

**CARACTERIZACIÓN DE TALLARINES (NOODLES) ADICIONADOS
CON ALMIDÓN DE PLÁTANO Y SU EFECTO
SOBRE LA DIGESTIBILIDAD IN VITRO
SIP – 20070530**

RESUMEN

En los alimentos de consumo habitual se evidencia que el pan, las galletas y los cereales para el desayuno presentan valores altos en relación a velocidad de digestión *in vitro* de los hidratos de carbono, sugiriendo una efectiva gelatinización de los almidones. En cambio alimentos como el arroz y pastas tales como tallarines (noodles) y espaguetis, presentan valores bajos debido a que las estructuras físicas de estos alimentos disminuyen la gelatinización de los almidones y como consecuencia ocurre una retrogradación significativa con un aumento en el contenido de Almidón Resistente Retrogradado. El objetivo de este trabajo fue caracterizar y evaluar la influencia de diferentes contenidos de almidón de plátano en la digestibilidad *in vitro* del almidón de tallarines (noodles). El contenido de Almidón Total aumenta ligeramente conforme transcurre el tiempo de almacenamiento de las muestras, siendo la muestra con 30 % de almidón de plátano la que presentó los valores más altos, que van de 73.52 a 74.28 %. En el caso del Almidón Disponible este presentó valores que fluctuaron entre 58.37 y 72.75 %. Para el caso de la hidrólisis, las muestras analizadas presentaron un porcentaje que fue disminuyendo conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento sin presentar diferencias significativas ($p > 0.05$). Con los valores más bajos en los porcentajes de hidrólisis, puede considerarse que los tallarines serían entonces hidrolizados muy lentamente por las enzimas digestivas y por consiguiente disminuye su velocidad de digestión.

1.- INTRODUCCIÓN

Los tallarines han estado volviéndose un plato típico de las familias de todo el mundo y se disfrutan en las combinaciones más diversas y exquisitas.

Sin embargo, el origen de la pasta es muy controvertido. Todos asocian los tallarines con lo mejor de la cocina italiana y si bien es cierto que para occidente la mayoría de la producción consumida viene de este país, una de las hipótesis más populares, es que su origen es la antigua China, ya que cuenta la historia que el gran expedicionario Marco Polo los introdujo en la gastronomía italiana luego de un viaje por las rutas asiáticas en el siglo XIII.

La palabra tallarín tiene su origen en el vocablo italiano, *tagliare*, que significa cortar, tallar, y hace referencia a una membrana de pasta muy fina, cortada en tiras y secada al sol. En la actualidad, podemos encontrar dos variantes de los famosos tallarines en el mercado: los secos, comercializados por la industria de la pasta, y los frescos, que se venden en casas de pasta artesanales.

En 1992, los tallarines instantáneos llegaron a nuestro país con el nombre comercial de “Maruchan Instant Lunch[®]”. Este es un alimento de origen japonés elaborado en Estados Unidos de Norteamérica que presenta entre otras cosas una diversidad de sabores y fácil preparación, ya que con sólo agregar agua caliente, se transforma en sopa de pasta.

Es desde este año que el consumo de este tipo de pastas se ha incrementado considerablemente en nuestro país, ya que de acuerdo con la Comisión Económica para América y el Caribe, en México se consume el 15 % del producto a nivel mundial, y el crecimiento de este sector supera el 35 % anual.

Los productos de pasta tales como tallarines, espaguetis y macarrones suelen hacerse con sémola o harina de trigo duro o de trigo blando o ambos. El trigo tiene la propiedad singular de formar una masa extensible, elástica y cohesiva cuando se mezcla con agua (FAO, 1995).

Primero se elabora una masa que ha de servir para producir tallarines y la cual se prepara con cerca de tres partes de harina de trigo, mezclándose con una parte de sal o solución salada alcalina y, agua con lo que se forma una masa desmenuzable. La masa es comprimida entre una serie de rollos para formar una hoja de masa. La red del gluten es desarrollada durante el proceso de laminado metálico, contribuyendo a la textura del tallarín. La masa de hoja es cortada para producir los tallarines (Nagao, 1996).

Así, en los tallarines blancos salados que son un alimento de gran importancia en muchos países alrededor del mundo, el ingrediente mayormente usado en la manufactura es la harina de trigo (Hou, 2001); sin embargo, los tallarines pueden ser también elaborados con harina de trigo sola o en combinación con otros productos como el almidón, pudiendo ser éste de papa, maíz, yuca entre otros.

Los tallarines elaborados sólo a partir de harina de trigo, incluyen a aquellos que han sido clasificados como tallarín chino y tallarín japonés. Estos tallarines típicamente son de color marrón o grises con un olor y sabor extraordinario. Los tallarines chinos son elaborados generalmente a partir de harinas duras de trigo y se caracterizan por sus colores blancos brillantes, cremosos o amarillos brillantes y de textura firme. Los tallarines japoneses son elaborados tradicionalmente de harina suave de trigo y presentan un color blanco cremoso y una textura suave y elástica (Hou y Kruk, 1998).

Otra clasificación para los tallarines es presentada en los trabajos de Hou y Kruk (1998), en donde se tomaron en cuenta las características que presentan el tallarín y su forma de cocimiento (Tabla 1).

Tabla I.- Clasificación de los tallarines en función de su procesamiento (Tomada de Hou y Kruk, 1998).

Tipo de tallarín	Características
Secados con vapor	Los hilos alcalinos de la masa fresca del tallarín son secados en un túnel de viento por medio de vapor generado por turbinas, son además sumergidos en agua para ablandarlos y aclararlos. Este tipo de tallarín es llamado Yaki-Soba.
Frescos	Los tallarines frescos que salen de los rollos de masa son cortados en diferentes longitudes y son empaquetados sin sufrir algún otro procesamiento. Los ejemplos típicos son los tallarines crudos chinos, los tallarines de Udon, los chuka-man, bamee tailandés, los tallarines cantoneses y tallarines de soba. Estos a menudo son consumidos dentro de sus 24 horas de elaboración debido a que sufren una decoloración rápida.
Secos	Los tallarines son secados sólo con el uso de luz solar o en una cámara con luz controlada. Los tallarines que resultan de este proceso son los llamados tallarines chinos crudos, los tallarines cantoneses, los chuka-man, los tallarines de Udon, y los tallarines de soba.
Hervidos	Los tallarines no son cocidos por completo, aproximadamente en un 90 %. Aquí se incluye a los tallarines chino mojó, los tallarines de hokkien, los tallarines de Udon, y los tallarines de soba.

Por otro lado, en cuanto a la presencia o ausencia de la sal o sal alcalina en su elaboración, los tallarines se clasifican en: tallarines blancos (con sal) y en tallarines amarillos (conteniendo sal alcalina). Los tallarines salados blancos comprenden los tallarines japoneses, chuka-men, Thai bamee, los tallarines chinos crudos, los tallarines cantoneses, tallarines tailandeses y los tallarines instantáneos caen bajo la categoría de tallarín amarillo con sal alcalina.

Los tallarines fritos contienen generalmente goma guar u otros tipos de hidrocoloides, haciendo los tallarines más firmes y más fáciles de prehidratar antes de cocinar. El almidón nativo o modificado de papa y otros almidones equivalentes, se agregan a menudo en los tallarines fritos lo cual les proporciona una textura elástica al momento de cocerlos al vapor debido a que disminuye la temperatura de gelatinización con lo cual aumenta su calidad.

La pasta más sencilla, hecha a base de harina de trigos duros y agua, contiene aproximadamente entre un 75 a 77% de hidratos de carbono, un 12% de proteínas, un 1% de grasa y alrededor de un 10% de agua y minerales. Esto significa que 100 gramos de pasta, que es normalmente la cantidad que se calcula por persona, aportan unas 365 kilocalorías.

Si se compara la pasta con el pan, la diferencia fundamental entre ambos, además del proceso de fermentación que sufre el pan, no así la pasta, reside en que el pan posee una menor cantidad de hidratos de carbono (50 al 55%), de proteínas (8%) e igual cantidad de grasa (<1%), pero quizá lo más destacable sea el mayor contenido en agua (30%) del pan que es lo que compromete su conservación.

El bajo contenido en agua de la pasta permite una mejor conservación durante largo tiempo, especialmente si se mantiene en condiciones óptimas de empaquetado y

almacenamiento (en lugares secos), impidiendo así que se alteren sus propiedades nutritivas y organolépticas.

Al igual que el pan, la pasta es una excelente fuente de hidratos de carbono no sólo por la cantidad que aporta a la dieta sino porque se trata de hidratos de carbono complejos, como el almidón, que le otorgan una lenta absorción proporcionando niveles estables de glucosa en sangre.

En este sentido, la diversidad del sector alimenticio moderno y la enorme variedad de productos alimenticios que se producen, requiere el uso de almidones que pueden tolerar una amplia gama de las técnicas de proceso y condiciones de preparación. El almidón es un componente importante en la formulación de alimentos como son: pastas, panes y tortillas, debido a que constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos (French, 1984; Biliaderis, 1991).

Si bien son muchos los factores que conllevan a la elección de un producto frente a otro, y aunque los factores no sensoriales (como son precio y valor nutritivo) tienen su importancia, las características organolépticas o sensoriales que el alimento produce al consumirlo, son dominantes en el momento de elegir un producto.

Pero los productos más novedosos surgen del enriquecimiento de estas formas tradicionales con otros alimentos que aportan color a la pasta y un mayor atractivo o potencian el valor nutricional. De esta manera, están adquiriendo cada vez más importancia especialidades como la pasta con fibra, sin gluten, de producción integrada o ecológica, o de formas llamativas, pastas enriquecidas o rellenas con carnes, pescados y vegetales, desde el clásico huevo, tomate o espinacas, a los espárragos, las alcachofas, remolacha, salmón, la sepia, la tinta del calamar, trufa, setas, champiñones, todo tipo de quesos, de jamones y de carnes.

Los productos de pasta tales como los tallarines (noodles) suelen hacerse con sémola o harina de trigo. El trigo tiene la propiedad singular de formar una masa extensible, elástica y cohesiva cuando se mezcla con agua. En años anteriores se han hecho pastas de mezclas de sorgo con trigo; sin embargo, pocos trabajos se han realizado para obtener productos con buena calidad de cocción, en donde se vuelve necesario agregar algún almidón a la harina ya sea de trigo o de sorgo. Un ejemplo claro de esta mezcla son los tallarines comúnmente conocidos como "Instant Ramen", cuya composición está basada principalmente en harina de trigo, almidón, sal y agua (Noda *et al.*, 2006).

Sin embargo, los estudios que se han hecho al respecto en este tipo de tallarines adicionados con almidón, han sido sólo para relacionar la textura del producto con las características de la pasta de trigo y muy poca información sobre el papel de la digestibilidad de tallarines, es encontrada en la literatura científica.

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

Elaboración de los tallarines

Los tallarines utilizados en este trabajo experimental fueron elaborados en los Estados Unidos de Norteamérica, en los laboratorios de la Comisión Californiana del Trigo. Para esto, se utilizaron diferentes mezclas de harina de trigo duro y almidón de plátano. Las mezclas se hicieron agregando en almidón de plátano en cantidades de 10, 20 y 30%. De igual manera se elaboró una muestra de tallarín en donde se utilizó sólo harina de trigo, la cual fue considerada como control por contener un 100 % de éste. Para hacer la mezcla la harina de trigo se combinó junto con el almidón de plátano en una mezcladora Hobar durante 30 seg., posteriormente se agregó una

solución de NaCl (1 – 5 %), teniendo el cuidado de no tener regiones secas en la harina, ésta se mezcló por 4.5 min. La mezcla se introdujo a una maquina para elaborar tallarines en donde fue laminada por unos rodillos de 30 mm de espacio entre cada rodillo. Las laminas se doblaron y se volvieron a pasar por la maquina de tallarines.

Reactivos

Los reactivos utilizados fueron de grado analítico con validez y confiabilidad comprobada. Todos los reactivos utilizados fueron de la marca Sigma-Aldrich[®], Merck[®] (Steinheim, Germany), J. T. Baker[®] (México, D. F), Bayer[®] (Argentina), Boehringer[®] (Mannheim, Germany).

Enzimas

Las enzimas utilizadas fueron: α -amilasa termoestable A-3306, Amiloglucosidasa A-1602, Pepsina P-7000, Proteasa P-3910, α -amilasa pancreática porcina A-3176 y Amiloglucosidasa 102857, siendo principalmente de Sigma Aldrich[®] y Roche[®]).

Preparación de muestras de tallarines para los análisis

Los tallarines crudos fueron primeramente remojados en agua que mantuvo una temperatura de 30⁰ C, y se remojaron por espacio de 1 minuto. Posteriormente se cocieron al vapor en una vaporera casera durante 12 min. Se enfriaron a temperatura ambiente y se congelaron inmediatamente con nitrógeno líquido para poder ser liofilizadas para su posterior análisis. Una vez liofilizados, los tallarines fueron molidos con ayuda de un mortero y se tamizaron con un tamiz No. 40, con la finalidad de tener homogeneidad en la muestra con relación al tamaño de partícula para realizar los análisis en el laboratorio, tanto de biodisponibilidad como de digestibilidad del almidón presente en los tallarines.

Análisis de laboratorio

Almidón total.- Esta técnica se llevó a cabo siguiendo el protocolo de Goñi *et al.* (1997), y permitió cuantificar el almidón total presente en los tallarines. El procedimiento que se realizó fue el siguiente: en una balanza analítica (Ohaus®) se pesó por duplicado 50 mg del tamizado de los tallarines, se agregaron 3 mL de agua destilada y 3 mL de KOH y se solubilizó la muestra para disolver al almidón. Posteriormente, se agregó 5.5 mL de HCl y 3 mL de acetato de sodio ajustando el pH a 4.75. Se le agregó 60 µL de amiloglucosidasa e incubó a 60° C en un baño de agua por 45 min, procurando tener una agitación constante de las muestras. Una vez concluida la incubación, las muestras se centrifugaron en una centrifuga refrigerada, a 3000 RPM con una temperatura de 4 °C durante 15 minutos. Una segunda centrifugación con agua destilada se hace necesaria para lavar la muestra, y los sobrenadantes obtenidos se recogieron en matraces aforados de 50 mL. Se tomaron 50 µl del aforado para determinar la cantidad de glucosa liberada por digestión enzimática, mediante el método de glucosa/oxidasa peroxidasa. Para esto, en tubos de cultivo que contenían 1 mL de reactivo GODPAP, se depositaron los 50 µL de la muestra problema, se agitaron con un vortex y posteriormente se incubaron los tubos a 37° C por 10 min. Se vació la muestra en celdas de espectrofotómetro y se leyó sus densidades ópticas a 500 nm en un espectrofotómetro. Las lecturas obtenidas son utilizadas en la siguiente formula para determinar el % de almidón total en la muestra problema:

$$\%AT = \frac{3lu \cos a(\mu / ml)(volumen)(dilución)(100)(0.9)}{mg_{muestra}(1000)}$$

Donde:

0.9 = factor de transformación de glucosa a glucano

100 = factor de dilución

Almidón disponible.- La técnica de Holm *et al.* (1986), nos ayudó a determinar el almidón disponible en los tallarines almacenados presente en la muestra tamizada. Se realizó de la siguiente manera: Primero se pesó por duplicado en vasos de precipitados, 500 mg del tamizado de tallarines, a los cuales se les agregó 20 mL de agua destilada y se dejó en agitación a temperatura ambiente durante 10 minutos. Posteriormente se le agregó 100 μ L de la enzima α -amilasa termoestable, esta enzima rompe los enlaces α (1-4) de la molécula de almidón, dejando como productos maltosas y dextrinas, que a su vez, son hidrolizadas con amiloglucosidasa para obtener glucosa liberada y calcular la cantidad equivalente de almidón que la produjo. Los vasos se colocaron en baño de ebullición por 20 min cuidando que las muestras fueran agitadas cada 5 min. Las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se transfirió ésta a un matraz aforado de 100 mL, cuidando no dejar residuos de muestras en el vaso de precipitados. Se aforó a 100 mL con agua destilada y se le colocó una barra magnética para que la muestra se mantuviera en agitación constante. Posteriormente en tubos de ensaye se agregó 1 mL de tampón acetato 0.1 M de pH 4.75, se le agregaron 500 μ L de la muestra problema y 25 μ L de la solución de la enzima amiloglucosidasa (Sigma A.1602). Se incubó la muestra a 60^o C por 30 min, manteniéndola con agitación constante. El contenido del tubo de ensaye se transfirió a un matraz aforado de 10 mL y se aforó con agua destilada. De la solución anterior se tomó una alícuota de 50 μ L y se le determinó la cantidad de glucosa liberada por digestión enzimática, mediante el

método de glucosa/oxidasa peroxidasa. Se leyeron las densidades ópticas a 510 nm en un espectrofotómetro. Los valores resultantes de la lectura se utilizaron en la solución de la siguiente fórmula:

$$\%AD = \frac{4(FG)(3600)}{mg_{muestra}} \times \frac{100}{100 - \%H}$$

Donde:

A = Absorbancia

H = Humedad

3600 = Factor de conversión

FG = Factor de glucosa

Hidrólisis enzimática *in vitro*.- La hidrólisis (amilólisis) se determinó siguiendo el método de Holm *et al.* (1985), que se basa en estimar el poder reductor de la maltosa liberada por la acción de la α -amilasa pancreática porcina a través del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS).

Se pesaron 500 mg de almidón disponible en base seca en un matraz Erlenmeyer y se le agregaron 50 mL del amortiguador de fosfato. La muestra se gelatinizó en un baño de agua a ebullición durante 20 minutos, agitando cada 5 minutos. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se metió en un baño a 37 °C con agitación constante. Se preparó la suspensión de enzima α -amilasa pancreática porcina (Sigma-Aldrich®) (56 μ L de enzima en 16 mL de amortiguador de fosfato). Esta enzima hidroliza el almidón reduciéndose a azúcares, los cuales son reportados como equivalentes de maltosa. Se prepararon los tubos de ensaye agregando a cada tubo 800 μ L de agua destilada + 1 mL de DNS. Se colocaron los tubos en un cuarto oscuro para protegerlos de la luz. Se tomó 200 μ L de muestra a los siguientes

tiempos: 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos, respectivamente; procurando tomar las alícuotas para cada muestra en la fracción de segundo que corresponda y dejando un margen de 5 segundos entre cada réplica. Después de que se tomó la muestra a tiempo cero, se adicionó 1 mL de enzima a cada matraz. Se preparó una curva estándar de maltosa por duplicado y se agregó 1 mL de DNS. Al final de los 90 minutos se colocaron los tubos que contienen las muestras junto con la curva de maltosa, durante 10 minutos en baño a ebullición. Se sacaron y se dejó enfriar a temperatura ambiente, y se les adicionó 15 mL de agua destilada a cada tubo, se mezclaron y se leyeron las densidades ópticas a 530 nm.

Se elaboró la curva estándar y se hizo un análisis de regresión lineal, para obtener los mg de maltosa contenidos en las muestras. El porcentaje de la hidrólisis se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%HIDRÓLISIS = \frac{ng_{maltosa} \times 50 \times 0.95}{0.2 \times mg_{muestra}} \times 100$$

Donde:

50 = Factor de dilución

0.95 = Factor de conversión

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de una vía a los resultados de todos los análisis realizados, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, utilizando el paquete estadístico SigmaStat versión 2.03. Cuando se encontraron diferencias significativas, se utilizó el método de comparación múltiple mediante la prueba de Tukey, al mismo nivel de significancia.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Almidón Total (AT)

Los valores de Almidón Total para los tallarines preparados con harina de trigo y adicionados con almidón de plátano se presentan en las figura 1.

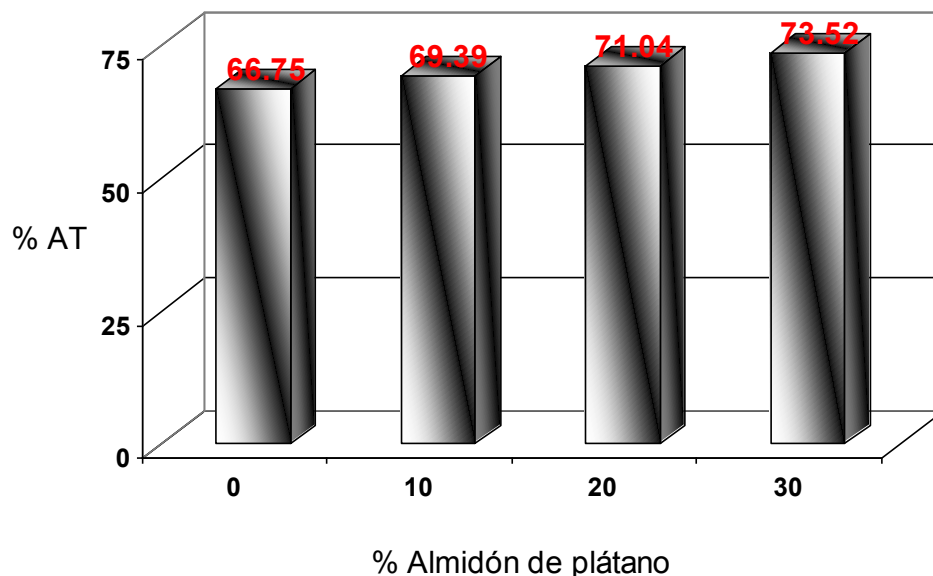


Figura 1.- Contenido de Almidón Total (AT) en tallarines elaborados con diferentes proporciones de almidón de plátano.

En forma general se aprecia como el contenido de AT ligeramente aumenta conforme aumenta la adición del almidón de plátano; sin embargo, la muestra con 30 % de almidón de plátano presentó valores de AT más altos, con valores que van de 73.52 a 74.28 %. De igual manera la muestra control (sólo harina de trigo duro) presenta los valores más bajos, de 66.75 – 73.52 %.

Una situación que se debe señalar es que no existen datos publicados del contenido de AT en muestras de tallarines. Los datos que existen hasta ahora han sido en otro tipo de alimentos, como los reportados por Cárdenas *et al.* (1998) para almidón de

sorgo (98.8%); Ruales *et al.* (1995) reportó valores para trigo (96.5%), yuca (97.5%) y achira (*Canna edullis*) con 96.4%, y Czuchajowska *et al.*, (1998) para almidones de leguminosas como garbanzos (97.5%) y chícharo (99.4%); Laurentin *et al.* (1996) reporta valores de 91.3% para lenteja y, Lara y Ruales (1998) valores de 94.9 % para amaranto; Agama *et al.* (2004 y 2005) reportó valores de 76.17 a 79.04 % y 74.75 a 79.73 % para tortilla de harina de maíz nixtamalizado y tortilla nixtamalizada y almacenadas en frío, respectivamente.

3.2.- Almidón Disponible (AD)

En la figura 2 se muestra los resultados del análisis practicado a las muestras de tallarines.

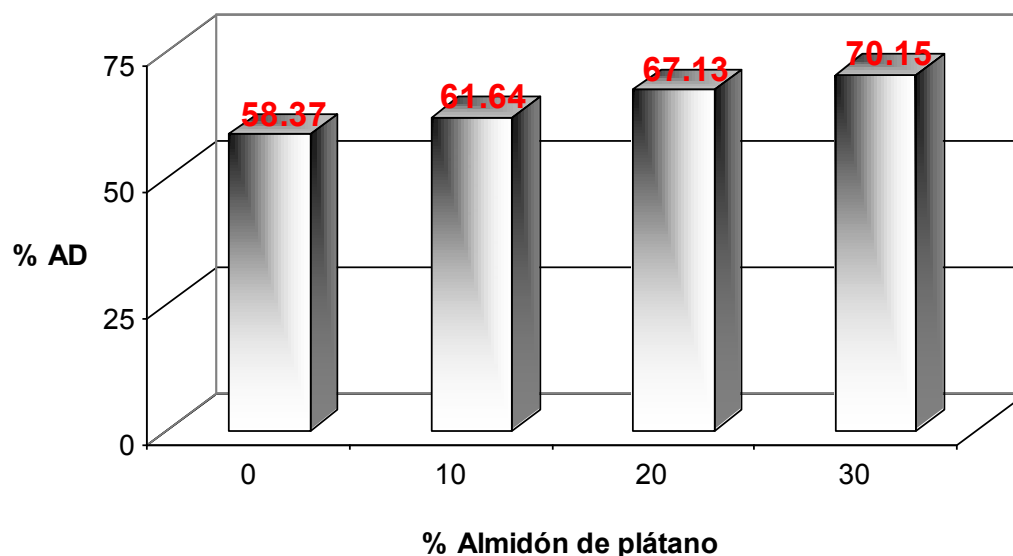


Figura 2- Contenido de Almidón Disponible (AD) en tallarines elaborados con diferentes proporciones de almidón de plátano.

Los valores de AD fluctuaron entre 58.37 y 70.15 %. Los tallarines de la muestra que contiene 10 % de almidón de plátano tuvieron la variación más grande entre los

valores de AD; y las muestras con 20 y 30 % presentaron las diferencias más bajas. Sin embargo, y a medida que se fue administrando el almidón en los tallarines, el AD en los tallarines incrementó también (Figura 1). Esto puede ser debido a que el tallarín presente una menor compactación producto de la adición del almidón a la formulación que consecuentemente aumenta los niveles de AD, potencialmente disponible para el ataque por medio de las enzimas digestivas.

En varios estudios anteriores se ha reportado valores de AD de 51 % para galletas que han sido preparadas con niveles de almidón de plátano de entre 15 a 17 % (Bello-Pérez *et al.*, 2004). En otro trabajo donde se usaron productos de panadería que fueron adicionados con un almidón de plátano modificado químicamente, se obtuvieron niveles de AD de 40.1 % (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2007).

3.3.- Hidrólisis enzimática *in vitro*

La reacción *in vitro* (α – amilólisis) para las muestras de los tallarines se presenta en la figura 3. Aquí se presentan los valores de la muestra control (sin almidón de plátano), mostrando un porcentaje de hidrólisis de 50 a los 15 min, y a los 90 min presentó un ligero incremento, llegando a 53 %. Estos valores fueron más altos que los encontrados para las muestras adicionadas con almidón de plátano; ya que por ejemplo la muestra con 20 % de almidón de plátano presentó valores de 48 % a las 15 min y los 60 min de reacción estos valores fueron de 50 %.

En general, las muestras analizadas presentaron un porcentaje de hidrólisis que disminuyó conforme se fue adicionando el almidón de plátano a los noodles; sin embargo, los valores de hidrólisis más bajos en todas las muestras se presentan en la muestra de 30 %, con valores aproximadamente de 41 y 44 % a los 30 y 90 minutos de reacción, respectivamente.

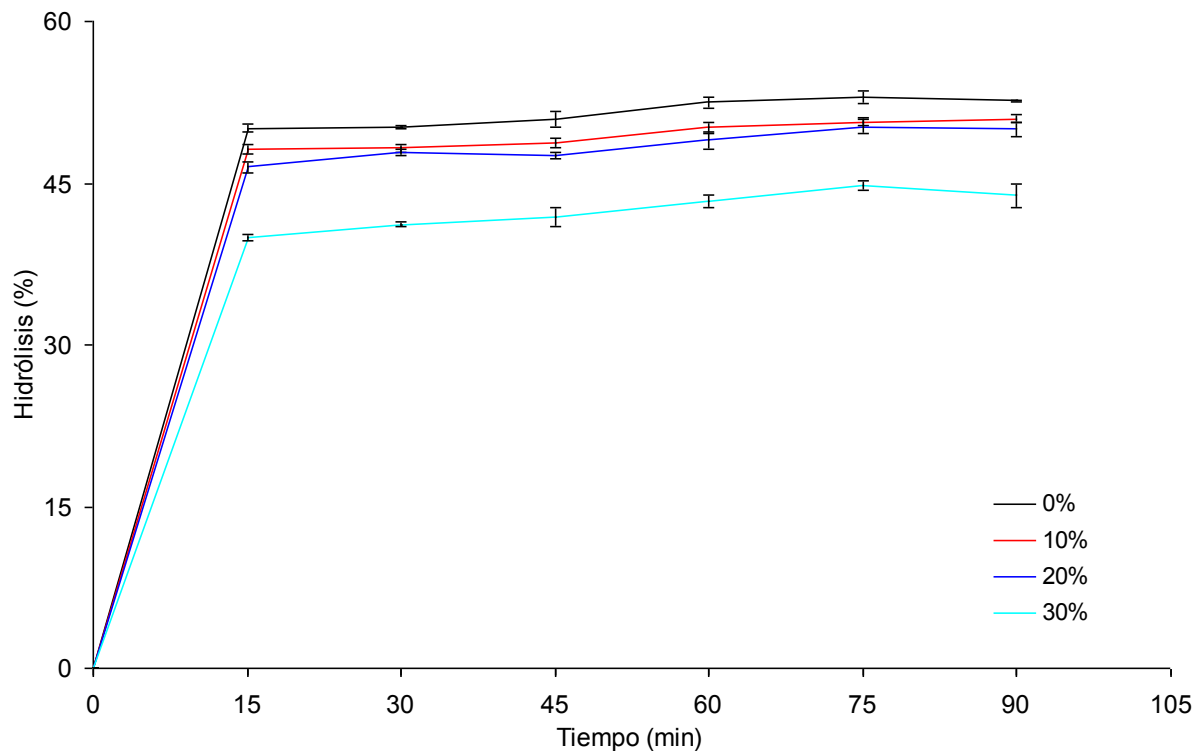


Figura 3. Hidrólisis *in vitro* del almidón en los tallarines elaborados sin almidón de plátano (0 %) y aquellos adicionados con 10, 20 y 30 % de almidón de plátano, respectivamente.

Con los valores más bajos en los porcentajes de hidrólisis, puede considerarse que los tallarines serían entonces hidrolizados muy lentamente por las enzimas digestivas. Con estos datos se confirma lo publicado por investigadores (Englyst *et al.*, 1992; Pacheco *et al.*, 1998) que afirman que el almidón de plátano verde es resistente a las amilasas pancreáticas

Las tasas de hidrólisis en este estudio fueron similares a aquellas hidrólisis *in vitro* del almidón de plátano reportado por Pacheco (2001 y 2002), para frijol (Tovar y Melito, 1996; Osorio- Díaz *et al.*, 2002) y para chícharo (Skrabanja *et al.*, 1999). Por otro lado, Bravo *et al.* (1998), reportaron valores bajos de hidrólisis para el frijol

cocido de la variedad Moth, de aproximadamente 5 % a los 30 min, y 10 % a los 90 minutos.

En general, las muestras analizadas presentaron un porcentaje de hidrólisis que fue disminuyendo conforme se aumento el porcentaje de almidón sin presentar diferencias significativas ($p > 0.05$)

Por otro lado, el estudio de la hidrólisis del almidón *in vitro*, permite obtener una información relativa sobre el grado de gelatinización en un producto, y predecir la biodisponibilidad del almidón *in vivo* (Tovar y Melito, 1996). Con algunas excepciones, el porcentaje de hidrólisis del almidón *in vitro*, es considerado como un buen indicador de la tasa y magnitud del incremento de glucosa en sangre después de que un alimento en particular ha sido consumido (Bornet *et al.*, 1989; Jenkins *et al.*, 1982).

Como se puede observar en la figura 3, los tallarines no son fácilmente digeribles y por lo tanto más resistente a las amilasas pancreáticas, tal como sucede a lo reportado con los almidones de plátano, frijol y chícharo (Tovar y Melito, 1996; Pacheco, 2001 y 2002; Bravo *et al.*, 1998; Skrabanja *et al.*, 1999; Osorio- Díaz *et al.*, 2002), los cuales resultan ser de digestión lenta en comparación con los almidones de los cereales que son más fácilmente digeribles.

Un incremento en la disponibilidad puede atribuirse a varios factores como la gelatinización, destrucción de la estructura proteica y las paredes celulares que encapsulan el almidón, expansión y destrucción física de la muestra.

4.- CONCLUSIONES

En este estudio se observó que en relación al contenido de almidón total, éste presentó valores ligeramente mayores en aquellos tallarines que fueron adicionados

con 20 y 30 % de almidón de plátano; sin embargo, estadísticamente estos valores de AT no presentan diferencias entre las muestras, con lo podemos decir que el AT no es afectado por la adición de almidón de plátano.

En el contenido de AD, éste incrementó tanto a medida que se fueron administrando las diferentes concentraciones de almidón de plátano en los tallarines. Lo cual puede estar relacionado a que el tallarín presente una menor compactación producto de la adición del almidón a la formulación que consecuentemente aumenta los niveles del almidón potencialmente disponible para el ataque por medio de las enzimas digestivas.

5.-IMPACTO

Los tallarines formulados con almidón de plátano tienen un porcentaje de hidrólisis bajo, por lo que pudiera pensarse que estos productos pueden ser recomendados para ayudar a personas que requieren regímenes especiales de alimentación, como por ejemplo en personas con problemas de obesidad, diabéticas o con enfermedades cardiovasculares.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Agama-Acevedo, E., Rendón-Villalobos, R., Tovar, J., Paredes-López, O., Islas-Hernández, J. J., and Bello-Pérez, L. A. 2004. In Vitro starch digestibility changes during storage of maize flour tortillas. *Nahrung/Food* 48:38-42.
- Agama-Acevedo, E., Rendón-Villalobos, R., Tovar-Rodríguez, J., Trejo-Estrada, S., and Bello-Pérez, L.A. 2005. Effect of storage time on in vitro digestion rate and resistant starch content of tortillas elaborated from commercial corn masas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 55 (1):86-92.
- Aparicio-Saguilán, A., Sáyago-Ayerdi, S. G., Vargas-Torres, A., Tovar, J., Ascencio-Otero, T. E., and Bello-Pérez, L. A. 2007. Slowly digestible cookies prepared from resistant-rich lintnerized banana starch. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20: 175-181.
- Bello-Pérez, L. A., Sáyago-Ayerdi, S. G., Méndez-Montevalvo, G., Tovar, J. 2004. In vitro digestibility of banana starch cookies. *Plant Foods for Human Nutrition*. 59: 79-83.
- Bornet, F., Fontvieille, A. M., Riscalla, R., Colona, P., Blayo, A., Mercier, C., and Salma, G. 1989. Insulin and glycemic responses in healthy humans to native starches processed in different ways : correlation with in vitro α – amylase hydrolysis. *American Journal of Clinical Nutrition*. 50: 315 – 323.
- Bravo, L., Siddhuraju, P., and Saura-Calixto, F. 1998. Effect of various processing methods on the in vitro starch digestibility and resistant starch content of indian pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46: 4667-4674.
- Biliaderis, C.G. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 69: 60-78.
- Cárdenas, M., Pérez, E., y Tovar, J. 1998. Pirodextrinización de almidones de yuca y sorgo: un procedimiento para la obtención de material indigerible. *Memorias del seminario del proyecto de investigación: Obtención y caracterización de carbohidratos para aplicación en alimentos de regímenes especiales*. CYTED, Ecuador. pp. 255-264.

- Czuchajowska, Z., Otto, T., Paszczynska, B., and Baik, B. 1998. Composition, thermal behavior and gel texture of prime and tailings starches from garbanzo, beans and peas. *Cereal Chemistry*, 75 (4): 466-472.
- Englyst, H. N, Kingman, S. M., and Cummings, J. H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nutr* 46:S33–S50.
- FAO. 1995. El sorgo y el mijo en la nutrición humana (Colección FAO: Alimentación y nutrición N°27). ISBN 92-5-303381-9.
- French, D. 1984. Organization of starch granules. En: *Starch: Chemistry and Technology*. (Whistler, R. L., BeMiller J.N. and Pascall, E. F. eds.). 2nd Ed. Academic Press, New York. pp. 183-247
- Goñi, I., García-Alonso, A., and Saura-Calixto, F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*. 17: 423-433
- Holm, J., Björck, I., Asp, N. G., and Sjöberg, L.B. 1985. Starch availability *in vitro* and *in vivo* after flaking, steam-cooking and popping of wheat. *Journal of Cereal Science*, 3, 193-206.
- Holm, J., Björck, I., Drews, A., and Asp, N. G. 1986. A rapid method for the analysis of starch. *Starch/Stärke*, 38, 224-229.
- Hou, G. 2001. Oriental noodles. *Adv. Food Nutr. Res.* 43,141-193.
- Hou, G., and Kruk, M. 1998. Asian noodle technology. *Asian Noodle Technical Bulletin*. 20(12):1-10.
- Jenkins, D. J., Ghafari, H., Wholever, T. M., Taylor, R. H., Jenkins, A. L., Barker, H., Fielden H., Bowling, A. C. 1982. Relationship between rate of digestion of foods and post-prandial glycaemia. *Diabetologia*. 22, 450-455.
- Lara, N., y Ruales, J. 1998. Efecto del proceso de reventado sobre las características del almidón de amaranto (*Amaranthus caudatus*). *Memorias del seminario del proyecto de investigación: Obtención y caracterización de carbohidratos para aplicación en alimentos de regímenes especiales*. CYTED, Quito, Ecuador. pp. 89-106.
- Laurentin, A. I., Pérez, E., y Tovar, J. 1996. Efectos de la irradiación con microondas y la dextrinización por calor sobre la digestibilidad *in vitro* del almidón de lenteja

- (*Lens culinaris*). Memorias de la conferencia internacional Almidón: Propiedades fisicoquímicas, funcionales, nutricionales y usos. CYTED, Quito, Ecuador. pp. 275-281.
- Nagao, S. 1996. Processing technology of noodle products in Japan. Pages 169-194 in: Pasta and Noodle Technology. J. E. Kruger, R. B. Matsuo, and J. W. Dick, eds. Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN.
- Noda, T., Tsuda, S., Mori, M., Takigawa, S., Matsuura-Endo, C., Kim, J., Hashimoto, N., and Yamauchi, H. 2006. Effect of Potato Starch Properties on Instant Noodle Quality in Wheat Flour and Potato Starch Blends. *Starch/Stärke*, 58, 18–24
- Osorio-Díaz, P., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Vargas-Torres, A., Tovar, J., and Paredes-López, O. 2002. In vitro digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem.* 78, 333-337.
- Pacheco - Delahaye, E.; B. Sequera; I. Herrera. 1998. Plant starches and oils. Their influence on digestion in rats. *J.Sci.Food Agric.* 77:381-386.
- Pacheco-Delahaye, E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad *in vitro* del almidón. *Acta Científica Venezolana.* 52, 283-291.
- Pacheco-Delahaye, E. 2002. Evaluación nutricional de hojuelas fritas y estudio de la digestibilidad del almidón de plátano verde (*Musa* spp). *Rev. Fac. Agron. (Maracay).* 28, 175-183.
- Ruales, J., Santacruz, S., y Herman, H. n1995. Caracterización de las propiedades reológicas y nutricionales del almidón nativo y gelatinizado de achira (*Canna edulis*). Memorias de la conferencia internacional en biodisponibilidad de nutrientes. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. pp. 179-188.
- Skrabanja, V., Liljeberg, H. G., Hedley, C. L., Kreft, I., A., and Björck, I. M. 1999. Influence of genotype and processing on the in vitro rate of starch hydrolysis and resistant starch formation in peas (*Pisum sativum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 47, 2033-2039.
- Tovar, J., and Melito, C. 1996. Steam-cooking and dry heating produce resistant starch in legumes. *Journal of Agri. Food Chem.* 44, 2642-2645.

SUBPRODUCTOS

2.4.- Formación de recursos humanos.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS BIÓTICOS



Oficio No. 1821/231/07.

50 Aniversario del Patronato de Obras e Instalaciones
50 Aniversario del CECYT 14 Luis Enrique Erro
40 Aniversario de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas
40 Aniversario del Planetario Luis Enrique Erro

Yau-tepec, Mor., 22 de febrero del 2007.

Asunto: **Oficio de aceptación.**

LIC. PERLA SALGADO GAYTÁN.
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ACAPULCO.
PRESENTE

Me permito comunicarle que la alumna GUADALUPE VIRIDIANA GUERRERO GUERRERO, de la carrera de Ingeniería Bioquímica, con número de control 01320195, ha sido aceptada para realizar su **tesis profesional**, titulada: "**Almidón resistente en tallarines almacenados**", participando en el Departamento de Desarrollo Tecnológico, en el proyecto dirigido por el M. en C. Rodolfo Rendón Villalobos: "*Caracterización de tallarines (noodles) adicionados con almidón de plátano y su efecto sobre la digestibilidad in vitro*". SIP - 20070530, bajo la dirección del director del mismo, a partir del 8 de enero del presente año.

Sin otro particular quedo de Ud. como su Atto. y S. S.

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

DR. ADRIAN G. QUINTERO GUTIÉRREZ
DIRECTOR

C.c. p. M. en C. Emmanuel Flores Huicochea. Jefe del Departamento de Desarrollo Tecnológico.
M. en C. Rodolfo Rendón Villalobos. Director del Proyecto.
Ing. Crescencio Bazaldúa Muñoz. Jefe de la Unidad Politécnica de Integración Social.
Alumna.
Expediente.


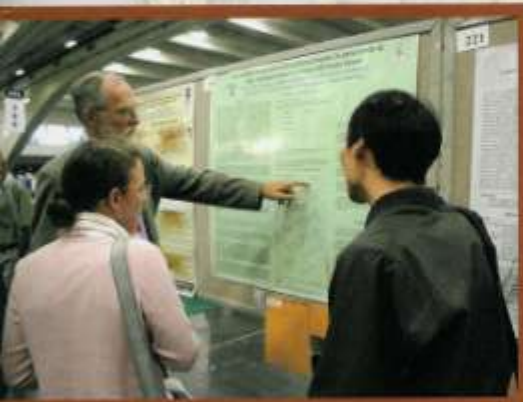

AGQG*BFMB*CSM*MMT

3.2.- Conferencias.

CEREAL FOODS WORLD Supplement - Vol. 52, No. 4

ABSTRACTS

2007 AACC International Annual Meeting
Dynamics of Grain Utilization
October 7-10
Henry B. Gonzalez Convention Center
San Antonio, Texas U.S.A.



of a standard glucose solution by means of a chemical assay. As the liquefaction process progresses the number of reducing ends increases due to hydrolysis of alpha 1-4 bonds in starch molecules. Thus, DE values indicate the extent to which starch is hydrolyzed into lower molecular polymers. Typically in a dry grind corn process a DE value of 12 to 14 is achieved after liquefaction. DE values higher than 14 can be achieved with a higher enzyme dose. However, DE values higher than 14 do not translate into higher ethanol yields. Thus, DE values are used in a dry grind process to optimize the amount of alpha amylase required in liquefaction. Measurement of DE by chemical assays is a tedious and time consuming process which involves diluting, heating and cooling of samples prior to titration. In this study feasibility of building a calibration on a Fourier Transform Near-Infrared (FT-NIR) spectrometer to measure DE values for liquefied corn slurry was evaluated. Ten hybrids were liquefied for 3 hr with different amounts of enzymes (25, 50, 100 and 200 microliters/ 50 gm corn flour) to obtain DE values ranging from 5 to 25. Aliquots of liquefied slurry were obtained at different times (1, 2 and 3 hr) for DE measurement. Partial Least Squares (PLS) and Principal Component Regression (PCR) methods were used for building the calibration.

A differential scanning calorimetric (DSC) study of native starch phase transitions

W. S. RATNAYAKE (1), C. Otani (1), N. Newsholme (1), D. S. Jackson (1)
(1) Dept. of Food Science & Technology, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE, USA
Cereal Foods World 52:A61

DSC has long been used as the preferred technique to investigate starch gelatinization and phase transition characteristics. Recent studies have shown that starch phase transitions, especially at low temperatures or in the initial phases of gelatinization, involve more complex processes than what is hypothesized by the order-to-disorder transition theory. The objective of this study was to investigate changes in starch characteristics, detectable by DSC, at specific temperatures during gelatinization. DSC was used to both apply thermal treatments and to immediately analyze treated samples; this minimizes the effects caused by delays between treatments and analyses. Native starch samples (regular corn, rice, potato and cassava) were hermetically sealed in DSC pans with excess water (-10 mg starch in -55 µl water). Sealed pans were then heated for 30 min at specific temperatures (from 35 to 90°C; i. e., 25, 40, 45°C, etc. at 5°C intervals). After heating, samples were cooled and maintained at 25°C for 5 min. They were then re-scanned from 25 to 120°C at 10°C/min. DSC endotherms shifted to higher temperatures, in all starches, as treatment temperatures increased. Starch samples displayed sudden drops in transition enthalpies after treatment; regular corn starch enthalpy dropped by 9.2 J/g, rice starch by 7.8 J/g, potato starch by 15.8 J/g between 60 and 70°C, and cassava starch by 14.9 J/g between 60°C and 75°C. The pattern of transition enthalpy changes before these sudden drops were distinctly different between the starches. Transition enthalpy disappeared in regular corn starch at 90°C, potato starch at 70°C, and in cassava starch at 80°C. Rice starch displayed a small (-1.5 J/g) endotherm at 90°C. Changes in starch structures during gelatinization occur in a sequence that depends both on the intensity of hydrothermal treatment and the type of starch. It appears that different starch sources undergo hydrothermal treatment induced endothermic structural changes in distinctly different ways.

Correlating flour analyses and dough rheological properties to elastic recovery during dough sheeting

D. REN (1), C. Walker (1), J. Fashion (1)
(1) Kansas State University
Cereal Foods World 52:A61

Dough rheological behavior of three typical flours with different chemical and physical properties was studied. The changes in thickness and snapback (thickness of the machined dough sheet relative to the roll gap) during sheeting were measured. Dough snapback was a function of the reduction ratio for roll gap, the dough rest time, and different flour properties. Flour properties were determined by the Farinograph, Mixograph, Extensograph, and Alveograph. The reduction ratio for roll gap was the main factor affecting the elastic characteristics of the doughs. Dough rest time showed an inverse relationship to snapback. The interaction of rest time and reduction ratio correlated significantly with dough snapback. Doughs made from stronger flours were more elastic than those made from weaker flours. Multivariate analysis of 50/50 blends made from two flours with different protein levels showed that dough snapback had intermediate values between the two original flours. Maximum snapback occurred in the strongest flour with the shortest rest time and the largest reduction ratio.

Effect of the addition of different levels of plantain starch on *in vitro* digestibility of white salted noodles

R. RENDÓN-VILLALOBOS (1), I. Idas-Hernández (1)

(1) Centro de Desarrollo de Productos Biológicos del IPN, Apartado postal 24 C.P. 62731, Yucatop, Morelos, México
Cereal Foods World 52:A61

White salted noodles (WSN) were prepared from durum wheat flour alone and three levels of isolated plantain starch (PS). *In vitro* starch digestibility using hog pancreatic alpha-amylase, and chemical composition of the noodles were investigated. Results of analysis for *in vitro* starch digestibility and chemical properties indicated that significance differences ($P < 0.05$) among noodles existed. Moisture (6.43-7.60%) and ash content (2.08-3.12%) increased with the addition of plantain starch. Due to the low fat content of PS, the noodles fat levels decreased from 0.41 to 0.31% as substitution of wheat flour increased. Pure wheat (control) noodles had higher protein content than those containing PS and this parameter decreased as the isolated starch fraction rose. Results showed a 7.39% lower total starch content in the control sample as compared to the noodle containing 30% PS. A similar pattern was observed for potentially available starch content, but the difference was greater (12.46%). Approximately 50% of the total resistant starch (RS) in the noodles was resistant starch associated to fiber (RSaF), showing that a part of RS is due to the physically inaccessible and retrograded starch fractions. The *in vitro* availability of starch was significantly lower ($P < 0.001$) at all incubation times. Initially the alpha-amylolysis rates were similar for the various noodles; the control preparation presented a greater final hydrolysis value, which is suggestive of potentially lower glycaemic impact for the plantain/wheat products.

A fundamental investigation of transglutaminase and the interactions with gluten free cereals

S. Rovetto (1), J. Behr (2), R. F. Vogt (2), F. DAL-BELLO (1), E. K. Arendt (1)

(1) Department of Food and Nutritional Sciences, University College Cork, Cork, Ireland; (2) TU-Muenchen, Lehrstuhl fuer Technische Mikrobiologie, Freising, Germany
Cereal Foods World 52:A61

Application of Transglutaminase (TGase) on buckwheat (BW) and brown rice (BR) flours has shown significant improvements on the baking performances of these flours by promoting protein networks. In this study, the impact of TGase on the protein fractions of BW and BR flours was investigated in order to better understand the activity and specificity of the enzyme. Investigations were conducted on the total protein extract as well as on the albumin, globulin, prolamin and glutenin fractions incubated with TGase. Size Exclusion Chromatography (SEC), SDS-PAGE and two-dimensional (2D) gel electrophoresis were performed on each fraction. The albumin and globulin fraction of BW were extensively cross-linked by TGase and high molecular weight (HMW) protein aggregates were detected. In the case of BR, the glutenin fraction was extensively cross-linked. 2D gel electrophoresis confirmed that albumin and globulins for BW and glutenins for BR were extensively cross-linked. In conclusion, this study shows that the improvements in the baking performances of breads based on TGase-treated BW and BR flour are due to extensive cross-linking of albumin and globulins for BW and glutenins for BR, resulting in the formation of HMW protein aggregates. Study financially supported by European Commission, 6th framework programme, project HEALTHGRAIN (FP6-514008).

Phenolic profile, antioxidant activity and anticancer properties of different types of sorghums and brans

A. L. ROBLEDO H. (2), M. G. Zapata-Mairana (1), J. A. Gutierrez-Urbé (2), S. O. Serna-Saldívar (2)

(1) Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Tegucigalpa, Honduras; (2) Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, Mexico
Cereal Foods World 52:A61

Cereal-based foods have great potential as source of important nutraceuticals because they are widely consumed and are part of the world's daily diet. Particularly, sorghum has high potential because of its genetic variability and can contain important phytochemicals such as tannins, flavonoids, anthocyanins, phenolic acids, phytoosterols, carotenoids and others. The aim of the study was to compare the phytochemical profile of 25 different types of sorghums/brans and determine their potential as anticancer agents using *in vitro* colon (Caco2), hepatic (HepG2) and hormone-dependent mammary cancer (MCF-7) cell lines. Sorghums were tested as whole grains and in some instances as debranched brans. Genotypes included white (type I), red-yellow and black (type II), and high-tannin or brans (type III) sorghums. Additionally, the antioxidant activity was evaluated and correlated to the total phenolics, flavonoids, anthocyanins and tannins and to the inhibition of the three different cancer cell lines. Brans contained higher amounts of all types of phenolics. Extracts with higher anthocyanins not necessarily had the highest antioxidant activity as it has been previously reported. A significant correlation between tannin content and hormone-dependent mammary cancer cell inhibition was observed whereas anthocyanins correlated with hepatic and



May it be known that

Rodolfo Rendon-Villalobos

**attended & presented at the 2007 AACC International
Annual Meeting in San Antonio, Texas, October 7 – 10, 2007.**

Rolando Flores, Program Chair
Betty Ford, Director of Meetings
Rhonda B. Wilkie, Meetings Coordinator

3.3.- Artículos Científicos.

Composite wheat-plantain starch salted noodles. Preparation, proximal composition and in vitro starch digestibility

RODOLFO RENDÓN-VILLALOBOS¹, PERLA OSORIO-DÍAZ¹, EDITH AGAMA-ACEVEDO¹, JUSCELINO TOVAR², AND LUIS A. BELLO-PÉREZ^{1*}

1. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN, Apartado postal 24 C.P., 62731, Yautepec, Morelos, México. Phone: +52 735 3942020, Fax: +52 735 3941896, E-mail: labellop@ipn.mx

2. Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Apartado Postal 47069, Caracas 1041-A, Venezuela.

RESUMEN

Se elaboraron noodles con diferentes contenidos de semolina y almidón de plátano (AP) y se estudio su composición así como la digestibilidad del almidón *in vitro*. El contenido de humedad (6.43-7.60 %) y cenizas (2.08-3.12 %) incrementaron con la adición del AP. El contenido de lípidos disminuyó de 0.41 a 0.31 % conforme el nivel de sustitución de la semolina incrementó. El contenido de almidón total fue 7.39 % menor en la muestra control comparado con el noodle con 30 % de AP. Un comportamiento similar se encontró en el almidón disponible, pero la diferencia fue mayor (12.46 %). Aproximadamente, el 50 % del almidón resistente total (AR) en los noodles fue almidón resistente asociado a fibra, mostrando que una parte del AR es debido al almidón físicamente inaccesible y al almidón retrogradado. El valor final de la α -amilólisis fue mayor en el noodle control, lo cual sugiere que los noodles elaborados con la mezcla semolina/AP tienen menor impacto glucémico.

ABSTRACT

Salted Noodles were prepared with different levels of durum wheat flour and plantain starch (PS) and their composition and *in vitro* starch digestibility was assessed. Moisture (6.43–7.60 %) and ash contents (2.08–3.12 %) increased by the addition of

PS. Fat level decreased from 0.41 to 0.31 % as substitution of wheat flour increased. Results showed a 7.39 % lower total starch content in the control sample as compared to the noodle containing 30 % PS. A similar pattern was observed for potentially available starch content, but the difference was greater (12.46 %). Approximately 50 % of total resistant starch (RS) in the noodles was resistant starch associated to fiber, showing that a part of RS is due to the physically inaccessible and retrograded starch fractions. Pure wheat (control) noodles presented a greater final α -amylolysis value, which is suggestive of potentially lower glycemic impact for the plantain/wheat products.

Keywords: Starch, plantain, chemical composition, pasta, digestibility

INTRODUCTION

Starch, which is the major dietary source of carbohydrates, is also the most abundant storage polysaccharide in plants. It occurs as granules in the chloroplast of green leaves and the amyloplast of seeds, pulses, and tubers. Starch is a major component of wheat grain; it is located in the endosperm and has some unique properties, which determine its functionality in many food applications (Shibanuma *et al.*, 1994).

The relatively recent recognition of incomplete digestion and absorption of starch in the small intestine as a normal phenomenon has raised interest in non-digestible starch fractions (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2007; Englyst *et al.*, 1992). These are called “resistant starches” (RS), and numerous studies have shown them to have physiological functions similar to those of dietary fiber (Asp, 1994). Therefore, products containing high levels of RS might well qualify as functional foods, which could be manufactured in great variety and with high palatability. Among the richest natural sources of resistant starch (RS), fruits of plants from the *Musa* genus are of particular importance (Bello-Pérez *et al.*, 2004; Faisant *et al.*, 1995).

Unripe banana flour, for instance, contains between 47 and 57 % RS, depending on the analytical method employed (Faisant *et al.*, 1995). More recently, a RS level of 17.5 % was recorded in the flour of a plantain variety (Juárez-García *et al.*, 2006). With nearly 40 % of wheat being processed into noodle products in Asian countries

(Baik and Lee, 2003), the consumption of wheat noodles is second only to bread globally. The instant noodle market is growing fast in Asian countries, and is gaining popularity in the Western market (Yu and Ngadi, 2004). Depending on the method of dehydration, instant noodles can be divided into fried and non-fried types (Wu *et al.*, 1998). Fried instant noodles are made by a continuous steaming and frying process that gelatinizes starch and quickly dehydrates the noodles. The resulting product has a porous spongy structure and an excellent flavor. Non-fried instant noodles can be dehydrated after expansion from a tight non-expanded structure, or using high-temperature expansion to produce a porous, honeycomb-like structure, e.g., the expanded type (Wu *et al.*, 1998).

Wheat flour is the main ingredient for making Asian noodles (Baik and Lee, 2003). About three parts of flour are usually mixed with one part of salt or alkaline salt solution to first form crumbly dough and then “white salted noodles”. In Japan, instant noodles, which are steamed, deep fat-fried and packed in polyethylene bags, are popular industrially processed food. Chinese-type alkaline instant noodles, called “instant ramen”, are manufactured in the highest quantity. The ingredients of instant noodles are wheat flour, starch, salt, alkali (soda/potash), and water (Noda *et al.*, 2006). Park and Baik (2004) observed the significance of the amylose content of starch in wheat flours with respect to the textural properties of instant noodles. They indicated that there was a positive correlation between the hardness of cooked instant noodles and the amylose content. Variations in suitability as a material for the production of starch-based noodles were found among starch samples prepared from several potato cultivars (Singh *et al.*, 2002). On the other hand, Batey *et al.* (1997) have confirmed the importance of the starch component, reporting significant correlations between textural properties of alkaline noodles and selected flour pasting characteristics or swelling parameters derived on flour or whole meal. However, information on starch digestibility in white salted noodles is yet rather scarce.

The objectives of this research were to prepare and evaluate the proximal composition of plantain starch-containing noodles. The impact of adding different plantain starch levels on the *in vitro* digestibility of starch in the noodles was also evaluated.

MATERIALS AND METHODS

Starch isolation

Unripe plantains (*Musa paradisiaca* L.) were purchased at the local market of Cuautla, Morelos State, Mexico. Starch was isolated by the procedure described by Flores-Gorosquera *et al.* (2004).

Preparation of White Salted Noodles

White salted noodles (WSN) were prepared by mixing different levels of durum wheat flour and plantain starch 90:10, 80:20 and 70:30, respectively. Control WSN was prepared with 100% durum wheat flour. The control sample and blends were mixed with enough NaCl solution (2 % w/v) to achieve completely hydrated flour. Mixing was done with a mixer (N50, Hobart, North York, Canada) for 4.5 min using a low speed (speed position 1 of the mixer). The mixed dough was sheeted through the rolls of a pasta machine with gap setting of 30 mm. After the first pass, the noodle sheet was folded and passed twice through the rollers at this same setting. The dough sheet was cut through no. 12 cutting rolls into strips \approx 30 cm in length, with 0.3 \times 0.2 cm cross-section. The resulting noodle strip was placed uniformly into a steam pan and then put into a preheated (100 °C) steamer, and cooked for 12 min until the noodle strip had a smooth surface and an elastic texture. All samples were frozen in liquid nitrogen, freeze dried and stored at room temperature in sealed plastic containers.

Chemical analysis

Moisture content was determined by gravimetric heating (130 ± 2 °C for 2 h) using a 2-3 g sample. Ash, protein, fat and dietary fiber were analyzed according to AACC methods 08-01, 46-13, 30-25, and 32-05, respectively (AACC, 2000). These analyses were carried out in quadruplicate in a completely randomized design.

Starch content

Total starch content in the noodles was assessed according to Goñi *et al.* (1997). 50 mg of sample were dispersed in 3 mL of distilled water and mixed in 3 mL of 4 M KOH, and the mixture was intensively stirred with a magnetic bar during 30 min at room temperature. After neutralization, the mixture was treated with amyloglucosidase (Boehringer, Mannheim, Germany) in order to release glucose, which was measured colorimetrically using the glucose oxidase peroxidase assay

(SERA-PAK[®] Plus, Bayer de México, S.A. de C.V., Edo. de México). Starch analyses were performed in triplicate.

***In vitro* digestibility tests**

Potentially available starch content was assessed following the multienzymatic protocol of Holm *et al.* (1986). Briefly, the sample was treated with a heat-stable α -amylase (Termamyl[®] Novo A/S, Copenhagen) in a boiling water bath for 20 min and then with amyloglucosidase (Boehringer, Mannheim, Germany). Released glucose was analyzed using the GOD/POD system. Resistant starch was measured by two different protocols: (1) resistant starch associated to fiber (RSAF or RS3) content was measured as starch remnants in dietary fiber residues, according to the so called "Lund method" as modified by Saura-Calixto *et al.* (1993); (2) the method proposed by Goñi *et al.* (1996) was employed to estimate the total amount of indigestible starch (comprising RS2, RS3 and part of RS1 fractions) (Tovar, 2001). In brief, removal of protein with pepsin P-7012 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) was followed by incubation with α -amylase A-3176 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) to hydrolyze digestible starch; after this, the insoluble material was treated with 2 M KOH in order to disperse the resistant starch, which was immediately digested with amyloglucosidase A-7255 (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO); finally, released glucose was determined using glucose the glucose oxidase/peroxidase assay (SERA-PAK[®] Plus, Bayer de México, S.A. de C.V., Edo. de México). The *in vitro* rate of α -amylolysis was measured according to Holm *et al.* (1985). The percentage of digested starch was estimated at different incubation times from the maltose produced values, assessed with DNS acid reaction. Each assay was run with 500 mg available starch. All *in vitro* digestibility tests were performed in duplicate on noodles cooked (boiled) as for eating. The α -amylolysis assays were carried out with homogenized cooked noodles

Statistical analysis

Results are presented as mean \pm SEM (standard error of the mean). A commercial software programme (Sigma Stat ver. 2.03, Jandel Corporation, San Rafael, CA) was used to conduct two-way analysis of variance (ANOVA) for determining significant

differences among means. Statistically significant differences ($P < 0.05$) among means were determined using the Tukey multiple comparison procedure.

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical composition

The addition of plantain starch to wheat noodles increased the product moisture content (Table I). This is likely due to the well known water binding properties of starch. Moisture content of noodles is important during cooking, as the presence of higher water levels in the product may result in complete starch gelatinization, a change that influences the product texture. Since plantain starch has a low fat content, a slight reduction of this component was observed in the composite noodles (Table I); furthermore, fat content did not change with the increase in plantain starch level ($P < 0.05$). The wheat flour noodle control exhibited higher protein content than plantain starch-added preparations (Table I); this parameter decreased as substitution with plantain starch increased. A dilution effect is likely responsible of this pattern, since plantain starch has low protein content (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2005). Protein contents in the noodles are similar to those quoted by Nagao (1996) for alkaline noodle flours (10.5–12.0 %). Crosbi *et al.* (1999) recorded protein contents ranging between 10.0 and 12.2 % in 21 experimental noodle samples, while the commercial ramen noodle (used as a reference sample) contained 11 % protein. Additionally, Baik and Lee (2003) and Wang *et al.* (2004), reported protein values between 10.5-16.4 and 10.1-19.3 % for cooked white salted noodles, respectively. The ash content in the plantain starch-containing noodles increased ($P < 0.05$) with the substitution (Table I). This result reflects the relatively high ash content of isolated plantain starch (0.4 – 0.45 %) (González-Soto *et al.*, 2007; Aparicio-Saguilán *et al.*, 2005). Plantain fruits are rich in various minerals, such as potassium (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2005), thus the intake of these composite noodles might contribute to satisfy potassium requirements.

Starch content and digestibility

Total starch (TS) content of noodles increased following the addition of plantain starch (Table II). Thus, a 7.39 % TS difference was recorded between the control sample and noodles added with 30 % plantain starch.

Similarly, as the plantain starch level in the formulation rose, potentially available starch (AS) in the noodle increased (Table II). It is noteworthy that the AS content in the 30 % plantain starch-containing noodle was about 12 % higher than in the control sample. This pattern might be associated with a perceived compactness reduction in the composite noodles; addition of plantain starch decreases the pasta protein (gluten) content, which may lead to lower compactness and this, in turn, may result in increased physical starch availability to enzyme action. AS content in two experimental cookie types containing 15-17 % plantain starch was 51 % (Bello-Pérez *et al.*, 2004). In another study, a bakery product added with 15 % modified plantain starch exhibited a 40 % AS content (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2007).

When total resistant starch (RS) was assessed, the lowest value was recorded in the control noodle (1.87 %). Noodles containing plantain starch showed a slight but significant ($P < 0.05$) RS increase (Table II), although values did not differ among the various composite preparations. Native banana starch is among the richest natural sources of RS (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2007; Bello-Pérez *et al.*, 2004).

The limited digestibility of this starch is often attributed to its particular granular structure (Faisant *et al.*, 1995; Englyst *et al.*, 1992), corresponding to the so-called type 2 RS (Englyst *et al.*, 1992). However, in heat treated products, like the boiled noodles evaluated in this study, starch suffers gelatinization, a phenomenon that rules out type 2 RS (Tovar, 2001). Since composite noodles exhibited only 2 - 2.2 % RS content (Table II), it can be concluded that gelatinization of plantain starch in the cooked noodles was practically complete. Such a low RS content may also be related to the putative weak interaction (low compactness) between the wheat flour protein and plantain starch, which probably results in pasta where starch is more easily digested than in a compact noodle. It is conceivable that the type of pasta may play a role in the enzymatic hydrolysis behavior of starch in composite noodles; however, further studies are necessary to evaluate this possibility. RS contents were 3.24 and 4.9 % in cookies added with native plantain starch (Bello-Pérez *et al.*, 2004) and 8.42 % in cookies containing a high RS modified plantain starch (Aparicio-Saguilán *et al.*, 2007). Taking all these results together, it may be suggested that the type of product prepared with wheat/plantain starch blends markedly influences the final RS content.

Approximately 50 % of RS determined in the noodles was resistant starch associated to fiber (RSAF) (Table II), showing that a significant part of the indigestible starch in these samples is due to a combination of physically inaccessible and retrograded starch fractions, which is a common characteristic of pasta products (Granfeldt, 1994). The pattern exhibited by RSAF is in agreement with that of RS values, since its values did not change with the plantain starch ratio in the composite noodle. Lower RSAF values (0.2 and 0.4 %) were determined in cookies added with native plantain starch.

The course of the *in vitro* α -amylolysis reaction for the noodles is represented in Figure 1. All noodles studied showed similar behavior, as during the first 15 min of reaction the hydrolysis rate was high and thereafter the hydrolysis index did not change. The sample added with 30 % of plantain starch exhibited the lowest final starch digestion point (approximately 43 %) and no statistical difference ($P < 0.05$) was observed between the 10 and 20 % of plantain starch-containing noodles. The control sample displayed the highest final hydrolysis value (approximately 52 %). The amylolysis pattern of the studied noodles resembles that of freshly prepared tortillas from commercial masa and commercial dry masa flour, which reached a maximal hydrolysis level during the first 15 min of reaction and remained constant thereafter (Bello-Pérez *et al.*, 2006). However, the hydrolysis values in those tortillas (60-65 %) were higher than in here-reported noodles; again, the microstructure of this pasta product, related to physical compactness, may be responsible for a decreased accessibility to digestive enzymes. Furthermore, permanence of intact plantain starch granules entrapped within the pasta structure might be also controlling the lower hydrolysis rate. Low *in vitro* α -amylolysis indices are often related to moderate postprandial glycemic responses *in vivo* (Holm *et al.*, 1985), which is an important factor in the dietary management of altered metabolic conditions, such as diabetes (Granfeldt, 1994; Englyst *et al.*, 1992).

CONCLUSIONS

White salted noodles prepared from wheat flour only and those prepared from wheat flour mixed with different plantain starch proportions exhibited clear differences in proximal composition. Noodles with greater plantain starch levels showed lower *in*

in vitro digestibility compared to those with a low content of this starch or with control wheat flour noodles. Present results could be applied in further formulation studies to optimize quality attributes of composite noodles and may be useful in the development of new products for groups with special caloric and glycemic requirements.

ACKNOWLEDGEMENTS

We appreciate the financial support from SIP-IPN, COFAA-IPN and EDI-IPN.

REFERENCES

- AACC (2000) *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist*, 10th ed. St. Paul, MN.
- Aparicio-Saguilán A, Flores-Huicochea E, Tovar J, García-Suárez FJ, Gutiérrez-Meraz F, Bello-Pérez LA (2005) Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and lintnerized banana starch: partial characterization. *Starch/stärke* 57: 405-412.
- Aparicio-Saguilán A, Sáyago-Ayerdi SG, Vargas-Torres A, Tovar J, Ascencio-Otero TE, Bello-Pérez LA (2007) Slowly digestible cookies prepared from resistant starch-rich lintnerized banana starch. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 175-181.
- Asp NG (1994) Nutritional classification and analysis of food carbohydrates. *American Journal of Clinical Nutrition* 59: S679–81.
- Baik BK, Lee MR (2003) Effects of Starch Amylose Content of Wheat on Textural Properties of White Salted Noodles. *Cereal Chemistry* 80: 304–309.
- Batey IL, Curtin BM, Moore SA (1997). Optimization of Rapid-Visco Analyser test conditions for predicting Asian noodle quality. *Cereal Chemistry* 74: 497-501.
- Bello-Pérez LA, Sáyago-Ayerdi SG, Méndez-Montealvo G, Tovar J (2004) In vitro digestibility of banana starch cookies. *Plants Food for Human Nutrition* 59: 79-83.
- Bello-Pérez LA, Rendón-Villalobos JR, Agama-Acevedo E, Islas-Hernández JJ (2006) In vitro starch digestibility of tortillas elaborated by different masa preparation procedures. *Cereal Chemistry* 83: 188-193.

- Crosbie GB, Ross AS, Moro T, Chiu PC (1999) Starch and Protein Quality Requirements of Japanese Alkaline Noodles (Ramen). *Cereal Chemistry* 76: 328–334.
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH (1992) Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition* 46: S33–S50.
- Faisant N, Buléon A, Colonna P, Molis C, Lartigue S, Galmiche JP, Champ M (1995) Digestion of raw banana starch in the small intestine of healthy humans: Structural features of resistant starch. *British Journal of Nutrition* 73: 111-123.
- Flores-Gorosquera E, García-Suárez FJ, Flores-Huicochea E, Nuñez-Santiago MC, González-Soto RA, Bello-Pérez LA (2004) Rendimiento del proceso en la extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana* 55: 86-90.
- González-Soto RA, Mora-Escobedo R, Hernández-Sánchez H, Sánchez-Rivera M, Bello-Pérez LA (2007) Extrusion of banana starch: characterization of extrudates. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 348-356.
- Goñi I, García-Díaz L, Mañas E, Saura-Calixto F (1996) Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry* 56: 445-449.
- Goñi I, García-Alonso A, Saura-Calixto F (1997) A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*. 17: 423-433.
- Granfeldt, Y. (1994). *Foods factors affecting metabolic responses to cereal products*. Doctoral Dissertations, University of Lund, Sweden, pp. 27-29.
- Holm J, Björck I, Asp NG, Sjöberg LB (1985) Starch availability *in vitro* and *in vivo* after flaking, steam-cooking and popping of wheat. *Journal of Cereal Science* 3: 193-206.
- Holm J, Björck I, Drews A, Asp NG (1986) A rapid method for the analysis of starch. *Starch/stärke* 38: 224-229.
- Juárez-García E, Agama-Acevedo E, Sáyago-Ayerdi SG, Rodríguez-Ambríz SL, Bello-Pérez LA (2006) Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plants Food for Human Nutrition* 61: 131-137.

- Kim YS, Wiesenborn DP, Orr PH, Grant LA (1995) Screening potato starch for novel properties using differential scanning calorimetry. *Journal of Food Science* 60: 1060-1065.
- Nagao S (1996) Pasta and Noodle Technology. En Kruger JE, Matsuo RB, Dick JW (Eds.). *Processing technology of noodle products in Japan*. Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN. pp. 169-194.
- Noda T, Tsuda S, Mori M, Takigawa S, Matsuura-Endo C, Kim J, Hashimoto N, Yamauchi H (2006) Effect of Potato Starch Properties on Instant Noodle Quality in Wheat Flour and Potato Starch Blends. *Starch/stärke* 58: 18–24.
- Park CS, Baik BK (2004) Relationship between protein characteristics and instant noodle making quality of wheat flour. *Cereal Chemistry* 81: 159–164.
- Saura-Calixto F, Goñi I, Bravo L, Mañas E (1993) Resistant starch in foods: Modified method for dietary fiber residues. *Journal of Food Science* 58: 642-645.
- Shibanuma K, Takeda Y, Hizukuri S, Shibata S (1994) Molecular-structures of some wheat starches. *Carbohydrate Polymers* 25: 111–116.
- Singh N, Singh J, Sodhi NS (2002) Morphological, thermal, rheological and noodle-making properties of potato and corn starch. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 1376–1383.
- Tovar J (2001) Fibra Alimentaria en Iberoamérica. En Lajolo FM, Saura-Calixto F, Wittig E, Wenzel-Menezes E (Eds.). *Métodos para la determinación del contenido de almidón resistente en los alimentos*. Livraria Varela, Ltd. Sao Paulo. Brasil. pp. 143-154.
- Wang Ch, Kovacs MIP, Fowler DB, Holley R (2004) Effects of Protein Content and Composition on White Noodle Making Quality: Color. *Cereal Chemistry* 81: 777–784.
- Wu TP, Kuo WY, Chen MC (1998) Pacific People and Their Foods. En Blakeney AB, O'Brien L (Eds.). *Modern noodle based foods-product range and production methods*. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN. pp. 37-89.
- Yu LJ, Ngadi MO (2004) Textural and other quality properties of instant fried noodles as affected by some ingredients. *Cereal Chemistry* 81: 772–776.

TABLE I

Sample	Moisture (%)	Fat (%) ¹	Protein (%) ¹	Ash (%) ¹
Control	6.43 ± 0.12 ^a	0.41 ± 0.03 ^a	13.62 ± 0.01 ^a	2.08 ± 0.11 ^a
10 %	5.68 ± 0.17 ^b	0.34 ± 0.01 ^a	12.01 ± 0.15 ^b	2.28 ± 0.02 ^a
20 %	7.03 ± 0.18 ^{a,c}	0.31 ± 0.02 ^a	10.84 ± 0.19 ^c	2.31 ± 0.04 ^a
30 %	7.60 ± 0.11 ^c	0.33 ± 0.03 ^a	10.18 ± 0.04 ^c	3.12 ± 0.02 ^b

¹Composition expressed on a dry weight basis.

Values are mean of duplicates ± SEM. Values followed by the same letter within a column are not significantly different (P> 0.05, Tukey Test).

TABLE II.

Sample	TS (%)	AS (%)	RS (%) ¹	RSAF (%) ²
Control	66.55 ± 0.32 ^a	58.44 ± 0.16 ^a	1.87 ± 0.03 ^a	0.99 ± 0.04 ^a
10 %	69.08 ± 0.61 ^b	62.38 ± 0.91 ^a	2.07 ± 0.14 ^b	1.08 ± 0.02 ^a
20 %	71.27 ± 0.95 ^{b,c}	67.99 ± 0.83 ^b	2.14 ± 0.06 ^b	1.13 ± 0.05 ^b
30 %	73.94 ± 0.83 ^{c,d}	70.90 ± 0.91 ^{b,c}	2.16 ± 0.44 ^b	1.23 ± 0.05 ^b

¹ Using the method of Goñi, García-Díaz, Mañas and Saura-Calixto (1996).

² Using the method of Saura-Calixto, Goñi, Bravo and Mañas, (1993).

Values are mean of triplicates ± SEM. Values followed by the same letter within a column are not significantly different (P> 0.05, Tukey Test).

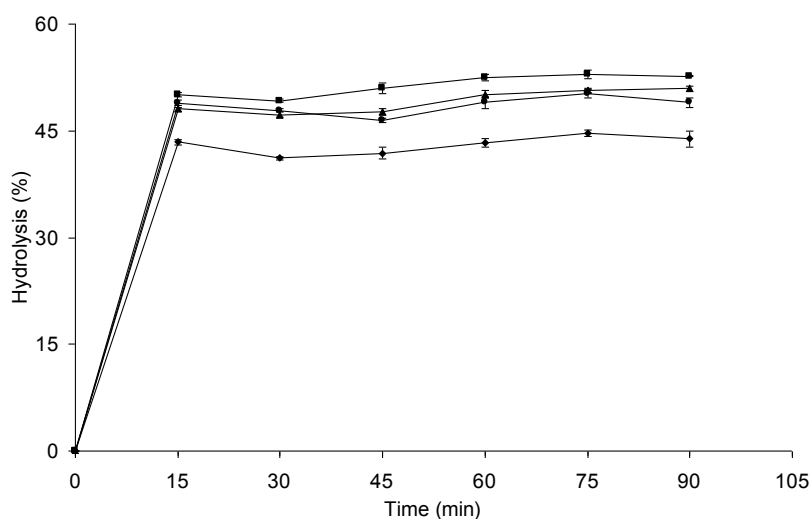


Figure 1.

TABLE I.
COMPOSITION OF WHITE SALTED NOODLES CONTAINING DIFFERENT
PLANTAIN STARCH LEVELS.

TABLE II.
TOTAL STARCH (TS), AVAILABLE STARCH (AS), RESISTANT STARCH (RS) AND
RESISTANT STARCH ASSOCIATED TO FIBER (RSAF) CONTENT OF
WHITE SALTED NOODLES CONTAINING DIFFERENT PLANTAIN
STARCH LEVELS.

Figure 1. *In vitro* α -amylolysis of white salted noodles containing different plantain starch levels. Control (■), 10 % (▲), 20 % (●), 30 % (◆).