

Importancia de la enzima α -amilasa en la producción de imitadores de grasa en alimentos

Noemí Reyes Vázquez
Fabiola Esther Pereira Pacheco

INTRODUCCIÓN

Es indiscutible que la grasa juega un papel importante en el organismo, tanto desde el punto de vista nutricional como biológico. Adicionalmente, es fundamental desde el punto de vista sensorial en los alimentos. Sin embargo, en la presente década, tanto en los países desarrollados como en Estados Unidos de Norteamérica y Europa, así como en nuestro país, los expertos en nutrición y salud han detectado un exceso en el consumo de grasa.

Con respecto a Estados Unidos, el consumo de grasa y aceites se incrementó a 60 libras por año entre 1985 y 1993 (Giese, 1996). Lo anterior ha generado la incidencia elevada de enfermedades cardiovasculares, así como hipercolesterolemia, algunos tipos de cáncer, además de sobrepeso (Hollingsworth, 1996). Adicional-

mente, en estudios realizados por Paniangvait *et al.* (1995) se determinó un efecto tóxico potente del colesterol debido a algunos óxidos de éste, como son el 25 hidroxicolesterol y el colestanoetriol; los cuales pueden llegar a ser citotóxicos, mutagénicos, carcinogénicos y ocasionar arterioesclerosis. Estos óxidos se encuentran principalmente en productos de origen animal como el huevo, mantequilla, grasa de cerdo, o bien en alimentos procesados como: alimentos para bebés, mezclas para pasteles (con mantequilla y huevo), aderezos, papas fritas, etcétera.

En México se está presentando un problema que incide en un amplio sector del país, principalmente en la clase obrera y media, el cual se caracteriza por la coincidencia en el individuo tanto de deficiencias en su alimentación en la infancia como de excesos en su etapa adul-

Noemí Reyes Vázquez. Maestra en ciencia y tecnología de alimentos, de la Facultad de Ingeniería Química. Obtuvo el premio otorgado por el International Life Science Institute, al mejor trabajo de investigación científica nacional en 1998.

Fabiola Esther Pereira Pacheco. Doctora en ciencias marinas, por el Cinvestav, del Instituto Politécnico Nacional-Unidad Mérida. Consejera científica de la Fundación Internacional para la Ciencia, de Estocolmo, Suecia.



ta, particularmente en el consumo de alimentos ricos en grasa, lo que en consecuencia viene a agravar uno de los problemas fundamentales de alimentación y salud en nuestro país, el cual se caracteriza por el aumento en las enfermedades crónicas, tales como la arterioesclerosis con sus consecuencias, como son los infartos y las trombosis cerebrales, la diabetes, la hipertensión, la cirrosis del hígado y varios tipos de cáncer que están relacionados con una alimentación rica en grasas saturadas, obesidad y falta de ejercicio (Chávez y col., 1993).

Con respecto al consumo de grasas que antes no se calculaba al preparar dietas y no se sugerían cantidades recomendadas, ahora es un tema importante para la salud. En el ámbito internacional, la Asociación Norteamericana de Cardiología propone que el consumo de grasa represente sólo el 30% del total de las calorías ingeridas, y en lo que concierne a nuestro país, el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán Zubieta (INNSZ) aconseja un máximo de 25% de las calorías totales, de las cuales 10% puede provenir de grasas saturadas que, como se sabe, provienen de productos animales ricos en colesterol (Chávez y col., 1993; Pérez de Gallo, 1994).

Por lo anterior, sectores importantes de la población cada vez están más conscientes de la necesidad de cambiar sus hábitos de consumo en la alimentación cotidiana, lo que ha

originado un interés especial por consumir alimentos elaborados a los cuales se les ha sustituido total o parcialmente la cantidad de grasa; por lo que el reto tecnológico que se presenta es investigar materiales que actúen como imitadores o sustitutos de grasa y elaborar con ellos productos bajos en calorías, sin modificar sus características organolépticas y nutrimentales.

En la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán se han realizado investigaciones que han demostrado la factibilidad de emplear el almidón de *Vigna unguiculata* L. Walp, conocida en la localidad como *x'pelon*, como un imitador de grasa, previa hidrólisis con α -amilasa. Dichos imitadores han sido utilizados con éxito en la elaboración de productos cárnicos (Reyes, 2000).

LOS REEMPLAZADORES DE GRASA EN LOS ALIMENTOS

La necesidad de disminuir la grasa en las dietas ha llevado a la producción de un número elevado de alimentos que la contengan en poca cantidad o sin ella, como nuggets, postres congelados, carne para hamburguesas, helados, pasteles, aderezos, embutidos y otros (Egbert y col., 1991; Summerkamp y Hesser, 1990).

En las investigaciones realizadas para ofrecer a los consumidores alimentos con bajo contenido de grasa, los tecnólogos han desarrollado

algunos reemplazadores de grasa que no proporcionan calorías o son bajos en éstas. Estos ingredientes tienen la particularidad de disminuir el aporte calórico sin alterar las propiedades organolépticas que identifican a una grasa, como sabor, textura, palatabilidad, viscosidad y otras (Summerkamp y Hesser, 1990).

Un producto bajo en grasa o *light* se define como "producto que contiene una tercera parte de calorías o 50% de grasa con respecto de un alimento. Si el 50% de las calorías o más provienen de la grasa, la reducción debe de ser de 50% de la grasa" (Mermelestein, 1993).

La literatura reporta dos clasificaciones de reemplazadores de grasa. Una los clasifica en cuatro categorías: 1) basados en proteínas, 2) compuestos sintéticos, 3) basados en carbohidratos y 4) combinación de los productos anteriores (Summerkamp y Hesser, 1990). La segunda, los clasifica en varias categorías, tales como: sustitutos sintéticos, hidrocoloides (derivados de almidón, hemicelulosas, β glucanos, agentes que aumentan la espesura o cuerpo, materiales microparticulados y gomas), además de materiales compuestos y mezclas funcionales (Glicksman, 1991). Adicionalmente, se reporta una nueva categoría de sustitutos de grasa que se basa en análogos de lípidos, los cuales son usados en sistemas alimentarios de humedad baja (Kosmark, 1996).

Los términos y definiciones que se utilizan para describir un reemplazador de grasa varían según los diferentes autores, originando confusión. Por lo anterior, recientemente se les ha categorizado en dos grupos: sustitutos de grasa e imitadores de grasa. Los primeros están formados por macromoléculas que física y químicamente se asemejan a los triacilglicéridos. Son también llamados reemplazadores de grasa basados en lípidos; tienen la característica de sustituir la grasa en alimentos en una relación 1:1 en base gramo a gramo. Se obtienen por síntesis química o por modificación enzimática de grasas o aceites tradicionales, siendo algunos estables a las temperaturas de cocción y freído. Ejemplos de ellos son los poliésteres de sacarosa (Olestra^{MR}); mono, di o triésteres de sacarosa con ácidos grasos; triacilglicéridos estructurados con cadenas de ácidos grasos de cadena corta (C2:0, C3:0 o C4:0) y larga (C18:0) ligados al azar a la estructura del glicerol (Salatrim^{MR}). Los imitadores de grasa son sustancias que imitan las propiedades físicas y organolépticas de los triacilglicéridos, pero no pueden reemplazar la grasa en alimentos en una relación 1:1 en base gramo a gramo. Son llamados reemplazadores de grasa basados en proteínas o carbohidratos, los cuales pueden ser modificados en su estructura física o química. Su caracte-



terística principal es que poseen una capacidad de retención de absorción de agua importante, lo que los limita a ser utilizados en el freído; sin embargo, algunos de ellos se emplean en el horneado (Akoh, 1998).

Con excepción de los sustitutos de grasa sintéticos y emulsivos como la lecitina, ningún ingrediente por sí mismo imita satisfactoriamente a una grasa o aceite. La elaboración de adecuados imitadores de grasa incluye la combinación de uno o más ingredientes. Se ha observado que dichas combinaciones están compuestas básicamente de tres ingredientes principales: un hidrocoloide, un agente que refuerza la textura y un material microparticulado. El primero de ellos tiene el propósito de proporcionar lubricidad; este material es soluble e hinchable, encontrándose entre ellos el almidón y las hemicelulosas. El segundo tiene la función de controlar la absorción y es soluble, por ejemplo los hidrocoloides de viscosidad baja. Y el último tiene como fin proporcionar flujo suave, este producto es insoluble y entre los más utilizados están los microparticulados de proteína y celulosa. Cada uno de ellos tiene una función específica en la "construcción" del imitador de grasa y dependiendo del alimento en el que se pretenda reemplazar la grasa se usarán combinaciones de estos ingredientes. A estas combinaciones se

les conoce como sistemas imitadores de grasa (Glicksman, 1991).

Se puede asumir que no hay una combinación única de componentes en una formulación determinada, debido a que varias combinaciones de componentes dan resultados similares.

Actualmente existe una gran variedad de reemplazadores de grasa comerciales, que ya sea solos o en combinación son aplicados a un gran número de alimentos.

En el Cuadro 1 se presentan algunos reemplazadores de grasa usados en alimentos.

USO DEL ALMIDÓN HIDROLIZADO ENZIMÁTICAMENTE (MALTODEXTRINAS) COMO SUSTITUTO DE GRASA

Para mejorar su funcionalidad los almidones deben de ser modificados física, química o enzimáticamente, lo que les confiere un rango de aplicación en la manufactura de alimentos prácticamente ilimitado. La literatura reporta en forma abundante el uso de almidones modificados, de manera que no sólo actúan como agentes gelificantes o espesantes; sino que también se utilizan como texturizantes, ligadores de grasa o de agua y auxiliares en emulsiones (Luallen, 1985).

La mayoría de los almidones utilizados como imitadores de grasa sufren modificaciones y una de las más empleadas es la hidrólisis

enzimática, la cual es utilizada para elaborar polímeros de almidón de peso molecular más pequeño (Giese, 1996). Se han desarrollado un sinnúmero de compuestos obtenidos por hidrólisis enzimática, como maltodextrinas de harina de avena, maltodextrinas de almidón de maíz, y almidón de papa con un valor de dextrosa equivalente (DE) menor que 5 llamado Paselli SA^R lo que permite obtener geles de baja viscosidad, sabor suave y textura similar a las grasas hidrogenadas (Luallen, 1985; Summerkamp y Hesser, 1990;

Inglett y Grisamore, 1991). Gran parte de las patentes utilizadas en el procesamiento enzimático del almidón mencionan su conversión a maltodextrinas usando α -amilasas, así también como enzimas desramificantes como las pululanases o isoamilasas (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, 1996).

Cualquier α -amilasa apropiada para la licuefacción puede ser usada (Inglet y Grisamore, 1991). Sin embargo, debido a que el almidón requiere gelatinizarse previamente o someterse a temperaturas que lo gelatinicen e

Cuadro 1
Productos comerciales usados como reemplazadores de grasa de alimentos

Producto Comercial	Tipo de material	Usos
Stellar ^{MR}	Almidón de maíz modificado por hidrólisis ácida	Aderezos, mayonesas
Paselli SA ₂ ^{MR}	Almidón de papa degradado enzimáticamente DE < 5	Aderezos, productos de pastelería, mayonesa, productos cárnicos
Maltrin ^{MR} 040	Almidón de maíz degradado enzimáticamente DE=5	Margarinas bajas en grasa, aderezos para ensaladas sopas, pasteles de queso
Ramyrise ^{MR}	Almidón pregelatinizado de arroz	Postres, aderezos, cárnicos
Trailblazers ^{MR} (mat. compuesto)	Mezclas: goma xanthan, sólidos de leche coprocesados	Helados
Avicel ^{MR} (mat. compuesto)	Coprocesamiento de celulosa microcristalina y carboximetilcelulosa	Helados
N-Flate ^{MR}	Combinación almidón modificado, gomas emulsificantes y otros ingredientes	Pastelería
Olestra ^{MR}	Sustituto sintético de grasa	Postres, margarinas, freído y horneado
Salatrim ^{MR}	Lípido análogo	Chocolate, confitería

Fuente: Summerkamp, 1990; Glicksman, 1991; Kosmark, 1996.

^{MR}: Marca registrada.



hidrolisen simultáneamente; requiere del uso de α -amilasas estables al calentamiento (Lee y Kim, 1990).

Las maltodextrinas comerciales utilizadas como imitadores de grasa se emplean como polvo o gel en una amplia gama de productos como: helados, aderezos, pasteles, carnes y productos dietéticos en general (Inglet y Grisamore, 1991).

Según su grado DE así como el grado de polimerización de las maltodextrinas, serán sus propiedades funcionales que presente y por tanto su aplicación al sistema alimenticio. El grado de DE se define como la medida del contenido de azúcares reductores calculado como glucosa anhidra y expresado como un porcentaje del total de materia seca (Pomeranz, 1991). En el Cuadro 2 se

pueden apreciar las propiedades y usos de las maltodextrinas obtenidas a partir del maíz con distintos DE.

HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DEL ALMIDÓN POR MEDIO DE α -AMILASA

El almidón es el constituyente principal de muchos alimentos, siendo una fuente de energía importante, así como también un factor esencial en la estructura, textura o consistencia de los alimentos. Se encuentra en varios sitios de la planta, principalmente en raíces, tubérculos, y granos de cereales y leguminosas.

Bajo el microscopio, el almidón aparece como gránulos de diferente tamaño y forma, dependiendo del tipo de almidón de que se trate, éstos son parcialmente cristalinos y

Cuadro 2
Maltodextrinas comerciales obtenidas por modificación enzimática de almidón de maíz

Producto	DE	Propiedades	Usos
Inamalt 110	9-12	Ligador de agua, agente de relleno, provee cuerpo	Embutidos, bebidas
Inamalt 115	13-17	Ligador de agua, agente de relleno, acarreador de sabor	Sopas, salsas y embutidos
Inamalt 120	18-22	Sólido de relleno, sensación en la boca, fácil digestión	Alimentos para bebé, dispersante de grasa
Inamalt 130	28-32	Ligador de agua, mejora corte, agente de relleno mantiene fresca, desarrollo de color	Jamón procesado, pasteles
Inadex 340	36-38	Control temperatura de congelación, provee cuerpo	Helados

Industrializadora de Maíz, S.A.
DE: Dextrosa equivalente

amorfos, exhibiendo birrefringencia en el estado nativo.

El almidón está formado por las fracciones de amilosa y amilopectina; la primera está constituida por cadenas de glucosa de aproximadamente 500 unidades, unidas por enlace glucosídico α -1,4; la segunda es un polímero de glucosa ramificado, donde las ramificaciones ocurren cada 20 a 30 unidades de glucosa y se unen mediante enlaces α -1,6.

Entre las enzimas más importantes involucradas en la degradación del almidón se encuentran las amilasas, las cuales se dividen en α -amilasas, β -amilasas y glucoamilasas, teniendo toda la particularidad de hidrolizar enlaces α -1,4. Las α -amilasas tienen la especificidad de hidrolizar enlaces glucosídicos en el interior del sustrato lo cual da lugar a dextrinas, mientras que las β -amilasas y glucoamilasas degra-

dan el sustrato a partir del extremo no reductor del almidón, para obtener maltosa y glucosa, respectivamente (Whitaker, 1972).

Las enzimas han contribuido enormemente al crecimiento de la industria del almidón, por mejoramiento de los procesos ya existentes y también por proporcionar una gran variedad de hidrolizados de almidón con propiedades fisicoquímicas y perfiles de carbohidratos bien definidos. La glucosa isomerasa es un ejemplo excelente de aplicación de la tecnología enzimática; de aquí que su uso en la producción de jarabes altos en fructosa proporciona un rango de jarabes con dulzura igual o excedente a la sacarosa. El Cuadro 3 proporciona los principales productos obtenidos a partir de la hidrólisis enzimática del almidón y sus aplicaciones típicas.

Las principales etapas en la conversión enzimática del almidón son:

Cuadro 3
Productos obtenidos por hidrólisis del almidón y sus aplicaciones

Producto de almidón	Aplicaciones típicas
Maltodextrinas	Rellenos, estabilizadores, pastas y espesantes
Jarabes mezclados (42-63 DE)	Confitería, mermeladas, helados, salsas y comida para bebé
Jarabes altos en maltosa	Confitería
Jarabe de glucosa	Fermentaciones de vino, bebidas suaves, caramelos
Jarabes altos en fructuosa	Bebidas suaves, conservas, frutas enlatadas, yoghurt

Fuente: Godfrey, 1983



gelatinización, licuefacción, sacarificación e isomerización. De éstas, las dos primeras son básicas para la adecuada hidrólisis del almidón (Godfrey y Reichelt, 1983).

A nivel industrial, la licuefacción también llamada dextrinización se lleva a cabo mezclando el almidón a concentraciones entre 25 y 40% (B.S.) con agua, formando lechadas o pastas. Posteriormente, las lechadas se calientan por arriba de los 60° C, de tal manera que los gránulos se hinchan, produciéndose la gelatinización. Finalmente, al quedar expuestos los gránulos de almidón por efecto de la gelatinización, se facilita la acción de las enzimas α -amilasas llevándose a cabo la licuefacción del almidón (Godfrey y Reichelt, 1983).

Tradicionalmente, el proceso de gelatinización y dextrinización del almidón se realiza mediante hidrólisis ácida de lechadas de almidón a pH 1.2-2 y calentamiento a 140-155° C por 5 min; en la actualidad, el uso de sistemas ácido/enzimáticos y enzimáticos empleando α -amilasas está siendo cada vez más utilizado, ya que presentan diversas ventajas: primero, la especificidad de las enzimas permite la producción de maltodextrinas y jarabes de azúcar con propiedades físicas y químicas bien definidas; segundo, produce pocas reacciones secundarias como en el caso de producción de sales y oscurecimiento (Nigam y Singh, 1995).

α -AMILASAS Y SU ACCIÓN SOBRE EL ALMIDÓN

La α -amilasa (α -1,4 glucano-4-glucanohidrolasa, EC3.2.1.) se encuentra comúnmente en plantas, tejidos de mamíferos y microorganismos. La enzima actúa de manera endógena y al azar sobre los componentes del almidón, produciendo azúcares reductores. El modo de acción, propiedades y productos de degradación difieren, dependiendo de la fuente de la enzima (Kulp, 1975).

Algunas enzimas α -amilasas presentan pesos moleculares de 50,000 y contienen calcio en su molécula, el cual se encuentra ligado a la proteína fuertemente y sólo puede ser eliminado a pH bajo y con agentes quelantes. Si el calcio es removido, la enzima se torna inestable y se inactiva. El rol del calcio en la enzima es muy importante ya que mantiene la estructura secundaria y terciaria de la molécula. Sin embargo, no hay ninguna evidencia que el calcio desempeñe un papel en el mecanismo de unión o transformación del sustrato (Whitaker, 1972).

La acción de las α -amilasas sobre la fracción de amilosa del almidón se lleva a cabo en 2 etapas: inicialmente, se lleva a cabo una completa y rápida degradación de la amilosa en maltosa y maltotriosa. El resultado de este rompimiento sobre la amilosa es una rápida pérdida de viscosidad. La segunda etapa es más lenta y comprende una hidrólisis de

oligosacáridos con la formación de glucosa y maltosa como productos finales (Whitaker, 1972).

La acción de las α -amilasas sobre la amilopectina lleva a una formación de glucosa, maltosa y una serie de dextrinas α -límite, oligosacáridos de cuatro o más residuos de glucosa, los cuales contienen enlaces α -1,6 glucosídicos. Se pueden obtener mezclas diferentes de dextrinas en función del origen de la α -amilasa utilizada (Kulp, 1975). Una típica serie de dextrinas resultado de la acción de α -amilasas de *B. subtilis* se listan en el Cuadro 4.

CONCLUSIÓN

A pesar de las múltiples investigaciones que se han realizado en torno

al uso de las α -amilasas para la producción de imitadores de grasa, así como el uso de éstos en diversos tipos de alimentos, aún existe un amplio campo de investigación para producir imitadores de grasa de fuentes no convencionales de almidón, así como para encontrarles nuevas aplicaciones en la industria alimentaria.

REFERENCIAS

- Akoh, C.C. 1998. Fat replacers. *J. of Food Tech.* 52 (3):47-52
- Chávez, M., Álvarez, A., Madrigal, H. y Ríos, E. 1993. *Guías de la Alimentación*, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán Zubieta. OPS. México. pp. 1-12.
- Egbert, W.R., Huffman, D.L., Chen, Ch. and Dylewski, D.P. 1991. Development of Low-Fat Ground Beef. *J. of Food Tech.* 45 (6): 64-71.
- Giese, J., (ed) 1996. Fats, Oils, and Fat Replacers. *J. of Food Tech.* 50 (4): 78-83.

Cuadro 4
Distribución cuantitativa de oligosacáridos formados de la digestión de amilosa y amilopectina por amilasas del *B. subtilis*

Producto hidrólisis	Amilosa ^a		Amilopectina ^a	
	60 minutos	180 minutos	60 minutos	180 minutos
G ₁	2.3	5.3	1.4	3.3
G ₂	10.1	12.3	5.5	8.3
G ₃	12.8	22.0	8.2	10.8
G ₄	6.0	10.5	0.9	2.5
G ₅	10.2	14.8	4.9	6.7
G ₆	20.6	30.1	14.0	26.8
G ₇	14.7	5.1	9.8	9.2
HMW ^b	23.3	0.0	55.3	32.4

Fuente: Kulp, 1975.

^a: Porcentaje en peso del total de carbohidratos en la muestra.

^b: Fracción de alto peso molecular.

G: Oligosacáridos con diferentes grados de polimerización.



- Glicksman, M. 1991. Hydrocolloids and the Search for the "Oily Grail". *J. of Food Tech.* 45 (10): 94-103.
- Godfrey, T. and Reichelt, J. 1983. Industrial Enzymology; The Application of Enzymes in Industry. New York, *Nature Press*, pp. 375-380.
- Griffin, V.K. and Brooks, J.R. 1989. Production and Size Distribution of Rice Maltodextrins Hydrolyzed from Milled Rice Flour using Heat-Stable Alpha-Amylase. *J. of Food Sci.* 54 (1):190-193.
- Hollingsworth, P., (de) 1996. The Leaning of the American Diet. *J. Food Tech.* 50 (4): 86-90.
- Inglett, G. E., and Grisamore, S.B. 1991. Maltodextrin Fat Substitute Lowers Cholesterol. *J. of Food Tec.* 45(6):104-105.
- Industrializadora de Maíz, S.A. de C.V. 1996. Información Técnica México. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. 1996. Reporte de Información Técnica de Patentes. México.
- Kosmark, R. 1996. Salatrim: Properties and Applications. *J. of Food Tech.* 50 (4):98-101.
- Kulp, K. 1975. Carbohydases. In Reed, G. ed. Enzymes in Food Processing. 2 ed. New York, *Academic Press*, pp. 53-73.
- Lee Y. C., and Kim, K.T. 1990. Gelatinization and Liquefaction of Starch with a Heat Stable α -Amylase. *J. of Food Tec.* 55(5): 1365, 1372.
- Luallen, E. 1985. Starch as a functional ingredient. *J. of Food Tec.* 39 (1): 59-63.
- Mermelestein, N. H., (ed) 1993. A new Era in Food Labelling. *J. of Food Tech.* 47(2): 81-94.
- Ningam, P., and Singh, D. 1995. Enzyme and microbial systems involved in starch processing. *Enzyme Microb. Tech.* 17:770-778.
- Paniangvait, A. et al. 1995. Cholesterol Oxides in Food of Animal Origin. *J. of Food Sci.* 60 (6): 1159-1173.
- Pérez de Gallo, B., 1994. El sistema de equivalentes en la guía de alimentación diaria. *Cuadernos de Nutrición.* 17 (3): 30-41.
- Pomeranz, Y. 1991. Functional Properties of Food Components. 2 ed. San Diego, *Academic Press*, pp. 248-291.
- Reyes, Vázquez, N. 2000. Obtención de maltodextrinas del almidón de *Vigna unguiculata* L. Walp, x'pelón y su aplicación como imitador de grasa en salchichas tipo frankfurter. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Summerkamp, B., and Hesser, M. 1990. Fat-Substitute Update. *J. of Food Tech.* 44 (3): 92-97.
- Whitaker, J. 1972. *Principles of Enzymology for Food Sciences.* New York, Marcel Dekker, pp. 442-451.

