

Descripción de experiencias innovadoras para el trabajo experimental, gráfico, teórico o tecnológico y para la resolución de problemas.

Medición de fibra dietética y almidón resistente: reto para alumnos del Laboratorio de Desarrollo Experimental de Alimentos (LabDEA)

Angela Sotelo,¹ Rosa María Argote,¹ Lucía Cornejo,¹ Silvia Escalona,¹ Maritza Ramos,² Alma Nava,² Dariana Palomino² y Ofelia Carreón²

Abstract (Dietary fiber and resistant starch measurement: a challenge for alumni of experimental food development laboratory course)

The aim of the present study was to investigate if students of the Experimental Food Development Laboratory course (LabDEA) at the last semester of the Food Chemistry (Q.A.) career were qualified to develop a complex enzymatic-gravimetric analysis, unknown for them, but one that currently is considered very important in research. The proposed analysis were total dietary fiber (FDT) and resistant starch (AR) in some foods like corn, wheat, oat, rice, bean, potatoes and sweet potato, raw and cooked. The highest FDT and AR values were found in legume seeds, both raw and cooked. In tuber and roots, FDT was similar to cereals, but decreased in the cooked samples. In these results, changes occurring in FDT and AR depend on the type and size of starch particles, amylose-amylopectin ratio and the presence of some other polysaccharides. With this study, it was confirmed that students are qualified to develop an unknown and complex analysis and are able to integrate all the acquired knowledge during the nine semesters of the QA career.

Justificación

La enseñanza experimental se ha considerado siempre de gran importancia en las distintas carreras que se cursan en la Facultad de Química de la UNAM. En la carrera de Química de Alimentos se ofrece en el último semestre una asignatura integradora de 20 h en donde el futuro profesional realiza un proyecto, que en la mayoría de los casos le puede servir para iniciar su tesis, acortando de esta manera el tiempo de desarrollo de la misma y su pronta titulación. En este curso el estudiante reafirma los conocimientos

adquiridos y aprende a integrar y analizar sus resultados, completando a través de este curso su formación como Químico de Alimentos. Estos proyectos realizados en el curso de LabDEA son asesorados por un grupo de profesores altamente calificados de la Facultad de Química y de otras dependencias de la UNAM. También pueden ser asesores de estos proyectos investigadores de otras universidades de la ciudad o profesionales capacitados, o especialistas que laboran en la industria de alimentos o en centros de investigación en dependencias paraestatales.

Gran parte de los nuevos profesionales que egresan de la FQ ocuparán puestos en los laboratorios de control de calidad de la industria alimentaria. Por esta razón, los estudiantes deben capacitarse en las nuevas técnicas analíticas utilizadas en los laboratorios o industrias, o en las metodologías recomendadas por organizaciones internacionales.

Tomando en consideración lo anterior, se solicitó y fue aprobado un proyecto del Programa de Apoyo Institucional para el Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) que tenía como objetivo implementar dentro del curso experimental de Nutrición I, nuevas técnicas analíticas que son requeridas actualmente para evaluar la calidad nutricional de los alimentos. Para ello se invitó a un pequeño grupo de estudiantes que cursaban la asignatura LabDEA para desarrollar las técnicas de Fibra Dietética Total (FDT) y Almidón Resistente (AR) que ha venido a sustituir la fibra cruda dentro del análisis proximal de los macronutrientes.

Debido a la abundante información que diariamente se publica sobre las propiedades benéficas de la fibra y su asociación con diversas enfermedades degenerativas, se consideró indispensable incorporar estas mediciones de importancia en alimentos. Su establecimiento y validación es complicada para los estudiantes por ser métodos enzimático-gravimétricos pero que es indispensable conocerlos porque su empleo es cada día más frecuente en la industria.

Introducción

En los últimos diez años se han estado reconsiderando algunos componentes nutricionales en cuanto a la importancia de ellos en la dieta y la forma en que han sido analizados. Algunos ejemplos claros son la

¹ Profesoras de enseñanza experimental del curso de Nutrición I.

² Estudiantes del curso de Laboratorio de Desarrollo Experimental de Alimentos (LabDEA).

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510 México, DF.

Correo electrónico de la primera autora:

angela@servidor.unam.mx

Recibido: 2 de agosto de 2007; **aceptado:** 10 de octubre de 2007.

medición de fibra dietética y almidón resistente que actualmente son cuantificados por procedimientos acordes con su ingreso al organismo humano y su degradación por procesos enzimáticos. Otro ejemplo es que se consideraba anteriormente como hidratos de carbono asimilables a los azúcares y almidón presente principalmente en granos comestibles. Ahora se sabe que algunos almidones son resistentes al proceso de digestión y esta resistencia se aumenta en el proceso de cocción. Esto lleva a considerar y revalorar la verdadera aportación de algunos nutrientes que han sido mal evaluados. Por ello, es de importancia que en la enseñanza de Nutrición se actualicen también las técnicas y la enseñanza experimental con el fin de que los estudiantes reciban una preparación adecuada con los nuevos conceptos que surgen en el área. Con el apoyo del proyecto PAPIME PE205005 se ha venido realizando la adecuación de las prácticas de la enseñanza experimental de nutrición y toxicología de alimentos.

Es bien conocido que la docencia impartida en la Facultad de Química en la UNAM sirve de modelo para las carreras afines en universidades del país. Esto se debe principalmente a la infraestructura con la que cuenta, la formación de su personal docente y la constante vigilancia de sus programas de estudio principalmente en la enseñanza experimental.

¿Qué son la fibra dietética y el almidón resistente y cuáles son los papeles que desempeñan en la salud del ser humano?

La Fibra Dietética ha sido definida por muchos investigadores; sin embargo, aquí sólo haremos referencia a tres de ellas:

1. Trowell —quien fue de los primeros que en 1972 empezó a utilizar el concepto— da la siguiente definición de fibra dietética: es la porción de componentes endógenos de las plantas comestibles, los cuales son resistentes a la digestión en los humanos.
2. Son derivados de la pared de las células vegetales que contienen polisacáridos, no incluyendo a la lignina, que no son hidrolizados por las enzimas digestivas y que sirven de sustrato a la flora bacteriana del intestino grueso del hombre (Cummings y Englyst, 1987).
3. La fibra dietética en plantas comestibles son carbohidratos resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del hombre con una fermentación parcial por microorganismos en el intestino grueso. Incluye polisacáridos, oligosa-

cáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas (AACC, 2003).

El papel de la fibra dietética en la nutrición y salud humana ha cobrado importancia en los últimos años debido no sólo a su efecto benéfico en la motilidad intestinal, sino también en los efectos protectores contra enfermedades crónicas como hiperglucemia (Tovar, Björk y Asp, 1992a), obesidad, cáncer de colon, infartos (Roehring, 1990; Burkitt, Walker y Painter, 1974) y a su interacción en la síntesis de colesterol (Story y Furumoto, 1990; Sugano, Ikeda, Imaizumi y Lu 1990; Anderson, Deakins y Bridges, 1990).

Por otro lado, se ha encontrado que no todas las formas de almidón son biodisponibles y fácilmente absorbibles. A esta pequeña fracción no digerible se conoce como 'almidón resistente' (AR) que junto con la fibra dietética insoluble y soluble es fermentado en el colon por la flora microbiana dando importantes beneficios en la salud humana (Asp y Björk, 1992). Durante la fermentación se producen principalmente tres tipos de ácidos grasos de cadena corta: acético, propiónico y butírico, los cuales son reabsorbidos e interactúan en algunas rutas metabólicas y eventos genéticos de tumorigenesis (Rowland y Mallett, 1990; Fleming y Yeo, 1990). Esta fracción de almidón resistente se ha subdividido en tres tipos. El tipo 1 o almidón físicamente inaccesible, está atrapado en la matriz celular, por ejemplo en semillas de leguminosas (Tovar y col., 1992a). El AR de tipo 2 se refiere a aquel contenido en granos de almidón nativo cristalino que es poco susceptible a hidrólisis, por ejemplo: el contenido en papas crudas o plátanos verdes (Englyst y Cummings, 1987), mientras que el AR tipo 3 corresponde a aquella fracción de almidón retrogradado, producido en alimentos refrigerados después de su cocción (Noah y col., 1998).

En México, como en otros países, la mayor porción de los requerimientos energéticos proviene de alimentos ricos en almidones como cereales, leguminosas y tubérculos. El maíz, del cual consumimos muchas variedades, junto con el frijol, el arroz y la papa son alimentos de gran consumo por la población. El camote y la yuca son de menor consumo en el país, incluso el garbanzo es una leguminosa que se consume poco pero que se cultiva en abundancia en algunos estados del noroeste de la República para su exportación a España, Cuba y Colombia. Todos estos alimentos son fuentes de energía, proteína y de FDT.

Objetivo

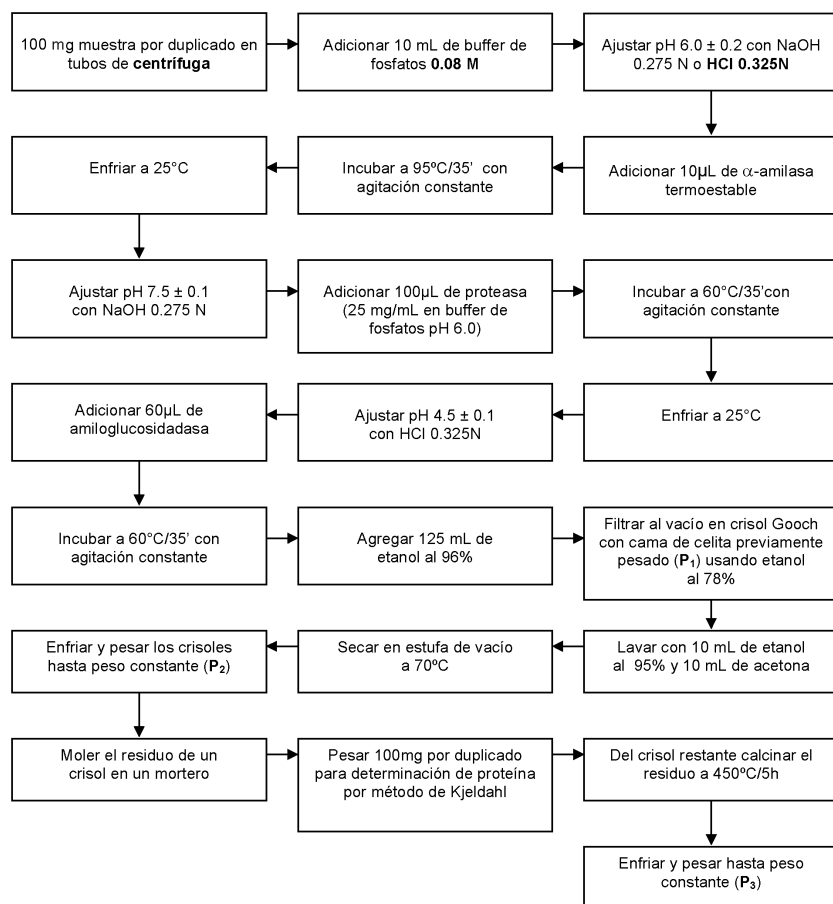
Averiguar si los estudiantes del noveno semestre están capacitados para realizar técnicas complejas como son la medición de fibra dietética total y almidón resistente en alimentos harinosos, que actualmente se considera de gran importancia en investigación y en la industria alimentaria.

Parte experimental

El trabajo se desarrolló parte en el laboratorio 4A del edificio A y parte en el laboratorio 111 del conjunto E de la Facultad de Química.

Las muestras comestibles utilizadas para el estudio fueron adquiridas en tiendas de autoservicio o mercados y fueron las siguientes:

Maíz	<i>Zea mays</i>
Frijol negro jamapa	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>
Avena	<i>Avena sativa</i>
Trigo	<i>Triticum sp</i>
Chícharo	<i>Cicer arietinum</i>
Arroz	<i>Oryza sativa</i>
Haba	<i>Vicia faba</i>
Camote	<i>Ipomea batatas</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>



Cálculo

$$\% \text{ FDT} = \frac{(R - P - C)}{\text{pm}} \times 100 \quad B = R \text{ blanco} - P \text{ blanco} - C \text{ blanco}$$

donde:

FDT = fibra dietética total; R = peso del residuo que corresponde a la definición de $P_2 - P_1$ (mg); P = peso de proteína en el crisol (mg); C = peso de cenizas en el crisol (mg) o $(P_3 - P_1)$; pm = peso de la muestra (mg).

Figura 1. Diagrama general del método de fibra dietética total.

Preparación de las muestras

Los granos crudos de cereales y leguminosas fueron molidos usando una malla de 0.5 mm. Las muestras fueron cocidas y secadas en horno de convección a 60-65°C, excepto las variedades de maíz, cuyo tratamiento térmico fue distinto dependiendo del uso que se da a cada variedad: a) maíz amarillo, azul y blanco que se usan en la elaboración de tortillas, se nixtamalizan, es decir, el tratamiento térmico fue con cal al 1%; b) maíz cacha-huacintle (pozolero) fue cocido con agua en autoclave a 121 lb por 15 minutos, y c) maíz palomero: se elaboraron palomitas en horno de microondas durante tres minutos.

En el caso de los tubérculos y raíces por su alto contenido de agua (60%), tanto para las muestras crudas como cocidas, se cortaron en pequeños trozos y se liofilizaron a fin de evitar su prolongado calentamiento que afectaría el contenido de AR.

A todas las muestras se les midió el contenido de humedad para expresar los resultados en base seca para el estudio comparativo de FDT y AR.

Determinación del contenido de fibra dietética total y almidón resistente

Para la cuantificación de FDT se siguió el método descrito por la AOAC (1995). El fundamento del método de fibra dietética total contenida en los alimentos es que las muestras desengrasadas (si tienen un contenido de grasa superior al 10%) se gelatiniza con amilasa termoresistente y posteriormente se realiza la digestión con proteasa y ami-

loglucosidasa para la remoción de proteínas y almidón. Se adiciona etanol para precipitar la fibra dietética soluble. El residuo es filtrado y lavado con etanol y acetona. En uno de los duplicados es analizado el contenido de proteínas y el otro duplicado es incinerado a 450°C para conocer el contenido de cenizas. El total de la fibra dietética es el peso del residuo menos el peso de la proteínas, cenizas y el blanco (figura 1).

La determinación de AR se realizó de acuerdo con el método descrito por Saura-Calixto y col. (1993), el cual se fundamenta en realizar una digestión enzimática en donde se cortan las cadenas de almidón y almidón unido a proteínas. Posteriormente se realiza un lavado con agua, etanol y acetona para eliminar la fibra soluble quedando solamente los residuos de fibra insoluble. Se realiza nuevamente otra digestión para liberar los monómeros de glucosa, que son cuantificados por un método enzimático-espectrofotométrico (figura 2).

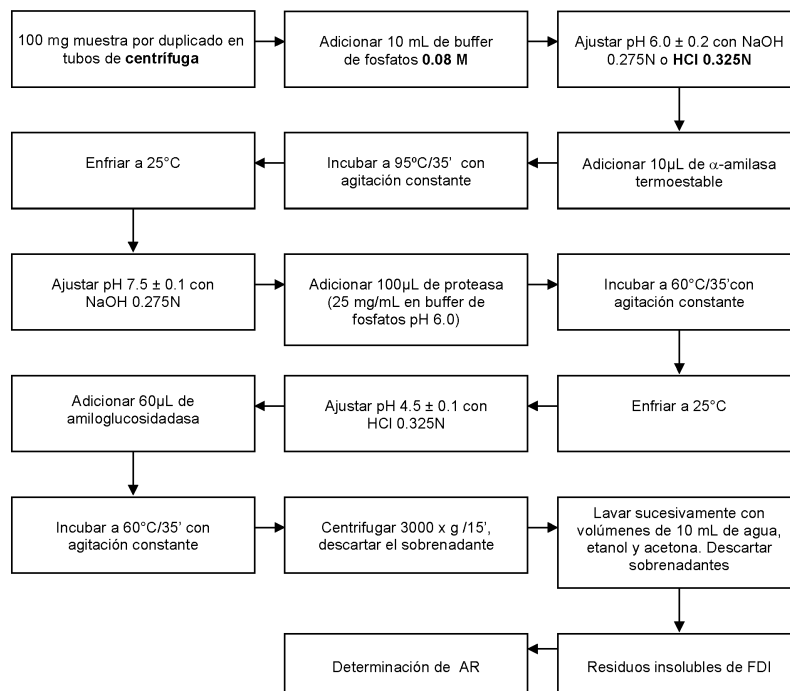
Análisis estadístico

Los datos de fibra dietética total y de almidón resistente son expresados como la media y desviación estándar de cuatro determinaciones y con un coeficiente de variación menor o igual que 10%. Con los datos de la media de muestras crudas y cocidas se realizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05, seguido de una prueba de rango múltiples de Duncan entre cada grupo de alimentos (Montgomery, 1996).

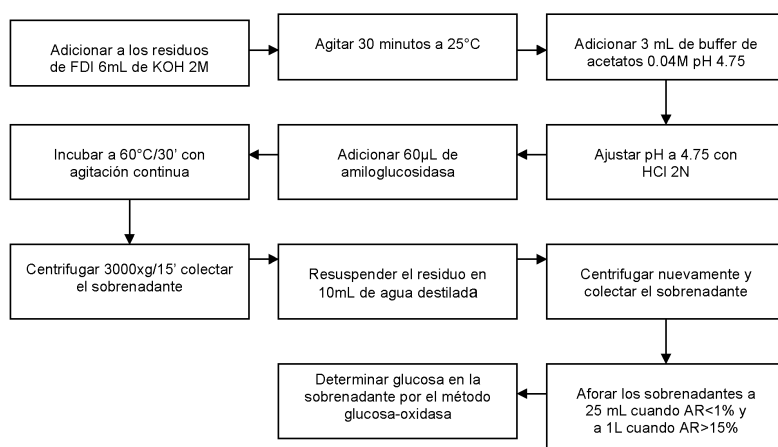
Resultados y discusión

En el caso de los maíces se puede ver que todas las variedades son diferentes en cuanto a contenido de FDT. Tanto el proceso de nixtamalización de los maíces usados para tortillas como en el cocido sólo en agua para elaborar el guisado llamado pozole, la fibra dietética disminuyó significativamente. Solamente en el maíz palomero no se modificó el contenido de FDT al calentarse por tres minutos en horno de microondas. Se puede observar que en la masa para preparar las tortillas se disminuyó el contenido de FDT

a) Obtención de residuos insolubles de fibra dietética



b) Hidrólisis de almidón resistente y determinación de glucosa de los residuos insolubles de fibra dietética.



Cálculo

$$\% \text{ de almidón resistente} = \frac{\text{Glucosa } (\mu\text{g/mL}) \times \text{aforo}}{1000} \times 0.9 \times \frac{100}{\text{mg muestra}}$$

donde:

Glucosa (µg/mL) Valor de glucosa interpolado en la curva estándar
 Aforo Volumen final del sobrenadante de la determinación
 1/1000 Factor de conversión de µg a mg
 0.9 Peso molecular de almidón/peso molecular de glucosa = 162/180 = 0.9

Figura 2. Diagrama general del método de almidón resistente (según el Procedimiento de Saura-Calixto, 1993).

Tabla 1. Contenido de fibra dietética total (FDT), almidón resistente (AR) y fibra dietética total corregida (FDT_c) en distintas variedades de maíz y en otros cereales crudos y procesados (g/100 g base seca).

Cereal	FDT ^A		AR ^B		FDT _{corregida} ^C	
	Crudo	Procesado	Crudo	Procesado	Crudo	procesado
Maíz						
Amarillo ¹	12.62 ± 0.44 ^d	10.15 ± 0.4 ^{de}	0.13 ± 0.01 ^a	0.39 ± 0.027 ^b	12.49	9.76
Masa		9.79 ± 0.60 ^d		0.53 ± 0.03 ^c		9.26
Tortilla		10.53 ± 0.30 ^e		1.26 ± 0.02 ^e		9.27
Azul ¹	10.98 ± 0.17 ^b	7.81 ± 0.35 ^{bc}	0.42 ± 0.04 ^c	0.68 ± 0.07 ^d	10.56	7.13
Blanco ¹	15.43 ± 0.56 ^e	8.10 ± 0.29 ^c	0.43 ± 0.03 ^c	0.61 ± 0.02 ^d	15	7.49
Pozolero ²	12.18 ± 0.24 ^{cd}	7.15 ± 0.42 ^b	0.42 ± 0.03 ^c	2.94 ± 0.044 ^f	11.76	4.21
Palomero ³	19.27 ± 0.62 ^f	19.07 ± 0.87 ^g	0.40 ± 0.03 ^c	0.25 ± 0.022 ^a	19.02	18.82
Avena ²	11.28 ± 0.40 ^b	8.49 ± 0.18 ^c	0.78 ± 0.06 ^d	0.48 ± 0.01 ^c	10.5	10.01
Trigo ²	11.60 ± 0.45 ^{bc}	12.46 ± 0.36 ^f	0.33 ± 0.03 ^b	0.60 ± 0.02 ^d	11.27	11.86
Arroz ²	2.63 ± 0.19 ^a	3.30 ± 0.15 ^a	0.12 ± 0.01 ^a	0.22 ± 0.01 ^a	2.51	3.08

^A Promedio ± D.E. de cuatro determinaciones; ^B Promedio ± D.E. de seis repeticiones; ^C FDT_{corregida} = FDT - AR.

¹ Nixtamalizado; ² Cocido; ³ Reventado en microondas. Todas las muestras con excepción del maíz palomero presentan diferencia significativa entre crudas y procesadas, mientras que letras distintas por columna indican diferencias significativas entre cereales.

pero se incrementó en la tortilla (tabla 1 y figura 3).

En el caso del AR se pudo ver que el valor se incrementa gradualmente hasta alcanzar su valor óptimo en la tortilla (figura 4). Al realizar la corrección, el valor de FDT_c, se observa que permanece igual en los pasos de elaboración de la tortilla. Se puede decir que el mayor aumento de AR encontrado en la tortilla es daño directo del almidón por la elevada temperatura de cocción de la tortilla en el comal (temperatura aproximada de 300°C).

En el caso de los otros cereales es de esperarse los valores elevados en el caso de avena y trigo, porque eran granos que llevaban todavía restos de las capas exteriores; sin embargo, se encuentran diferencias en las correspondientes muestras calentadas de avena y trigo. Kim y col. (2006) obtuvieron resultados similares en muestras extrudidas de trigo. Sin embargo, Picolli y Santorio (2005) encontraron resultados diferentes. Esto podría deberse a las distintas variedades trabajadas y al tratamiento térmico.

Tabla 2. Contenido de fibra dietética total (FDT), almidón resistente (AR) y fibra dietética total corregida (FDT_c) en leguminosas crudas y cocidas (g/100 g base seca).

Leguminosa	FDT ^A		AR ^B		FDT _{corregida} ^C	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
Frijol negro jamapa	22.13 ± 0.84 ^c	33.19 ± 1.70 ^d	3.91 ± 0.22 ^f	5.40 ± 0.10 ^d	18.22	27.79
Ejote	33.18 ± 1.19	38.69 ± 1.27 ^e	0.54 ± 0.02 ^a	0.53 ± 0.05 ^a	32.64	38.16
Haba						
Seca	10.54 ± 0.46 ^a	14.09 ± 0.68 ^b	0.84 ± 0.05 ^c	1.89 ± 0.17 ^b	9.7	12.2
Fresca	24.29 ± 0.59 ^d	9.95 ± 0.49 ^a	0.66 ± 0.05 ^b	1.45 ± 0.14 ^b	23.63	8.50
Garbanzo	16.50 ± 1.05 ^b	20.19 ± 0.90 ^c	0.60 ± 0.04 ^a	2.64 ± 0.05 ^c	15.90	17.55
Chícharo						
Seco	10.88 ± 0.31 ^a	13.81 ± 0.56 ^b	1.49 ± 0.09 ^d	9.29 ± 0.89 ^f	9.39	4.52
Fresco	23.29 ± 0.09 ^c	32.23 ± 0.85 ^d	2.19 ± 0.20 ^e	6.87 ± 0.06 ^e	21.1	25.36

^A Promedio ± D.E. de cuatro determinaciones; ^B Promedio ± D.E. de seis repeticiones; ^C FDT_{corregida} = FDT - AR.

Todas las muestras presentan diferencia significativa entre crudas y cocidas, mientras que letras distintas por columna indican diferencias significativas entre leguminosas.

En el caso del arroz se conocen numerosas variedades que afectan la consistencia del grano cocido que van de acuerdo con las preferencias de los consumidores. Estos cambios son causados por la proporción de amilosa y amilopectina existente en cada variedad (Hu y col., 2004; Eggum y col., 1993). En nuestro estudio, el arroz fue el cereal donde más se vio incremento tanto de FDT como de AR en el procesado y se encuentra dentro de los valores promedio mencionados por Hu y col., 2004).

En el caso de las leguminosas, éstas presentan el mayor porcentaje tanto de FDT como de AR (tabla 2). El ejote presenta los valores más altos en muestras crudas como cocidas, pero esto es de esperarse porque son los frijoles todavía tiernos y consumidos con todo y vaina. En el frijol negro jamapa se presentó un incremento al cocerlo, al igual que del AR, y posiblemente estén participando otros componentes que forman complejos como taninos y productos de la reacción de Maillard que influyen en la digestibilidad de los carbohidratos y proteínas. Hohlberg y Stanley (1987) estudiaron la interacción de la proteína con el almidón del frijol, la cual provoca la dureza del frijol después de cocido, que también puede influir en la formación de almidón resistente. Los resultados de FDT de garbanzo encontrados en el presente trabajo (16%) son similares a los encontrados por Li y col. (2002). En el caso de FDT y AR en chícharos y habas frescas y secas hay muchas diferencias y no hay concordancia entre las muestras frescas. Esto también podría ser que las muestras secas no corresponden a las mismas variedades de las muestras frescas, pues ambos fueron adquiridos en mercados que no garantiza el mismo origen para ambas muestras estudiadas.

En el caso de los tubérculos y raíces (papas, camotes y yucas) los valores de FDT y AR fueron los más bajos, aunque siempre fueron mayores en el caso de las muestras cocidas (tabla 3). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Reistad y Hagen (2003), Thed y Phillips (2000) y Kingman y Englist (1994), quienes han realizado varios estudios con papas.

Conclusiones

La medición de fibra dietética total y almidón resistente en tres grupos de alimentos harinosos permitió comprobar que los alumnos al final de la carrera de Química de Alimentos están suficientemente capaci-

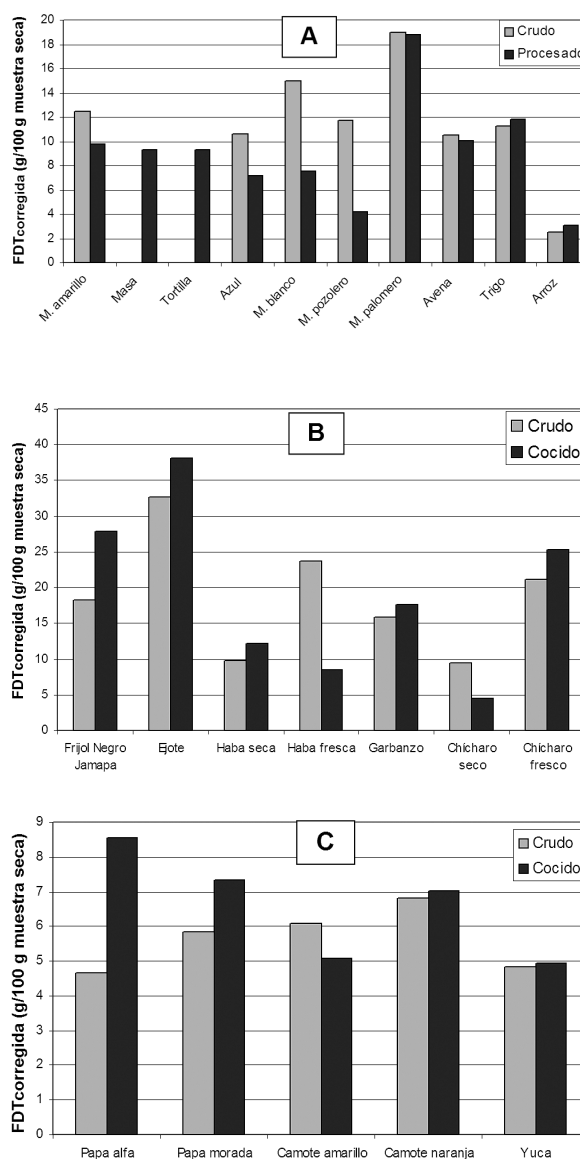


Figura 3. Contenido de fibra dietética total corregida en alimentos crudos y procesados: (A) cereales; (B) leguminosas, (C) tubérculos y raíces.

tados para realizar análisis complejos como son los enzimáticos-químicos y que llevan a cabo un buen análisis de sus resultados y manejo estadístico de los mismos.

Además, se aportaron datos interesantes de fibra dietética total y almidón resistente de alimentos vegetales cultivados en México de alto consumo, muchos de ellos no estudiados anteriormente. ■

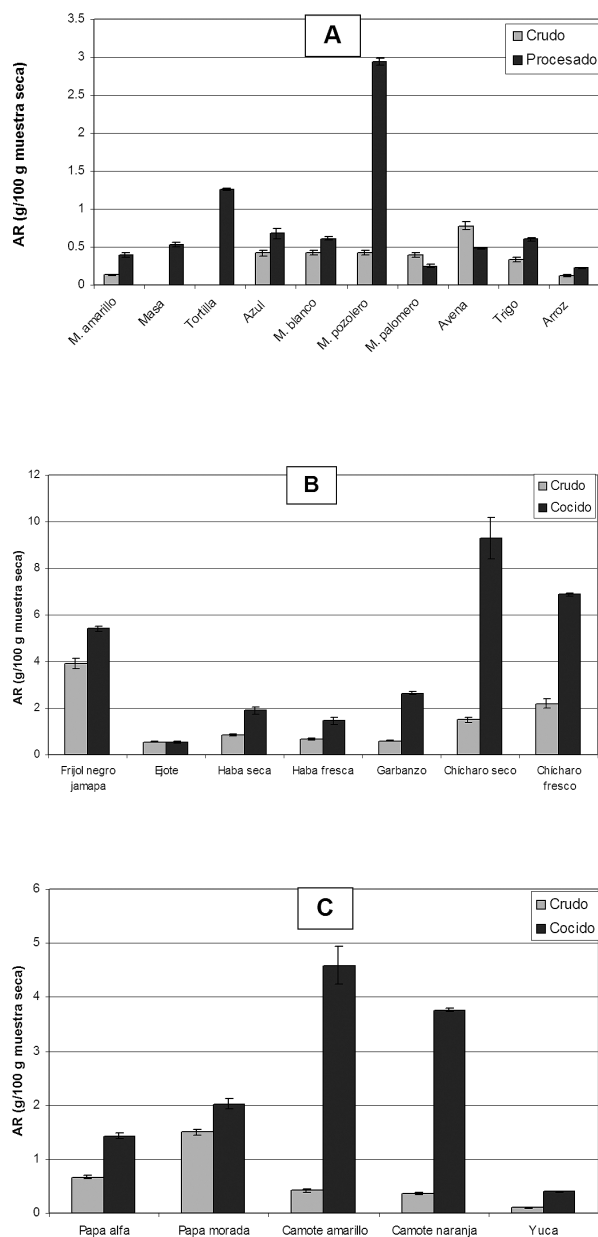


Figura 4. Contenido de almidón resistente en alimentos crudos y procesados: (A) cereales, (B) leguminosas, (C) tubérculos y raíces.

Agradecimientos

Agradecemos a la Q.A. Argelia Sánchez Chinchillas por el apoyo en la estructuración del trabajo escrito. El presente trabajo fue apoyado por el Programa de Apoyo a Proyectos Institucionales para el Mejoramiento de la Enseñanza, PAPIIME PE205005 de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), UNAM.

Referencias

- AACC, American Association of Cereal Chemists, Memorias del Curso Internacional "Almidón y fibra dietética: Química, tecnología y biodisponibilidad, Bello, L.A. (editor), Morelos, México, 2003, p. 102.
- AOAC, *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, volumen II, 1995.
- Anderson, J.W., Deakins, D.A. and Bridges, S.R., Soluble Fiber: hypocholesterolemic effects and proposed mechanisms, in Kritchevsky, D., Bonfield C., Anderson, J.W. (editors), *Dietary Fiber (Chemistry, Physiology and Health Effects)*, New York: Plenum Press, USA, 1990, pp. 339-356.
- Asp, N.G. y Björk, I., Resistant Starch, *Tr. Food Sci. Tech.*, **3**, 111-114, 1992.
- Burkitt, D.P., Walker, A.R., y Painter, N.K., Dietary fiber and disease, *J. Am. Med. Assoc.*, **229**, 1068-1077, 1974.
- Cummings, J.H., Englyst, H.N., Fermentation in the human large intestine and the available substrates, *Am. J. Clinical Nutr.*, **45**, 1243-1255, 1987.
- Eggum, B.O., Luliano, B.O., Pérez, C.M., y Acedo, E.F. The resistant starch, indigestible energy and indigestible protein contents of raw and cooked milled rice, *J. Cereal Sci.*, **18**, 159-170, 1993.
- Englyst, H.N., y Cummings, J.H. Digestion of polysaccharides of potato in the small intestine of man, *Am. J. Clinical Nutr.*, **45**, 423-431, 1987.
- Fleming, S.E., y Yeo, S., Production and absorption of short-chain fatty acids, in D. Kritchevsky, D., Bonfield, C., y Anderson, J.W. (editors), *Dietary Fiber (Chemistry, Physiology and Health Effects)*, New York: Plenum Press, USA, 1990, pp. 301-312.
- Hohlberg, A.I., y Stanley, D.W., Hard-to-cook defect in black beans. Protein and Starch, *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 571-576, 1987.
- Hu, P., Haijun, Z., Duan, Z., Linlin, Z. y Wu, D., Starch digestibility and the estimated glycemic score of different types of rice differing in amylose contents, *J. Cereal Sci.*, **40**, 231-237, 2004.
- Kigman, S.M., y Englyst, H.N., The influence of food preparation methods on the in vitro digestibility of starch in potatoes, *Food Chem.*, **49**(2), 181-186, 1994.
- Kim, J.H., Tanhehco, E.J., Ng, P.K., Effect of extrusion conditions on resistant starch formation from pastry wheat flour, *Food Chem.*, **99**, 718-723, 2006.
- Li, B.W., Andrews, K.W., y Person, P.R., Individual sugar, soluble and insoluble dietary fiber con-

Tabla 3. Contenido de fibra dietética total (FDT), almidón resistente (AR) y fibra dietética total corregida (FDT_c) en tubérculos crudos y procesados (g/100 g base seca).

Tubérculo	FDT ^A		AR ^B		FDT _{corregida} ^C	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
Papa						
Alfa	5.26 ± 0.07 ^b	9.97 ± 0.19 ^b	0.66 ± 0.03 ^c	1.43 ± 0.06 ^b	4.66	8.54
Morada	7.34 ± 0.18 ^d	9.34 ± 0.22 ^b	1.50 ± 0.05 ^d	2.02 ± 0.10 ^c	5.84	7.32
Camote						
Blanco	6.51 ± 0.12 ^c	9.66 ± 0.35 ^b	0.42 ± 0.03 ^b	4.59 ± 0.36 ^e	6.09	5.07
Amarillo	7.18 ± 0.14 ^d	10.77 ± 0.17 ^c	0.36 ± 0.02 ^b	3.76 ± 0.03 ^d	6.82	7.01
Yuca	4.94 ± 0.06 ^a	5.33 ± 0.09 ^a	0.10 ± 0.01 ^a	0.40 ± 0.01 ^a	4.84	4.93

^A Promedio ± D.E. de cuatro determinaciones; ^B Promedio D.E. de seis repeticiones; ^C FDT corregida = FDT-AR.

Todas las muestras presentan diferencia significativa entre crudas y cocidas, mientras que letras distintas por columna indican diferencias significativas entre tubérculos.

tents of 70 high consumption foods, *J. Food Comp. Anal.*, **15**, 715-723, 2002.

Montgomery, G., Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. McGraw-Hill, México, DF, 1996.

Noah, L., Guillon, F., Bouchet, B., Buleon, A., Molis, C., Gratas, M., y Champ, M. Digestion of carbohydrate from white beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in healthy humans, *J. Nutr.*, **128**, 977-985, 1998.

Piccoli, L., y Santorio, M.L., Total, insoluble and soluble dietary fiber values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains, *J. Food Comp. Anal.*, **18**, 113-120, 2005.

Reistad, R., y Hagen, B.F., Dietary fiber in raw and cooked potatoes, *Food Chem.*, **19**(3) 189-196, 1986.

Rowland, I., y Mallett, A., The influence of dietary fiber on microbial enzyme activity in the gut, in Kritchevsky, D., Bonfield, C., Anderson, J.W. (editors), *Dietary Fiber (Chemistry, Physiology and Health Effects)*, New York: Plenum Press, USA, 1990, pp. 195-203.

Roehring, K.L., The physiological effects of dietary fiber. A review, *Food Tech.*, **44**, 1-13, 1990.

Saura-Calixto, F., Goñi, I., Bravo, L., & Mañas, E., Resistant starch in foods. Modified method for dietary fiber residues, *J. Food Sci.*, **58**, 642-643, 1993.

Story, J.A., y Furumoto, E.J., Dietary fiber and bile acid metabolism, in Kritchevsky, D., Bonfield, C., Anderson, J.W. (editors), *Dietary Fiber (Chemistry, Physiology and Health Effects)*, New York: Plenum Press, USA, 1990, pp. 365-373.

Sugano, M., Ikeda, I., Imaizumi, K., y Lu, Y.F., Dietary fiber and lipid absorption, in Kritchevsky, D., Bonfield, C., Anderson, J.W. (editors), *Dietary Fiber (Chemistry, Physiology and Health Effects)*, New York: Plenum Press, USA, 1990, pp. 137-153.

Thed, S.T., & Phillips R.D. Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking, *Food Chemistry*, **52**(3) 301-304, 1995.

Tovar, J., Björck, I.M., y Asp, N.G., Incomplete digestion of legume starches in rats: a study of precooked flours containing retrograded and physically inaccessible starch fractions, *J. Nutr.*, **122**, 1500-1507, 1992a.

Tovar, J., y Melito, C., Steam-cooking and dry heating produce resistant starch in legumes, *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 1548-1551, 1996.

Trowell, H.C., Eschaemic heart disease and fiber, *Am. J. Clinical Nutr.*, **25**, 926, 1972.