

Factibilidad tecnológica de incorporar germen desgrasado de maíz en la elaboración de pasta corta

Alexia Torres¹, María Rodríguez¹, Marisa Guerra¹ y Marisela Granito¹

Resumen. Las pastas alimenticias, de amplio consumo, han sido elaboradas tradicionalmente con la semolina de trigo durum (STD), pero una alternativa a la dependencia de este rubro es la sustitución parcial del trigo por un subproducto de la industria del maíz, el germen desgrasado (GDM). Se planteó como objetivo de esta investigación evaluar la factibilidad tecnológica de elaborar una pasta corta sustituida con germen desgrasado de maíz a escala industrial para lo cual se propusieron varias fórmulas (con niveles de sustitución del 10, 20 y 30% de STD por GDM) preparadas en una primera fase a escala semi-industrial y sometidas a pruebas de cocción y evaluación sensorial, con una buena aceptación hasta el nivel de 30%. Para efectos de la preparación industrial se escogió una formulación al 25% de GDM, obteniéndose un producto con mayor contenido de grasa, cenizas y fibra que la pasta tradicional. Las pruebas de cocción de esta pasta corta dieron como resultado mayores pérdidas de sólidos en el agua y de proteínas solubles, mayor aumento de peso y de volumen en comparación con la pasta de 100% STD. Los resultados de la prueba sensorial de esta formulación industrial reflejaron una pasta significativamente diferente a la tradicional pero de buena aceptación. Se comprobó la factibilidad de elaborar una pasta con GDM hasta un 25% de sustitución a escala industrial utilizando los equipos, condiciones y procesos comunes de elaboración de pastas integrales, sin embargo, es necesario establecer operaciones adicionales como el mezclado de las materias primas, así como establecer las curvas de secado y el empleo de extrusoras diseñadas para trabajo con harinas extra finas. *An Venez Nutr* 2009;22 (1): 25-31.

Palabras clave: Germen desgrasado de maíz, harinas compuestas, pastas, trigo.

Technological feasibility of incorporating defatted corn germ in pasta processing

Abstract. Traditionally, pasta has been manufactured from wheat durum semolina (STD), but an alternative to reliance on this imported item is through the partial replacement of wheat by defatted corn germ (GDM), a byproduct of the maize industry. In order to assess the technological feasibility for producing pasta substituted with GDM in an industrial scale, several formulations were proposed (with substitution levels of 10, 20 and 30% of STD by GDM), which were prepared at an early stage in a semi-industrial scale and subjected to sensory evaluation, being well accepted until a 30% level of replacement. For industrial purposes, a 25% substitution of STD was chosen. The obtained supplemented product had a higher amount of fat, ash and fiber than traditional pasta. Cooking parameters indicated higher loss of solids and soluble proteins in water, greater weight and volume increase compared to 100% STD pasta (control). Sensory testing showed a substituted pasta significantly different from the traditional pasta, but with good acceptance. The industrial feasibility of developing pasta with GDM was proved using equipment, conditions and processes common of integral pasta processing, however, it is necessary to set up additional operations like the mixing of raw materials, as well as to establish the drying curves and test extruders designed to work with flours of finer granulometry than of semolina. *An Venez Nutr* 2009;22 (1): 25-31.

Key words: Defatted corn germ, compound flours, pasta, wheat.

Introducción

Las pastas alimenticias son un producto de consumo masivo, conocidas mundialmente, con bajo costo de producción, de fácil preparación, aportan variedad a la dieta y tienen larga vida útil. Venezuela ocupa el segundo lugar de los países consumidores de pasta después de Italia, siendo el hábito de consumo de pastas de dos veces por semana de acuerdo a la Unión de Pastificios Americanos (1).

La Unión de Pastificios Americanos, UPA (1) señala que el tipo de pasta que más se produce en Venezuela, es la

de 100% sémola durum, representando estas un 40%, un 35% se elabora de mezcla de trigo durum y sémola, 1% se preparan con huevo y un 0,1% es de otros ingredientes (frescas, rellenas, etc), y dado que el trigo, principal materia prima es importada, el precio de la pasta se ha incrementado en los últimos años.

La composición química de la pasta (10,8% humedad, 10,9% proteína, 1,4% grasa y 79,1% de carbohidratos) y su buen índice glicémico, el cual es menor que el del arroz, papas o pan y similar al de las leguminosas, la convierten en un alimento adecuado para suplir el aporte diario de carbohidratos (2).

En búsqueda de mejorar la calidad de la proteína de las pastas, abaratar costos en países que no son productores de trigo y mejorar el contenido nutricional, se han

1. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar.

Solicitar copia a: Alexia Torres. e-mail:aitorres@usb.ve

realizado investigaciones cuyo objetivo es sustituir parte de la sémola por otras harinas tales como las de cereales, leguminosas, tubérculos y concentrados proteicos de origen animal y vegetal para elaborar pastas alimenticias (3,4). Así mismo, se ha hecho énfasis en el empleo de materias primas nacionales lo cual puede ser de significancia económica para muchos países en desarrollo (5).

Las proteínas de plantas están ganando interés como ingredientes en sistemas alimenticios en muchas partes del mundo. El éxito final del uso de estas proteínas vegetales como aditivos depende en gran medida de las características favorables que impartan al alimento. Actualmente estas proteínas vegetales, además de ser nutrientes esenciales, son consideradas como ingredientes funcionales o como compuestos biológicamente activos (6).

El germen desgrasado de maíz es un subproducto de la industrialización de este cereal, que se obtiene de la producción de harina precocida y del aceite. Nutricionalmente, el germen aporta un 13% de proteínas de buena calidad con una alta digestibilidad, 21% de fibra dietética y minerales como el potasio, magnesio, fósforo y calcio (7,8). El germen de maíz desgrasado podría ser utilizado como un ingrediente en la elaboración de alimentos para consumo humano debido a su contenido en proteínas de buena calidad (entre sus aminoácidos, es adecuado en lisina 0,87%, treonina 0,60%, metionina 0,20%, cisteína 0,20%) las cuales podrían suplementar las proteínas del endospermo del grano de maíz y de los productos de este (hojuelas y harinas) (9). Todo esto hace del germen desgrasado, una materia prima atractiva para el consumo humano donde pudiera emplearse en formulación de alimentos fortificados o como sustituyente de materias primas costosas, tal como lo señalan Granito y Guerra (10) quienes elaboraron pan extendiendo la sémola con 10% de germen desgrasado de maíz, el cual fue muy bien aceptado. Así mismo, Granito y col. (11) sustituyeron parcialmente la harina de trigo por germen desgrasado de maíz hasta un 15%, 0,03% de clara de huevo y 15% de auyama para elaborar pasta a escala de laboratorio, la cual presentó una buena aceptación en relación a la pasta de sémola 100% y un mayor valor nutricional en cuanto a proteínas, fibra dietética y minerales.

Ugarcic y col. (5) señalan que la harina extruída de maíz se ha empleado como suplemento del trigo y que se han obtenido productos con buena calidad de cocción.

El objetivo de esta investigación fue la formulación y evaluación de una pasta corta sustituida con germen

desgrasado de maíz a nivel de planta piloto y el estudio de la factibilidad tecnológica del escalamiento a nivel industrial.

Metodología

Materias primas

Sémola de trigo durum (STD). Donada por una empresa del sector de pastas.

Germen desgrasado de maíz (GDM). Se empleó la fracción fina del germen desgrasado (conocido comercialmente como germenarina o fracción fina, con tamaño de partícula de 80 mesh) donado por una empresa productora de harina precocida de maíz.

La pasta comercial elaborada con 100% sémola de trigo se consideró como pasta control.

Formulación

Elaboración de las pastas a escala semi-industrial. En una primera fase, se propusieron tres formulaciones, sustituyendo parcialmente la sémola con 10%, 20% y 30% germen desgrasado de maíz. Las pastas se prepararon en un pastificio, empleando una máquina mezcladora (20 min) y extrusora de 8 kg (marca La Parmigiana). El secado se hizo en estufa a 40°C por 2h. La pasta seca se almacenó en envases herméticos.

Elaboración de las pastas a escala industrial. En esta segunda fase se escogió la formulación con la mayor aceptación a escala semi industrial. Se empleó la maquinaria de mezclado, extrusión y secado de una línea de producción de pastas integrales (tipo pasta corta) de una empresa del sector de pastas, de acuerdo al diagrama de la Figura 1. La mezcla de harinas (de trigo y germen desgrasado de maíz) se hizo en mezcladora (marca Cerrini) (40 kg/3 min mezclado) para obtener 160 kg de harina compuesta. En la extrusora se añadió agua hasta 30±5% de humedad, temperatura de 40°C y presión de la prensa entre 28-30 mm Hg (extrusor tipo Cobra II, marca Brabanti, con capacidad de 200 kg/hr), mediante un molde se obtuvo la forma de la pasta (rueda de 1,58 mm diámetro). Durante el procesamiento se añadió 3% más de agua a las pastas elaboradas con la mayor sustitución. En la etapa de presecado se aplicó temperatura de 60°C/45 min y luego el secado final fue en secadero estático bajo las siguientes condiciones: temperatura de bulbo húmedo de 48-50°C y temperatura de bulbo seco de 42°C, humedad de 70%, durante 24 hr. Una vez secas las pastas se empacaron en bolsas de celofán (1 kg/bolsa).

Métodos

La composición proximal de las materias primas (humedad, cenizas, proteínas y grasa) de las pastas

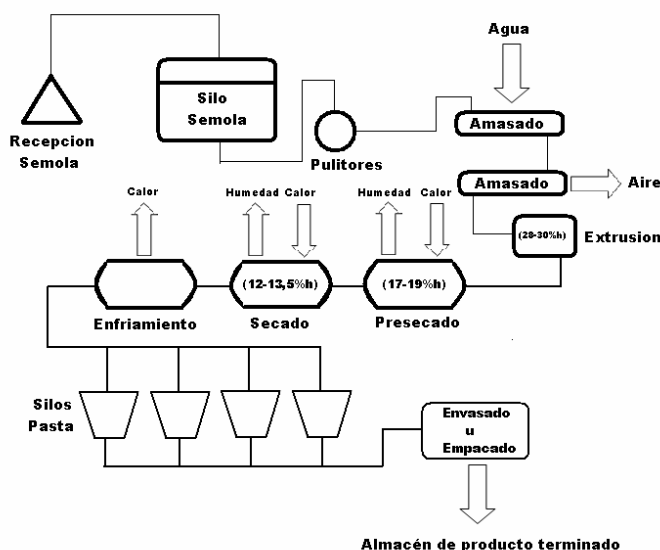
elaboradas se determinó de acuerdo a los métodos reportados en las normas COVENIN (12-15).

El contenido de fibra dietética se hizo siguiendo el procedimiento descrito por Prosky y col (16).

El análisis de los minerales se hizo por espectroscopia de absorción atómica (AOAC) (17).

Pruebas de cocción.

Las pastas fueron preparadas mediante cocción en agua hirviendo empleando la relación 1:10 (pasta:agua) de acuerdo al procedimiento descrito por Menger (18), se añadió aceite y sal. Se cocinaron al "dente", tiempo en el cual se colocaba una muestra de la pasta entre dos vidrios planos y se observaba que no había partes blancas en la misma.



Letras distintas significan diferencia estadísticamente significativa ($p=0,05$).

Figura 1. Esquema tecnológico de producción de pastas.

Se determinaron los siguientes parámetros de cocción: Aumento de peso y de volumen (19), pérdida de sólidos solubles y de proteínas solubles (20,21).

Evaluación sensorial. Una vez cocidas, la pasta se escurría y servía aún caliente y sin ningún aderezo. Para las pastas elaboradas a escala semi-industrial se aplicó una prueba de comparación múltiple (escala de 11 puntos, donde 1= diferencia por inferioridad extrema y 11= diferencia por superioridad extrema) y una prueba de preferencia de 7 puntos (1= me disgusta mucho y 7 = me gusta mucho). Para las pastas elaboradas a escala industrial se aplicó una prueba triangular para detectar diferencias entre la

pasta suplementada con harina de germen desgrasado y la pasta control, así como una prueba de preferencia. Se emplearon 15 panelistas semi-entrenados para cada prueba (22).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados estadísticamente por t-student (comparación de dos muestras) y por comparación múltiple y contraste de medias, empleando el programa Statgraphics 5.0.

Resultados

Los resultados correspondientes al análisis de composición de las materias primas se presentan en la Tabla 1. Se aprecia que aún cuando se reporta un contenido de grasa del 1,59% para la fracción fina del germen desgrasado, el mismo se considera bajo ($< 2\%$) (23). El contenido de proteínas es un valor fundamental para la selección de la materia prima en la elaboración de pastas. En relación al contenido de proteína en la fracción fina del germen se obtuvo que no hubo diferencia significativa con respecto a la sémola ($p> 0,05$).

Tabla 1. Análisis de composición de las materias primas.

| Componentes (g/100g bs) | Sémola | Germen desgrasado maíz (fracción fina) |
|-------------------------|-------------------------|--|
| Grasa | 0,95±0,01 ^a | 1,59±0,10 ^b |
| Proteína | 14,41±0,12 ^a | 14,14±0,14 ^a |
| Cenizas | 1,05±0,02 ^a | 5,30±0,11 ^b |
| Fibra dietética total | 4,58±0,14 ^a | 24,3±0,05 ^b |

Letras iguales en una fila indican que no hay diferencia significativa ($p>0,05$).

Para la producción a escala semi-industrial se elaboraron pastas a partir de harinas compuestas (GDM:STD) al 10%, 20% y 30% de sustitución. Estas pastas se evaluaron en cuanto a los parámetros sensoriales de sabor y color mediante una prueba de comparación múltiple cuyos resultados se presentan en la Tabla 2. Así mismo, se sometieron a una prueba de preferencia cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.

Dado que las pastas de 20% y 30% de sustitución obtuvieron una buena aceptabilidad, para la producción industrial de las pastas suplementadas con GDM se escogió un nivel de sustitución intermedio de 25% debido a efectos prácticos. La composición proximal de dichas pastas se presenta en la Tabla 4.

Tabla 2. Prueba de comparación múltiple de las pastas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de sémola por germen desgrasado de maíz (escala semi-industrial).

| Pasta | Puntaje sabor | Puntaje color |
|-------------|------------------------|------------------------|
| GDM: SD 10% | 4,97±0,11 ^a | 5,53±0,01 ^c |
| GDM: SD 20% | 5,53±0,01 ^c | 5,30±0,12 ^b |
| GDM: SD 30% | 5,17±0,21 ^b | 4,80±0,01 ^a |

Letras iguales en una fila indican que no hay diferencia significativa ($p>0,05$)

Tabla 3. Prueba de preferencia de las pastas elaboradas con SD: GDM, a escala semi-industrial.

| Pasta | Puntaje |
|-------------|------------------------|
| SD 100% | 5,75±0,12 ^c |
| GDM: SD 10% | 4,63±0,10 ^a |
| GDM: SD 20% | 4,88±0,02 ^b |
| GDM: SD 30% | 4,88±0,10 ^b |

Letras iguales en una columna indican que no hay diferencia significativa ($p>0,05$)

Tabla 4. Composición proximal de las pastas con STD (100) y GDM:SD (25:75).

| Composición (g/100gbs) | Pasta SD (100) | Pasta GDM:SD (25:75) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Grasa | 1,79±0,10 ^a | 1,84±0,11 ^a |
| Proteínas | 16,29±0,02 ^b | 13,63±0,13 ^a |
| Cenizas | 0,56±0,11 ^a | 1,36±0,01 ^b |
| Fibra dietética total | 2,01±0,01 ^a | 4,76±0,02 ^b |
| Carbohidratos* | 79,35 | 78,00 |

*Calculados por diferencia. Letras iguales en una fila indican que no hay diferencia significativa ($p>0,05$)

En la Figura 2 se presentan las pruebas de cocción de las pastas con 25% de sustitución de sémola por germen desgrasado de maíz, comparados con la pasta control (100% sémola). Se obtuvieron incrementos significativos del 23% y 37% en relación al peso y al volumen de las mismas, mientras que se obtuvo una pérdida de sólidos solubles del 82%, en relación a la pasta de 100% STD. En cuanto a las pérdidas por cocción, se obtuvieron valores de 7,9% para la pasta control y de 14,4% para la pasta extendida con 25% de germen de maíz.

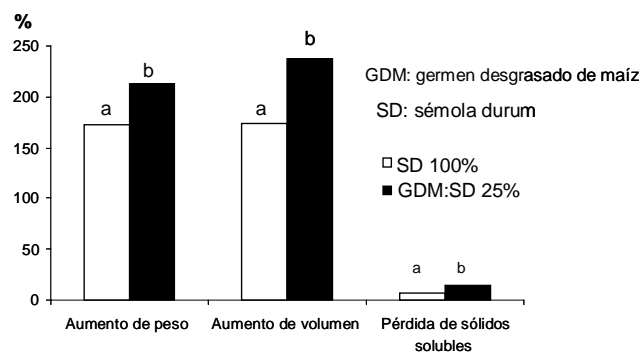


Figura 2. Pruebas de cocción de las pastas elaboradas con GDM:STD (25:75) y STD (100).

En el agua de cocción también se cuantificó el contenido de proteínas solubles y se obtuvo un valor de 0,85% en la pasta con 25% GDM, superior al de 0,58% para la pasta control.

Las pastas procesadas a nivel industrial fueron evaluadas en cuanto a los parámetros de color y sabor mediante una prueba triangular (Tabla 5) encontrándose diferencias significativas ($p\leq 0,05$) entre la pasta control y la suplementada. Sin embargo, a pesar de estas diferencias la pasta con 25% de GDM tuvo buena aceptación (5,3 para el color y 5,4 para el sabor) en relación al puntaje de la pasta de 100% sémola (5,8 para el color y 6,1 para el sabor).

Tabla 5. Prueba triangular para evaluar diferencias entre pasta de STD 100% y pasta de GDM:STD 25%.

| Pasta | Puntaje color | Puntaje sabor |
|------------|------------------------|------------------------|
| SD 100% | 5,75±0,01 ^b | 6,13±0,01 ^b |
| GDM:SD 25% | 5,32±0,11 ^a | 5,36±0,04 ^a |

Letras iguales en una fila indican que no hay diferencia significativa ($p>0,05$)

Discusión

La utilización de la sémola de trigo durum como base para la elaboración de las pastas, se debe al alto contenido proteico y a la calidad de la misma. La proporción de gluteninas en la proteína del gluten permite que la pasta posea una buena textura, calidad de cocción, apariencia, etc. (24,25). A pesar de que la proteína del germen de maíz no posee las características de extensividad y cohesividad de las proteínas del gluten, puede ser empleada como sustituto parcial de la sémola, para la elaboración de productos de pastificio. Para evitar la pérdida de integridad y firmeza de los productos

sustituídos con germen de maíz por los cambios en la matriz proteica, se escogió el formato pasta corta, que permite mayores modificaciones en la composición de la harina base en relación a su comportamiento durante las pruebas de cocción y así mismo el formato permite que el secado sea más eficiente.

El alto contenido de fibra dietética total que se encuentra en el germen desgrasado, lo convierte en un material de interés en la formulación de productos debido a los beneficios conocidos de la fibra sobre los procesos digestivos y la prevención de enfermedades degenerativas, siendo recomendable un aporte entre 25-30 g/día (26,27). El contenido de cenizas en la fracción del germen analizada sugiere el mayor aporte en cuanto a los minerales lo cual es deseable desde el punto de vista nutricional. Guerra y col. (7) y Kalscheur y col. (28) han reportado un alto aporte de minerales específicamente fósforo, potasio y magnesio en esta fracción del germen desgrasado y en menor cantidad calcio, hierro y zinc.

Las pruebas de evaluación sensorial realizadas a las pastas elaboradas a escala semi industrial, permitieron seleccionar el porcentaje de sustitución de germen desgrasado de maíz que diera la pasta con la mayor aceptación. La prueba de comparación múltiple, se realizó a efectos de contrastar los productos elaborados con germen desgrasado y la pasta control y medir el grado y dirección de las diferencias en cuanto a los parámetros de color y sabor de donde se obtuvo que la pasta con 20% de sustitución dio una respuesta similar a la del control (6= no diferencia con respecto al control), en cuanto al parámetro de sabor, mientras que para el color se evidenció que a mayor porcentaje de sustitución mayor diferencia por inferioridad con respecto al control. Así mismo, se halló diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$), entre las pastas elaboradas con los tres niveles de sustitución estudiados en relación al sabor y al color.

De la prueba de escala hedónica se obtuvo que entre las pastas de 20% y 30% de sustitución, no hubo diferencia estadísticamente significativa ($p=0,05$), y que la puntuación de las mismas era mayor que para la pasta de 10% de sustitución. De acuerdo a estos resultados en las pastas elaboradas a escala semi-industrial, se concluyó, que tanto las de 20% y 30% de sustitución de sémola de trigo por germen desgrasado, fueron bien aceptadas por los panelistas, pero a efectos prácticos para las pruebas en la industria, se propuso trabajar con la formulación que tuviera 25% de harina de germen desgrasado de maíz y 75% de sémola durum, ya que para las operaciones de mezclado era mas conveniente este porcentaje, por la forma como se comercializa tanto la sémola como el germen, en sacos de 45 kg.

Ugarcic-Hardi y col. (5) estudiaron la influencia de la adición de ingredientes como el maíz, harina extruída de maíz, soya y mezcla de harinas de soya/maíz en la elaboración de pastas y encontraron que la formulación con la mayor calidad era la elaborada con harina de trigo con adición de 25% de maíz y 20% de harina extruída de maíz, niveles similares a los resultados hallados en esta investigación.

De la composición proximal de las pastas suplementadas se evidencia un incremento estadísticamente significativo del 137% en el aporte de fibra dietética total y de 144% del aporte de cenizas. Roberfroid (29) hace énfasis en las recomendaciones actuales en relación a que los consumidores incrementen el consumo de productos vegetales (frutas, cereales, leguminosas, etc.) en sus dietas y hacia la industria de alimentos para que enriquezcan sus productos con fibra alimentaria o con algunos componentes de ella, hoy en día considerados como fitoquímicos. El alto contenido de cenizas en las pastas con GDM es un reflejo del aporte significativo de minerales presentes en el germen de maíz, debido a que éste incluye el epicarpio y parte de la capa de aleurona (7).

Los resultados obtenidos en relación a los parámetros de cocción coinciden con los señalados por Wu y col. (30) en pastas enriquecidas con gluten de maíz. Estos autores reportaron un mayor incremento del peso de la pasta cocida a mayor sustitución de sémola por gluten de maíz. De acuerdo a lo señalado por Dick y col. (31) el peso de la pasta cocida debe ser el doble de su peso seco y las pérdidas por cocción no deben exceder 7-8% del peso seco. Comparando los datos obtenidos con lo reportado por los autores señalados, se aprecia que tanto la pasta control (100% sémola) como la de 25% de sustitución presentaron un incremento significativo en cuanto a la ganancia de peso.

Se ha reportado que la calidad de cocción de la pasta se atribuye principalmente al contenido de proteína y gluten debido a su papel restrictivo en la gelatinización del almidón, pero el mismo almidón interactúa con otros componentes de la sémola afectando así mismo la calidad de cocimiento de las mismas (32). De acuerdo a lo reseñado por Guerra y col. (7), el germen desgrasado de maíz, tiene un alto contenido de carbohidratos (46-50%) de los cuales el almidón es el principal componente, por lo que era de esperarse, que éste afectara la calidad de cocción de la pasta suplementada con GDM.

A pesar de todas las características nutricionales del germen de maíz, su uso en la elaboración de pastas no está totalmente estudiado. Guerra y col. (7) reportan que

la fracción fina del germen desgrasado afecta el comportamiento reológico de mezclas con harina de trigo. Así mismo, hay evidencias de que la adición de polisacáridos no amiláceos tanto solubles como insolubles a masas de pastas incrementa las pérdidas por cocción y reduce el contenido de proteína y almidón. Esta información permite corroborar los resultados obtenidos por el mayor porcentaje de fibra dietética en las pastas de GDM (Tabla 4) (33).

La pérdida de sólidos solubles es negativa porque ocasiona también pérdida de compuestos como proteínas y minerales los cuales pasan al agua de cocción, así mismo esta pérdida de sólidos ocasiona que las pastas pierdan su forma si son dejadas más tiempo sumergidos en agua caliente. De acuerdo a lo señalado por Doxastakis y col. (34), las pérdidas por cocción son atribuidas al efecto de dilución que ejerce el ingrediente que reemplaza a la semolina, en la fuerza del gluten y en el debilitamiento de la estructura total de la pasta.

Durante el proceso industrial se pretendía evaluar la calidad del producto formulado y detectar los posibles problemas en línea de producción de pasta corta por la inclusión de una materia prima de granulometría y composición diferente a la sémola, con un alto contenido de fibra que podía aumentar la fricción en los equipos. Diversos estudios señalan que hay muy pocos estudios que describen el uso de producción comercial de pastas con harinas compuestas para estudios experimentales, principalmente por el desgaste que producen en ciertas partes de la maquinaria lo cual afecta la factibilidad económica (25).

La producción industrial de una pasta sustituida como la elaborada en este estudio supone ciertas modificaciones en el proceso, como la necesidad de un proceso extra de mezclado y homogenización de las harinas, para alcanzar la proporción establecida. En una industria, mantener este proceso de mezclado es ineficiente ya que se pierde tiempo en el pesado y en la premezcla. En caso de que se quiera tener una mayor producción, el proceso de mezclado puede hacerse continuo realizando la mezcla en tuberías, a través de la regulación del caudal de flujo de ambas harinas.

La incorporación de arroz o maíz a la pasta implica cambios en los métodos de fabricación y compra de nuevos equipos (1). La granulometría del germen de maíz (80 mesh) es un inconveniente debido a que este producto tiende a producir aglomeraciones formando partículas más grandes que no pasan por los tamices. Habría que considerar el empleo de tamizado con aspiración de aire. En la industrial, el uso de la fracción fina del germen

desgrasado de maíz puede presentar inconvenientes en extrusoras que no estén diseñadas para trabajar con sémolas extra-finas. Este inconveniente se puede resolver sustituyendo las válvulas de las cámaras de vacío de la prensa por unas con revestimiento de níquel fosforado, lo cual evitaría que las aspas se deformarían, que las partículas finas se adhieran a las mismas y que detengan su movimiento, este material es de alta dureza y no interacciona con los alimentos. Otra manera de prevenir el problema, es realizar corridas de menor duración así como limpiar con mayor frecuencia los equipos.

Con respecto al secado de las pastas con GDM, se comprobó que la utilización de un ciclo de secado bajo las mismas condiciones de tiempo, temperatura y humedad que las del proceso de pastas tradicionales fue adecuado, sin embargo se recomienda construir las curvas de secado y la determinación del coeficiente de difusividad del nuevo producto para idear el ciclo de secado mas conveniente. Así mismo se sugiere emplear un tratamiento térmico a alta temperatura al final del secado para mejorar la calidad de cocción de las mismas. Güler y col. (25) señalan que la calidad de cocción de la pasta secada a temperaturas altas o muy altas es superior a los productos secados a bajas temperaturas. El empleo de altas temperaturas induce mejoras en cuanto al color del producto, reducción de microorganismos y menores tiempos de secado. La calidad de cocción de la pasta está muy influenciada por la gelatinización del almidón y la formación de la red proteica, por lo cual es posible que uno de los efectos de la temperatura de secado sea sobre las propiedades del almidón, lo cual se puede evidenciar en las mejoras de calidad en pasta secada bajo condiciones de alta o muy alta temperatura (35,36).

Se concluye que la fracción fina del germen de maíz es una materia prima de producción nacional con un alto potencial en el desarrollo de pastas cortas con una mejora nutricional en cuanto al contenido de minerales y fibra dietética hasta un nivel de sustitución del 25%.

Se establecieron las condiciones para la producción de pastas con harinas compuestas trigo: germen de maíz a nivel industrial.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de la Empresa Pastas Capri en el suministro de la sémola de trigo así como el uso de los equipos de la línea de especialidades para la elaboración industrial de la pasta. También se agradece el aporte de la empresa Remavenca en la donación de la fracción fina del germen desgrasado de maíz.

Referencias

1. Unión de Pastificios Americanos (UPA). La industria de pastas alimenticias. Puerto Vallarta, Octubre, 2004.
2. Cannella C, Pinto A. The nutritional value of pasta. *Tecn Mol Int* 2006; 57:93-94.
3. Torres A, Frías J, Granito M, Vidal-Valverde C. Fermented pigeon pea (*Cajanus cajan*) ingredients in pasta products. *J Agric Food Chem* 2006; 54: 6685-6691.
4. Torres A, Frías J, Granito M, Guerra M, Vidal-Valverde C. Chemical, biological and sensory evaluation of pasta products supplemented with α -galactoside-free lupin flours. *J Sci Food Agric* 2007; 87:74-81.
5. Ugarcic-Hardi Z, Hackenberger D, Subaric D, Hardi J. Effect of soy, maize and extruded maize flour addition on physical and sensory characteristics of pasta. *Ital J Food Sci.* 2(15):277-286.
6. Marcello, D, Gius, C. Legume seeds: protein content and nutritional value. *Field Crops Res.* 1997; 53, pp. 31-45.
7. Guerra M, Granito M, Pacheco E, Schnell M, Torres A, Tovar J. El germen desgrasado de maíz: materia prima potencial para la industria de alimentos. *An Vzlanos Nutr* 1998; 11(1):12-20.
8. Granito M, Guerra M, Torres A. Physical, chemical and nutritional characterization of de-greased corn germ. *Rev Tec Ing Univ Zulia.* 2000; 23:216-226.
9. López N. Uso del subproducto de afrecho y germen de maíz desgrasado (SAGMD) en la alimentación de cerdos en crecimiento. 1988. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Postgrado en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela.
10. Granito M, Guerra M. Uso del germen desgrasado de maíz en harinas compuestas para panificación. *Arch Latinoamer Nutr* 1996; 46 (1): 322-328.
11. Granito M, Torres A, Guerra M. Manufacturing of pasta from the substitution of wheat using subutilized raw materials. *Rev Tec Ing Univ Zulia.* 1998; 21: 195-203.
12. COVENIN 1153-80. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Fondonorma, Caracas. Venezuela. 1980.
13. COVENIN 1195-80. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Fondonorma, Caracas. Venezuela. 1980.
14. COVENIN 1783-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Fondonorma, Caracas. Venezuela. 1981.
15. COVENIN 1785-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Fondonorma, Caracas. Venezuela. 1981.
16. Prosky L, Asp N.G, Schweizer T F, De Vries J, Furda I. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and foods products: interlaboratory study. *J Assoc Anal Chem Int* 1988; 71:1017-1023
17. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 17 ed, Washington D.C. USA. 2000
18. Menger A. Crucial points of view concerning the execution of pasta cooking tests and their evaluation. En: Fabriani G, Lintas C. (Eds), *Comptes rendus proceedings of ICC international symposium: Matières Premières et Pâtes Alimentaires*, Inst. Naz. della Nutr. Roma 1979; p. 53.
19. AACC Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St Paul. American Ass. Cereal Chemist. 2000.
20. D'Egidio M, De Stefani E, Fortini S, Galterio G, Nardi S, Sgrulletta D. Standardization of cooking quality analysis in macaroni and pasta products. *Cereal Foods World.* 1982; 27:367-368.
21. Robinson H.W, Hodgen C.G. The biuret reaction in the determination of serum protein I. A study on the condition necessary for the production of the stable color which bears a quantitative relationship to the protein concentration. *J Biol Chem* 1940; 135: 707-725.
22. Meilgaard M, Civille G.V, Carr B.T. Sensory evaluation Techniques. 3ed. CRC Press. Boca Ratón, USA. 1999; Cap 1,2.
23. COVENIN 2952-01. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma general para el rotulado de los alimentos Fondonorma, Caracas. Venezuela. 2001.
24. Rebolledo M.A, Sangronis E, Barbosa-Canovas G.V. Evaluación de galletas dulces enriquecidas con germen de maíz y fibra de soya. *Arch Latinoamer Nutr* 1999; 49: 280-296.
25. Güler S, Köksel H, Ng P.K. Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. *Food Res Int.* 2002; 35:421-427.
26. Escudero E, Gonzalez P. La fibra dietética. *Nutr Hosp* 2006; 21(2):61-72
27. García O, Infante B, Rivera, C Hacia una definición de fibra alimentaria. *An Venez Nutr* 2008; 21 (1): 25-30.
28. Kalscheur K, García A, Rosentrater K, Wright C. Co-productos del etanol para las dietas del ganado. USDA 2008; FS 947s.
29. Roberfroid M.R. Functional effect of food component in the gastrointestinal system. *Nutr Rev.* 1996; 54 (11): 38 - 42.
30. Wu Y.V, Hareland G, Warner K. Protein-enriched spaghetti fortified with corn gluten meal. *J Agric Food Chem* 2001; 49: 3906-3910.
31. Dick J.W, Youngs V.L. Evaluation of durum wheat, semolina and pasta in the United States. En: *Durum Wheat: Chemistry and Technology*. Fabriani G, Lintas C. (Eds). Am Ass Cereal Chem. St Paul, Minn. 1988. p. 237-248.
32. Coccia E, Sacchetti G, Vallicelli M, Angioloni A, Dalla Rosa M. Spaghetti cooking by microwave oven: cooking kinetics and product quality. *J Food Eng.* 2008; 85:537-546.
33. Brennan C.S, Tudorica C.M. Fresh pasta quality as affected by enrichment of nonstarch polysaccharides. *J Food Sci* 2007; 72:S659-665.
34. Doxastakis G, Papageorgiou M, Mandalou D, Irakli M, Papalamprou E, D'Agostina A, Resta D, Boschin G, Arnoldi A. Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti. *Food Chem* 2007; 101: 57-64.
35. Resmini P, Pagani M.A. Ultra structure studies of pasta. A review. *Food Microstruct.* 1983;2:1-12.
36. Yue P, Rayas-Duarte P, Elías E. Effect of drying temperature on physicochemical properties of starch isolated from pasta. *Cereal Chem.* 1999; 76: 541-547.

Recibido:15-08-2008

Aceptado: 14-03-2009