

Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo

M. P. Torres-González*, M. T. Jiménez-Munguía y M. E. Bárcenas-Pozos

Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla.

Ex hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, San Andrés Cholula, Puebla. C.P.72810. México.

RESUMEN

La harina de trigo es comúnmente utilizada en productos de panificación y pastas, sin embargo, es deficiente en aminoácidos, específicamente lisina, que sí está presente en las leguminosas y cuyo contenido de proteínas es significativo; esto ha motivado el desarrollo de harinas de chícharo, garbanzo y lentejas, entre otras, en combinación con harina de trigo. Por su parte, las frutas inmaduras, como mango y plátano macho contienen cantidades importantes de carbohidratos no digeribles, por lo que el desarrollo de harinas a partir de estas frutas ha sido motivo de estudio y búsqueda de usos potenciales, en la industria alimentaria, sobre todo en panificación. La presente revisión presenta información sobre propiedades y características de harinas de trigo, frutas y/o leguminosas y su aplicación para el desarrollo de diferentes productos alimenticios.

Palabras clave: harina de trigo, chícharo, garbanzo, plátano verde, mango inmaduro.

ABSTRACT

Wheat flour is commonly used in bakery products and pastas, however, amino acid content in wheat flour is poor, specially lysine which is found in important amount in legumes; this fact has motivated the development of legumes flour such as pea, chickpea and lentils with the intent of combining them with wheat flour. On the other hand, unripe fruits such as mango and banana, that contain great quantities of non-digestible carbohydrates, therefore researches have been working in aim to expand its uses in the food industry, especially in baking products. This review presents information of wheat, fruits or legumes flours properties and characteristics and its application for food product development.

Key words: wheat flour, pea, chickpea, unripe banana, unripe mango.

 Programa de Maestría
en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126
Fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica:
maria.torresgz@udlap.mx

Introducción

Los productos de trigo han sido parte de la dieta desde muchos siglos atrás. La harina de trigo es la más usada en panificación, debido a que contiene las proteínas requeridas para formar un gluten con las características necesarias para elaborar pan de buena calidad. Sin embargo, dada su naturaleza de cereal, el trigo es deficiente en lisina, aminoácido esencial para los seres humanos. Además, el contenido de fibra de la harina comúnmente usada para la elaboración de pan es insignificante, como resultado del proceso de refinación del grano de trigo.

Una posible respuesta a las deficiencias nutricionales del trigo son las leguminosas, las cuales contienen lisina, pero son deficientes en metionina, aminoácido esencial que sí se encuentra presente en los cereales. Debido a lo anterior, la mezcla de harina de trigo con harinas de leguminosas ha desaparecido el interés de los investigadores en Ciencia de Alimentos, dando lugar a productos con alta calidad proteica.

Por otro lado, algunas frutas (por ejemplo el plátano) contienen almidón resistente, el cual es considerado un tipo de fibra asociado a la disminución del índice glucémico de la dieta y a la reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, por no ser digerible por el sistema digestivo humano. La adición de harinas de estas frutas a la harina de trigo, para incrementar su valor nutrimental al enriquecerla con fibra, también ha sido motivo de estudio.

El objetivo de este artículo es hacer una revisión de la información publicada sobre las harinas de diferentes leguminosas y frutas en combinación con harina de trigo, iniciando con una presentación breve de las propiedades y características de esta última, por ser considerada como harina de referencia.

Revisión bibliográfica

1. Generalidades, clasificación y componentes principales del trigo

Los cereales y subproductos de cereales tienen una amplia variedad de usos, aunque sólo el trigo y el centeno son cereales apropiados para la elaboración del pan. Sin embargo, el trigo es el único cereal útil para una amplia variedad de panes que cubren las necesidades y requerimientos en todo el mundo. En la panificación, el trigo ha sido esencial para muchas civilizaciones (Rossel, 2011).

Con el término trigo, se designa al conjunto de cereales,

tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*. El término trigo incluye tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales. El trigo es uno de los tres cereales más cultivados globalmente, junto al maíz y al arroz, y el más consumido por el hombre en la civilización occidental desde la Antigüedad. El trigo se cultiva preferentemente para ser destinado al consumo humano, y en menor cantidad para piensos. A partir de este cereal se obtiene harina blanca, harina integral, sémola y malta, con las cuales se elabora una gran variedad de productos alimenticios derivados, como pan, galletas, cerveza, whisky, pasta, cereales para desayuno, aperitivos, entre otros (Gómez-Pallarés, León y Rossel, 2006).

Una de las clasificaciones más extendidas es la de los EE.UU., que separa los trigos en los siguientes grupos (Gómez-Pallarés *et al.*, 2006):

Trigo semolero (Durum wheat): es un trigo de primavera con una gran dureza y un alto contenido de proteína. Se utiliza para fabricar las sémolas y semolinas usadas en la elaboración de pasta y algunos tipos de pan de los países mediterráneos, debido a su mayor rendimiento en este proceso.

Trigo duro rojo de primavera (Hard red spring wheat): es el que tiene mayor contenido de proteína y se usa para la fabricación de pan de molde y cualquier otro derivado de panadería o bollería que requiera harinas de fuerza, así como para mezclas de trigos.

Trigo duro blanco (Hard white wheat): es un trigo con un contenido medio de proteína, muy próximo en cuanto a sus propiedades al trigo duro, excepto por el color y sus propiedades durante la molienda y la panificación. Se suele utilizar en la elaboración de panes fermentados, panes integrales, tortillas, destilería, etc. Esta clase de trigo es el de más reciente introducción en Estados Unidos.

Trigo blando rojo (Soft winter red wheat): tiene un contenido de proteína medio-bajo, y se usa para la fabricación de pan y la preparación de mezclas. También se usa en la fabricación de galletas, pasteles y otros productos de bollería y pastelería.

Trigo blando blanco (Soft white wheat): tiene un contenido bajo de proteínas.

La fuerza del trigo es una cualidad relacionada con sus aptitudes panaderas, es decir, la capacidad de una harina para producir pan en piezas de gran volumen con migas de buena textura. Los trigos con esta aptitud suelen poseer un elevado contenido proteico y se les llama trigos fuertes; los que sólo pueden dar piezas pequeñas con migas de estructura compacta suelen tener un contenido proteico bajo y se denominan

flojos. Estos últimos son ideales para la fabricación de galletas, productos en los que no llega a desarrollarse el gluten, o no requieren fermentaciones con levadura (Gómez-Pallarés *et al.*, 2006).

1.1. Importancia de las proteínas

La harina de trigo es la única que tiene la habilidad de formar una masa cohesiva y tenaz, capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su cocción. Esta propiedad se debe a su capacidad para formar gluten (Gómez-Pallarés *et al.*, 2006).

El gluten es un gel formado por ciertas proteínas del trigo (gliadinas y gluteninas) cuando se trabaja mecánicamente una mezcla de harina y agua. Las proteínas que integran el gluten se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endospermo del grano; durante el amasado se produce la ruptura de estos cuerpos y su hidratación, formando una red tridimensional continua en la cual se encuentra embebido el almidón (Beltz y Grosch, 2009).

Cada una de las proteínas que forman el gluten tiene una función específica. Así, las gliadinas son proteínas monoméricas responsables de la viscosidad del gluten, constituyendo un tercio de las proteínas de la harina. Las gluteninas se encuentran formando grandes agregados proteicos, unidos por puentes disulfuro y fuerzas no covalentes intermoleculares, que determinan la fuerza y la elasticidad del gluten. A las gluteninas, sobre todo a las de alto peso molecular, se les asigna la capacidad de conferir a la masa las propiedades viscoelásticas, debido a la repetición de estructuras tipo giro β (Gómez-Pallarés *et al.*, 2006).

1.2. Importancia del almidón

El almidón es el componente mayoritario del trigo, representando entre el 65-70% de la harina de este cereal; se encuentra en forma de gránulos y es la principal fuente de la energía aportada por el trigo a la dieta (Gómez-Pallarés *et al.*, 2006). El interior de los gránulos está formado por regiones cristalinas y amorfas alternas, por lo que el almidón es descrito como un polímero parcialmente cristalino (Eliasson y Gudmundsson, 1996). Las propiedades funcionales del almidón se deben esencialmente a los dos polisacáridos que lo constituyen: amilosa y amilopectina (Gómez-Pallarés *et al.*, 2006).

En la masa panadera, los gránulos de almidón se hidratan pero permanecen prácticamente intactos, siendo la amilopectina parcialmente cristalina y la amilosa amorfica. Durante el horneado, la mayoría de los gránulos de almidón se gelatini-

zan, deformándose o colapsando. La gelatinización es la pérdida del orden molecular en los gránulos de almidón, como consecuencia del calentamiento de los mismos en presencia de agua. La amilopectina pierde su estructura, al menos parcialmente, y algunas moléculas se encuentran parcial o totalmente lixiviada de los gránulos, encontrándose en la fase continua del sistema.

Después del horneado, cuando el pan se enfria, los componentes del almidón pasan gradualmente de un estado amorfo a un estado cristalino; esto es lo que se conoce como retrogradación del almidón, fenómeno que es considerado como el principal responsable del endurecimiento del pan (Gray y Bemiller, 2003).

2. Harinas no convencionales

Las harinas de fuentes no convencionales, como lo son las leguminosas, no han sido explotadas y contienen proteínas en cantidad y calidad regular. Mientras que las leguminosas son buenas fuentes de lisina y triptófano, son pobres en el aminoácido sulfurado metionina. Por su parte, los cereales son pobres en lisina. Por lo tanto, la combinación de leguminosas con cereales permite que ambos alimentos complementen sus respectivos perfiles de aminoácidos esenciales, dando lugar a una mezcla de mejor calidad proteica (Serna, 2005). Por otro lado, las harinas de frutas inmaduras como mango y plátano, son fuentes importantes de almidón resistente (Agama-Acevedo *et al.*, 2009), el cual forma parte de la fibra dietética total (Ovando, 2008), siendo esto una ventaja para ser utilizadas en diversas formulaciones, entre las que destaca la del pan. Cabe mencionar que el uso de harinas no convencionales, se ha manejado en porcentajes de sustitución de la harina de trigo.

2.1. Harinas de leguminosas

Las leguminosas son las especies pertenecientes a la familia Fabaceae o Leguminosae, cuya utilidad primaria reside en las semillas. Una característica interesante de esta familia es la capacidad de usar nitrógeno atmosférico para producir sus propios compuestos nitrogenados, gracias a lo cual, generalmente no es necesaria la fertilización con nitrógeno para el crecimiento óptimo (AEP, 2007). Entre las leguminosas más consumidas están garbanzos, lentejas, frijoles, habas, chícharos, cacahuates y soya. Las leguminosas han sido empleadas por el hombre desde la antigüedad, formando parte de su dieta. Adicionalmente, se ha demostrado su efecto protector ante ciertas enfermedades crónico degenerativas: cardiovasculares, obesidad, diabetes y cáncer (Oliete y Gómez-Pallarés, 2006).

Recientemente, las harinas de las leguminosas han cobrado importancia. Éstas son los polvos obtenidos directamente de la molienda de los granos. En algunos casos, antes de la molienda los granos son escaldados para inactivar enzimas indeseables o son sometidos a remojo y cocción, para eliminar buena parte de las sustancias antinutritivas presentes en las leguminosas; en seguida, los granos son secados (generalmente con aire), para luego ser molidos. Por lo general, los polvos obtenidos son tamizados.

El desarrollo de nuevos productos de panadería, incorpora a las harinas de leguminosas como ingredientes, con la finalidad de enriquecer nutricionalmente las mezclas. Para esto, la harina de trigo es parcialmente sustituida por harina de leguminosa, y luego se prosigue con los pasos normales del proceso de elaboración de los productos.

La incorporación de leguminosas en la elaboración de productos panadería tiene buenas expectativas en el mercado, sobre todo con el enfoque mercadológico adecuado, como productos funcionales con bajos costos (Oliete y Gómez-Palmarés, 2006).

2.1.1. Harina de chícharo

El chícharo (*Pisum sativum*) es una enredadera anual que normalmente alcanza los 2 m de altura; existen muchas variedades de chícharo, con semillas lisas o rugosas, verdes, blancas o marrón (AEP, 2007). La proteína del chícharo amarillo posee una compleja composición bioquímica que permite una alta estabilidad en el procesamiento térmico y una buena interacción con otros ingredientes.

La harina de chícharo es el producto que resulta del escaldado de los granos, seguido de secado con aire y la subsecuente molienda. El escaldado es un paso importante, debido a que en el chícharo está presente la enzima lipooxigenasa, la cual está implicada en la aparición de aromas y sabores desagradables y en la degradación de pigmentos. La harina de chícharo contiene 10.7% de humedad, 21.4% de proteínas, 3.4% de cenizas y 2.1% de grasa (Alasino, Osella, de la Torre y Sánchez, 2011).

Adicionalmente, estos investigadores evaluaron la calidad de pan elaborado con harina de trigo parcialmente sustituida con harina de chícharo escaldado (5, 10, 15 o 20% de sustitución). Observaron que en todos los casos la adición de harina de chícharo incrementó el valor proteico del pan; sin embargo, disminuyó el volumen específico del producto. Concluyeron que el mejor pan se obtuvo con la harina con 10% de sustitución, ya que este presentó la mejor evaluación nutricional (contenido de lisina disponible de 3.25 g/100 g proteí-

na; mientras que el testigo, 100% harina de trigo, presentó un contenido de lisina disponible de 2.28 g/100 g proteína), además de haber sido bien evaluado sensorialmente. Buscando contrarrestar el efecto negativo de la incorporación de harina de chícharo a la formulación del pan, sobre el volumen específico del mismo, los investigadores determinaron el efecto de la adición de diferentes emulgentes (monoglicérido de diacetiltartárico y estearoil-lactailato de sodio (SSL)) y oxidantes (ácido ascórbico y azodicarbonamida) sobre esta propiedad. Los resultados demostraron que la adición de SSL y azodicarbonamida permite mejorar la calidad del producto.

Por otro lado, los procesos de cocción, fritura y horneado a temperaturas por arriba de los 120°C dan paso a la formación de acrilamida, clasificada como probable carcinogénico en humanos, cuya formación ha sido demostrada a partir de azúcares reductores y asparagina, por la reacción de Maillard. Así mismo, se ha demostrado que la asparagina es un sustrato limitante para la formación de acrilamida en sistemas de cereales y aquellos basados en almidón (Tuncel, Yilmaz y Seiner, 2010). De aquí que, la enzima asparaginasa es usada en formulaciones en diversos productos, con el objetivo de reducir el contenido de acrilamida. Esta enzima se encuentra en el chícharo. En 2010, Tuncel *et al.* realizaron un estudio en pan de caja, cuyo objetivo primordial fue investigar el efecto de la adición de harina de chícharo en la formación de acrilamida en pan de grano de trigo entero, de salvado de trigo o de trigo refinado. Concluyeron que los niveles de acrilamida pueden ser disminuidos un 57% ó 68%, mediante la adición de harina de chícharo a la mezcla, para pan integral o de grano entero, respectivamente, sin efectos negativos en las propiedades sensoriales.

2.1.2. Harina de garbanzo

El garbanzo (*Cicer arietinum*), perteneciente a la familia de las Cicereae, es una planta herbácea anual. Ulterior a la recolección, regularmente los granos se conservan en lugares frescos y ventilados que favorezcan el secado, a partir del cual es posible convertirlos en harina, misma que en países del Mediterráneo e India es consumida en combinación con harina de chícharo (AEP, 2007). Los garbanzos son considerados una buena fuente de proteínas debido a su alta concentración de triptófano libre (Tavano, da Silva, Demonte y Neves, 2008; Comai, Bertazzo, Costa y Allegri, 2011). Su empleo en forma de harina como ingrediente fortificador de harina de trigo, está siendo considerado para el desarrollo de nuevos productos (Comai *et al.*, 2011).

Para la obtención de harina de garbanzo, generalmente, el grano sin descascarar es directamente molido, para evitar

pérdidas excesivas de partes del cotiledón (Sanjeewa, Wanasundara, Pietrasik y Shand, 2010). Sin embargo, se han sugerido tratamientos al garbanzo previo al proceso de elaboración de harina. Tal es el caso del estudio sobre el contenido nutricional y propiedades funcionales de la harina de garbanzo variando la cocción del garbanzo en tres formas diferentes: cocción tradicional (ebullición), cocción con microondas o freído (Abou, Helmy y Bareh, 2010); los investigadores concluyeron que la composición química y las propiedades funcionales de la harina fueron afectadas por los diferentes métodos de cocción, siendo la cocción tradicional el que presentó mayor porcentaje de proteína. Por otro lado, también se ha demostrado que el tostado del garbanzo, previo a la elaboración de harina, incrementa el contenido de almidón resistente, fibra dietética insoluble y propiedades antioxidantes de la harina de garbanzo (Fares y Menga, 2012).

Por otra parte, se ha estudiado la influencia de la sustitución parcial (15% y 30%) de harina de trigo por harina de garbanzo, sobre el desarrollo de la masa y las características del pan tostado (Hefnawy, El-Shourbagy, y Rmadan, 2012). Los resultados demostraron que la sustitución aumentó la estabilidad y el índice de tolerancia de la masa; sin embargo, el volumen del pan disminuyó, en tanto que el nivel de harina de garbanzo aumentó, debido a la dilución del gluten. No obstante, los productos conteniendo harina de garbanzo fueron aceptables en términos de peso, volumen, textura y estructura de la migra.

2.1.3. Harina de lenteja

La lenteja (*Lens culinaris*), perteneciente a la familia de las Viciae, es una planta herbácea anual, muy ramificada. Siendo de alto valor nutritivo debido a su alto contenido de proteínas (25.8%) y bajo contenido de grasas (1.06%), se han desarrollado investigaciones enfocadas a evaluar la calidad panificable de la harina de lenteja (Oliete y Gómez-Pallarés, 2006).

La harina de lenteja es el producto que se obtiene de la molienda de los granos y el tamizado posterior del polvo obtenido. Aguilar *et al.* (2011) realizaron un estudio en el cual obtuvieron harina de lenteja (HT), moliendo directamente la leguminosa en un molino de rodillos estriados y la mezclaron con harina de trigo (HT) (10% y 90%, respectivamente), teniendo como testigo HT (100%), a fin de evaluar el comportamiento de las masas y del pan elaborado con las mismas. Se demostró que la mezcla HT-HL presentó menos actividad amilácea y parámetros menores de retención de gas que la HT (100%), lo cual se explica por la baja cantidad de amilasa presente en la mezcla HT:HL (Aguilar *et al.*, 2011). De acuerdo

con Serna (2005), la deficiencia de metionina en la harina de lenteja puede causar indirectamente la disminución de la capacidad de retención de gas; presumiblemente, no hubo formación de enlaces disulfuro en la misma proporción que en la masa con 100% HT, por lo cual la formación de gluten fue inadecuada y, consecuentemente, el pan elaborado con harina de lenteja mostró un volumen bajo. En la prueba sensorial se observó que el pan no presentó diferencia significativa en cuanto al nivel de agrado, con respecto al mismo elaborado solamente con HT (Aguilar *et al.*, 2011).

2.2. Harinas de frutas

El mango y el plátano enfrentan problemas agronómicos similares. Las pérdidas post-cosecha se deben principalmente a que la demanda es mucho menor que la producción. A raíz de esta problemática, Bello-Pérez, Agama-Acevedo, Osorio-Díaz, Utrilla-Coello y García (2011) proponen diversificar el uso final de estas frutas como ingredientes funcionales de productos alimenticios.

Las harinas obtenidas de frutas inmaduras como mango y plátano, son fuentes importantes de carbohidratos no digestibles como almidón resistente (17.5%) y polisacáridos no amiláceos como fibra dietética (14.5%) (Agama-Acevedo *et al.*, 2009). El almidón resistente presente en estas frutas inmaduras se comporta como fibra soluble; por lo cual estas harinas pueden ser adicionadas a diversos productos, a propósito de la actual búsqueda de nuevas fuentes de fibra dietética en la industria alimentaria (Ovando, 2008).

2.2.1. Harina de plátano macho verde (*Musa paradisiaca L.*)

El uso de plátano para la obtención de harina ha surgido a consecuencia de los hallazgos en su composición química, especialmente por su contenido de almidón resistente. De hecho, la harina de plátano macho verde es una línea de investigación activa desde 1986, año en que Englyst y Cummings reportaron 37% de almidón en plátanos inmaduros, en contraste con el 3% en los más maduros. En 2006, Juárez-García, Agama-Acevedo, Sáyago-Ayerdi, Rodríguez-Ambriz y Bello-Pérez, determinaron la composición química de la harina de plátano macho verde (*Musa paradisiaca L.*), reportando como componentes mayoritarios a la fibra dietética (14.52%) y al almidón total (73.36%), del cual 17.50% es almidón resistente, cuya fermentación por las bacterias colónicas supone efectos benéficos en la salud (Ovando, 2008).

La harina de plátano es descrita por Ovando (2008), como un polvo fino, blanco, que se oscurece con el paso del tiempo.

Esta autora también describe la obtención de harina, utilizando plátanos machos inmaduros. En primer lugar, los plátanos son pelados y cortados en rodajas de 1 cm y vertidos de inmediato en una solución de ácido cítrico (3 g/L); posteriormente, se colocan las rodajas en mallas y se someten a un proceso de secado, a $50\pm1^{\circ}\text{C}$ durante 24 h. Finalmente, las rodajas deshidratadas son molidas y el polvo obtenido es tamizado en malla (0.038 mm).

Por su parte, Juárez-García *et al.* (2006) evaluaron la composición y digestibilidad de pan elaborado a partir de 100% harina de plátano, comparado con pan con 100% harina de trigo. Estos autores determinaron que la harina de plátano tiene alto contenido de almidón resistente y fibra, concluyendo que la harina de plátano es un ingrediente potencial en la elaboración de productos con carbohidratos de bajo índice glucémico.

Por otro lado, Agama-Acevedo *et al.* (2009) prepararon diferentes mezclas de harina de plátano y semolina (harina de plátano al 15%, 30% ó 45%, tomando como testigo, semolina al 100%), para la elaboración de espagueti. El contenido de almidón total fue mayor al 45%, presentando menor contenido de almidón disponible; además, se observó que el contenido de almidón resistente y la fracción no digerible aumentaba en relación con la cantidad de harina de plátano añadida. Adicionalmente, estos investigadores mostraron que la dureza y elasticidad del espagueti no fueron afectadas por la adición de harina de plátano, pero la adhesividad y masticabilidad se incrementaron conforme aumentaba el porcentaje de harina de plátano en la mezcla. Además, los distintos espaguetis preparados no mostraron diferencias de preferencia entre los consumidores (Agama-Acevedo *et al.*, 2009).

En otro estudio, Aparicio-Sagüilán, Osorio-Díaz, Agama-Acevedo, Islas-Hernández y Bello-Pérez (2013) elaboraron tortillas de maíz adicionadas con harinas de plátano macho y yuca. Evaluaron la composición química y digestibilidad del almidón en estos productos y observaron que en las tortillas elaboradas con harina de maíz y harina de plátano (60:40), el contenido de fibra y proteínas disminuyó respecto al testigo (maíz 100%). Concluyeron que el cambio en la composición química y digestibilidad del almidón de las tortillas elaboradas con harinas de fuentes no convencionales (harina de plátano), podría ser una alternativa para la población con requerimientos dietéticos especiales.

2.2.2. Harina y almidón de mango (*Mangifera indica L.*)

El mango (*Mangifera indica L.*) es uno de los miembros más importantes de la familia de las Anacardiáceas, el cual crece

en regiones tropicales. El género *Mangifera* incluye 50 especies, de las que sólo tres o cuatro producen frutos comestibles. Las hojas, corteza y fruta (pulpa, cáscara y semilla) son fuentes ricas en compuestos bioactivos, que poseen propiedades antioxidantes conocidas por sus beneficios en la salud, ofreciendo protección contra enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. En México, las variedades de mango de mayor consumo son criollo y manila (Bello-Pérez *et al.*, 2011).

Por harina de mango se entiende el producto que se obtiene al pelar, rebanar (rebanadas de 1 cm de espesor), secar (con aire a 50°C), moler y tamizar el fruto inmaduro. Se produce con el propósito de obtener polvos ricos en fibra dietética. El contenido total de almidón en esta harina es 29.8% y su contenido de fibra dietética total es de 28.1%; además, presenta una relación balanceada entre la fibra dietética soluble (14.3%) y la insoluble (13.8%), lo cual es importante para la funcionalidad de la fibra en la dieta humana. Así mismo, la harina de mango muestra un contenido importante de compuestos con capacidad antioxidante, como los polifenoles (16.1 mg/g) (Vergara-Valencia *et al.*, 2007).

La harina de mango ha sido probada en la elaboración de pan y galletas. En las galletas experimentales, la proporción usada fue 25:75 harina de trigo: harina de mango; para el pan, las proporciones fueron 60:40. Ambas formulaciones tuvieron niveles incrementados de fibra dietética respecto al testigo (harina de trigo 100%). Las galletas con harina de mango tuvieron 17.4% de fibra soluble dietética, mientras que el testigo tuvo 13.3%. El pan con harina de mango presentó 16.6% de fibra soluble dietética en contraste con el 14.2% del pan testigo (100% trigo) (Vergara-Valencia *et al.*, 2007).

Una variante de la harina de mango inmaduro es la obtenida del mismo fruto en estado maduro. Yusufu, Egbunu, Egwu-jeh, Opega y Adikwu (2013) elaboraron este tipo de harina con la finalidad de utilizarla para enriquecer harina de sorgo con pro vitamina A y β -carotenos. Para esto, tras la limpieza y peleado manual, el fruto fue rebanado y secado con aire, durante 8 horas a 60°C . Posteriormente, las rebanadas deshidratadas fueron molidas, tamizadas y almacenadas.

Otra harina que ha sido obtenida a partir del mango es la de su cáscara. El procedimiento para obtenerla inicia con el escaldado de las cáscaras durante 3 minutos, al cual sigue su molienda en húmedo, su paso a través de una despulpadora y su lavado con agua a 95°C ; posteriormente se prensa, se seca, se muele y se tamiza, para luego empacar y almacenar (Larrauri, Rupérez, Borrotoa y Saura-Calixto, 1996).

En un estudio realizado por Noor, Lee y Bhat (2011), se elaboró harina de pulpa de mango y de cáscara de mango; se

obtuvieron valores de fibra dietética total 47.68% y 59.44%, respectivamente. Además, se elaboraron pasteles esponjosos con dichas harinas, observándose que estos productos presentaron mejor índice glucémico, menor contenido de grasa y mayor contenido de fibra. Así por ejemplo, el contenido de fibra cruda de los pasteles elaborados con 30% de harina de cáscara de mango fue 8.1%, mientras que el pastel adicionado con 30% de harina de pulpa de mango tuvo 6.29%, en contraste con el 1.85% de fibra del pan control, elaborado con 100% harina de trigo. Los autores concluyeron que el uso de estas harinas de mango como ingredientes de los productos de panificación es apropiado para mejorar el valor nutricional de éstos.

Otro producto que ha sido obtenido del mango es almidón. Bello-Pérez, Aparicio-Sagüilán, Méndez-Montealvo, Solorza-Feria y Flores-Huicochea (2005) reportan que el proceso para obtener este producto consiste en pelar los mangos, cortarlos en cubos (5-6 cm), sumergir los cubos en una solución de sulfato de sodio (1.22 g/L, 500 g de fruta:500 g de solución), triturarlos ligeramente en una licuadora a baja velocidad durante 2 minutos, tamizar (tamiz No. 50-100) y lavar el triturado hasta que el agua de lavado se vea limpia y centrifugar (10800g, 30 minutos); los sedimentos blancos resultantes de la centrifugación, que constituyen el almidón del mango, se separan del sobrenadante, se secan (40°C, 48 horas), se muelen en un mortero, se tamizan (tamiz No. 100) y se almacenan en un contenedor de vidrio a temperatura ambiente. En este mismo estudio, estos investigadores determinaron algunas propiedades morfológicas, fisicoquímicas y funcionales del almidón aislado de dos variedades mexicanas de mango (manila y criollo). El contenido de amilosa en el mango manila fue 13.3%, mientras que el del criollo fue 12.9%. Los autores concluyeron que debido a sus propiedades, el almidón del mango es una fuente factible de este polisacárido para ser usada en la industria de alimentos (Bello-Pérez *et al.*, 2005).

Conclusiones y comentarios finales

El enriquecimiento de formulaciones tradicionales a base de harina de trigo es importante en vías del mejoramiento de su contenido nutricional; aunque no todas las formulaciones han resultado exitosas, técnica y sensorialmente. En este sentido, es importante considerar aspectos relacionados con las propiedades sensoriales de los productos, sobre todo ante la posibilidad de combinar las harinas de fuentes no conven-

cionales con harina de trigo, para productos de panificación, ya que es interesante desde el punto de vista tecnológico y nutricional.

La documentación y publicación de los resultados obtenidos en este tema es información valiosa a considerar para el planteamiento de nuevos diseños en vías de producir alimentos más nutritivos.

Agradecimientos

La autora Torres-González agradece el apoyo recibido por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y de la Universidad de las Américas Puebla, para la realización de sus estudios de posgrado.

Referencias

- Abou, E, Helmy, I. y Bareh, G. (2010). Nutritional evaluation and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum*, L.) flour and improved produced from its. *Journal of American Science*, 6(10), 1055-1072.
- AEP (European Association for Grain Legume Research). (2007). *The amazing lentil*. Recuperado el 10 de febrero 2014. http://www.legumefutures.de/images/Grain_legumes_57_Lentils.pdf
- Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J., Osorio-Díaz, P., Rendón-Villalobos, R., Utrilla-Coello R., Angulo, O. y Bello-Pérez, L. (2009). Pasta with unripe banana flour: physical, texture and preference study. *Journal of Food Science*, 74(6), 90-95.
- Aguilar J., Esparza J., Meza J., Candelas M., Aguilera O. y Ramírez P. (2011). Efecto de la harina de lenteja (*Lens culinaris*) sobre propiedades reológicas y de panificación de la harina de trigo. *Facultad de Ciencias Químicas*, 2, 4-9.
- Agustíniano-Osorio, J., González-Soto, R., Flores-Huicochea, E., Manrique-Quevedo, N., Sánchez-Hernández, L. y Bello-Pérez, L. (2005). Resistant starch production from mango starch using a single, screw extruder. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2105-2110.
- Alasino, M, Andrich, O., Sabbag, N., Costa, S., de la Torre, M. y Sánchez, H. (2008). Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*,

- 58(4), 397-402.
- Alasino, M., Osella, C., de la Torre, M. y Sánchez, H. (2011). Efecto de oxidantes y emulsionantes sobre la calidad de pan elaborado con harina de arvejas (*Pisum sativum*) inactivadas enzimáticamente. *Información Tecnológica*, 22, 42-50.
- Aparicio-Sagüilán, A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Islas-Hernández, J. y Bello-Pérez, A. (2013). Tortilla added with unripe banana and cassava flours, chemical composition and starch digestibility. *CyTA Journal of food*, 11(1), 90-95.
- Bello-Pérez, L., Agama-Acevedo, E., Osorio-Díaz, P., Utrilla, R. y García, F. (2011). Banana and mango flours. En Preedy, V., Watson, R. y Patel, V. B. *Flour and breads, and their fortification in health and diseases prevention*. (Primera edición, págs. 235-244). San Diego, CA: Elsevier.
- Bello-Pérez, L., Aparicio-Sagüilán, A., Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J. y Flores-Huicochea, E. (2005). Isolation and partial characterization of Mango (*Mangifera indica L.*) starch: Morphological, physicochemical and functional studies. *Plant foods for human Nutrition*, 60, 7-12.
- Belitz, H. y Grosch, W. (2009). *Química de los alimentos* (4a edición). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Comai, S., Bertazzo, A., Costa, C. y Allegri, G. (2011). Quinoa: protein and non-protein tryptophan in comparison with other cereal and legume flours and bread. En Preedy, V., Watson, R. y Patel, V. B. *Flour and breads, and their fortification in health and diseases prevention*. (Primera edición, págs. 113-125). San Diego, CA: Elsevier.
- Eliasson, A. y Gudmundsson, M. (1996). Starch: Physicochemical and functional aspects. En A. Eliasson, *Carbohydrates in Food*. (págs. 431-503). EE.UU: Marcel Dekker Inc.
- Carbohydrates in Food., (págs. 431-503). EE.UU: Marcel Dekker Inc. Englyst, S. y Cummings, J. (1986). Digestion of carbohydrates of banana (*Musa paradisiaca sapientum*) in the human small intestine. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 44, 42-50.
- Fares, C. y Menga, V. (2012). Effects of toasting on the carbohydrate profile and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietum L.*) flour added to durum wheat pasta. *Food Chemistry*, 131(4), 1140-1148.
- Gray, J.A. y Bermiller, J.N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 1-21.
- Gómez-Pallarés, M., León, A.E. y Rossel, C. M. (2006). *De tales harinas tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica* (1a edición, págs. 31). Córdoba, Argentina: Báez Ediciones.
- Hefnawy, T., El-Shourbagy, G. y Ramadan, M. (2012). Impact of adding chickpea (*Cicer arietinum L.*) flour to wheat flour on the rheological properties of toast bread. *International Food Research Journal*, 19(2), 521-525.
- Juárez-García, E., Agama-Acevedo, E., Sáyago-Ayerdi, S., Rodríguez-Ambriz, S. y Bello-Pérez, L. (2006). Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plant foods for human Nutrition*, 61, 131-137.
- Larrauria, J., Rupérez, P., Borroto, B. y Saura-Calixto F. (1996). Mango Peels as a New Tropical Fibre: Preparation and Characterization. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 29, 729-733.
- Murray, R. (2000). *Harper's Biochemistry*. McGraw Hill. En Aguilar, J., Esparza, J., Candelas, M., Aguilera, O. y Ramírez, P. (2011). Efecto de la harina de lenteja (*Lens Culinaris*) sobre las propiedades reológicas y de panificación de la harina de trigo. *Ciencia@UAC*, 4(2), 4-9
- Noor, A., Lee, W. y Bhat, R. (2011). Nutritional and sensory quality evaluation of sponge cake prepared by incorporation of high dietary fiber containing mango (*Mangifera indica* Var. Chokanan) pulp and peel flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(6), 559-567.
- Okpala, L. y Ekwe, O. (2013). Nutritional quality of cookies produced from mixture of fermented pigeon pea, germinated sorghum and cocoyam flours. *European Journal of food Research*, 3, 38-49.
- Oliete, B. y Gómez-Pallarés, M. (2006). Leguminosas. En Gómez-Pallarés, P., León, A.E. y Rossel, C. *De tales harinas tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica* (1a edición, págs. 403-438). Córdoba, Argentina: Báez Ediciones.
- Ovando, M. (2008). *Pasta adicionada con harina de plátano: digestibilidad y capacidad antioxidante*. Tesis de maestría no publicada. Instituto Politécnico Nacional, Morelos, México.
- Rossel, C. (2011). The science of doughs and bread quality. En Preedy, V., Watson, R. y Patel, V. B. *Flour and breads, and their fortification in health and diseases prevention*. (Primera edición, págs. 3-14). San Diego, CA: Elsevier.
- Rymbai, H., Srivastav, M., Sharma, R., Patel, C., y Singh, A. (2013). Bio-active compounds in mango (*Mangifera indica L.*) and their roles in human health and plant defense- a review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 88, 369-379.

- Sanjeewa, W., Wanasundara J., Pietrasik, Z. y Shand, P. (2010). Characterization of chickpea (*Cicer arietum L.*) flour and application in low-fat pork bologna as a model system. *Food Research International*, 43, 617-626.
- Serna, S. (2005). *Química, almacenamiento e industrialización de cereales* (2a edición). México, D.F.: AGT Ediciones.
- Shewry, P., D'Ovidio, R., Lafiandra, D., Jenkins, J., Mills, E., y Békes, F. (2009). Wheat grain proteins. En K. Khan y P.R. Shewry (Eds.), *Wheat Chemistry and Technology* (4a. edición, págs. 223-298), St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Shewry, P. R. (1999). The synthesis, processing, and deposition of gluten proteins in the developing wheat grain. *Cereal Foods World*, 44, 587-588.
- Tavano, O., da Silva, S., Demonte, A. y Neves, V. (2008). Nutritional responses of rats to diets based on chickpea (*Cicer arietinum L.*) seed meal or its protein fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11006-11010.
- Tuncel, N., Yilmaz, N. y Sener, E. (2010). The effect of pea (*Pisum sativum L.*) -originated asparaginase on acrylamide formation in certain bread types. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2470-2476.
- Vergara -Valencia, N., Granados-Perez, E., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J., & Bello-Perez, L. (2007). Fiber concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *LWT Food Science and Technology*, 40, 722-729.
- Yusufu, P., Egbunu, F., Egwu, S., Opega, M. y Adikwu. (2013). Evaluation of complementary food prepared from sorghum, Africam yam bean (*Sphenostylis Stenocarpa*) and mango mesocarp flour blends. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(2), 205-208.