DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UN PRODUCTO LIBRE DE GLUTEN A BASE DE HARINAS DE MAÍZ, ARROZ Y QUINUA

Karen Ortega Guerrero[1]; Diana Carolina Hernández Duque[2] y Harold Acosta Zuleta*[3]
[1,2,3] Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Cali, Colombia.

* harold.acosta@correounivalle.edu.co

Resumen

Se desarrolló un producto (galletas) libre de gluten a base de una harina compuesta de maíz, arroz y quinua. Se obtuvieron las harinas de maíz y quinua por molienda y se adicionó harina de arroz comercial. Se determinó la granulometría de las harinas y se hicieron ocho formulaciones de mezclas a partir del diseño factorial empleado, dando 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 y 60:40 (maíz: arroz + quinua, estas últimas en partes iguales). Se evaluaron los índices de absorción y de solubilidad en agua y las mezclas 60:40 y 70:30 presentaron las mejores características (baja absorción y alta solubilidad). El análisis proximal de las harinas, reveló una composición acorde con los reportes de la literatura. Se obtuvieron micrografías SEM de las harinas y se estudiaron algunas propiedades reológicas de las harinas y de sus mezclas (consistencia, curva de empastamiento y viscosidad), encontrando que las mezclas formaban geles estables. Se produjeron masas de todas las mezclas y se evaluó su compresión uniaxial como propiedad textural. A las galletas obtenidas de las ocho mezclas, se les evaluó la humedad, cumpliendo con la Norma Técnica Colombiana NTC 1241; también, se determinó su dureza con un texturómetro. Finalmente, se hizo un análisis sensorial con un panel hedónico semientrenado con escala de cinco puntos, resultando que la formulación de galletas de mayor aceptación correspondió a la mezcla 70:30, cuya dureza fue 23,5 N y su compresión de 41,4 N. El producto obtenido cumplió con los requerimientos de formulación, de composición, de procesabilidad y de aceptación sensorial. Estos resultados indican que se pueden desarrollar productos funcionales de panificación (basados en quinua) con propiedades que favorezcan poblaciones con problemas nutricionales específicos, en este caso, aquellos con enfermedad celíaca.

Palabras claves: harinas compuestas, panificación, productos funcionales, enfermedad celíaca, caracterización reológica.

Abstract

A gluten-free product has been developed from a composite flour made of corn, rice, and quinoa. Corn and quinoa flours were obtained by grinding their grains and commercial rice flour was added. Individual flours were tested for granulometric analysis and eight composite formulations were made according to a factorial design, resulting in 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 and 60:40 (corn: rice + quinoa, the last two in equal parts). Water absorption and water solubility indexes (WAI, WSI) were assessed and composites 60:40 and 70:30 showed lowest WAI and highest WSI. Proximate analyses agreed with literature reports. Individual flours SEM micrographs were obtained. Some rheological properties of flours and of the composite flours

were studied (consistency, pasting behavior and viscosity), it was found that the composite flours rendered stable gels. Doughs from all composite flours were obtained and their uniaxial compression responses were evaluated as a textural property. Cookies from the eight composite flours were made and assessed for moisture, complying with the Colombian NTC 1241 standard; likewise, hardness was measured with a texture analyzer. A sensory profile of five-point scale was made, using a hedonic semi-trained panel, showing that cookies from the 70:30 composite flour had a greater acceptance and exhibited hardness of 23.5 N and compression of 41.4 N. The gluten-free product obtained met the requirements regarding formulation, composition, process ability and sensory acceptability. These results indicate that functional bakery products based on quinoa can be developed with properties that could help people with specific nutritional problems, like those with celiac disease.

Keywords: Composite flours, baking, functional products, celiac disease, rheological characterization.

I. Introducción

La celiaquía es un desorden autoinmune intestinal crónico con un fuerte componente genético, cuya sintomatología resulta de la ingestión de la proteína más importante del trigo, cebada y centeno, denominada gluten. La reducción de esta sintomatología se logra con una dieta libre de gluten, mantenida estrictamente y de por vida (Parada y Araya, 2010).

El gluten es una proteína de bajo valor nutritivo, su uso se masificó debido a su capacidad de retener aire en la matriz proteica facilitando que la masa se adhiera mejor (Parada y Araya, 2010), también contribuye a la apariencia y la estructura de la miga de muchos productos de panadería (De Simas *et al.,* 2009).

La harina de maíz es el polvo fino obtenido en el proceso de molienda del cereal mediante diferentes métodos. Está formado fundamentalmente por almidón, y por un complejo proteico denominado zeína (Equipo Editorial Eroski, 2009). Una de las principales ventajas de la harina del maíz es que no contiene gluten a diferencia de otras (trigo, avena, centeno, cebada) lo que permite preparar productos para determinado tipo de población, los celíacos (Botanical online, sin año).

La harina de arroz se obtiene de la molienda y tamizado del cereal. Tiene un valor nutritivo semejante a harinas de otros cereales lo cual la hace óptima para productos de panificación (Editorial Proyecto comunitario Conservación de Alimentos, sin año).

Tradicionalmente los granos de quinua se lavan y posteriormente se tuestan para producir la harina. La quinua también conocida como quínoa es un seudocereal fuente vegetal de proteínas, no por la cantidad sino por la calidad, lo cual le otorga un alto valor biológico. (Inkanatural, sin año).

Las galletas convencionales son productos gasificados con levaduras artificiales y contienen apreciables cantidades de azúcar y manteca (Reátegui y Maury, 2001). Considerando que la textura de las galletas se debe principalmente a la gelatinización de almidón y azúcar, en lugar de una gran estructura de proteína/almidón, durante la elaboración de galletas sin gluten los inconvenientes son poco frecuentes (De Simas*, et al*., 2009).

En esta investigación se propuso desarrollar y caracterizar como producto de panificación, galletas libres de gluten cuya base fuera una harina compuesta de maíz, arroz y quinua. Se caracterizó fisicoquímica y reológicamente, la materia prima, las mezclas y las masas empleadas para el desarrollo de las galletas. Los resultados de las propiedades texturales se corroboraron con las pruebas sensoriales, con las cuales se determinó la mezcla que presentó mejores resultados

II. Materiales y Métodos

Materiales

Las materias primas utilizadas fueron, las harinas de maíz, arroz y quinua como materia prima. Otros insumos fueron margarina, azúcar, agua, polvo de hornear e hidrocoloide.

Las harinas se mezclaron en ocho proporciones basadas en Demirkesen et al., (2010) y Reyes, de Palomo y Bressani (2004), las cuales fueron 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 y 60:40 (maíz: arroz + quinua)

Métodos

Harinas

Se clasificaron los tamaños de partícula de las harinas a través de un juego de tamices de la serie Tayler (14, 30, 60, 100, 200 y fondo). La granulometría se determinó agitando 200 g de muestra en el equipo de tamizado Ro-tap durante 30 minutos.

Harinas y mezclas

Se realizó el análisis por regresión lineal simple, al 95% del nivel de confianza, teniendo como unidad experimental las mezclas de las harinas (maíz :arroz + quinua). A las harinas base (maíz, arroz y quinua) y a las mezclas escogidas a través del diseño se les realizaron las siguientes pruebas:

Índices de absorción de agua y solubilidad en agua

Basado en el método de Anderson *et al*., (1969). Para esto se pesó 1,25 g en base seca (bs) de harina en tubos de centrífuga previamente pesados, se le adicionó 30 mL de agua destilada y se colocó en baño maría a 60 ºC durante 30 min con agitación constante; se centrifugó a 4900 RPM durante 30 min, transcurrido este tiempo se decantó el sobrenadante, se midió su volumen, y se tomó una alícuota de 10 mL depositada en una caja petri previamente pesada, se llevó a estufa a 70 ºC durante 24 horas.

Análisis proximal

Pruebas de humedad **(**AOAC 930.15), grasa (AOAC 991.36), carbohidratos (Cálculos), fibra (AOAC 962.09), cenizas (AOAC 942.05), proteínas (AOAC 920.87)

Microscopía de alto contraste

La prueba de microscopía de alto contraste se realizó en el laboratorio de la escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle, mediante un microscopio de barrido (SEM).

Consistencia

Se colocó la muestra en el consistómetro de Bostwick dejándola reposar por 5 minutos y se dejó fluir la pasta en 30 segundos. (Pérez, E., sin año).

Curva de empastamiento

Se realizó con un viscoamilógrafo de Brabender, el cual midió de manera continua la resistencia a la agitación de una

suspensión de harina-agua mientras se fue elevando la temperatura a la velocidad constante de 1,5 °C /minuto a partir de 25 °C y hasta 90 °C con sostenimiento de la temperatura durante 20 minutos; posteriormente la temperatura siguió descendiendo hasta una temperatura de 50 °C, a una velocidad no conocida debido a que el equipo no contaba con chaqueta de enfriamiento. De esta manera se detectan los cambios de viscosidad del producto después de la gelificación del almidón (Combariza y Sánchez, 2006).

Viscosidad aparente

Se empleó un viscosímetro Brookfield Model DV-II, con agujas numeradas del 1 al 7. Se prepararon suspensiones de harina en agua destilada con concentraciones (p/p) de la siguiente manera: arroz al 8%, quinua al 10%, maíz al 10,5%, mezcla 60:40 y mezcla 70:30 al 10,5%, las cuales posteriormente se sometieron a calentamiento para obtener una solución uniforme. Después del enfriamiento y a temperatura ambiente se realizó la prueba a diferentes velocidades para cada suspensión.

Masas y galletas

Para el análisis del efecto de aceptabilidad del producto final, se realizó un diseño experimental con azúcar e hidrocoloide como factores; el factor azúcar con niveles de 40% y 35%; el factor hidrocoloide con niveles de 2% y 1%, en cada una de las mezclas destacadas anteriormente, teniendo como guía valores reportados en la literatura. Las variables respuesta para este diseño fueron la aceptabilidad del producto final, la dureza y la compresión instrumental. El uso del azúcar e hidrocoloide como factores para la caracterización de las galletas se utilizaron con el fin de determinar su influencia en la textura y aceptabilidad; ya que el azúcar contribuye a la caramelización y al esparcimiento de las galletas durante el horneado y el hidrocoloide a la cohesividad.

Masas

Se realizó la prueba de compresión uniaxial, en las las masas que se desarrollaron para las galletas, se tomaron muestras cilíndricas con un sacabocado de 3 cm de diámetro y 2 cm de espesor basados en Plaza & Cuevas (2011). Los moldes se colocaron en bolsas de polietileno con cierre hermético, donde se dejó reposar a temperatura ambiente 15 minutos. Finalmente se utilizó el texturómetro EZ Text con parámetros: velocidad de prueba: 200 mm/min, carga: 40 N y Tiempo de sostenimiento: 100 s.

Galletas

El procedimiento que se realizó para las galletas es el presentado en la figura 1.

Dureza

Las galletas horneadas con un diámetro promedio de 4 cm y 5mm de espesor, se sometieron a prueba de dureza en el texturómetro EZ con los siguientes parámetros: velocidad de prueba: 120 mm/min y desplazamiento: 3 mm.

Análisis Sensorial

Se realizó en base a Sancho, Bota y Castro, (2002). El número de panelistas fue de 33 personas semi-entrenadas, las cuales participaron en panel de aceptación.

Humedad

Se tomaron muestras de 5 g de las galletas, las cuales se llevaron a estufa a 130 °C durante 1 h y 30 min.

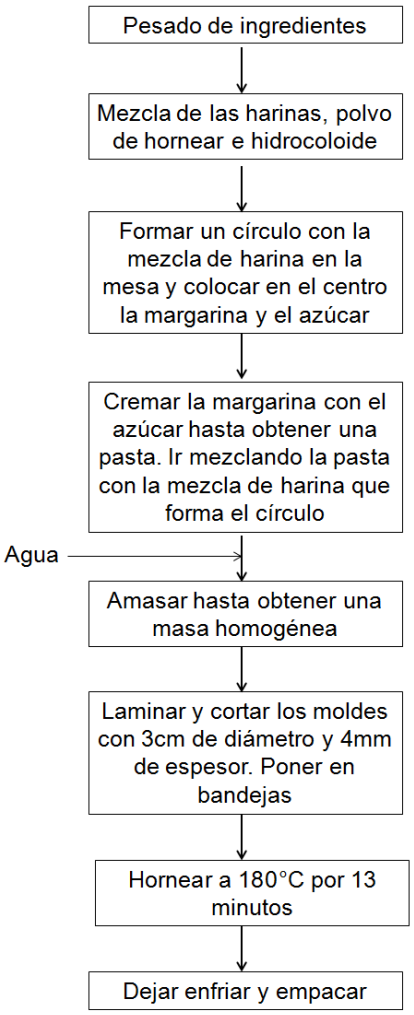


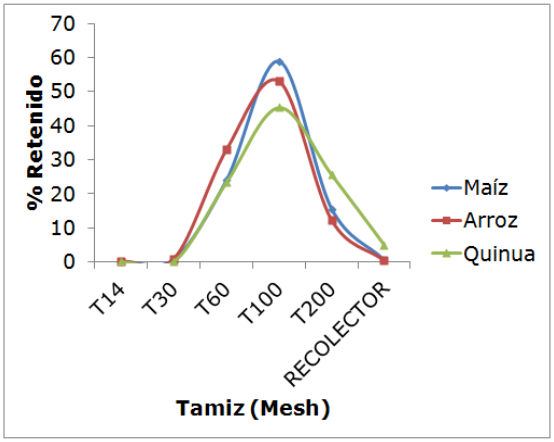
Figura 1. Proceso de elaboración de galletas

Fuente: autoras, basado en el entrenamiento técnico recibido en ANIPAN.

III. Resultados y discusión

Granulometría

La prueba de granulometría se realizó a las harinas de maíz, arroz y quinua con el fin de caracterizarlas y tener un producto uniforme en la distribución de partículas. En la Tabla 1 se presentan los valores de porcentajes de retenido en cada malla para las harinas y en la Figura 2 se representa gráficamente la distribución en cada tamiz de las harinas. También se puede observar en la Tabla 2 el módulo de fineza y diámetro promedio de las harinas.



Fuente: autoras

Figura 2. Distribución de las partículas de harina por cada tamiz.

Tabla 1. Análisis granulométrico de las harinas

		Retenido sobre la malla (%)		
Tamiz (Mesh)	D(µm)	Maíz	Arroz	Quinua
T14	1400	0,2	0,2	0,15
T30	600	0,85	1	0,2
T60	250	21	33,05	23,45
T100	150	66,75	53,1	45,35
T200	75	10,6	12,25	25,7
RECOLECTOR	0	0,6	0,4	5,15

Fuente: autoras

Dado que las harinas finas son apropiadas para la utilización en pasteles y galletas y que el porcentaje de retención en los tamices para las tres harinas fue en tamiz 100 Mesh, se trabajó con las harinas retenidas en éste tamiz.

Tabla 2. Módulo de fineza y diámetro promedio de las harinas

	Harinas		
	Maíz	Arroz	Quinua
MF	2,10	2,23	1,88
D prom (mm)	0,45	0,49	0,39

Fuente: autoras

Se denominan harinas con partículas finas, medianas y gruesas a las que tienen un módulo de finura de 0.2, 0.4 y mayores a 4 respectivamente (Malca *et al.,* 2001). El módulo de finura y diámetro promedio para las harinas no tuvieron una diferencia significativa entre ellas, por lo tanto las mezclas que se realizaron con estas harinas presentaron un comportamiento similar a la harina de maíz por ser ésta el componente mayoritario, determinando de esta manera que las harinas empleadas se encontraron en un rango de medianas y finas.

Determinación de índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua

El índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento son usados como indicadores de la retención del agua, mientras que el índice de solubilidad indica el nivel de degradación de los polímeros contenidos en éste. El índice de absorción de agua es una medida indirecta del grado del almidón gelatinizado por la cocción. Todas estas variables están relacionadas con la palatabilidad de los alimentos (Hevia, *et al.,* 2002).

Al realizar el ANOVA, el valor p fue menor que el nivel de significancia ($p < 0,05$), lo cual indicó que el ISA y el IAA dependían de la concentración. Para definir las dos mezclas a estudiar se realizó la prueba de comparaciones múltiples Tukey, en la cual se compararon las ocho mezclas entre sí; encontrando que las dos mezclas independientes de las demás y con las características deseadas de baja absorción y alta solubilidad en agua fueron las mezclas 70:30 y 60:40.

ANALISIS PROXIMAL

Los análisis proximales de las dos mejores mezclas (70:30 y 60:40) fueron realizadas en el Laboratorio Microquim por duplicado. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. Composición de las mezclas por cada 100 g

	Mezcla	
Componentes	**70:30 (g)**	**60:40 (g)**
Humedad (b.h)	6.51	6.42
Grasa	2.13	2.39
Carbohidratos	74.55	80.0
Fibra	1.16	0.21
Cenizas	0.93	1.01
Proteína	14.72	9.93

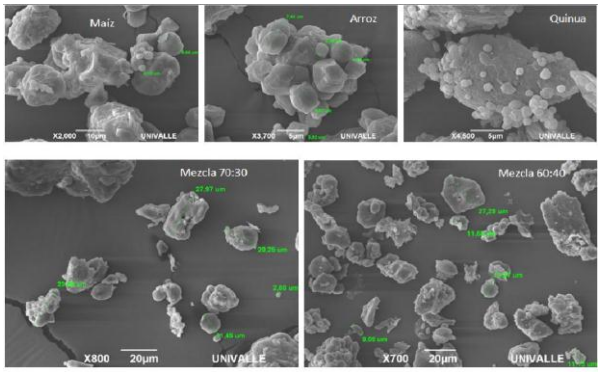
Según el Codex Alimentarius Standard 155-1985 de la harina y la sémola del maíz, ambas mezclas cumplieron con lo establecido.

Morfología (análisis de microscopía de alto contraste - SEM)

En la Figura 3 se observa las fotos obtenidas por microscopía electrónica de barrido para las harinas base y las mezclas. En estas fotos o micrografías se observaron gránulos de almidón con formas irregulares, principalmente en las mezclas. Los gránulos de maíz se observaron de forma irregular, esto se debió a que la harina era precocida, por lo tanto se observó que los gránulos ya presentaban gelatinización. El tamaño promedio de los gránulos fue alrededor de 8,3 µm.

El tamaño promedio de los gránulos para la quinua fue de 1,5 µm, valor que coincidió con lo reportado por Medina, Aburra &

Guzmán, (sin año). Los gránulos en la harina de arroz presentaron un tamaño promedio de 5 µm.



Fuente: Autoras

Figura 3. Micrografías obtenidas para las harinas de maíz, arroz, quinua y las mezclas 70:30 Y 60:40.

Prueba de consistencia

La prueba de consistencia se realizó a las harinas base (maíz, arroz y quinua) y a las mezclas (70:30 y 60:40); el valor de la consistencia de las harinas y las mezclas a concentraciones menores al 20% (p/p) en la suspensión dio como resultado valores fuera del rango manejado por el equipo (23 cm). Se decidió aumentar la concentración para determinar estos valores. Las suspensiones de harina de arroz y quinua se elaboraron al 40% (p/p), las cuales dieron como resultado 9.5 cm/30 s y 18 cm/30 s respectivamente. Las suspensiones de maíz y las dos mezclas 70:30 y 60:40 se realizaron al 25%, dando como resultado 3,5 cm/30 s, 12,5 cm/30 s y 20 cm/30 s respectivamente.

Teóricamente el índice de absorción de agua está directamente relacionado con el desarrollo de consistencia. Teniendo en cuenta que para la elaboración de galletas se requiere de harinas de baja absorción de agua, se notó en los resultados de consistencia que las mezclas escogidas indicaron una baja absorción de agua, lo cual facilitó la falta de consistencia y por ende la disminución de la viscosidad. Esto explicó la causa que a bajas concentraciones la prueba realizada en el consistómetro no permitió registrar un valor de la distancia recorrida por la suspensión debido a la alta fluidez. (Gallegos, 2011).

Analisis De Curva De Empastamiento (viscoamilograma)

Los valores determinados por medio del viscoamilógrafo fueron: (Combariza y Sánchez, 2006).

Temperatura de gelatinización (T. gel): Es la temperatura en la que empieza a subir la curva del amilograma, es decir cuando los gránulos se hinchan y empieza a subir la viscosidad. Se expresa en grados centígrados (°C).

Viscosidad máxima (V. máx): Es la viscosidad en la parte superior de la curva de viscosidad. Se expresa en Unidades Brabender (UB).

Facilidad de cocción (F. cocción): Es la diferencia entre el tiempo en que se alcanzó la viscosidad máxima y el tiempo en que se alcanzó la temperatura de gelatinización. Es decir, es el tiempo que trascurre en alcanzar la viscosidad máxima desde el momento en que empiezan los gránulos a hincharse. Se expresa en minutos (min).

Inestabilidad del gel (Inest. Gel): Es la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad que se alcanza a una temperatura de 90°C. Se expresa en Unidades Brabender (UB).

Índice de gelificación (Ind. Gel): Es la diferencia entre la viscosidad a los 90

minutos la cual es a una temperatura de 50°C y la viscosidad que se alcanza a 90°C. Se expresa en Unidades Brabender (UB)

Tabla 4. Valores reportados de la prueba de curva de empastamiento

Muestra	Tgel (°C)	Visc. máx (UB)	F. cocción (min)	Inest. Gel (UB)	Ind. Gel (UB)
Maíz	64	530	16	45	485
Arroz	82	620	28	130	490
Quinua	76	760	50	340	420
70:30	70	580	18	5	575
60:40	67	670	20	5	665

Fuente: Autoras

La temperatura de gelatinización para la harina precocida de maíz fue la más baja. Este comportamiento fue el esperado para los gránulos más pequeños de almidón, puesto que la temperatura de gelatinización se reduce. En el caso de la harina empleada se observó a través de la micrografía SEM que los gránulos eran grandes; una explicación a este comportamiento, fue que los almidones pregelatinizados, son una forma de almidón modificado que se caracteriza por captar agua rápidamente a temperatura ambiente y formar pastas uniformes, por esto son utilizados para la elaboración de productos instantáneos (sopas, cremas, flanes instantáneos, etc.). Así se puede concluir que por ser una harina precocida los gránulos de maíz presentaban gelatinización parcial, por lo cual al someterse a altas temperaturas, los gránulos terminaron de hincharse y por ende, la temperatura de gelatinización fue menor.

Las harinas de quinua y de arroz presentaron el comportamiento normal, en que la temperatura de gelatinización se reduce a medida que los gránulos son pequeños, gelatinizando más rápido a menor temperatura. Dado que las mezclas tienen gránulos de todos los tamaños pero en mayor porcentaje de contenido los de maíz, se puede observar en la Tabla 4 que los valores no varían significativamente con respecto a la de maíz.

Se observó que las mezclas obtuvieron viscosidades mayores que la obtenida por la muestra de maíz, esto se debió probablemente a las diferencias en composición de los tres materiales. La mezcla 60:40 fue la de mayor viscosidad a diferencia de la mezcla 70:30, probablemente causado por la composición en porcentaje de cada harina.

En la Tabla 4, se observó que la facilidad de cocción más baja fue la harina de maíz, deduciendo de esta manera que por ser precocida su cocción tomó menos tiempo a diferencia del resto de muestras. Las mezclas al tener mayor composición de harina de maíz no presentaron diferencias significativas entre ellas y tampoco difirieron de la harina de maíz.

Se observó que las harinas que presentaron mayor inestabilidad del gel fueron la harina de quinua y arroz, a diferencia de la de maíz y las mezclas, las cuales formaron geles más estables. La harina de quinua presentó tendencia a la retrogradación (Martínez, 2011), lo cual se pudo ser causado por el alto contenido de almidón de la quinua.

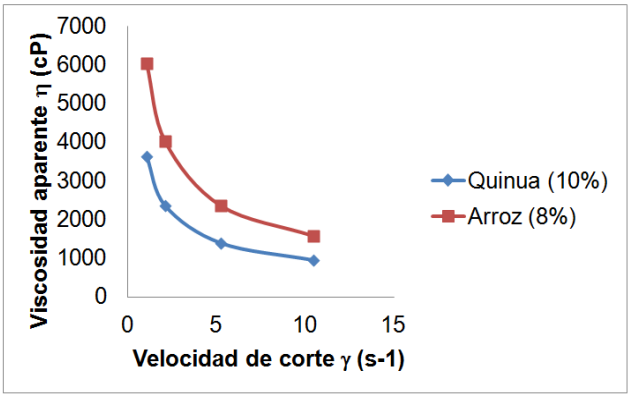
El índice de gelificación con valores más altos se obtuvo para la harina de maíz. Las dos mezclas y la harina de arroz, a diferencia de la quinua, la cual presentó retrogradación, mostraron un índice de gelificación menor.

ANÁLISIS REOLÓGICO DE SUSPENSIONES ACUOSAS DE HARINAS

La prueba se realizó a las 3 harinas bases (maíz, arroz y quinua) y a las dos mejores

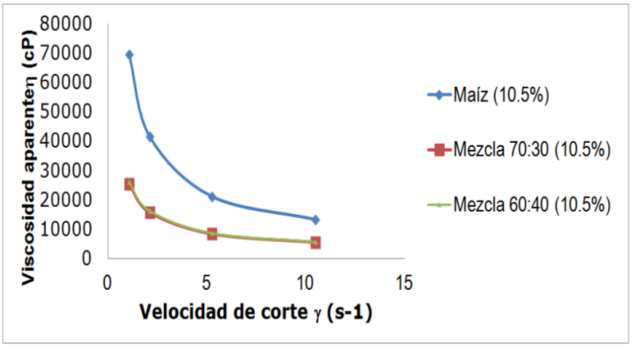
mezclas (70:30 y 60:40) escogidas a través de los resultados obtenidos en las pruebas de ISA e IAA. A las muestras se les realizaron pruebas de plataforma para conocer la concentración adecuada a trabajar, dado que la composición de las harinas y las mezclas son diferentes, las concentraciones empleadas fueron: arroz 8%, quinua 10%, maíz 10,5%, mezclas 70:30 y 60:40 10,5%. Las cinco muestras fueron sometidas a un tratamiento previo de calor para tener una solución uniforme.

En la Figura 4 están los resultados para las harinas de arroz y quinua, y en la Figura 5 los resultados de la harina de maíz y las mezclas 70:30 y 60:40.



Fuente: autoras

Figura 4. Comportamiento de la viscosidad aparente de las suspensiones de quinua y arroz.



Fuente: autoras

Figura 5. Comportamiento de la viscosidad aparente de las suspensiones de maíz, mezcla 70:30 y mezcla 60:40.

Las Fig. 4 y 5, mostraron que a mayor velocidad de corte menor es la viscosidad, como resultado dio que las tres soluciones de harinas base (maíz, arroz y quinua) y las soluciones de las mezclas (70:30 y 60:40) presentaron el comportamiento de un fluido pseudoplástico como lo reportaron *(*Rao, 1999; Rao y Tattiyakul, 1999; González-Parada y Pérez -Sira, 2003*)*.

La suspensión que presentó mayor resistencia al flujo fue la harina de maíz y la mezcla la 70:30. La mezcla al tener mayor contenido de harina de maíz, tendió a presentar el mismo comportamiento. Entre las suspensiones de las mezclas no hubo diferencias significativas, mostrando similitud en todas las velocidades de corte.

Como se mencionó anteriormente, las soluciones fueron sometidas a un calentamiento previo alrededor de los 90 °C, dado esto y según Rodríguez, Fernández & Ayala. (2005), las pastas de almidón con un calentamiento previo a temperaturas por encima de 90 °C son generalmente fluidos pseudoplásticos.

Desarrollo de un producto modelo (galletas)

Las galletas se elaboraron a base de harina de maíz, arroz y quinua donde la de mayor inclusión es la de maíz. Para el desarrollo de la formulación se tuvo en cuenta según el diseño experimental los factores a incluir, que en este caso fueron azúcar e hidrocoloide. Se desarrollaron ocho formulaciones con las dos mejores mezclas (70:30 y 60:40). La formulación se desarrolló teniendo en cuenta las referencias bibliográficas de Rodrigues, *et al*., 2009, Granato, *et al.,* 2007 y Reátegui & Maury, 2001

Tabla 5. Formulación para la elaboración de galletas

Mezcla	Harina (%)	Azúcar (%)	Agua (%)	Margarina (%)	Hidrocoloide (%)	Polvo de hornear (%)
70:30	100	35	27.5	40	2	2.5
		40			1	
		35			1	
		40			2	
60:40		40			2	
		35			2	
		40			1	
		35			1	

Fuente: autoras

*Los datos fueron determinados basados en el cálculo del panadero donde se asume que el 100% es representado por la harina y el resto de componentes son calculados a partir de esta base.

Análisis de textura

Tabla 6. Datos obtenidos para compresión

Muestra (%)	Fuerza máx. (N) (compresión)	Deformación (mm)	Rigidez (N/mm)	Elasticidad (N/mm2)
70:maíz; 35:azúcar; 2:hidroc.	41.2	5.0	8.3	1.03E-03
70:maíz; 40:azúcar; 1:hidroc.	41.4	6.2	6.7	1.03E-03
70:maíz; 35:azúcar; 1:hidroc.	40.9	5.5	7.4	3.03E-03
70:maíz; 40:azúcar; 2:hidroc.	40.9	8.2	5.0	1.99E-03
60:maíz; 40:azúcar; 2:hidroc.	41.6	8.6	4.9	1.46E-03
60:maíz; 35:azúcar; 2:hidroc.	41.7	5.3	7.9	1.60E-03
60:maíz; 40:azúcar; 1:hidroc.	41.3	5.3	7.8	3.18E-03
60:maíz; 35:azúcar; 1:hidroc.	41.7	5.1	8.2	1.53E-03

Fuente: autoras

Compresión

Los datos de compresión y deformación del producto fueron medidos con un texturómetro EZ Test, los datos de fuerza máxima, rigidez y elasticidad fueron obtenidos con el software Rheometer. En la Tabla 6 se reportaron los valores promedios para cada una de las formulaciones.

La elasticidad de la masa de galleta, la cual, reportó valores muy bajos, explicó el tipo de masa con la cual se trabajó, la cual tendió a quebrarse levemente durante su

manipulación. Los valores de deformación indicaron que la masa podría soportar fuerzas mayores a las de compresión aquí mencionadas. La compresión media dio aproximadamente 41,3 N, lo cual mostró que las masas en general presentaron la misma resistencia a la fuerza ejercida por el equipo.

Dureza

Tabla 7. Datos obtenidos para dureza

Muestra (%)	Dureza (N)
70:maíz; 35:azúcar; 2:hidroc.	25.9
70:maíz; 40:azúcar; 1:hidroc.	33.8
70:maíz; 35:azúcar; 1:hidroc.	23.5
70:maíz; 40:azúcar; 2:hidroc.	24.2
60:maíz; 40:azúcar; 2:hidroc.	25.7
60:maíz; 35:azúcar; 2:hidroc.	22.1
60:maíz; 40:azúcar; 1:hidroc.	34.0
60:maíz; 35:azúcar; 1:hidroc.	20.1

Fuente: autoras

De Simas, *et al*., (2009) evaluó el parámetro de dureza instrumental, los resultados obtenidos variaron según el grado de sustitución de la harina de palma rey, entre 5,21 N hasta 55,29 N; esto mostró que la dureza obtenida de las galletas se encuentra dentro de este rango, dado que el promedio de esta fue de 26,2 N, lo cual indicó que algunas muestras presentaron mayores contenidos de humedad en el momento de la prueba, por lo cual, algunas se fracturaron fácilmente.

Humedad

En la Tabla 8, se observan los valores obtenidos de humedad en las galletas elaboradas. La NTC 1241, sexta actualización del 2007, indica que el contenido máximo de humedad para las galletas es del 10% (base húmeda), por tanto, comparando con los resultados obtenidos, se concluyó que las galletas elaboradas en este proyecto cumplieron con la normatividad establecida por la reglamentación colombiana.

Tabla 8. Datos de humedad por cada muestra

Muestra (%)	Humedad (%) b.h
70:maíz; 35:azúcar; 2:hidroc.	4.3
70:maíz; 40:azúcar; 1:hidroc.	3.8
70:maíz; 35:azúcar; 1:hidroc.	3.5
70:maíz; 40:azúcar; 2:hidroc.	3.5
60:maíz; 40:azúcar; 2:hidroc.	3.4
60:maíz; 35:azúcar; 2:hidroc.	4.8
60:maíz; 40:azúcar; 1:hidroc.	3.8
60:maíz; 35:azúcar; 1:hidroc.	4.4

Fuente: autoras

Análisis Sensorial

Para el análisis sensorial se realizó una escala hedónica de cinco puntos en la cual se evalúo la aceptabilidad del producto por parte del juez o panelista.

Aceptabilidad del producto

Se obtuvo la mayor aceptabilidad en la muestra compuesta de 70: h. de maíz, 40: azúcar y 2: hidrocoloide, con la calificación “me gusta”. Dentro del rango de indiferencia, en la escala de “Ni gusta, ni disgusta”, las galletas que presentaron valores altos respecto a las otras muestras fueron la 70: h. de maíz, 35: azúcar y 2: hidrocoloide, 60: h. de maíz, 40: azúcar y 2: hidrocoloide y la 70: h. de maíz, 35: azúcar y 1: hidrocoloide. La aceptabilidad en "me gusta" y "me gusta poco" no fue generalizada, debido tal vez, al atributo principal de las galletas, la dureza, la cual para tratarse de un producto libre de gluten cumplió con el comportamiento de "endurecimiento" después del horneado y durante su conservación; lo cual, pudo ser un factor determinante en la aceptabilidad.

IV. **CONCLUSIONES**

Se obtuvieron galletas a partir de una mezcla compuesta de harinas de maíz, arroz, quinua, o sea, 100% exentas de gluten y con una adecuada aceptación sensorial, con lo cual, se puede afirmar que cumplen con los requerimientos para el consumo de personas con enfermedad celiaca.

Los análisis proximales y la microscopia SEM, pueden ser una base de comparación para el desarrollo de diferentes productos, tanto en el comportamiento como en la estimación nutricional que puede esperarse de estos productos.

Los valores para compresión uniaxial fueron muy similares entre sí, lo cual indicó que la compresión de la masa y su procesabilidad no es dependiente de la composición dentro de ciertos rangos, según las condiciones experimentales utilizadas.

La mezcla compuesta para elaboración de galletas que cumplió con los requisitos de compresión, dureza y aceptabilidad, fue la compuesta por 70:h. maíz; 15:h. arroz, 15:h. quinua; 40: azúcar y 1: hidrocoloide; a la cual correspondieron valores de 41.4 N para compresión y 23.5 N para dureza, los cuales fueron acordes con la literatura.

Se demostró que es posible incorporar harinas, sin gluten y particularmente de un recurso autóctono como la quinua para responder a unas necesidades especificas como la población con desordenes como la enfermedad celiaca.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and G_{RIFFIN}, E.L. (1969). Roll and Extrusion – Cooking of Grain Sorghum Grits. Cereal Science today. Vol. 14, No. 11.

ANIPAN. Asociación Nacional de Industriales de la Panadería y Alimentos Complementarios. Santiago de Cali.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL CHEMISTS). (1997). Officials Methods of Analysis. 16 ed. Horwitz (ed.). Washington, D.C., U.S.A.

Botanical online. (internet). Harina de maíz. (Sin autor, sin año). Disponible de: http://www.botanical-online.com/maizharina.htm [consulta: enero de 2011]

Combariza, A. y Sánchez, D. (2006). Estudio de la obtención de un alimento a partir de cultivos biofortificados. Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Tesis.

Demirkesen, I., Mert, B., Summu, G. and SERPIL, S. (2010). Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *Jornal of Food Enginneering*. Vol. 101, p. 329-336.

De simas, K.N., Vieira, l., Podestá, R., Müller, C., Vieira, M., Beber, R., Reis, M., Barreto, P., Amante, E. and Amboni, R. (2009). Effect of King Palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies. *International Journal of Food Science & Technology*, Vol. 44, p. 531–538.

Editorial Proyecto Comunitario Conservacion de alimentos. (Internet). El arroz. (Sin autor, sin año). Disponible de http://www.alimentacioncomunitaria.org/secciones/alimentos_arroz.html [Consulta: Enero, 2011].

Equipo Editorial Eroski. (Internet). Harina de maíz. Revista Consumer Eroski. (2009). Disponible de http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/guia-alimentos/cereales-y-derivados/2001/04/10/35013.php [consulta: enero, 2011].

Gallegos, P.A. (2011). Desarrollo y evaluación de la tecnología para la elaboración de masa base y harina, para la preparación de humitas. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Tesis.

Granato, D. y Ellendersen, L. (2009). Almond and peanut flours supplemented with iron as potential ingredients to develop gluten – free cookies. Ciencia e Tecnología de Alimentos. ISSN 0101 – 2061.

González-Parada, Z.M. y Pérez-Sira, E. (2003). Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (*Manihot Esculenta* Cranz) pregelatinizados y calentados con microondas. *Acta Científica Venezolana*. Vol. 54, p. 127-137.

Hevia, F., Berti, M., Wilckens, R., Yévenes, C. (2002). Contenido de proteína y algunas características del almidón en semillas de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivado en Chillan, Chile. Agro sur, vol. 30, No.1, p. 24 – 31. ISSN 0304 – 8802.

INKANATURAL. (Internet). Quinua. (Sin autor, sin año). Disponible de http://www.inkanatural.com/es/alimentacion_natural/quinua.html [consulta: Enero, 2011].

Instituto Colombiano de Normas Técnicas Y Certificación (2007). Producto de molinería galletas. NTC 1241.

Malca, O., Calvo, A., Iturrizaga, S., Nystrom, J. y Salas, R. (2001). Fideos imperial enriquecidos con kiwicha. Seminario de Agro Negocios. Universidad del Pacífico.

Martinez, D. (2011). Harina de quínoa (*Chenopodium quínoa*) en formulaciones de galletas sin gluten. Facultad de Ingenierías. Programa de Ingeniería de Alimentos. Universidad de Córdoba. Tesis.

Medina, M., Aburra, R., Guzmán, C. (Sin año). Estudio del fruto y harina de (*Chenopodium quinoa* willd) VARIEDAD “CICA”. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Córdoba, Argentina.

Parada, A. y Araya, M. (2010). El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. Rev. Med. Chile, 138: 1319 – 1325.

Perez, E. (Sin año). Practica N. 4. Viscosidad, consistencia y textura en los alimentos. Escuela de Biología. Departamento de Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.

Plaza, J.L., Cuevas, J.F. Tesis. (2011). Evaluación de un proceso de secado de masas para elaboración de harinas de maíz amarillo fermentado. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle.

Rao, M.A. (1999). Rheology of fluid and semisolid foods: Principles and applications. Maryland: Aspen publications, 1ra. ed. 176, 184-185 p.

Rao, M.A. and Tattiyakul, J. (1999). Granule size and rheological behavior of heated tapioca starch dispersions. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 38, p. 123-132.

Reátegui, D., Maury, M.I. (2001). Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.1,

n°1, p. 43 – 48. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias UNAP, Iquitos-Perú.

Reyes, M.J., De palomo, P., Bressani, R., (2004). Desarrollo de un producto de panificación apto para el adulto mayor a base de harina de trigo y harina de arroz. Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 54 N° 3.

Rodríguez, E., Fernández, A., Ayala, A. (2005). Modelos reológicos aplicados a masas de trigo y maíz. Revista ingeniería e investigación. Vol. 25 No. 2, 87 – 93.

Rodrigues, S., Cordeiro, P., Madalozzo, M. e Vilea, R. (2009). Cookies sem glúten a partir da farinha de sorgo. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 59 N°4.

Sancho, J., Bota, E. y De Castro, J.J. (2002). Análisis Sensorial de los Alimentos. Alfaomega. Barcelona, España.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Félix Cipriani de ANIPAN, a Martha Libreros y a Yuli López por su colaboración en la adquisición de las materias primas.