

EVALUACIÓN DE LA HARINA DE CHACHAFRUTO COMO INGREDIENTE PARA LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO LIBRE DE GLUTEN

EVALUATION OF CHACHAFRUTO FLOUR AS AN INGREDIENT FOR THE ELABORATION OF A GLUTEN-FREE PRODUCT

Gabriela Silva Gama¹, Néstor Ariel Algecira², Luis Felipe Gutiérrez³

¹ Magister Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

² Asesor, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

³ Asesor, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Correspondencia: Gabriela Silva Gama

E-mail: gasilvag@unal.edu.co

Presentado: 22/02/20. Aceptado: 29/06/20

Conflictos de interés: los autores declaran no tener conflictos de interés

RESUMEN

Introducción: los productos de panificación utilizan harina de trigo la cual contiene gluten. Algunas personas son intolerantes específicamente a las proteínas del gluten que generan enfermedades como colon irritable y problemas gastrointestinales.

El chachafruto es el fruto del árbol llamado *Erythrina edulis*, planta catalogada como leguminosa y su fruto como legumbre. Esta legumbre se considera un alimento esencial ya que posee nutrientes y proteínas, y es una opción de alimentación porque no contiene gluten. Su contenido de grasa es bajo y de proteínas alto.

Objetivos: evaluar la utilización de la harina de chachafruto en la elaboración de un producto libre de gluten.

Materiales y métodos: la harina de chachafruto se consigue al separar las semillas de la vaina, luego se lavan y desinfectan para eliminar impurezas y se llevan a escaldado con agua caliente durante 5 minutos. Posteriormente se realiza el pelado mecánico y se remueve la testa manualmente; después se cortan las semillas en forma de rodaja en la cortadora con un espesor de 3 mm y se pasan a un deshidratador de bandejas. El secado se lleva acabo a temperaturas de 50 y 60°C aproximadamente por 12 horas.

Resultados: la adición de harina de chachafruto cambió considerablemente algunos parámetros de las mezclas para 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto en las proteínas con $8,00 \pm 2,52\%$ y cenizas con $1,80 \pm 0,02\%$, y para la mezcla de 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz cambió $7,38 \pm 2,16\%$ y $1,39 \pm 0,00\%$ respectivamente.

Conclusiones: este estudio demostró que el empleo de harina de chachafruto puede utilizarse efectivamente como reemplazante de la harina de trigo dado que los resultados obtenidos favorecen la fabricación de productos para reemplazar totalmente la harina de trigo por harinas sin gluten.

Palabras clave: alimento; nutricionales; intolerancia; gluten; harina; chachafruto.

Actualización en Nutrición 2020; Vol. 21 (103-110)

ABSTRACT

Introduction: bakery products use wheat flour which contains gluten. People are specifically intolerant to gluten proteins which cause diseases such as irritable colon, and gastrointestinal problems.

The chachafruto is the fruit of the tree called *Erythrina edulis* this plant is classified as a legume and its fruit as a legume. This legume is considered an essential food because it has nutrients and proteins, and is a food option because it does not contain gluten. Its fat content is low and its protein content is high.

Objectives: to evaluate the use of the chachafruto flour in the elaboration of a gluten-free product.

Materials and methods: the chachafruto flour is obtained by separating the seeds from the pods, then they are washed and disinfected to remove impurities and are taken to scalding with hot water for 5 minutes. Then the seeds are mechanically peeled and the head is removed manually, then the seeds are cut into slices in the cutter with a thickness of 3 mm, and they are passed to a tray dehydrator. The drying is carried out at temperatures of 50 and 60°C approximately for 12 hours.

Results: the addition of chachafruto flour changed considerably some parameters of the mixtures for 15% chachafruto flour and 85% amaranth flour in the proteins with $8.00 \pm 2.52\%$ and ash with $1.80 \pm 0.02\%$, and for the mixture of 15% chachafruto flour and 85% rice flour changed $7.38 \pm 2.16\%$ and $1.39 \pm 0.00\%$ respectively.

Conclusions: this study showed that the use of sauerkraut flour can be effectively used as a replacement for wheat flour since the results obtained show, favour the manufacture of products to totally replace wheat flour with gluten-free flours.

Key words: food; nutritional; intolerance; gluten; flour; chachafruto.

Actualización en Nutrición 2020; Vol. 21 (103-110)

INTRODUCCIÓN

Los productos de panadería se consideran base de la alimentación y son de consumo masivo. La gran mayoría se prepara con harina de trigo. Actualmente en el mundo una persona consume 90 kilos al año; en Bogotá se consumen 82 kilos¹.

En los últimos tiempos algunas personas presentan intolerancia al gluten, más específicamente a las proteínas del gluten (glutenina y gliadina), que se encuentra en el trigo y en otros cereales como la avena, centeno y cebada. Una de las propiedades más relevantes de la glutenina es que construye redes proteicas, lo cual aporta la estructura al producto una vez horneado. En cuanto a la gliadina es una proteína vegetal llamada prolamina que posee propiedades de movilidad en geles electroforéticos, es decir que reacciona con movimientos ante incitaciones químicas. En el proceso de elaboración, la gliadina determina la unión de la mezcla al evitar que se deshaga el pan².

Dado que existe la necesidad de fabricar productos de panificación libres de gluten, el chachafruto es el fruto del árbol llamado *Erythrina edulis* -planta catalogada como leguminosa y su fruto como legumbre- y se presenta como una alternativa importante porque las semillas no contienen gluten y son ricas en vitaminas como ácido ascórbico, tiamina, minerales³ (especialmente hierro y calcio), proteínas 11% y carbohidratos 85%.

Actualmente las organizaciones de la salud aconsejan una alimentación balanceada y saludable conforme a las necesidades del cuerpo humano, el cual necesita una dieta apropiada y equilibrada que incluya carbohidratos, lípidos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. Dado que una mala alimentación puede ocasionar anemia y problemas intestinales, por tal motivo se requiere complementar la ingesta diaria. Una opción es elaborar un producto con alto contenido proteico utilizando harina de chachafruto que cuenta con 11% de proteína, esto comparado con la harina de trigo que contiene sólo 7% de proteína en 100 g.

Existe gran interés por el consumo de productos menos modificados y más naturales. El chachafruto se encuentra dentro de esta variedad de alimentos, por lo tanto, en los nuevos mercados es un producto promisorio y se han realizado investigaciones sobre este alimento mostrando sus diferentes usos.

OBJETIVOS

- Evaluar la utilización de la harina de chachafruto en la elaboración de un producto libre de gluten.

- Caracterizar la harina y las masas de chachafruto en términos de sus propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con chachafruto obtenido en la central de abastos en Bogotá (Cundinamarca, Colombia) del local El Milenio que trae el chachafruto de Fusagasugá. Las harinas de amaranto y de arroz se adquirieron en el local Dayelet, fuente local.

Para la obtención de la harina de chachafruto se trabajó en las instalaciones de la planta de vegetales del ICTA de la Universidad Nacional de Colombia, cuyas condiciones eran temperatura 14°C y humedad relativa de 80%. Las semillas vienen en vainas; lo primero que debe hacerse es remover las semillas de las vainas para el proceso; estas semillas deben estar duras y lisas.

Elaboración de la harina

La harina de chachafruto se consigue al separar las semillas de la vaina; luego se lavan y desinfectan para eliminar impurezas y se llevan a escaldado con agua caliente durante 5 minutos (min). Posteriormente se realiza el pelado mecánico y se remueve la testa manualmente; después se cortan las semillas en forma de rodaja en la cortadora Hobart® con un espesor de 3 mm y se pasan a un deshidratador de bandejas. El secado se realiza a temperaturas de 50 y 60° C aproximadamente por 12 horas (h)⁴.

El producto seco se muele en un molino pulverizador industrial y se tamiza hasta obtener una harina fina que se empaca al vacío en bolsas de 500 g para que no pierda sus cualidades nutricionales y tenga un tiempo de vida más largo. Adicional a lo anterior, en nuestro trabajo se realizó el análisis proximal a la harina de chachafruto: la cantidad de proteína por el procedimiento de Kjeldahl, AOAC 950.36, la humedad por gravimetría AOAC 935.29, el porcentaje de cenizas por medio de la calcinación de la muestra en mufla AOAC 923.03 y el porcentaje de carbohidratos se determinó por diferencia. Todos los análisis de caracterización química se efectuaron por triplicado⁵.

Propiedades tecnofuncionales

Capacidad de retención de agua

Se pesó y dispersó 1 g de harina en 30 ml de solución de cloruro de sodio NaCl al 2,0%. Es importante adecuar la solución a pH 7 neutro. Luego, durante 10 min, se agitó y se dejó hidratar durante 18 h. Después

se centrifugó a 2.000 rpm por 30 min, se separó el sobrenadante y se transfirió el residuo a un crisol, se pesó y se obtuvo el valor del residuo húmedo (RH). Posteriormente se secó el residuo a 100°C por 24 h y se pesó; este valor fue el residuo seco (RS)⁶. Se determinó la capacidad de retención de agua con la fórmula 1:

$$CRA = \frac{\text{Residuo húmedo (g)} - \text{Residuo seco (g)}}{\text{Residuo seco (g)}}$$

Índice de absorción de lípidos

Se mezcló 1 g de la harina con 10 ml de aceite vegetal, se agitó durante 30 min. Posteriormente se centrifugó a 3.000 rpm (Centrífuga Universal Roto-fix Hettich®, Alemania), se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento⁷. Se calculó mediante la fórmula 2:

$$\% I.A.L = \frac{\text{Peso del sedimento (g)} - \text{Peso de la muestra (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Índice de absorción de agua (IAA)

Se pesaron 0,5 g de muestra en un tubo de ensayo, se adicionó 10 ml de agua y se agitó durante 30 min. Luego se centrifugó durante 10 min a 3.000 rpm; se retiró el sobrenadante y se pesó el sedimento⁸ con la fórmula 3:

$$I.A.A (g/g) = \frac{\text{Peso del sedimento (g)} - \text{Peso de la muestra (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

Índice de solubilidad en agua %ISA

Se pesaron 2 g de muestra, se añadió 50 ml de agua destilada y se agitó durante 15 min. Se tomó una alícuota de 10 g de la suspensión que se formó y se centrifugó a 3.000 rpm por 15 min; el sobrenadante se decantó y se secó a 100°C durante 24 h⁹. Se determinó con la fórmula 4:

$$\% I.S.A = \frac{\text{Peso del sobrenadante (g)} - \text{Peso seco del sobrenadante (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

Análisis reológicos

Los análisis reológicos se realizaron con el Mixolab, una herramienta de análisis que permite caracterizar el comportamiento reológico de una masa sometida al amasado a diferentes temperaturas. Los análisis los realizó la empresa Molinos Las Mercedes S.A.S según la metodología descrita por la AACC 54-60-01. Se analizaron dos muestras diferentes sustituyendo la harina de trigo por harina de cha-

chafrito, harina de arroz y harina de amaranto en los siguientes porcentajes: 15% harina de chachafrito, 85% harina de arroz, 15% harina de chachafrito-85% harina de amaranto. Se estudió por medio de la curva del mixolab estándar y el resultado de los seis índices del Mixolab profiler.

Los parámetros examinados en la curva del Mixolab estándar fueron: absorción de agua para el desarrollo de la masa (%), estabilidad (min), C1-amasado o comportamiento de la mezcla, C2-calidad de la proteína, C3-gelatinización del almidón, C4-actividad de la amilasa y C5-retrogradación del almidón.

En el Mixolab profiler se observaron los seis índices: índice de absorción de agua, índice de amasado, fuerza de gluten, índice de viscosidad de gel de almidón, índice de resistencia a la amilasa y la retrogradación del almidón¹⁰.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se evaluaron mediante un análisis de varianza (unidireccional ANOVA) con la prueba de las diferencias menos significativas de Fisher (LSD) y un nivel de significación del 95% (p<0,05). El análisis estadístico se completó con el software Statgraphics Centurion XVI (StatPoint Technologies Inc, Warrenton, EE.UU.).

RESULTADOS

Los resultados del análisis proximal del grano y de la harina de chachafrito se muestran en la Tabla 1. Se expresan como porcentaje ± la desviación estándar obtenidos del promedio de los resultados de cada análisis por triplicado en base seca.

En su composición química la harina de chachafrito obtuvo un porcentaje de humedad de 8,17% que concuerda con los resultados de humedad de 8,37% para la harina de chachafrito arrojados por Arango¹¹.

Para el porcentaje de grasa, la harina que reflejó mayor contenido fue la de amaranto con 1,67%, comparado con 0,42% a 1,32% de grasa correspondiente a la harina de chachafrito y la mezcla de 15% harina de chachafrito y 85% harina de amaranto respectivamente. Las mezclas no reflejaron porcentajes de humedad con mayor diferencia. En cambio, los porcentajes de fibra de las mezclas de harina de amaranto y chachafrito oscilaron entre 7%, y la mezcla de harina de arroz y chachafrito 0,8%.

En cuanto al porcentaje de almidón total, la harina de chachafrito obtuvo 46,7%, el menor valor, y el más alto fue para la harina de arroz con 79,4%.

El mayor porcentaje de proteína lo presentó la

harina de chachafruto con 11,9%. A su vez el contenido de cenizas presentó el mayor porcentaje con 6,4% para la harina de chachafruto ya que contiene minerales como hierro (0,98 mg) y calcio (13 mg), frente a la mezcla con un contenido de ceniza de 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto con 1,80%, y la mezcla de 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz con 1,39%.

Con los carbohidratos totales resultó que la harina de chachafruto obtuvo 80,26%. La harina

de chachafruto presentó un valor alto de carbohidratos¹² (>50%). La harina de amaranto obtuvo el mayor porcentaje de carbohidratos totales con 90,27%, mientras que la mezcla de harina de chachafruto y harina de arroz presentó 89,75%.

El porcentaje de carbohidratos totales y el porcentaje de almidón total para las harinas resultaron significativamente diferentes ($p>0,05$), siendo la harina de arroz la que mostró mayor porcentaje de carbohidratos totales y almidón total.

Tabla 1: Análisis proximal de las harinas de chachafruto, arroz, amaranto y mezclas en base seca.

Tipo de harina	Humedad (%)	Grasa (%)	% Almidón total	Fibra (%)	Proteína (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos totales (%)
Harina de chachafruto	8,17±0,02 ^c	0,42±0,08 ^b	46,7±0,6 ^b	0,96±0,45 ^e	11,90±0,17 ^e	6,44±0,01 ^a	80,26±0,19 ^b
Harina de amaranto	10,67±0,04 ^b	1,67±0,07 ^a	57,63±0,09 ^a	10,16±0,76 ^d	8,28±3,33 ^f	1,11±0,02 ^b	78,74±1,56 ^c
Harina de arroz	11,16±0,07 ^b	0,76±0,02 ^b	79,4±0,1 ^c	0,91±0,17 ^e	7,46±2m85 ⁱ	0,57±0,02 ^b	90,27±1,39 ^a
Mezcla 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto	10,26±0,03 ^{ef}	1,32±1,27 ^a	55,99±0,16 ^{de}	7,76±0,63 ^g	8,00±2,52 ^f	1,80±0,021 ^b	81,10±1,06 ^{bc}
Mezcla 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz	9,59±0,05 ^a	0,63±0,58 ^b	74,49±0,17 ^b	0,82±0,19 ^{ef}	7,38±2,16 ^f	1,39±0,0037 ^b	89,75±0,98

Los valores de la misma columna con diferente letra tuvieron diferencias significativas ($p>0,05$). Las letras hacen referencia a las diferencias significativas de cada valor.

Propiedades funcionales

Las propiedades funcionales de las harinas se muestran en la Tabla 2. Se reportan los valores promedio de índice absorción de lípidos (IAL): el más alto fue para la harina de arroz con 1,96% y el de las otras harinas resultó en aproximadamente de 1,66% a 1,85% para la harina de chachafruto y amaranto. En las mezclas se observó que los resultados de índice de absorción de lípidos IAL más altos se presentaron en la mezcla de 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz fue de 172,17%, lo cual indica que son harinas que fomentan la absorción y retención de grasa, lo que en consecuencia, ayudaría a mantener la estabilidad de la masa.

El mayor porcentaje para la capacidad de retención de agua (% CRA) fue de 2,96% para la harina de arroz, y el más bajo con 2,61% que correspondió a la harina de chachafruto; esto señala que las proteínas de harina de arroz, de amaranto y de chachafruto están en un porcentaje de retención agua (entre un rango de 2,50 a 3,00), interaccionan mejor con el agua y por ende van a influir en la adherencia de la masa y la textura final del producto. El porcentaje de la capacidad de retención de agua de las mezclas de harinas se presentó con la proporción de 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz con 290,94%.

La harina de amaranto mostró los resultados más

altos para el índice de absorción de agua (IAA) con 2,89 g/g, el índice de solubilidad de agua (% ISA) 26,50%, mientras que la harina de chachafruto obtuvo el menor valor de % ISA 16.636 y de IAA de 2,51 g/g. El índice de absorción de agua indicó el volumen ocupado por la harina después de expandirse en exceso de agua lo que sería el gel formado. El más alto IAA fue 2,83±0,54 g/g para la mezcla de 15% harina de chachafruto y 85% de harina de amaranto, y el más bajo con 2,44±0,08 g/g para las mezclas de harina de chachafruto y harina de arroz. Esto significa que la mezcla de chachafruto y amaranto posee más grupos hidrofílicos y forma más geles entre las macromoléculas¹³.

El porcentaje de índice de solubilidad de agua para las harinas resultó significativamente diferente ($p>0,05$) para la harina de amaranto, la cual indicó mayor % ISA.

Estos resultados señalan que las mezclas de harinas de amaranto poseen menor contenido de amilopectina, es por ello que presentan menor porcentaje de retención de agua. Pero al comparar con el índice de solubilidad en agua (% ISA), indica que las mezclas con mayor índice son las de harina de chachafruto y harina de amaranto con 24,97% y las mezclas con harina de chachafruto y harina de arroz con aproximadamente 20,12%, lo que significa que

las mezclas de chachafruto y amaranto obtuvieron mayor atracción entre las moléculas y la cantidad de componentes solubles liberados de la mezcla fue mayor debido a la hidratación¹⁴.

Tabla 2: Propiedades funcionales de diferentes tipos de harinas.

Muestra	(%) IAL	(%) CRA	IAA (g/g)	(%) ISA
Harina de chachafruto	1,66±3,83 ^{de}	2,61±4,42 ^{ab}	2,51±0,47 ^b	16,36±1,02 ^a
Harina de amaranto	1,85±3,23 ^{de}	2,82±1,40 ^{ab}	2,89±0,56 ^b	26,5±0,48 ^c
Harina de arroz	1,96±4,30 ^{de}	2,96±2,40 ^{ab}	2,43±0,02 ^b	20,79±0,2 ^b
Mezcla 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto	164,11±2,99 ^a	279,12±1,85 ^c	2,83±0,54 ^d	24,97±0,56 ^{ab}
Mezcla 15% harina de chachafruto y 85% de harina de arroz	172,17±3,79 ^b	290,94±2,70 ^f	2,44±0,08 ^b	20,12±0,32 ^e

IAL: índice absorción de lípidos; CRA: capacidad de retención de agua; IAA: índice de absorción de agua; ISA: índice de solubilidad en agua. Los valores con la misma letra en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$). Las letras hacen referencia a las diferencias significativas de cada valor.

Caracterización de las masas

Análisis por medio del uso del equipo Mixolab Profiler. Como se resume en la Tabla 3, se registran los resultados experimentales de los índices de absorción de agua, amasado, fuerza de gluten, viscosidad, resistencia de la amilasa y retrogradación del almidón, obtenidos mediante el empleo del equipo Mixolab Profiler, en mezclas con diferentes porcentajes de sustitución de harinas.

Absorción de agua

La absorción de agua de la masa de 15% harina de chachafruto y 85% de amaranto alcanzó un valor de 3, el más alto entre las masas, lo que significa que las masas no absorben mucha agua. Este tipo de masas, según la absorción de agua, es ideal para productos como hojaldre con un rango de absorción de 2 a 3, y galletería con rangos¹⁵ de 1 a 2.

La absorción es muy importante para la calidad del producto final, ya que si el agua no se liga de manera correcta a la estructura del almidón puede perder agua en el horneado y, por lo tanto, el producto de panadería será seco y se endurecerá más rápidamente.

Índice de amasado

El resultado alcanzado en las masas fue un valor de 1. En estas masas la estabilidad en el amasado es poca lo que quiere decir que a menor índice, menor estabilidad en el amasado. Esto se presentó principalmente a que no tenían gluten dado que a mayor cantidad de gluten se produce mayor amasado y así las masas son capaces de soportar el estiramiento durante la fermentación¹⁶, por lo tanto estas masas no son resistentes.

Índice de gluten

Los valores obtenidos en las mezclas fueron 0 dado que estas harinas no contienen gluten. Estas masas no tienen plasticidad ni elasticidad, es decir no tienen fuerza en los enlaces entre la gluteína y la gliadina, proteínas del gluten para generar una red y realizar la fermentación.

Índice de viscosidad

La viscosidad implica una deformación del almidón que ocurre cuando se mezcla la harina con agua y se aumenta la temperatura¹⁷ (1969). Según los valores presentados en la Tabla 3, las dos masas tuvieron un mismo índice de viscosidad con un valor de 0, lo que significa que el comportamiento de las moléculas de almidón de la masa fue semejante, mientras más bajo fue el índice menos viscosa fue la masa.

Resistencia de la amilasa

El índice en las mezclas de harina de chachafruto con amaranto y chachafruto con arroz fue de 4, lo que quiere decir que entre más alto el índice, menos fuerte es la actividad amilásica¹⁸.

Modificación del almidón

Mientras más alta es la modificación, menos tiempo de vida útil tendrá el producto de panadería. La masa de 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto obtuvieron un valor de 3 por lo cual el producto elaborado con estas masas puede sufrir envejecimiento, más rápido pierde la calidad de la miga y por lo tanto se afecta la vida útil del producto. La otra masa presentó un índice de 2, por lo tanto, el producto tendrá una vida útil más larga y, según la retrogradación del almidón, es adecuado para galletas.

Tabla 3: Caracterización del comportamiento reológico de las diferentes mezclas de harinas en el Mixolab Profiler.

Tipo de masa	Absorción	Amasado	Gluten	Viscosidad	Amilasa	Retrogradación
Masa 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto	3	1	0	0	4	3
Masa 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz	2	1	0	0	4	1

Los valores en la tabla son el resultado que presentó cada masa en los diferentes índices según el equipo Mixolab utilizado.

Caracterización de masas por el Mixolab estándar

Los análisis con el Mixolab se realizaron a mezclas de chachafruto y amaranto en la proporción 15:85, y las mezclas de chachafruto y arroz con 15:85. Como se presenta en la Tabla 4, los valores obtenidos se reportaron en Nm (Newton por metro), que caracterizan la magnitud del torque, calculan la rotación que provoca la fuerza sobre la masa, y proporcionan la estimación de la amplitud y el tiempo de la estabilidad de la masa.

La curva C1 corresponde a la estabilidad e hidratación de la mezcla. Muestra el desarrollo de la masa; si una masa tiene mayor tiempo de amasado, significa que es una harina fuerte¹⁹.

El tiempo de amasado óptimo sería de 4 a 5 min y las harinas que tienen un valor inferior a eso son harinas débiles. En este caso todas las masas registran un tiempo de entre 1 a 1,90 min, por lo cual estas masas son débiles, es decir, ofrecen débiles cualidades para formar un pan porque carecen de gluten, pero son adecuadas para la elaboración de galletas²⁰.

Desarrollo de la masa en C1

En los resultados obtenidos en esta primera curva, las mezclas presentaron un tiempo de entre 2,08-1,90 min y un torque entre 1.07-1.10 PAR (Nm) que es la unidad de fuerza por la unidad de distancia que se mantuvo en un rango normal; así puede inferirse que las mezclas tienen un par o torque normal pero el tiempo en el que llegan a 1.1 no supera los 3 min, por lo tanto, las harinas son débiles.

La estabilidad del amasado de las mezclas presentó rangos de 3:32-3:47 min, lo que significa que es una harina débil y presentará una fermentación menos larga dado que estas masas no contienen gluten. Esto refleja a menor tiempo de estabilidad, mayor debilidad estructural del gluten en la masa.

Calidad de la proteína C2

Las masas no registraron Par (Nm), esto quiere decir que se pierde gran calidad de proteína debido

a la sustitución lo que hace que no exista una gran cantidad de gluten o se forme la red de gluten, no se atrape gran cantidad de CO₂ y el producto no pueda atrapar ese gas, por lo cual no permite que se genere volumen en el producto.

Gelatinización del almidón C3

En este análisis hay un incremento de la temperatura, lo que simula que el producto ya está dentro del proceso de horneado y se procede a efectuar la gelatinización del almidón, así se produce un aumento en el Par dado que aumenta la viscosidad de la masa y está bastante ligado a la calidad de almidón que se encuentre en las harinas.

De forma general, una harina con una calidad superior de almidón y una actividad amilástica más baja tendrá un C3 más elevado. Dentro de los resultados de C3, el almidón presente en las mezclas es muy bueno porque el más alto es de 2.03 Nm de la mezcla de 15% chachafruto y 85% amaranto, y difiere de la harina de trigo en 0,10 Par (Nm) aproximadamente. En cuanto se incrementa el grado de reemplazo con la harina de chachafruto, la calidad del almidón aumenta porque el almidón de chachafruto es considerado un almidón de alta calidad, lo que se comprueba en las características físicas del producto elaborado. Esta etapa es importante dado que fijará la miga la cual afectará a la textura; si el Par es muy bajo quiere decir que la masa es ideal para productos de poco volumen y miga pegajosa²¹.

Actividad de la amilasa C4

La amilasa es una enzima que va a cortar y desdoblar el almidón en dextrinas que son moléculas más pequeñas. Las dextrinas empezarán actuar en el proceso de cocción durante la gelificación del almidón donde, al enfriarse, la masa aumenta su consistencia y también influirá en el volumen de la masa, es decir, que si hay mayor actividad amilásica, el producto se desbordará y tendrá consistencia casi líquida. Pero si la actividad es muy baja no habrá volumen y la miga será muy rígida. Para este caso

los valores del Par o torque de las mezclas que evidenció resultado fue la masa de 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto con un par de 1.11 Nm. La otra mezcla no reportó resultado por lo tanto su actividad amilásica fue muy baja.

Retrogradación del almidón C5

En las mezclas se reflejan valores bajos de retrogradación de almidón, lo que provoca que la vida útil del producto aumente. Mientras más alta es la modificación del almidón, menos tiempo de vida útil tendrá el producto. La masa de 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto obtuvo un valor de 3 por lo cual el producto elaborado puede sufrir envejecimiento más rápido porque pierde la

calidad de la miga y se afecta a la vida útil del producto. Las otras masas presentaron un índice de 1, por ende, el producto tendrá una vida útil más larga y, según la retrogradación del almidón, es adecuado para galletas.

La estabilidad se encontró en un rango de 3:47-3:32 min, el mayor valor para la mezcla de 15% chachafruto y 85% de arroz respectivamente. La amplitud más alta fue para 15% chachafruto y 85% arroz con 0.09 Nm; la otra mezcla se ubicó por debajo de este valor, por lo tanto, estas masas no tienen extensibilidad de amplitud adecuada para productos de panadería que requieran mayor volumen, pero son masas adecuadas para galletas que no necesitan valores de volumen alto ni gran extensibilidad.

Tabla 4: Caracterización de las masas en Mixolab estándar.

	Masa 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto		Masa 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz	
Curva	(%) humedad	(%) humedad	(%) humedad	(%) humedad
Curva	10,7	56,5	11,3	55,0
Curva	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
Curva	0,06	3,32	0,09	3,47
Curva	Tiempo (min)	PAR (Nm)	Tiempo (min)	PAR (Nm)
C1	1,90	1,07	2,08	1,10
C2	11,08		15,58	
C3	36,52	2,03	39,53	0,50
C4	37,70	1,11	30,00	
C5	45,02	0,02	45,02	

C1: desarrollo de la masa; C2: calidad de la proteína; C3: gelatinización del almidón; C4: actividad de la amilasa; C5: retrogradación del almidón; Nm: Newton por metro..

CONCLUSIONES

Comparando los valores a los hallados²² en la harina de trigo, el valor de la humedad fue de 14,04%, proteína de 9,10% y almidón total 70%, contenido de grasa 0,28% y cenizas 2%, lo que demuestra que la harina de chachafruto obtuvo mayor porcentaje de proteína con 11,9% y menor porcentaje de almidón con 46,7%; sólo la harina de arroz tuvo un porcentaje mayor de almidón total con 79% y la mezcla de 15% harina de chachafruto y 85% harina de arroz obtuvo el mayor porcentaje de carbohidratos totales con 89%.

Además, los resultados reportados²³ para la harina de trigo mostraron valores inferiores frente a las harinas de chachafruto, amaranto y arroz. La harina de trigo presentó un IAA de 1.92 g/g y el % ISA 2.09.

Este estudio demostró que la utilización de 15% harina de chachafruto y 85% harinas de otras fuentes como amaranto y arroz sirven para elaborar productos libres de gluten. Sin embargo, la adición de la harina de chachafruto cambió considerablemente algunos parámetros de las mezclas como proteínas y cenizas, ya que esta harina puede utilizarse efectivamente como reemplazante de la harina de trigo debido a que los resultados obtenidos muestran que las mezclas con otras harinas libres de gluten, como la harina de amaranto o harina de arroz, favorecen la fabricación de productos de panadería.

Las mezclas de 15% harina de chachafruto y 85% harina de amaranto y harina de arroz cumplieron con las condiciones tecnológicas para elaborar productos de panadería como las galletas sin gluten.

REFERENCIAS

1. World Health Organization. Healthy eating. Geneva; 2017. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
2. M. d. P. Social. Esteller, M. S. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia ENSIN; Efecto del azúcar y de los sustitutos de grasas en la textura de los productos horneados. *Journal of Texture Studies*; 2010. 35(4): 383-393.
3. Acero L. Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú (*Erythrina edulis*). Ed. ICA. Convenio Andrés Bello 2002. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11621>.
4. Dufor L. Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú (*Erythrina edulis*) Triana ex Micheli; 2009. Disponible en: <http://babel.banrepcultural.org/cdm/ref/collection/p17054coll10/id/1300>
5. AOAC Official Methods of Analysis ; 2012. Disponible en <https://www.aoac.org/methods.1.2012-djvu.txt>
6. Summer J, Brewings Science. Technology and print, 1700-1880. First published by pickering and chatto publishers limited; 1976. ISBN 13:978-1-84893-423-8.
7. Rodríguez J. Fibra dietética: propiedades funcionales y procesos tecnológicos 1996. En II Curso internacional de fibra dietaria almidón resistente. Santa Fe de Bogotá.
8. Henao S. Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación; 2004. Trabajo de Grado de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Palmira, Valle del Cauca; 154.
9. Ospina B. Desarrollo de una harina precocida de yuca para la elaboración de masas preformadas tipo croqueta. 2005; Cuarto informe de avance (Comunicación Interna). Cali: Consorcio Latinoamericano CLAYUCA-Universidad del Valle.
10. Clair L. Chopin technologies. Mixolab: Manejo de análisis de resultados; 2009. Buenos Aires.
11. Arango C. Composición química, fibra dietética y contenido de almidón resistente de guisantes crudos y cocidos, judías comunes, garbanzos y legumbres de lentejas; 2012. *Química de los Alimentos*; Vol. 94; 327-330.
12. Duarte V. Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y el almidón de chachafruto; 2000. *Revista Ingenium*; 2:16-32.
13. Gómez M, Aguilera J. A physicochemical model for extrusion of starch; 1984. *Journal of Food Science*; 49,1:40-43.
14. Añon M. Obtención, caracterización estructural y determinación de las propiedades funcionales de un aislado proteico de quinua orgánica; 2001. Recuperado el 27/05/18 de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105605>.
15. Prieto M, et al. Concepto de calidad en la industria agroalimentaria Interciencia; 2008. *Revista de Ciencia y Tecnología de América*; Vol. 33, N° 4:258-264.
16. Álvarez A. Utilización de mejoradores en la harina de trigo nacional (*Triticum aestivum*) para la elaboración de pan; 2012. Recuperado el 15/06/13 del repositorio digital UTA. Universidad Técnica de Ambato, de: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/3091>.
17. Bennion E. Fabricación de pan; 1969. Cuarta Edición, Editorial Acribia Zaragoza-España: 9-105.
18. Lagomarsino A. Amilasas; 2011. Disponible en: <http://www.lagomarsino.com.ar/es/institucional/articulosector.php?ID=294>, obtenido el 19/04/2019.
19. Sandoval G, Álvarez M, Paredes M, Lascano A. Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*) y papas (*Solanum tuberosum*) para la utilización en la elaboración de pan; 2012. *Scientia Agropecuaria*; 2:123-131.
20. Lascano A. Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum Vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*) nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias; 2010. Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. Repositorio electrónico UTA. Recuperado el 20/05/19 de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789. /867>.
21. Zanella O. Obtención y caracterización fisicoquímica del almidón de la semilla de chachafruto; 2005. Tesis de grado Universidad Nacional de Colombia.
22. Surco J. Harinas compuestas de sorgo-trigo para panificación; 2010. *Revista Boliviana de Química*; 27:19-27.
23. Rodríguez E. Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinua y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas; 2012. *Revista U.D.C.A*; 15:199-207.