



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Características reológicas, nutricionales y sensoriales de panes
elaborados a partir de granos de chocho (*Lupinus mutabilis*)
fermentados como masas madres Tipo II.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERA EN ALIMENTOS**

Autora:
ROCÍO DEL PILAR FERNÁNDEZ CAIZATASIG

Director:
MARCO LAZO VÉLEZ

CUENCA – ECUADOR
2018

DEDICATORIA

A Dios, quien es mi fortaleza.

*A mis padres Paulino y Alicia, quienes me
brindaron la oportunidad de estudiar.*

A mi esposo Wilson, quien ha sido mi apoyo.

A mi hijo Eduardo, quien es mi razón de vivir

A mis hermanos y a mi tía Carmen,

Y a todos mis familiares y amigos que creyeron en mí.

¡Para ellos, con infinito amor!

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis, en primer lugar, quiero agradecerle a Dios, por haberme fortalecido en todo momento a lo largo de mi carrera y me ha bendecido en cada paso que he dado.

A la Universidad del Azuay, gracias por permitirme ser parte de este proyecto y su apoyo financiero brindado, contribuyendo en mi realización profesional. Conjuntamente gracias a profesores y a las personas quienes aportaron con sus conocimientos en el desarrollo de este trabajo.

A mi director de tesis, Dr. Marco Lazo por su esfuerzo, quien, con sus conocimientos, su experiencia y su paciencia, ha logrado que pueda culminar esta investigación con éxito.

A mis padres, Paulino y Alicia por apoyarme en todo momento, por sus consejos que fueron prioritarios en mi vida y por haber creído y confiado en mí. A mis hermanos David, Liliana y Michael por ser parte de mi vida, llenándome de alegría cuando más lo he necesitado.

A mi esposo, Wilson por su apoyo, paciencia y amor incondicional en todo este proceso, que me han ayudado mucho a lo largo de este recorrido.

Y por último a mis familiares, amigos, y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que yo pueda realizar esta investigación.

¡Muchas Gracias!

**CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS, NUTRICIONALES Y SENSORIALES DE PANES
ELABORADOS A PARTIR DE GRANOS DE CHOCHO (*LUPINUS MUTABILIS*)
FERMENTADOS COMO MASAS MADRES TIPO II.**

RESUMEN

El Chocho (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa, importante fuente de proteína y fibra. Su uso como alimento está sujeto a la eliminación de su contenido de alcaloides tras un proceso de desamargado y cocción, que demanda grandes cantidades de agua. Para la elaboración de panes a partir de granos de chocho fermentados como masas madres Tipo II (MMTII) se utilizó harina de 10 días de desamargado (proteína 58,66% y fibra 2,84%) y sustituciones de 5, 10, 15 y 20% de harina de trigo. Los mejores resultados en las propiedades panificables de masas y sensoriales de los panes se lograron con la sustitución entre 5 y 10% de MMTII.

Palabras Clave: Chocho (*Lupinus mutabilis*), masa madre tipo II, pan, proteína, fibra.



Marco Antonio Lazo Vélez

Director de Tesis



María Fernanda Rosales Medina

Coordinador de Escuela



Rocío del Pilar Fernández Caizatasig

Autora

RHEOLOGICAL, NUTRITIONAL AND SENSORIAL CHARACTERISTICS OF BREADS MADE FROM LUPINE BEANS (*LUPINUS MUTABILIS*) FERMENTED AS TYPE II SOURDOUGH.

ABSTRACT

Lupine (*Lupinus mutabilis*) is a leguminous and important source of protein and fiber. Its use as food was subject to the elimination of its alkaloid content after a process of debittering and cooking. This demanded large amounts of water. It was necessary 10 days of debittering flour (protein 58.66% and fiber 2.84%) and substitutions of 5%, 10%, 15% and 20% wheat flour for the preparation of breads made from fermented lupine beans as Type II sourdough (MMTII). The best results in bread and dough sensory properties of the loaves were achieved with the substitution between 5% and 10% of MMTII.

Keywords: Lupine (*Lupinus mutabilis*), type II sourdough, bread, protein, fiber.



Marco Antonio Lazo Vélez

Thesis Director



María Fernanda Rosales Medina

Faculty Coordinator



Rocío del Pilar Fernández Caizatasig

Author


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas
Translated by
Ing. Paul Arpi

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
 INTRODUCCIÓN	 1
 CAPÍTULO I. MATERIALES Y MÉTODOS.....	 4
1.1. Materia Prima.....	4
1.2. Proceso de elaboración de harina cruda de chocho	4
1.3. Proceso de elaboración de harina cocida de chocho	5
1.4. Proceso de desgrasado en las harinas de chocho	5
1.5. Determinación de proximales.....	6
1.6. Determinación de alcaloides, saponinas, ácido fítico, azúcares reductores y flatulentos	7
1.7. Proceso de elaboración de masas madre tipo II de harina de chocho.....	7
1.8. Proceso de elaboración del pan con sustitución de MMTII de harina de chocho.	7
1.9. Análisis Sensorial.....	8
1.10. Análisis estadístico.....	9
 CAPITULO II. RESULTADOS	 10
2.1. Composición proximal de las diferentes harinas de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).	10
2.2. Compuestos antinutricionales en las harinas de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).	12

2.3.	Efecto de la adición de chocho fermentado como MMTII en las propiedades panificables de panes preparados por el método de micropanificación	14
2.4.	Composición química proximal de los panes experimentales.	18
2.5.	Análisis Sensorial	20
CAPITULO III. DISCUSIÓN.....		22
CONCLUSIÓN		25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		26
ANEXOS		30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elaboración de Harina Cruda de Chocho.	4
Figura 2. Elaboración de la Harina cocida de Chocho.....	6
Figura 3. Escala Hedónica de 9 puntos.	9
Figura 4. Panes con sustitución experimental de harina de chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).	17
Figura 5. Pan con sustitución del 10% de MMTII de HC-10dD.	17
Figura 6. Evaluación de puntajes para panes experimentales.	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fórmula de pan de molde con harina de chocho fermentada como masas madres tipo II.	8
Tabla 2. Composición proximal de las harinas de chocho	11
Tabla 3. Composición de azúcares reductores de las harinas de chocho	12
Tabla 4. Variación de factores antinutricionales de las harinas de chocho	13
Tabla 5. Efecto de la adición de chocho fermentado como MMTII en las propiedades reológicas panificables de panes preparados por el método de micropanificación	15
Tabla 6. pH inicial y final de las masas de los panes experimentales	16
Tabla 7. Efecto de la adición de masa madre tipo II fermentada con harina de chocho sobre la composición proximal del pan.....	19
Tabla 8. Resultado del análisis sensorial de los panes experimentales	20

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para el análisis sensorial.....	30
Anexo 2. Determinación de mohos y levaduras.....	30

Fernández Caizatasig Rocío del Pilar

Trabajo de Graduación

Ing. Marco Lazo Vélez, PhD

Enero, 2018

**CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS, NUTRICIONALES Y SENSORIALES DE PANES
ELABORADOS CON HARINA DE CHOCHO (*LUPINUS MUTABILIS*) FERMENTADA COMO
MASAS MADRES TIPO II.**

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una creciente demanda por alimentos más saludables, en el Ecuador, la falta de nutrientes repercute en el crecimiento, salud y desarrollo cognitivo de los individuos, especialmente notorio en edades tempranas; mientras que en adultos los problemas de obesidad y otras enfermedades cardiovasculares son desencadenadas por un desbalance o exceso de nutrientes. Esto sin duda, limita la capacidad en la persona adulta para generar ingresos, repercutiendo en el desarrollo social de su comunidad y del país.

Así, en el Ecuador existe un alto consumo de productos farináceos, especialmente el pan, componente de la canasta básica ecuatoriana. El pan es una fuente rica en hidratos de carbono, proteínas (en su mayoría de origen vegetal), fibra, vitaminas del grupo B (B1, B2, B3 y B6), minerales (fósforo, magnesio, potasio y sodio) y grasa (Narváez 2012). Los productos de panificación debido a sus características de vida de anaquel (baja actividad de agua y menor susceptibilidad al crecimiento microbiano), su bajo costo, tecnologías de producción accesible y por su alto consumo, pueden ser utilizados como vehículo para programas de fortificación y/o enriquecimientos de nutrientes como proteínas, fibra y otros compuestos nutracéuticos derivados de leguminosas (Güemes et al. 2009).

Por otra parte, el chocho (*Lupinus mutabilis*) es una planta alimenticia nativa de la Región Andina, con un valor nutritivo excepcional. La misma posee un contenido de proteína entre (41 – 51 %) (Jacobsen y Mujica 2006), altos contenidos de Fe y Zn de alrededor de 74 y 63 mg/kg de grano, respectivamente (Salazar 2015), fibra e importantes cantidades de fitoquímicos bioactivos con capacidad antioxidante como los polifenoles. Además, poseen también bajos niveles de

compuestos no nutricionales (inhibidores de tripsina, ácido fítico, saponinas y lecitinas) y grandes cantidades de alfa-galactósidos (7 – 15 %) (Martínez et al. 2009).

El chocho ha sido utilizado como ingrediente en la fabricación de pan; sin embargo, esta leguminosa no ha sido estudiada como materia prima para la fabricación de masas madres. Estas últimas, son “una mezcla de harina (trigo, centeno, arroz, etc...) y agua, fermentada por bacterias del ácido láctico y levaduras, que son responsables de su capacidad para levar la masa, mientras que al mismo tiempo e inevitablemente la acidifican” (Ordóñez 2015). Se reconocen tres tipos de masas madres para la elaboración del pan: tipo I, II y III.

La masa madre tipo uno está fabricado con técnicas tradicionales, caracterizándose por su frescura continua para mantener los microorganismos en un estado activo y tiene alta actividad metabólica. Por otro lado, dieron lugar a la evolución de la masa madre tipo II, que son procesos fermentativos más rápidos, más eficientes, controlables y a mayor escala, siendo preparaciones semifluidas y sirven fundamentalmente como acidificadores de masa (Ordóñez 2015). También, las masas madres tipo III, son masas industrializadas sometidas a procesos de liofilización y fermentación iniciada por cultivos seleccionados, las cuales en su mayoría contienen LAB que son resistentes al secado y son capaces de sobrevivir en esa forma (Behera y Ray 2015).

Los microorganismos que componen la microflora de la masa madre son más activos juntos que aislados, es decir, existe una simbiosis entre ellos. La acidificación producida por las bacterias lácticas se desarrolla mejor en presencia de las levaduras (Bernabé et al. 2007). En este caso, estas bacterias son probióticas y se utilizan para adicionar una propiedad definida, otorgando un valor agregado al alimento que lo contiene, ingresando en la categoría de alimentos funcionales, pues proporcionan beneficios para la salud del consumidor más allá de los nutricionales propios del alimento (Villanueva 2015). En cuanto a levaduras, la *Saccharomyces cerevisiae* ayuda en producción de sustancias que colaboran en la modificación de las estructuras de las proteínas de la harina (gluten), de forma que las paredes celulares estén capacitadas para retener el anhídrido carbónico producido; desarrolla parte del aroma y sabor, mediante la producción de alcoholes, aromas típicos de panificación, éteres, ácido acético, butírico y láctico; también ayuda a la subida de la masa, debido a la producción de anhídrido carbónico, alcohol etílico y energía por la transformación de la glucosa (Salazar 2013) y la *Saccharomyces boulardii* es una levadura probiótica, capaz de inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos y actúa como un transportador liberando enzimas, proteínas y factores tróficos durante su tránsito interintestinal, mejorando las defensas inmunológicas del huésped, la digestión y la absorción de nutrientes (Mejía et al. 2016).

El objetivo de esta investigación, considerando la funcionalidad del pan como vehículo para enriquecimiento de nutrientes, así como por las características nutritivas del chocho, fue determinar si la harina de esta leguminosa procesada como una masa madre tipo II, cumple con las condiciones para la elaboración de un producto de panificación; mejorando la calidad nutricional especialmente aumentando su valor proteico y de fibra. Esto último permitirá que los productos de panificación así elaborados, tengan una oportunidad de competir en los crecientes mercados enfocados a la comercialización de alimentos funcionales.

CAPÍTULO I

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Materia Prima

Los granos de chocho *Lupinus mutabilis* var. Bola (L), adquiridos en La Verde (Machachi, Ecuador), fueron clasificados, limpiados, enfundados, pesados y congelados a -20°C.

Los ingredientes usados para la fabricación de los panes experimentales son: azúcar (San Carlos, Ecuador), sal (Cris-sal, Ecuador), grasa vegetal (Mantepan, Ecuador) y la harina de trigo (11 % de humedad, el 10 % de proteína, y 0,87 % de cenizas). Los mismos fueron adquiridos comercialmente en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

1.2. Proceso de elaboración de harina cruda de chocho

Para obtener la harina cruda (HR), los granos de chocho (*Lupinus mutabilis*) fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio 0,3% (p/v) por 3 minutos e inmediatamente lavados por tres ocasiones con agua destilada, en donde el exceso de agua de los granos fue eliminado con papel secante. Posteriormente los granos fueron reducidos en un molino para café (Krupps, Solingen, Alemania), obteniendo harina que al ser pasada a través de un tamiz de 180 µm, cumple con el requisito de tamaño de partícula de la norma NTE INEN 616, Figura 1.

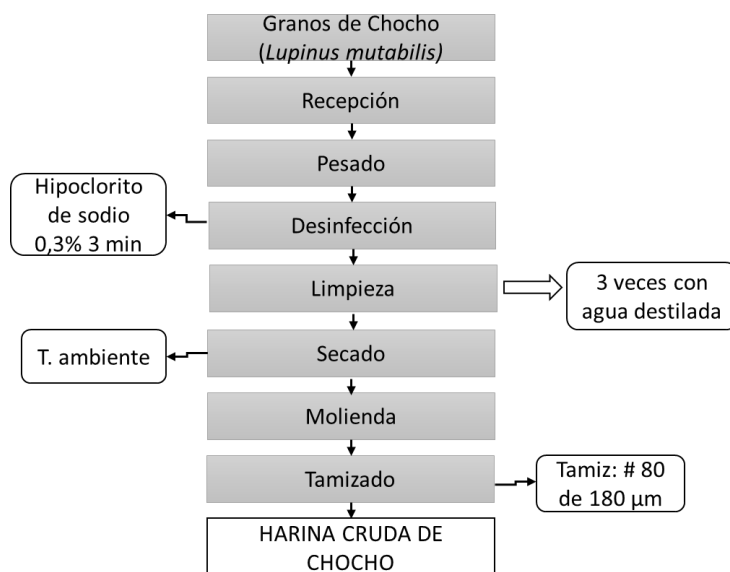


Figura 1. Elaboración de Harina Cruda de Chocho.

1.3. Proceso de elaboración de harina cocida de chocho

Los granos de chocho (*Lupinus mutabilis*) fueron desinfectados (inciso 1.2), procediendo luego según Apunte y León (2012), sometiendo a los granos a un pre-tratamiento de desamargado, que consistió en el remojo del grano durante 24 horas, pasando a una pre-cocción por una hora; posterior a esto, se realizó un lavado continuo de los granos de 5 y 10 días, cambiando el agua tres veces por día. Luego de proceder al descascarado del chocho lavado, este fue cubierto con agua a una relación 1:2 (p/v) y se procedió a su cocción a una temperatura de 65°C, pasados 3 minutos se dejó enfriar hasta alcanzar los 25°C. Para la extracción de la leche, se licuó los granos cocidos en una relación de dos partes de agua por una de chocho, obteniendo el bagazo para el secado y la leche como residuo. Este proceso se realizó con la finalidad del reducir el porcentaje de grasa para evitar problemas de enranciamiento y formación de gránulos en el producto final. A continuación el bagazo se puso a secar en una cámara de secado (Tecnopast, Trento, Italia) durante 24 horas, a una temperatura de 55°C. El bagazo seco se transfirió a un molino para café (Krupps, Solingen, Alemania) obteniéndose una harina de color marrón, para luego ser pasada a través de un tamiz de 180 µm, cumpliendo con el requisito de tamaño de partícula de la norma NTE INEN 616. Finalmente, se obtuvieron dos harinas cocidas según el número de días de remojo del chocho para el desamargado, la una de 5 días de desamargado (HC-5d) y la de 10 días (HC-10d). A continuación, se describe el proceso en la Figura 2.

1.4. Proceso de desgrasado en las harinas de chocho

El proceso de desgrasado se desarrolló según Mosquera (2017), utilizando las harinas HR, HC-5d y la HC-10d. En 440 ml de solvente n-hexano fueron mezclados con 560 gr de harina de chocho durante 90 min con agitación manual a intervalos de 15 min. Repitiendo este procedimiento por 3 veces. Transcurrido el tiempo, las soluciones se filtraron en papel filtro (Whatman N° 40). Finalmente se eliminó el solvente de la harina desgrasada, usando secado al aire bajo una campana de extracción (Esco Ascen, EE. UU) hasta que el olor a n-hexano era imperceptible. Las harinas que se obtuvieron fueron la harina de chocho cruda desgrasada (HRD), la harina de chocho cocida de 5 días de desamargado y desgrasado (HC-5dD) y la de 10 días de desamargado y desgrasado (HC-10dD).

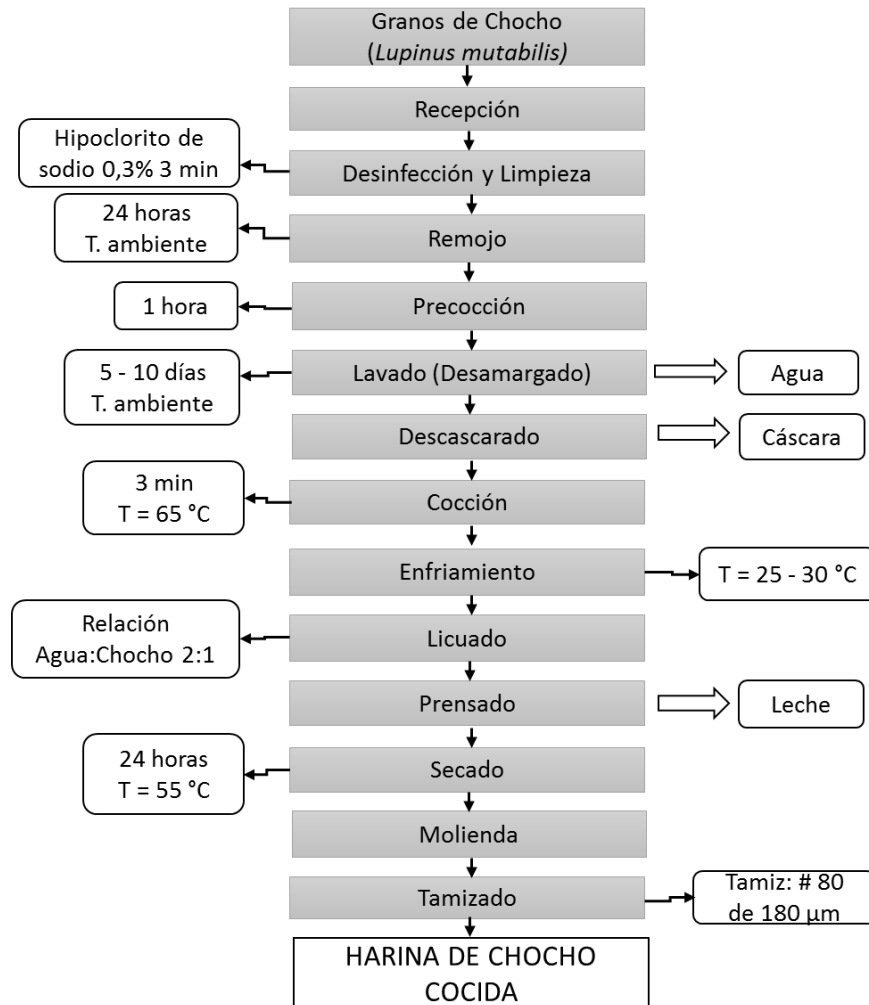


Figura 2. Elaboración de la Harina cocida de Chocho.

1.5. Determinación de proximales

Los análisis proximales se determinaron tanto en las harinas de chocho, como en los panes experimentales. Así, los análisis de: humedad, grasa, fibra cruda, cenizas y proteína para las harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*) fueron obtenidos según las siguientes normas AOAC 925:09, AOAC 920.39B (Extracción por solventes), AOAC 962:09, NTE INEN 0520:2013 y NTE INEN ISO 20483 (Método Kjeldahl), respectivamente. Para realizar los análisis de: humedad, grasa y proteína en el pan se determinaron según las normas NTE INEN ISO 712, NTE INEN ISO 11085, y NTE INEN ISO 20483, respectivamente. El extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) se determinó por diferencia y para la energía digestible se determinó por el cálculo de ecuación dada en NTE INEN 2 390.

1.6. Determinación de alcaloides, saponinas, ácido fítico, azúcares reductores y flatulentos

La determinación de alcaloides se realizó según la norma INEN NTE 2390:2004. El porcentaje de saponinas se determinaron mediante el método de medición de la espuma descrito por (Lozano et al. 2012). La presencia de ácido fítico y azúcares reductores se analizaron según los métodos colorimétricos, Kit *Phytic acid* y Kit *Raffinose/ Sucrose/ D-Glucose Assay*, respectivamente. Ambos de *Megazyme* (Megazyme International Irland, Bray, Irlanda). El total de azúcares flatulentos (RSO) fueron expresados en g de estaquiosa/100g de harina, considerando que esta azúcar representa la mayor concentración (62,50%) en los granos de chocho (Karnpanit et al. 2016).

1.7. Proceso de elaboración de masas madre tipo II de harina de chocho

Para la realización de la masa madre tipo II (MMTII), se usó una mezcla de bacterias probióticas (MBP): *Lactobacillus acidophilus* (1000 millones de UFC), *Lactobacillus casei* (1000 millones de UFC), *Lactobacillus rhamnosus* (440 millones de UFC), *Lactobacillus plantarum* (176 millones de UFC), *Bifidobacterium infantis* (27,6 millones de UFC), *Streptococcus thermophilus* (667 mil UFC) (Lactipan, ITALMEX S.A, Calzada de Tlalpan, México) y dos cepas de levaduras liofilizadas listas para usar: una levadura comercial para panificación *Saccharomyces cerevisiae* (Saf-instantant, FERMEX S.A., Toluca, México) y una levadura grado farmacológico *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* (Floratil, Biocodex, Beauvais, Francia). Este mix comercial fue determinado por los estudios de Romero (2017), procediendo a la fermentación con harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) y agua destilada en relación (1:2.3). La fermentación se realizó en una cámara climática (Binder, Tuttingen, Alemania) durante 24 horas a una temperatura de 37°C y una humedad relativa de 70%.

1.8. Proceso de elaboración del pan con sustitución de MMTII de harina de chocho

El pan fue elaborado, sustituyendo la harina de trigo por 5, 10, 15 y 20% de MMTII fermentada con harina de chocho, los ensayos se realizaron de acuerdo a la norma AACC 10-11 0-10.03 (AACC Internacional, 2000).

Una vez pesados los ingredientes se procedió a ponerlos en el micro mixer (National Manufacturing Co., Lincoln, Nebraska), primero los ingredientes sólidos seguidos por la masa madre y luego los líquidos (agua), la cual se fue colocando y registrando según el requerimiento de la masa que se va formando con la mezcla. Se estableció el tiempo de mezcla estimado en el temporizador automático. Luego la masa consistente se transfirió a la cámara de fermentación, registrando el peso, pH y textura de la misma, durante 60 minutos. Pasando al primer laminado, usando 3 pulgadas de ancho de rollo y 3/16 pulgadas espaciado entre rodillos, procediendo al

doblado de la masa laminada por la mitad y por la mitad otra vez, se colocó la masa doblada pliegue hacia abajo, en la lata y volviendo a introducir en la cámara de fermentación. Después de 25 minutos, en el segundo laminado se repite el proceso del primero. Reposando la masa nuevamente por 13 minutos se procede al moldeado usando 3 pulgadas de ancho de rollo y espaciado de 5/16 pulgadas.

El moldeado se llevó a cabo en aproximadamente 5 segundos redondeando la masa a mano y colocando el lado de la costura hacia abajo en el molde para hornear (ligeramente engrasado), regresando nuevamente a la cámara de fermentación. Luego de 32 minutos, se determinó la altura, textura y pH de la masa fermentada en el molde, pasando al horno a una temperatura de 210 °C con un tiempo de 20 minutos de horneado. Después se procedió al tanteo, midiendo el volumen por desplazamiento de colza, y la altura de pan con el medidor de altura. Se determinó también el resorteo del horno y la densidad aparente del pan.

La formulación base para la elaboración de pan con MMTII a partir de granos de chocho (*Lupinus mutabilis*), se observa en la Tabla 1:

Tabla 1. Fórmula de pan de molde con harina de chocho fermentada como masas madres tipo II¹.

Ingredientes	%
Harina de Trigo	Variable (95-90-85-80)
Masa madre con harina de chocho ²	Variable (5-10-15-20)
Agua	Variable (óptima)
Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	0,50
Azúcar	4,00
Sal	2,00
Grasa vegetal	4,00

¹Fórmula en base a 100g de harina.

²Masa madre fermentada con harina de chocho y agua, en relación (1:2.3), y los cultivos: MBP y dos levaduras: *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii*.

1.9. Análisis Sensorial

El análisis sensorial de las muestras fue realizado por un panel de consumidores internos (*in house*), constituido por cuarenta panelistas no entrenados y seleccionados al azar, quienes evaluaron las características sensoriales y la aceptabilidad general de los panes. Con el fin de obtener una evaluación global de las muestras, a cada panelista se entregó las muestras

codificadas junto con una boleta, en donde se le pidió que califique el color, el sabor, el olor y la textura en una escala hedónica de 9 puntos (Figura 3) según el nivel de agrado, determinado así la aceptabilidad del pan. La encuesta empleada se presenta en el Anexo 1.

Puntaje	Categoría
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

Figura 3. Escala Hedónica de 9 puntos.

1.10. Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el software estadístico JMP-13 (SAS Corporation, Long Beach, CA, USA). Todos los análisis se expresaron como desviación estándar media de mínimo tres replicas independientes ($n = 3$), a menos que se indique lo contrario. Cuando fue apropiado, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) seguido por un análisis de Tukey para evaluar las diferencias entre las muestras, a un nivel de significancia de $p < 0.05$.

CAPITULO II

RESULTADOS

2.1. Composición proximal de las diferentes harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*).

En los análisis proximales de las harinas de chocho, se determinaron notorias variaciones que se establecen en la Tabla 2.

Todos los parámetros estudiados para determinar la composición proximal en las harinas de chocho presentaron variaciones significativas ($p < 0,05$). El % de humedad, fibra, cenizas y carbohidratos disminuyeron, mientras que el % de proteína aumentó cuando las harinas tratadas fueron comparadas con la HR. En cuanto al % de humedad, las muestras que fueron sometidas a un proceso de cocción presentaron los valores más bajos con respecto a las muestras que fueron desgrasadas y a las harinas crudas, en este orden. Los % de fibra, cenizas y CHO disminuyeron significativamente según se aumentaba los días de desamargado y o se procedía con el desgrasado de las harinas, mientras que el % de proteína presentó aumento cuando las muestras fueron desamargadas y desgrasadas. Cabe mencionar que, el % de proteína aumentó hasta 2 veces en la HC-10dD, además de presentar esta última harina, los valores más bajos de cenizas, carbohidratos y grasas, cuando fue comparada con la HR.

Los resultados de grasa también fueron significativamente diferentes y como se esperaba, el desgrasado disminuyó su contenido e interesantemente, se observó que el desamargado previo al proceso de desgrasado favoreció una mayor extracción de grasa de las harinas. Así, se logró reducir 3 veces más las grasas de las harinas de 10 días, comparado con las que tuvieron un proceso de desamargado de 5 días. Siendo, la muestra HC-10dD, la que alcanzó la menor concentración de grasa con aproximadamente 8% y por consecuencia, la de menor contenido energético.

Tabla 2. Composición proximal de las harinas de chocho¹.

Muestra²	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)	Energía (cal/g)
HR	10,8±0,07 ^a	37,1±0,06 ^f	15,0±0,01 ^d	8,3±0,01 ^a	3,8±0,03 ^a	25,0±0,1 ^a	4892,0±0,7 ^e
HRD	10,1±0,03 ^b	46,1±0,00 ^e	10,8±0,01 ^e	5,6±0,03 ^b	3,5±0,11 ^a	23,9±0,1 ^b	4798,1±3,1 ^f
HC-5d	4,3±0,01 ^f	52,6±0,04 ^d	21,3±0,05 ^b	3,0±0,02 ^d	1,7±0,04 ^b	17,1±0,1 ^c	5762,1±0,9 ^b
HC-5dD	7,7±0,05 ^d	55,1±0,00 ^c	16,2±0,03 ^c	3,3±0,04 ^f	1,8±0,04 ^b	16,0±0,07 ^d	5368,4±2,2 ^c
HC-10d	5,4±0,01 ^e	58,7±0,01 ^b	24,8±0,01 ^a	2,8±0,00 ^e	1,2±0,05 ^c	7,1±0,1 ^e	6004,6±2,3 ^a
HC-10dD	8,9±0,01 ^c	72,2±0,11 ^a	8,0±0,15 ^f	3,2±0,06 ^c	1,2±0,02 ^c	6,7±0,1 ^f	5088,3±6,5 ^d

¹Los datos son media ± desviación estándar de dos réplicas expresadas en % de base seca. Los valores con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes a $p < 0,05$.

²HR: harina de chocho cruda; HRD: harina de chocho cruda desgrasada; HC-5d: harina de chocho cocida 5 días de desamargado; HC-5dD: harina de chocho cocida 5 días de desamargado y desgrasado; HC-10d: harina de chocho cocida 10 días de desamargado; HC-10dD: harina de chocho cocida 10 días de desamargado y desgrasado.

Por otra parte, en los resultados de azúcares reductores (Tabla 3), se observó que el método de detección para D-Glucosa en la harina de chocho, no es sensible para este compuesto, generando resultados con varianza de cero. En cuanto a la sacarosa, las harinas cocidas presentaron disminución con respecto a las harinas crudas.

Tabla 3. Composición de azúcares reductores de las harinas de chocho¹.

Muestra ²	Azúcares Reductores (g/100g)	
	D-Glucosa	Sacarosa
HR	0,01±0,00	0,81±0,04 ^b
HRD	ND	1,25±0,03 ^a
HC-5d	0,03±0,00	0,02±0,00 ^d
HC-5dD	ND	ND
HC-10d	0,04±0,00	0,03±0,01 ^{cd}
HC-10dD	0,04±0,00	0,05±0,01 ^c

¹Los datos son media ± desviación estándar de tres réplicas expresadas en % de base seca. Los valores con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes a $p < 0,05$.

²HR: harina de chocho cruda; HRD: harina de chocho cruda desgrasada; HC-5d: harina de chocho cocida 5 días de desamargado; HC-5dD: harina de chocho cocida 5 días de desamargado y desgrasado; HC10d: harina de chocho cocida 10 días de desamargado; HC-10dD: harina de chocho cocida 10 días de desamargado y desgrasado.

2.2. Compuestos antinutricionales en las harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*).

En las harinas de chocho se determinaron los siguientes resultados (Tabla 4): alcaloides, saponinas, ácido fítico y oligosacáridos no digeribles RSO.

Tabla 4. Variación de factores antinutricionales de las harinas de chocho¹.

Muestras ²	Alcaloides (%)	Saponinas (%)	Ácido Fítico (g/100g)	Oligosacáridos no digeribles RSO ³ (g/100g)
HR	2,89±0,02 ^a	0,02	1,19±0,01 ^a	5,90±0,14 ^b
HRD	2,70±0,03 ^b	0,01	1,22±0,00 ^a	7,19±0,60 ^a
HC-5d	0,22±0,04 ^c	ND	0,75±0,04 ^c	ND
HC-5dD	0,12±0,00 ^{cd}	ND	0,92±0,02 ^b	ND
HC-10d	0,05±0,00 ^d	ND	0,47±0,02 ^e	ND
HC-10dD	0,02±0,00 ^d	ND	0,57±0,02 ^d	ND

¹Los datos son media ± desviación estándar de tres réplicas expresadas en % de base seca. Los valores con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes a $p < 0,05$.

²HR: harina de chocho cruda; HRD: harina de chocho cruda desgrasada; HC-5d: harina de chocho cocida 5 días de desamargado; HC-5dD: harina de chocho cocida 5 días de desamargado y desgrasado; HC10d: harina de chocho cocida 10 días de desamargado; HC-10dD: harina de chocho cocida 10 días de desamargado y desgrasado.

³RSO (rafinosa, estaquiosa, verbascosa). Peso expresado como mili equivalente de estaquiosa.

Los datos obtenidos de los compuestos antinutricionales presentaron disminución en las harinas cocidas en comparación con las harinas crudas. Notándose también, que los % de alcaloides disminuyeron en las harinas desgrasadas especialmente con mayor descenso en la HC-10dD, contrariamente a lo que sucedió con el contenido de ácido fítico que aumentó en estas harinas. También, se observó la presencia de saponinas y oligosacáridos no digeribles en la harina cruda y su desgrasada, mientras que, no fueron detectados estos compuestos en las harinas cocidas y sus respectivas desgrasadas.

2.3.Efecto de la adición de chocho fermentado como MMTII en las propiedades panificables de panes preparados por el método de micropanificación

Una vez revisados los datos de la composición química proximal y los factores antinutricionales de las harinas de chocho, se seleccionó a las harinas HC-10d y HC-10dD, para la realización de las pruebas de panificación, ya que estas harinas presentan altos contenidos de proteína, presencia de fibra y la menor cantidad de compuestos antinutricionales. Sin embargo, la HC-10dD, se usó solamente para elaborar el pan con 10% de MMTII de dicha harina.

Se determinó las propiedades reológicas de las masas (Tabla 5), presentando diferentes valores entre cada tratamiento analizado. Los resultados analizados sobre las propiedades de mezcla y cocción de los panes, fueron significativamente diferentes. Así, en los panes, a medida que aumentaba la sustitución con MMTII; la absorción de agua, el tiempo de mezcla, el peso de la masa, el peso del pan y la densidad aumentaron, mientras que, el resorteo y el volumen del mismo disminuyeron.

En la comparación del PC con los panes de diferentes sustituciones de MMTII con HC-10d, el PHC-5 es similar al PC en cuanto a la absorción de agua, tiempo de mezcla, resorteo, peso de la masa y del pan. Por otro lado, se observó que el PHC-10 se asemeja al PC en el tiempo de mezcla. A diferencia del volumen y la densidad del PC que presentaron valores distintos a los otros panes, por lo que se buscó los datos más aproximados a este, siendo los panes PHC-5 y PHC-10.

Se realizó también, una comparación entre el pan con sustitución del 10% de MMTII de HC-10dD y el PC. Con el fin de determinar el desarrollo de esta harina desgrasada en MMTII a ese porcentaje. Así, la absorción de agua, el tiempo de mezclado, la densidad y el peso de la masa y del pan en el PHC-10D aumentaron. Contrariamente al resorteo del horneado y al volumen del pan que, negativamente disminuyeron. Por lo tanto, el PHC-10D de acuerdo al proceso de micropanificación, es similar únicamente con el tiempo de mezcla y con el resto de tratamientos analizados, presenta diferencia significativa en relación al PC.

En la determinación de los pHs iniciales y finales en las masas experimentales de pan (Tabla 6), dieron datos estadísticamente diferentes, donde los pHs iniciales variaron descendiendo de 5,55 a 5,36 entre las muestras. Así también, variaron los pHs finales entre 5,32 a 5,19 disminuyendo según los porcentajes de harina de chocho en las muestras de pan.

Tabla 5. Efecto de la adición de chocho fermentado como MMTII en las propiedades reológicas panificables de panes preparados por el método de micropanificación¹.

Tratamiento	Masa control		Muestras ²			
	PC	PHC-5	PHC-10	PHC-15	PHC-20	PHC-10D
Absorción de Agua (%)	67,33±1,53 ^d	68,83±1,53 ^d	76,33±0,58 ^c	82,17±2,52 ^b	88,67±2,08 ^a	80,67±1,53 ^{bc}
Tiempo de mezcla de masa (min)	5,00±0,25 ^c	5,17±0,29 ^c	5,50±0,50 ^{bc}	6,50±0,50 ^{ab}	7,17±0,29 ^a	5,83±0,29 ^{bc}
Resorteo del Horneado³ (cm)	1,37±0,12 ^a	1,67±0,15 ^a	0,80±0,10 ^b	-0,23 ± 0,12 ^c	-0,57±0,15 ^d	0,07±0,06 ^c
Peso de la masa (g)	177,63±1,55 ^d	177,67±1,11 ^d	184,63±0,60 ^c	190,97±1,17 ^{ab}	194,13±1,10 ^a	189,43±1,39 ^b
Peso del pan (g)	149,23±2,30 ^c	152,80±2,04 ^c	161,87±2,41 ^b	164,70±1,78 ^{ab}	167,40±2,59 ^{ab}	167,87±0,60 ^a
Volumen del pan (cm³)	814,89±58,37 ^a	659,90±26,38 ^b	637,62±38,42 ^b	534,79±10,83 ^c	468,47±26,63 ^c	535,40±25,80 ^c
Densidad A. del pan⁴ (g/cm³)	0,18±0,02 ^d	0,23±0,01 ^c	0,26±0,02 ^c	0,31±0,01 ^b	0,36±0,02 ^a	0,31±0,02 ^b

¹Los datos son media ± desviación estándar de tres réplicas expresadas en % de base seca. Los valores con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes a $p < 0,05$.

²PC: Pan control (harina de trigo); los panes enriquecidos con HC-10d se sustituyeron: 5,0% (PHC-5); 10,0% (PHC-10); 15,0% (PHC-15) y 20,0% (PHC-20). Con la HC-10dD se sustituyó el 10 % (PHC-10D).

³El resorteo del horneado = Altura del pan – altura de la masa fermentada.

⁴Densidad Aparente del Pan.

Tabla 6. pH inicial y final de las masas de los panes experimentales¹.

Muestra ²	pH Inicial ³	pH Final ⁴
PC	5,53±0,03 ^{ab}	5,06±0,20 ^b
PHC-5	5,55±0,02 ^a	5,32±0,03 ^a
PHC-10	5,44±0,04 ^{bc}	5,28±0,05 ^{ab}
PHC-15	5,43±0,03 ^c	5,24±0,03 ^{ab}
PHC-20	5,36±0,04 ^c	5,19±0,03 ^{ab}
PHC-10D	5,46±0,02 ^b	5,24±0,03 ^a

¹Los datos son media ± desviación estándar de tres réplicas expresadas en % de base seca. Los valores con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes a $p < 0,05$.

²PC: Pan control (harina de trigo); los panes enriquecidos con HC-10d se sustituyeron: 5,0% (PHC-5); 10,0% (PHC-10); 15,0% (PHC-15) y 20,0% (PHC-20). Con la HC-10d se sustituyó el 10 % (PHC-10D).

³El pH inicial fue medido enseguida del proceso de mezclado y amasado.

⁴El pH final fue medido después de 1 hora 38 minutos de leudado de la masa.

En cuanto, a la textura de las masas enriquecidas con el 5 y 10% de HC-10d presentaron similitud a la textura de la masa control tanto antes y después de la fermentación, calificando a esta textura como excelente. Pero, en las masas con el 15 y 20% de HC-10d curiosamente antes de la fermentación presentaron una textura buena, pero luego de fermentada, la textura de la masa cambió notoriamente mostrando una consistencia diferente a la masa control, calificándola como regular.

De igual forma, en la textura de la miga se pudo observar aureolas semejantes al pan control en el pan PHC-5, a diferencia del PHC-10 que presenta aureolas más pequeñas y también en los panes PHC-15 y PHC-20 que mostraron una consistencia de miga firme y comprimida, observándose a continuación en la Figura 4.

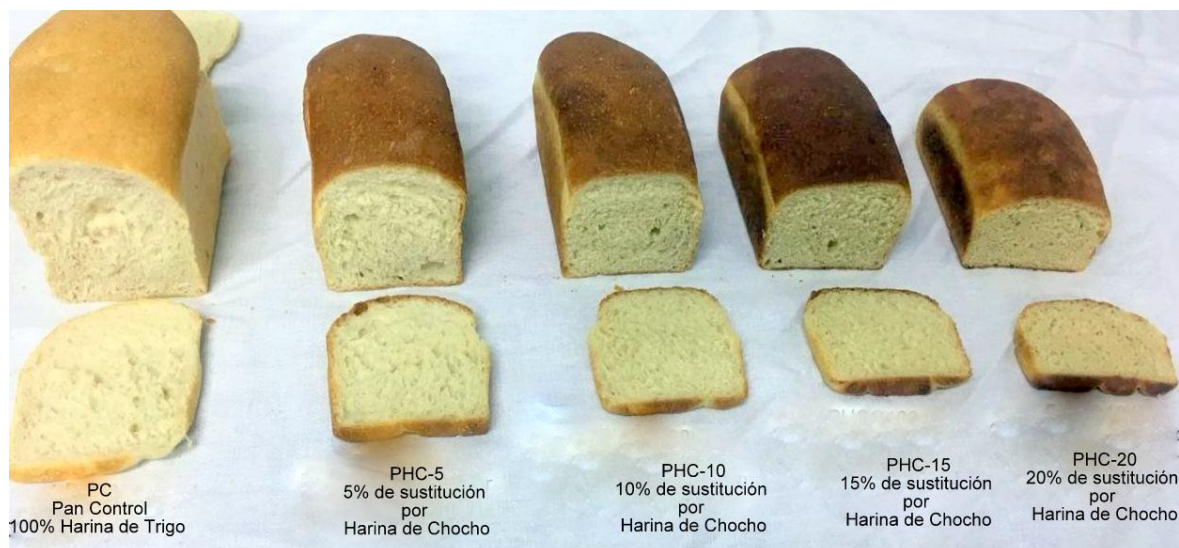


Figura 4. Panes con sustitución experimental de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*).

Por otra parte, la textura de la miga del PHC-10D se notó más comprimida en comparación al PC, además de notarse la diferencia de volumen entre estos panes (figura 5).



Figura 5. Pan con sustitución del 10% de MMTII de HC-10dD.

2.4. Composición química proximal de los panes experimentales.

Los análisis proximales de las muestras de panes enriquecidos se detallan a continuación en la Tabla 7. En donde, los porcentajes de humedad, proteína, grasa y fibra varían proporcionalmente según la sustitución de MMTII de harina de chocho. Lo que no ocurre con las cenizas y carbohidratos que disminuyen por la sustitución.

Los resultados de los análisis proximales de los panes con sustituciones del 5, 10, 15 y 20% son significativamente diferentes. Así, los % de humedad, proteína, grasa y fibra aumentan, mientras que, los % de ceniza, carbohidratos y cantidad de energía disminuyen, a medida que aumenta la sustitución con MMTII de HC-10d. El % de CHO de los panes fueron menores comparados con el pan control, mientras más es la adición de MMTII de harina de chocho menor es el porcentaje de carbohidratos. Observándose también que, la humedad, proteína, grasa y fibra presentan mayor porcentaje en el PHC-20 y las cantidades de ceniza y energía se notaron menores.

Y en comparación entre el PC y el PHC-10D, el contenido de humedad, proteína y fibra presenta mayor % en el PHC-10D, observándose que, en cuanto al contenido de grasa y cantidad de energía son similares entre sí, mientras que el % de cenizas disminuye en el pan con harina desgrasada. Además, interesantemente, en el pan con 10% de MMTII de harina de chocho desgrasada (PHC-10D), se notó mayor cantidad de proteína que en el pan de este mismo porcentaje, pero con la harina sin desgrasar (PHC-10).

Tabla 7. Efecto de la adición de masa madre tipo II fermentada con harina de chocho sobre la composición proximal del pan¹.

Parámetros	Pan Control	Panes enriquecidos ²				
	PC	PHC-5	PHC-10	PHC-15	PHC-20	PHCD-10
Humedad (%)	28,07±0,49 ^d	29,12±0,57 ^{cd}	33,62±0,56 ^b	35,24±0,38 ^a	34,65±0,51 ^{ab}	30,39±0,52 ^c
Proteína (%)	5,57±0,02 ^f	9,57±0,03 ^e	10,78±0,02 ^d	12,11±0,03 ^c	14,15±0,02 ^a	13,84±0,09 ^b
Grasa (%)	2,58±0,01 ^e	3,04±0,01 ^d	3,82±0,01 ^c	4,58±0,01 ^b	5,30±0,02 ^a	2,42±0,18 ^e
Fibra (%)	ND	0,3±0,01 ^e	0,45±0,02 ^d	0,89±0,03 ^b	1,08±0,02 ^a	0,59±0,06 ^c
Cenizas (%)	1,65±0,02 ^b	1,83±0,02 ^a	1,58±0,01 ^b	1,24±0,01 ^d	1,08±0,01 ^e	1,46±0,08 ^c
Carbohidratos (%)	62,13±0,51 ^a	56,14±0,59 ^b	49,75±0,52 ^d	45,94±0,41 ^e	43,73±0,53 ^f	51,30±0,35 ^c
Energía (cal/g)	3172,79±20,46 ^a	3194,14±24,36 ^a	3072,96±23,91 ^b	3077,12±15,98 ^b	3173,09±21,00 ^a	3173,06±34,95 ^a

¹Los datos son media ± desviación estándar de tres réplicas expresadas en % de base seca. Los valores con la misma letra dentro de las columnas no son significativamente diferentes a $p < 0,05$.

²PC: Pan control (harina de trigo); los panes enriquecidos con HC-10d se sustituyeron: 5,0% (PHC-5); 10,0% (PHC-10); 15,0% (PHC-15) y 20,0% (PHC-20). Con la HC-10dD se sustituyó el 10 % (PHCD-10).

2.5. Análisis Sensorial

Se realizó el análisis sensorial de los panes de cuatro formulaciones (Tabla 8), siendo estas sustituciones del 5, 10, 15 y 20% de MMTII de HC-10d y también del pan con el 10% de MMTII de HC-10dD, proporcionando resultados que evaluaron los parámetros de aceptabilidad de color, sabor, olor, y textura.

Tabla 8. Resultado del análisis sensorial de los panes experimentales¹.

Muestras ²	COLOR	SABOR	OLOR	TEXTURA
PHC-5	7,43±1,22 ^a	7,23±0,83 ^a	7,58±0,93 ^a	7,50±1,11 ^a
PHC-10	7,65±1,25 ^a	7,33±1,35 ^a	7,60±1,26 ^a	7,55±1,18 ^a
PHC-15	8,00±0,99 ^a	6,90±1,28 ^a	7,55±1,08 ^a	7,15±1,27 ^a
PHC-20	7,75±1,51 ^a	5,55±1,99 ^b	7,10±1,46 ^a	6,95±1,34 ^a
PHC-10D	7,45±1,06 ^a	7,28±1,30 ^a	7,60±1,26 ^a	7,45±1,34 ^a

¹Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos a $p < 0,05$.

²PC: Pan control (harina de trigo); los panes enriquecidos con HC-10d se sustituyeron: 5,0% (PHC-5); 10,0% (PHC-10); 15,0% (PHC-15) y 20,0% (PHC-20) y 10% con harina desengrasada (PHC-10D).

En los análisis estadísticos en cuanto al color, olor y textura, se determina que no existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre estos resultados. Notándose similitud entre todos los panes en las características organolépticas antes mencionadas.

En el análisis con respecto al sabor, se determina que si existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) en relación al PHC-20, el cual obtuvo menor calificación. Añadiendo también, como observación de los catadores, notaron un sabor semi-amargo en los panes PHC-15 y PHC-20.

En relación al olor no se notaron diferencias, siendo apreciado el aroma de los panes con MMTII de harina de chocho, por otro lado, en cuanto al sabor y la textura en mayores concentraciones de chocho especialmente el PHC-20, dejaba una sensación de regusto amargo, por lo que tuvo menor puntuación, teniendo mayor aceptabilidad el resto de panes. Observándose los resultados de las medias en la Figura 6:

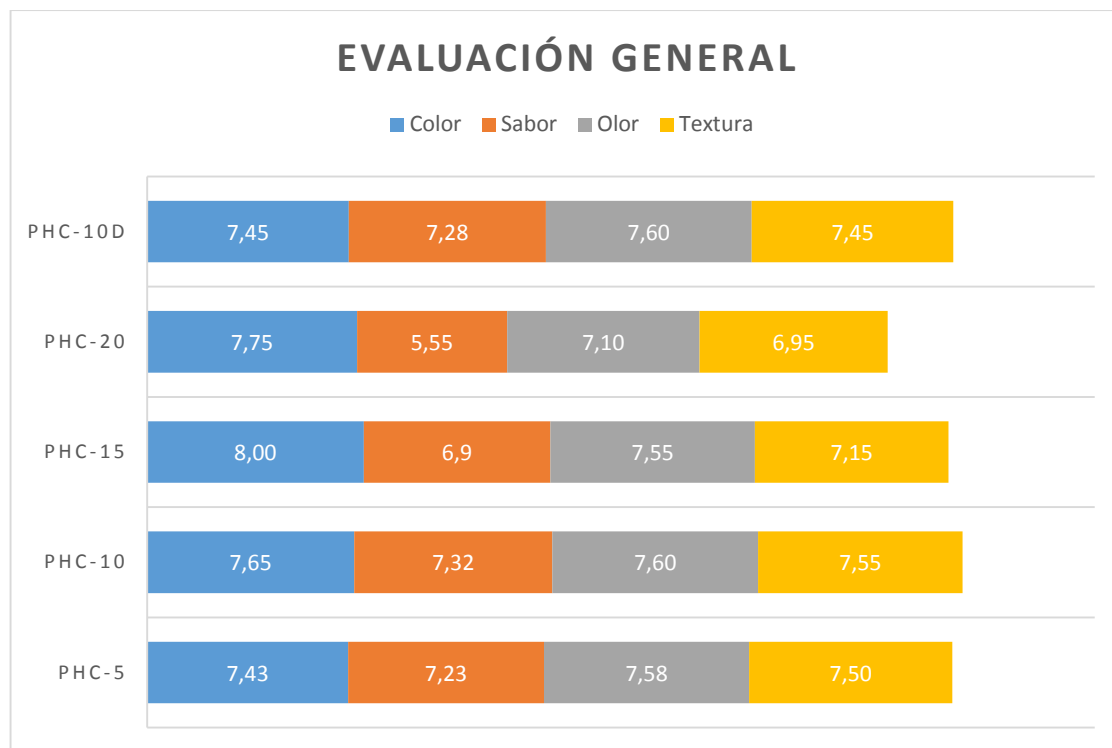


Figura 6. Evaluación de puntajes para panes experimentales.

Se comparó también, el PHC-10 con el PHC-10D, donde, los análisis estadísticos, determinan que no existe diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) entre los resultados de aceptabilidad para el color, sabor, olor y textura de los dos panes.

En definitiva, las propiedades reológicas panificables fueron mejores en el PHC-5, sabiendo que, si se adiciona la harina de chocho en mayores porcentajes empeoran las propiedades reológicas, disminuyen el volumen de pan y aumentan su densidad aparente. Mientras que el pan con mejor composición química proximal fue el PHC-20, pero negativamente se notó en el análisis sensorial de este pan, una menor aceptación en cuanto al sabor. También, en la comparación sensorial del PHC-10D con el resto de panes, no hubo significatividad diferente con el resto de panes, lo que quiere decir que el desgrasado no influye en mayor proporción en las características organolépticas del pan, pero si aumenta favorablemente el contenido proteico y de fibra.

Por lo que, las características organolépticas de los panes con MMTII de HC-10d de 5, 10 y 15% e inclusive el pan con 10% de MMTII de HC10dD son equivalentes entre sí, teniendo una buena aceptación en general. A más que, la mezcla de harina de trigo con MMTII de harina de chocho en la formulación genera cortezas más oscuras que un pan común.

CAPITULO III

DISCUSIÓN

En los resultados analizados en este estudio de harina de chocho cruda en cuanto a proteína, grasa y fibra fueron 37%, 15% y 8% respectivamente, los cuales fueron similares a (Coloma 2009) en 35 - 40% de proteína, 15 - 20% de grasa y según (Jacobsen y Mujica 2006) 7,65% de fibra, lo cual indica que el chocho (*Lupinus mutabilis*) es una fuente nutritiva para enriquecer o fortificar los alimentos. Así también, contiene sustancias antinutritivas que limitan su uso directo en la alimentación humana y animal, entre estas sustancias se encuentran los alcaloides que confieren al grano un carácter tóxico y sabor amargo (Villacrés et al. 2009), inhibidores de tripsina, ácido fítico, saponinas, oligosacáridos y lecitinas. (Martínez et al. 2009).

Según Coloma (2009), los alcaloides en altas concentraciones son tóxicos para los seres humanos, así, la cantidad de alcaloides determinada en la HR fue de 2,89% siendo este una concentración no apta para el consumo, comparando con 3,60% detectado por Villacreses (2011) en granos de chocho. Por lo que, se realizó el desamargado lavando al chocho por 5 días, obteniendo la HC-5d en donde se redujo el porcentaje a 0,22%. Entonces, se optó por el desgrasado para las harinas tanto la HR y la HC-5d para disminuir aún más los componentes antinutricionales, sabiendo que, si se procede a realizar la MMTII, los alcaloides no disminuirán en gran proporción, tal como lo expresa Romero (2017) que obtuvo 1,68% para la harina cruda y 0,12% para la harina cocida en masa madre. Así, una vez desgrasadas las harinas se obtuvo 2,70% en HRD y 0,12% para la HC-5dD de alcaloides, las cuales tampoco fueron aptas para elaborar un producto alimenticio. Por lo que, se procedió nuevamente al lavado y desamargado de los granos de chocho durante 10 días, obteniéndose la harina de chocho HC-10d con un porcentaje de alcaloides de 0,05% cumpliendo con el requisito de la norma NTE INEN 2390:2004 que establece entre 0,02 – 0,07%. Así también, disminuyó el ácido fítico, mientras que, las saponinas y azúcares flatulentas no fueron detectadas. Sin embargo, debido al alto contenido de grasa 24,83% en la HC-10d, entonces se procedió al desgrasado, obteniendo la HC-10dD, que también cumple satisfactoriamente con el requisito de la norma.

En cuanto a la composición nutricional, en la HC-10d, el % humedad es menor al % de la HR, debido al proceso de desecado durante obtención de esta harina. También, se observó un aumento notorio en el % de proteína, pudiendo deberse este incremento, al proceso de desamargado donde se produce la concentración de las proteínas en la harina tratada, debido a la pérdida de una mayor cantidad de sólidos en los lixiviados de esta (García y Limones 2011) y

por esta merma de los sólidos, se observó la disminución del contenido de fibra, cenizas y carbohidratos. Por otro lado, el aumento de la grasa, provocada por el proceso de desamargado, según Suca (2015), se debe a la presencia de varios sitios no polares en la cadena aminoacídica de la proteína de chocho, que puede unir las cadenas hidrocarbonadas de las grasas evitando su pérdida, resultando la concentración de las mismas. Lo que no se dio en la HC-10dD, debido al proceso que tuvo de desgrasado.

Por otro lado, en el desarrollo de la masa madre tipo II, el aumento de la absorción de agua, en las masas suplementadas con harina de chocho, se debe a la naturaleza de sus proteínas que son hidrofílicas. Comparando con un estudio de sustitución de soja en harina de trigo según Lazo-Vélez et al. (2015) las proteínas de trigo favorecen las interacciones hidrofóbicas, mientras que las proteínas de soja tienen más afinidad por el agua o son hidrófilas. Sabiendo también que, las proteínas solubles que posee el chocho afectan el tiempo para lograr la máxima consistencia, probablemente, debido a la capacidad de formación de gel de estas macromoléculas. Entendiéndose por esta razón que los tiempos de amasado aumentan, mientras mayor es la adición de MMTII de harina de chocho, además de saber que, las masas de las fórmulas compuestas de trigo y MMTII de chocho con 15 y 20 % de sustitución, por más tiempo que se amasaron, al final de la fermentación no se logró una buena consistencia, observándose sus pobres cualidades de masa.

Por otra parte, es de gran importancia cumplir los tiempos de reposo, para obtener un buen volumen en los productos fermentados (Gómez et al. 2006) y alcanzar los valores normales de resorteo del horneado (hinchamiento del pan) mayores a 0,7. El cual, se logró en el PHC-5 y PHC-10. Sin embargo, el volumen de los panes, tanto los realizados con la HC-10d y el pan con la HC-10dD, fueron menores al PC, atribuyéndose esto a que las proteínas del chocho interactúan con el gluten alterando la estructura viscoelástica del mismo, permitiendo pérdidas de gas durante la fermentación y cocción (Lazo-Vélez et al. 2015).

En cuanto, a las características nutricionales, el aumento de la humedad en los panes comparados con el pan control, se produjo por el uso de la MMTII, sirviendo esto, para retener por más tiempo su suavidad de miga. También, en estos panes los % de proteína, grasa y fibra cumplen con los límites de los requisitos fisicoquímicos para el pan de la norma NTE INEN 2945:2014 que establecen los rangos de humedad 20 – 40 %, grasa entre 1,5 – 4 % y proteína 7%. Superando la expectativa de la norma en cuanto al límite mínimo de proteína. Por otro lado, en un estudio de Apunte y León (2012), donde se sustituyó con un 6% de harina de chocho se obtuvo un pan con 10% de proteína, comparando con el pan con MMTII de sustitución de 5% (PHC-5) de este trabajo, el cual presentó similitud con 9,57% de proteína, a pesar que este pan posee 1% menos chocho, se atribuye esta mayor concentración proteica al proceso de MMTII.

En cuanto a los análisis sensoriales, los panes presentaron sobre el color un tono ligeramente amarillo en cuanto a la miga y mayor pigmentación en la corteza que el pan control. Explicándose esto según Lazo-Vélez et al. (2015), donde las reacciones de Maillard ocurren entre azúcares reductores y aminoácidos presentes en el pan, siendo estos los principales responsables del color oscuro de la corteza, así como también del aroma, ya que tras la fermentación láctica y alcohólica de la MBP y las levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, además de la cocción, facilitan el desarrollo de estas reacciones, generando sustancias volátiles (Velásquez y Vázquez 2017). En cuanto, a la presencia del sabor semi-amargo, que notaron los catadores en los panes con 15 y 20% de chocho, se debe a los alcaloides de esta leguminosa, aunque estos estén presentes en mínima cantidad.

De tal modo, el PHC-5 presentó las mejores características reológicas panificables, sensoriales y nutricionales, teniendo una sustitución con MMTII de harina de chocho al 5 %, sin desmejorar la calidad del pan en textura, olor y sabor. También, lo describe Apunte y León (2012) que a pesar que, el pan de chocho muestra mayor dureza que el pan tradicional, este presenta características sensoriales aceptables.

Cabe señalar, que estos panes cumplen con la norma NTE INEN 2945:2014. Lográndose obtener beneficios nutricionales por el aporte que brinda el chocho.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a la presente investigación, se determinó que con los granos de chocho (*Lupinus mutabilis*) sometido a un proceso de desamargado por 10 días, se obtiene la harina HC-10d, para elaborar masas madres tipo II con una sustitución de hasta un 5% de la harina de trigo utilizada para la fabricación de pan. Dando lugar, a un pan con propiedades reológicas similares a las de un pan de 100% de harina de trigo, con altos contenidos proteicos y presencia de fibra, así como, aceptación general por parte de los panelistas.

Finalmente, se recomienda realizar estudios en relación a la optimización de la producción de harina de chocho y de los beneficios que pueden darse al utilizarla como masas madres tipo III. También, el estudio de la posible recuperación o usos del agua que es desechada durante el proceso de lavado y desamargado del chocho.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apunte, Germán y Genaro León. «Utilización de Harina de Chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*) en la Elaboración de Pan.» *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)* (2012): 1-6.
- Barrón Martínez, Araceli , y otros. «Propiedades Funcionales y Valor Nutritivo de Panes Integrales con Chía y Linaza.» *Universidad Autónoma de Nuevo León, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato.* (2007): 2.
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CNA63.pdf>.
- Behera, Sudhanshu S. y Ramesh C. Ray. «Sourdough bread; In : Bread: its Fortification for Nutrition and Health.» *CRC press, USA* (2015): 1-25.
- Bernabé Marqués, C. J., M. L. Llin Albiñana y C. Pérez Lacueva. «LA MASA MADRE: EL SECRETO DEL PAN.» *Investigación y Desarrollo Panadero* (2007): 51-62.
- Caicedo V., Carlos y Eduardo Peralta I. *Zonificación Potencial, Sistemas de Producción y Procesamiento Artesanal del Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) en Ecuador.* Quito: FUNDACYT, 2000.
- Caiza, Jimena. *Obtención de Hidrolizado Enzimático de proteína de Chocho (*Lupinus mutabilis*) a partir de harina integral.* Tesis. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2011.
- Chavan, Rupesh S. y Shraddha R. Chavan. «Sourdough Technology—A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review.» *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (2011): 169-182.
- Coloma, Jhohana. *Evaluación in-vitro de la actividad antifúngica de los alcaloides de agua de cocción del proceso de desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*).* Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, 2009.
- Farinango, Andrés y Diego Quizhpi. *PREPARACIÓN DE UN SUPLEMENTO PROTEICO ELABORADO A PARTIR DE *Lupinus mutabilis* “CHOCHO” Y SU VALORACIÓN BROMATOLÓGICA.* Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015.
- García, María y Karen Limones. *Elaboración de sopa instantánea a partir de Harina de Chocho (*Lupinus mutabilis sweet*).* Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2011.

- Gómez, Salomón, Armando Cifuentes y Gildardo Orea. *CAMBIO REOLÓGICOS EN UNA MASA PANARIA DURANTE EL TIEMPO DE REPOSO*. Artículo científico. Durango: CIIDIR-IPN COFAA, 2006.
- Güemes Vera, Norma , y otros. «Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo “concha” fortificados con proteínas de suero de leche.» *Scielo* (2009): 70-75. Investigación. <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n1/v29n1a11.pdf>>.
- IEPAN. *Bases Teóricas de Panificación*. IEPAN, 2014.
- . «Bases Teóricas de Panificación.» *INSTITUTO EUROPEO DEL PAN* (2006): 59-68.
- Jacobsen, Sven-E y Angel Mujica. «El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) y sus parientes silvestres.» *Botánica Económica de los Andes Centrales* (2006): 3.
- Karnpanit, Weeraya , y otros. «Effect of cultivar, cultivation year and dehulling on raffinose family oligosaccharides in Australian sweet lupin.» *International Journal of Food Science and Technology* (2016).
- Lazo-Vélez, MA, C Chuck-Hernandez y SO Sema-Saldívar. «Evaluation of the funtionlity of five different soybean proteins in yeast-leavened pan breads.» *J Cereal Sci* (2015): 64:63-69.
- Lozano, Maribel, y otros. «CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS EN RESIDUOS DE QUINUA REAL CHENOPODIUM QUINOA WILLD.» *Revista Boliviana de Química* 29.2 (2012): 131-138. <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000200002&script=sci_arttext&lng=es>.
- Martínez, Cristina, y otros. *Antioxidant capacity and polyphenolic content of high-protein lupin products*. Instituto de Fermentaciones (CSIC). Madrid: ELSEVIER, 2009.
- Mejía Barajas, Jorge A, y otros. «Levaduras Termotolerantes: Aplicaciones Industriales, Estrés Oxidativo y Respuesta Antioxidante.» *Scielo* 27.4 (2016). <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000400002>.
- Mesas , J. M. y M. T. Alegre. «EL PAN Y SU PROCESO DE ELABORACIÓN.» *Asociación de Licenciados en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Galicia (ALTAGA)* 3.5 (2002): 307-313.
- Meyhuay, M. «Post-harvest Operations Compendium.» *FAO* (1999). <<http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch11-02.htm>>.

- Mosquera, Ismael. *Determinación de la funcionalidad de almidones aislados de residuos de panificación mediante métodos físicos - químicos y enzimáticos*. Cuenca: Universidad del Azuay, 2016.
- Narváez, S. *SALUD*. 13 de 08 de 2012. <<http://maby.snarvaez.com.ar/salud/2012/08/13/propiedades-nutritivas-del-pan/>>.
- Ordóñez, Gloria y Rodrigo Oviedo. *Alternativas de aprovechamiento de Harinas no tradicionales para la elaboración de Pan artesanal*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2010.
- Ordóñez, Guillermo Martín. «Tecnologías de elaboración de panes con masas madre: diseño y dimensionamiento de una línea de elaboración de pan con masa madre a escala piloto.» Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, Abril de 2015.
- Ordóñez, Guillermo. *Tecnologías de elaboración de panes con masas madre: diseño y dimensionamiento de una línea de elaboración de pan con masa madre a escala piloto*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. Madrid: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS, 2015.
- REGLAMENTACIÓN-TÉCNICO-SANITARIA. *Reglación Técnico-Sanitaria de pan, panes especiales y productos semielaborados*. Real Decreto. Madrid, 2002. <http://www.hvsa.es/documentos/RTS_pan_.pdf>.
- Riera Sánchez, María Belén. *ESTUDIO DE LA ACCIÓN FUERTEMENTE QUELANTE DEL ÁCIDO FÍTICO COMO FACTOR ANTINUTRICIONAL EN GRANOS ANDINOS Y SU INCIDENCIA EN LA BAJA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES*. Tesis. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2011. <<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1900/1/BQ%2024.pdf>>.
- Romero, Ana María. «Efecto de levaduras y bacterias probióticas en fermentación en estado semisólido de harinas de chocho (*Lupinus mutabilis*).» Cuenca: Universidad del Azuay, Julio de 2017.
- Salazar, Alberto. «Propiedades Nutricional y Medicinales del Tarwi o Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet).» *Centro de Investigación de Medicina Tradicional y Farmacología* (2015): 3-4.
- Salazar, Carlos. *Mempan*. 2013. <<http://www.uco.es/dptos/bromatologia/tecnologia/bib-virtual/bajada/mempan.pdf>>.
- Sturino, Joseph M y Todd R Klaenhammer. «Bacteriophage Defense Systems and Strategies for Lactic Acid Bacteria.» *Advances in Applied Microbiology* 56 (2004): 331-378.

- Suca A, G R y C A Suca A. «Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial.» *Rev. Per. Quím. Ing. Quím.* 18.2 (2015): 55 - 71.
- Velásquez Meléndez , P. y L. Vázquez Chávez . «ELABORACIÓN DE PAN POR EL MÉTODO DIRECTO, ADICIONANDO UNA SOLUCIÓN LÁCTEA DE KÉFIR.» *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 2.186 (2017): 54-59. <<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/1/9.pdf>>.
- Villacrés, E, E Peralta y M Alvarez. *Recetario Chochos en su punto*. Quito: INIAP. E. E. Santa Catalina, 2003.
- Villacrés, Elena, y otros. *Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho (*Lupinus mutabilis* sweet)*. INIAP-ESPOCH-SENACYT. Quito: Grafistas, 2009. <<http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ALCALOIDES%20DEL%20CHOCHO.pdf>>.
- Villacreses, Ney. *EVALUACIÓN DEL PROCESAMIENTO ARTESANAL DEL CHOCHO (*LUPINUS MUTABILIS SWEET*) SOBRE EL CONSUMO DE AGUA, TIEMPO EMPLEADO Y LA CALIDAD NUTRICIONAL Y MICROBIOLÓGICA*. Tesis. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, 2011.
- Villanueva Flores, Rafael. «Probióticos: una alternativa.» *Universidad de Lima* 33 (2015): 265-275. <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/545/513>.
- Von Baer, Dietrich, Ernst Hartmut y Wal. «Methoden zur Bestimmung der Chinolizidinalkaloide in *Lupinus mutabilis*.» *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* (1979): 169, 27-31.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para el análisis sensorial.**FICHA N°:****FECHA:****CATADOR:**

Frente a ud. Se presentan las siguientes muestras de pan. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta a cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en cada sección.

Puntaje	Categoría
9	Me gusta extremadamente
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta levemente
5	No me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta extremadamente

MUESTRAS	CALIFICACIÓN A CADA ATRIBUTO			
	COLOR	SABOR	OLOR	TEXTURA
PHCH1				
PHCH2				
PHCH3				
PHCH4				

Anexo 2. Determinación de mohos y levaduras.

Muestras	Resultados de mohos y levaduras	Unidad
HC-10d	2,4 x 10 ³	UP/cm ³
HC-10dD	1,9 x 10 ³	UP/cm ³