacáridos por medios más confiables tales como GLC y HPLC.

La lignina es determinada gravimétricamente. FIBTS y FIBTSW contienen almidón resistente, pero FIBTSW contiene menos que FIBTS por el método de Southgate debido a que se utiliza una digestión más efectiva del almidón (32).

Los resultados son similares pero a menudo menores que con los métodos gravimétricos (AOAC) para la fibra dietética total.

(53) PSACNC, (54) PSACNCI, (55) PSACNCS

Estas fracciones de polisacáridos se aíslan esencialmente como en el procedimiento de Southgate y se miden específicamente. PSACNCI corresponde a la hemicelulosa convencional (HEMCEL) más alguna pectina (PECT), debido a que se utiliza buffer acetato para extraer los polisacáridos solubles en vez de los extractantes convencionales de pectina como por ejemplo EDTA u oxalato de amonio. La modificación de Englyst (33) del método de Southgate utiliza GLC y colorimetría sólo para los ácidos urónicos. No excluye al almidón resistente. El fraccionamiento es complejo para el análisis rutinario pero proporciona información detallada. Ha sido modificado al procedimiento más rápido de Englyst para PNA.

(56) PSACNS, (57) PSACNSI, (58) PSACNSS

Estos son las fracciones de PNA producidas por los métodos como por ejemplo el de Englyst. Por lo general, se miden el PNA total (PSACNS) y el PNA insoluble (PSACNSI) ya sea cromatográficamente (34) o colorimétricamente (35) con PNA soluble obtenido por diferencia. Sin embargo, medir la fibra soluble por diferencia entre dos análisis separados de fibra lleva a una acumulación de errores.

El buffer fosfato pH 7 caliente se utiliza en el procedimiento de Englyst para extraer la fibra soluble. Dado que elimina las sustancias pécticas en forma más efectiva que el buffer acetato pH 5 utilizado para extraer PSACNCS (55, más arriba), es posible que los valores de PSACNSS sean más altos que los valores de PSACNCS y que PSACNSI sea menor que PSACNC + PSACNCI (53 + 54, más arriba).

Dimetilsulfóxido, DMSO, utilizado para gelatinizar el almidón en la digestión del método de Englyst también puede aumentar la solubilidad de PNAs durante el análisis, inflando PSACNSS a expensas de PSACNSI. La ausencia de almidón resistente puede también dar valores de fibra de PSACNS y PSACNSI que son menores que los correspondientes a los componentes 48-55 (más arriba) de fibra insoluble y fibra total.

(59) PSNSGII, (60) PSNSGIS

PSNSGII y PSNSGIS son polisacáridos no almidón solubles e insolubles respectivamente bajo condiciones gastrointestinales humanas simuladas (22). Los polisacáridos solubles no almidón (PSNSGIS) son extraídos bajo condiciones fisiológicas, antes de digerir el almidón. El PSNSGII que permanece en el residuo, es luego medido como PNA mediante el método de Englyst, y el PSNSGIS calculado por la diferencia entre PSNSGII y PSACNS medidos en un duplicado de la muestra. El procedimiento puede colocarse al frente de cualquier método de fibra total para dar una medición "nutricionalmente válida" de la fibra soluble. Esta modificación del procedimiento de Englyst evita los efectos de las condiciones no fisiológicas (por ejemplo calor, DMSO, buffer fosfato) durante la remoción del almidón en la distribución de polisacáridos entre fracciones solubles e insolubles y permite que sean medidos los efectos de preparación/ procesamiento de alimentos y la maduración en la solubilidad de la fibra que ha de medirse.

Los valores de PSNSGIS pueden ser menores que los valores de fibra soluble a partir de otros métodos, particularmente para los materiales no preparados ricos en pectina.

(61) FIB-

Este no se refiere a ningún método en particular o preparación de fibra. FEB- identifica valores que representan componentes desconocidos de fibra o aquellos que provienen de métodos desconocidos. El uso de FIB- es particularmente importante cuando se identifican series de información no documentadas. FIB- también se utiliza cuando se necesita un único valor individual de fibra a partir de una mayor serie de datos; puede representar cualquiera de los diversos métodos conocidos los cuales también se representan por sus denominaciones específicas (identificadores). La elección de un valor se basa en consideraciones tales como la validez nutricional, confiabilidad del método relacionado a la matriz alimentaria y la recuperación de los proximales.

Componentes monosacáridos de preparaciones de fibra dietética

(62) ARAB, (63) GALFB, (64) GLUFB, (65) MANFB, (66) RHAFB, (67) XYLFB

Estos son los componentes monosacáridos de los polisacáridos de la fibra dietética. No se espera que se produzcan resultados diferentes con los métodos convencionales de análisis CG y HPLC.

(68) FIBHEX, (69) FIBPENT

Derivados del uso de ensayos colorimétricos "específicos" para hexosas (por ejemplo, método de antrona) o pentosas (por ejemplo, método orcinol/ FeCl_3) medidos en hidrolizados de las fracciones de polisacáridos de fibra. Por lo tanto, no denotan polisacáridos en cantidades discretas.

Otros polisacáridos y fracciones de la pared celular que también podrían contribuir a la categoría de preparaciones de fibra dietética

(70) PECT, (71) CELLU,
(72) HEMCEL

Estos son fracciones, clásicas de polisacáridos de la pared celular. Su medición se basa en la solubilidad en diversos solventes en vez de la composición química, aunque por lo general tienen algunas características distintivas de composición: PECT es soluble en agentes quelantes acuosos calientes y es generalmente alto en ácidos poliurónicos; CELLU es relativamente resistente a ácidos y álcalis y es casi totalmente glucosa unida (3 (1,4); HEMCEL es una mezcla de polisacáridos extraídos mediante ácido diluido (por ejemplo, H_2SO_4 1M) o álcalis (por ejemplo, KOH 10%) a continuación de la extracción de pectina.

PECT corresponde aproximadamente a la fibra soluble pero la cantidad de pectina que entra en la fracción de fibra soluble durante el análisis de la fibra es muy dependiente de las condiciones de extracción, como se discutió anteriormente (fibra soluble).

(73) LIGN

LIGN rara vez se relaciona a la verdadera lignina, cuya medición precisa es difícil por lo tanto, no se ha intentado en la mayoría de los métodos de fibra. En cambio, el peso del residuo que permanece después de una hidrólisis con H_2SO_4 12M del residuo de fibra insoluble (lignina Klason) se utiliza como una aproximación a la verdadera lignina. La lignina Klason puede contener sustancias residuales no específicas que pueden inflar los valores de fibra insoluble y total a partir de los métodos gravimétricos.

La mayoría de los alimentos contienen poca lignina verdadera y la lignina Klason obtenida a partir de ellos puede contener una alta proporción de residuos no lignina. Si se sospecha que la lignina sea un componente significativo, puede como en el caso del almidón resistente, medirse en forma separada de los polisacáridos de la pared celular como PNA.

(74) PENSN, (75) HEXSN, (76) PURAC

Estrictamente hablando, estas denominaciones se refieren a la pentosa, hexosa y ácido uránico presentes en alguna forma de polisacárido alimentario en vez de polímeros que consistan solamente de pentosa o hexosa o ácido uránico.

(77) ARAN, (78) GALIN, (79) GLUCNB, (80) XYLN, (81) MANN

En forma similar, aunque estos nombres se refieren a homopolímeros, la mayoría de los polisacáridos de los alimentos son heteropolímeros formados por más de un tipo de monosacárido.

(82) STARES

El almidón resistente (STARES) más PNA contribuyen a los polisacáridos no digeribles. Por lo tanto, STARES nunca debería sumarse a valores de preparaciones de fibra que contengan polisacáridos no digeribles como por ejemplo FIBTG y FBTS. Por el contrario, donde el almidón se mida como carbohidrato disponible, y la fibra como PNA, faltará el componente de almidón resistente.

El almidón resistente es un componente menor en la mayoría de los alimentos, pero puede contribuir significativamente a los polisacáridos

no digeribles en los alimentos ricos en almidón que contienen poco material de la pared celular, particularmente cuando la estructura física del alimento o almidón, o la retrodegradación del almidón o como resultado del procesamiento de alimentos, conviertan el almidón en no digerible.

El almidón resistente ha sido un problema de debate. Los métodos gravimétricos han sido criticados (36) por no medir los PNA de la pared celular en forma independiente del almidón resistente, dado que el concepto de la fibra dietética fue originalmente dirigido a igualar las paredes celulares de plantas en los alimentos y la inclusión del almidón resistente puede hacer vulnerable los valores de la fibra al procesamiento de alimentos. Otros (37) sostienen que cuando el almidón se comporta como una fibra dietética (polisacárido no digerible), debería clasificarse como un componente de la fibra, dado que posee las propiedades fisiológicas de la fibra.

Sin embargo, el almidón resistente a la gelatinización y a la hidrólisis enzimática durante el análisis de fibra no es el mismo que aquel resistente a la digestión en el intestino humano. Por lo tanto, la presencia de almidón resistente en las preparaciones de fibra no aumentan necesariamente su validez nutricional. Englyst y Cumming (36) prefieren medir el

almidón resistente como un constituyente importante de los alimentos, con la fibra medida independientemente como polisacárido no almidón, de tal modo que puede actuar como un índice válido de las paredes celulares de plantas en un alimento. Existen métodos que están disponibles para medir el almidón resistente en forma separada.

(83) AGAR, (84) ALGNT, (85) CARGN, (86) GUMS, (87) MUCIL, (88) PSACALG

Todos estos son solubles, a menudo polisacáridos complejos que contribuirían a las fracciones de fibra soluble y total (y PNA)

CONCLUSION

Los resultados anteriores y la discusión han puesto énfasis en el punto relativo a que lo que en forma simplista se refiere a términos como carbohidrato y fibra dietética, éstos cubren un rango amplio y diverso de componentes de alimentos. Debido a que los datos de composición de alimentos son fundamentales para las investigaciones clínicas, epidemiológicas y agrícolas; el desarrollo de la nutrición, la salud pública y de políticas agrarias, y muchas otras áreas, los datos de nutrientes deben generarse, compilarse y presentarse sin ninguna ambigüedad. Los carbohidratos tienen un potencial

particularmente alto para crear ambigüedades cuando no se utilizan los identificadores de INFOODS.

Los identificadores no son prescriptivos por naturaleza, son pocos los casos en que un identificador más un método se describen como obsoletos o no recomendados. No se hacen juicios acerca de la conveniencia de una medición sobre otra. Por lo tanto, los problemas relacionados a las limitaciones de las mediciones analíticas y la importancia de los datos para la salud humana deben abordarse en forma separada.

BIBLIOGRAFIA

1. Southgate, D.A.T. 1991. Determination of Food Carbohydrates. 2 ed. London, Elsevier Applied Science.
2. Monro, J.A. 1995. Analysis of dietary fiber. In: Handbook of Food Analysis, (L. Nollet, de.). New York, Marcel Dekker. In Press.
3. Klensin, J.C., et al. 1989. Identification of food components for INFOODS Data Interchange. The United Nations University.
4. INFOODS. 1995b. World Wide Web Server. URL= <http://www.crop.cri.nz/crop/infoods/infoods.html>.

5. Burlingame, B.A. 1991. Using International Nutrient Data. In: Proceedings of the Sixteenth Nutrient Databank Conference. Nutrient Databases for the 1990's. pp. 143-146.
6. Burlingame, B.A. 1993. International Interchange. In: Proceedings of the Third OCEANIAFOODS Conference, December 1991. pp. 117-121.
7. Lewis, J. 1995. Country Report: Australia. In: Proceedings of the Fourth OCEANIAFOODS Conference. Suva, Fiji. In Press.
8. Haytowitz, D. Comunicación Personal.
9. Murphy, S. Comunicación Personal.
10. Matenga-Smith, T. 1995. Country Report: South Pacific Commission. In: Proceedings of the Fourth OCEANIAFOODS Conference. Suva, Fiji. In Press.
11. Alexander, J. 1995. IFDA Data Exchange Standard. In: National Nutrient Databank Conference, 20 th. June 1995. Proceedings, Diets and Databases. pp. 45-55.
12. Klensin, J.C. 1992. INFOODS Food Composition Data Interchange Handbook. Tokyo, United Nations University.
13. Burlingame, B.A., et al. 1994a. The mechanisms for developing, maintaining and updating international food composition data. Report to FAO/UNU, Rome and Tokio.
14. ASEAN Food Habits Project. 1988. Nutrient Composition of Malaysian Foods. Malasia.
15. Estados Unidos. Department of Agriculture. 1993. USD A Nutrient Data Base for Standard Reference, Release 10. National Technical Information Service, Springfield, VA. Computer Disk. PB93-502771.
16. English, R.; Lewis, J. and Cashel, K. 1990. Composition of Foods Australia; Cereals and cereal products. Canberra, Australian Government Publishing Service. v 2.
17. Holland, B, Welch, A.A., Unwin, I.D., Buss, D.H., Paul, A.A. and Southgate, D.A.T. 1991. McCance and Widdowson's. The Composition of Foods. 5 ed. Royal Society of Chemistry; Cambridge and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
18. Monro, J.A. 1991. Dietary fibre pectic substances; Source of discrepancy between methods of fibre analysis. (J. Food Comp. Anal. 4: 88-99).

19. INFOODS (1995a). Food Composition Tables Directory. Boston and Palmerston North. New York, Marcel Dekker Inc. pp. 123-158.
20. New Zealand Institute for Crop and Food Research. 1995. The New Zealand Food Composition Database (OCNZ95). New Zealand, Palmerston North.
21. Ellefson, W. 1993. Provisions of the Nutrition Labeling and Education Act. La: Sullivan, D.M. and Carpenter, D. E., eds. Methods of Analysis for Nutrition Labeling. Arlington, VA, AOAC International, pp. 8-9.
22. Monro, J.A. 1993. A nutritionally valid procedure for measuring soluble dietary fiber. (Food Chem. 47:187-193).
23. Van Soest, P.J. 1963b. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. (J. Assoc. Off. Agric. Chem.46:829-835).
24. Henneberg, W. and Stohmann, F. 1859. Ueber de Erhaltungsfutter voljährigen Rindviehs. (J. Landw. 3:485-551).
25. Robertson, J.B. and Van Soest, P.J. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: James, W.P.T. and Theander, O., eds. The Analysis of Dietary Fiber in Food. New York, Marcel Dekker Inc. pp. 123-158.
26. Schaller, D.R. 1977. Analysis of dietary fiber. (Food Prod. Dev. 11(9):70).
27. Robertson, J.B. and Van Soest, P.J. 1977. Dietary fiber estimation in concentrate feedstuffs. (J. Anim. Sci. 45(1): 254).
28. Mongeau, R. and Brassard, R. 1986. A rapid method for the determination of soluble and insoluble dietary fiber; Comparison with AOAC total dietary fiber procedure and Englyst's method. (J. Food Sci. 51:1333-1336).
29. Prosky, L., et al. 1988. Determination of insoluble and total dietary fiber in foods and foods products: Interlaboratory study. (J. Assoc. Off. Anal. Chem. 71:1017-1023).
30. Lee, S.C.; DeVries, J.W. and Sullivan, D.M. 1993. Dietary fiber. In: Sullivan, D.M. and Carpenter, D.E., eds. Methods of Analysis for Nutrition Labelling. Arlington, VA, AOAC International. pp. 207-216.
31. Southgate, D.A.T. 1969. Determination of carbohydrates in foods II.-Unavailable carbohydrates. (J. Sci. Food Agric. 20:331-335).

32. Wenlock, R.W.; Sivell, L.M. and Agater, IB. 1985. Dietary fibre fractions in cereal and cereal-containing products in Britain. (*J. Sci. Food Agric.* 36:113-121).
33. Englyst, H.N.; Wiggins, H.S. and Cummings, J.H. 1982. Determination of non-starch polysaccharides in plant foods by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. (*Analyst.* 107:307-318).
34. Englyst, H.N., et al. 1992. Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography. (*Analyst.* 117:1707-1718).
35. Englyst, H.N. and Hudson, GJ. 1987. Colorimetric method for routine measurement of dietary fibre as non-starch polysaccharides. A comparison with gas-liquid chromatography. (*Food Chem.* 24:63-76).
36. Englyst, H.N. and Cummings, J.H. 1990. Non-starch polysaccharides (dietary fiber) and resistant starch. In: Furda, I. and Brine, C.J. *New Developments in Dietary Fiber*. New York, Plenum Press, pp. 205-225.
37. Prosky, L. and DeVries, J.W. 1992. *Controlling Dietary Fiber in Food Products*. New York, Van Nostrand Reinhold.
38. 42.Estados Unidos. Department of Agriculture (1975-1994). Washington DC. (Handbook 8). pp. 1-21.
39. Estados Unidos. Department of Health, Education and Welfare and Food and Agriculture Organization of the UN (1972). *Food Composition Tables for use in East Asia*. Rome.
40. Burlingame, B.A., et al. 1994b. *The Concise New Zealand Food Composition Tables*. 2 ed. New Zealand Institute for Crop; Food Research Limited & Public Health Commission, Palmerston North.
41. AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis*. 14 ed. Alington, VA, Association of Official Analytical Chemists.
42. Van Soest, P.J. 1963a. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. (*J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 46:825).
43. Trowell, H. 1972. Ischaemic heart disease and dietary fiber. (*Amer. J. Clin. Nutr.* 25:926-932)
44. Trowell, H., et al. 1976. Dietary fibre redefined. (*Lancet* 1:967).
45. Englyst, H.N., et al. 1987. Dietary fiber and resistant starch. (*Amer. J. Clin. Nutr.* 46:873- 874).