

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS PARA TÍTULO PROFESIONAL

**ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE
HARINA DE TRIGO POR HARINA DE FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan* L)
CRUDO Y PRECOCIDO**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ELABORADO POR
CALDAS CIERTO NELSON**

TINGO MARÍA – PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fiia@unas.edu.pe

“Año de la Universalización de la Salud”.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2020

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público en forma virtual a las 18:00 horas del día 27 de octubre del 2020, en el equipo: Sustentación de Tesis de Pregrado FIIA UNAS en la Plataforma Ms Teams, para calificar la tesis presentada por el Bach. **CALDAS CIERTO NELSON**, titulada:

ELABORACIÓN DE GALLETAS DULCES CON SUSTITUCION PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE FREJOL DE PALO (*Cajanus cajan* L) CRUDO Y PRECOCIDO

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia, el sustentante, queda apto para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45º numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso “k” y 135 inciso “f” del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 27 de octubre del 2020

Dr. Roberto Dávila Trujillo
Presidente

Ing. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Miembro

Ing. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro

Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Asesora

DEDICATORIA

A Dios por ser prioridad en mi vida,
por darme inteligencia y sabiduría
por guiar mi camino y permitir cumplir
mis metas.

A mis padres, Teófilo Caldas Chávez
y Lucia Cierto López por su apoyo y
amor incondicional, por su dedicación,
ejemplo y fuerza inquebrantable para
luchar ante las adversidades.

A mis hermanos Freyder Caldas cierto,
Yhen Caldas Cierto, Frank Caldas
Cierto a mis tíos, primos y sobrinos,
quienes han estado siempre junto a mí,
apoyándome incondicionalmente.

A Manuel E. Ponce Rodríguez, a Yuli
Ruvi Bertinetti Galvez gracias a su
confianza y brindarme el tiempo
necesario. A Mis tíos Yonel Asensio y
Candelaria Rosales Sandoval.

AGRADECIMIENTOS

- A mi Alma Máter, la Universidad Nacional Agraria de la Selva y la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por proyectar e impulsar nuestros conocimientos, valores, principios y ética para nuestra formación profesional.
- A mi asesora quien ha sido una modelo de ingeniera a seguir, Yolanda Jesús Trujillo Ramírez, por su conocimiento, su confianza, su apoyo incondicional y la dedicación de su tiempo para esta investigación.
- A nuestros jefes de diferentes laboratorios por sus enseñanzas y conocimientos brindados durante el transcurso de nuestra formación profesional.
- A todas aquellas personas que contribuyeron para la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 .Generalidades del frejol de palo.....	4
2.2.1. Definición	4
2.2.2.Clasificacion taxonomia.....	4
2.2.3. Características del frejol de palo (Cajanus cajan L.)	5
2.2.4. Épocas de siembra y cosecha.....	5
2.2.5. Valor nutricional del frejol de palo	6
2.2.6. Usos del frejol de palo	7
2.3.Generalidades del trigo.....	8
2.3.1.Clasifiación taxonómica	8
2.3.2. Definición del trigo.....	9
2.3.3. Composición química	9
2.4.Generalidades de las harinas	10
2.4.1.Definición	10
2.4.2. Harina de trigo	10
2.4.3. Harina de frejol de palo.....	11
2.4.4. Otros tipos de harinas.....	12
2.5. Evaluación farinográfica de harinas.....	14
2.5.1. Farinografo.....	14

2.6. Generalidades de las Galletas.....	16
2.6.1 Definición de galleta.....	16
2.6.2 Sustitución parcial de harina de trigo para la elaboración de Galletas.....	16
2.6.3. Clasificación de las galletas.....	17
2.6.4. Requisitos por considerarse en la fabricación de galletas.....	18
2.6.5. Procesamiento de galletas.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1.Lugar de ejecución.....	20
3.2.Materia prima	20
3.3.Insumos.....	20
3.4. Equipos, materiales y reactivos.....	21
3.4.1. Equipos de laboratorio y/o proceso.....	21
3.4.2. Materiales de laboratorio.....	22
3.4.3. Otros materiales	23
3.4.4. Reactivos y soluciones.....	23
3.5.Métodos de análisis.	24
3.6.Metodología experimental.....	24
3.6.1.Elaboración de harina de frejol de palo	24
3.6.2. Caracterización fisicoquímica de las harinas.....	25
3.6.3. Formulación y elaboración de las galletas.....	25
3.6.4. Evaluación sensorial... ..	26
3.6.5. Evaluación farinográfica de la mezcla de harinas del mejor tratamiento y del testigo.....	26

3.6.6. Evaluación fisicoquímica de la galleta con mayor	
Aceptabilidad y la galleta testigo.....	26
3.7. Esquema experimental.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. De la Obtención de las harinas de frejol de palo	29
4.1.1. Harina de frejol de palo crudo.....	29
4.1.2 Harina de frejol de palo precocido.....	31
4.2 Balance de materia de la obtención de harina de frejol de	
palo	33
4.3. Caracterización fisicoquímica de las harinas de trigo y de frejol de	
palo crudo y precocido	37
4.3.1. Humedad.....	37
4.3.2. Proteína.....	39
4.3.3. Grasa	40
4.3.4. Ceniza	40
4.3.5. Fibra	41
4.3.6. pH.....	42
4.3.7. Acidez titulable.....	43
4.4. Caracterización granulométrico de las harina de frejol de palo	
crudo y precocido	43
4.5 Evaluación farinográfico de las harinas	46
4.5.1. Absorción de agua	46
4.5.2. Tiempo de desarrollo.....	47
4.5.3. Estabilidad de la masa.....	47

4.5.4. Ablandamiento de la masa.....	48
4.6 Proceso de Elaboración de las galletas dulces con harina de frejol de palo crudo y precocido.....	50
4.7 Balance de materia de la elaboración de galletas dulce con Frejol de palo precocido.....	52
4.8. Evaluacion sensorial de las galletas dulces	53
4.8.1. Color	53
4.8.2. Olor.....	54
4.8.3. Sabor	55
4.8.4. Crocantez	56
4.9. Caracterización fisicoquimicas de la galleta dulce mas aceptable y la galleta testigo.....	56
4.9.1 .Humedad.....	56
4.9.2 .Proteína.....	57
4.9.3. Grasa	58
4.9.4. Ceniza	59
4.9.5. Carbohidratos.....	59
4.9.6. pH.....	60
4.9.7. Acidez titulable.....	60
4.10. Características física de las galletas.....	61
4.10.1. Peso y espesor de las galletas.....	61
4.10.2. Volumen (V).....	61
4.10.3. Coeficiente de excentricidad.....	62

V.CONCLUSIONES.....	64
VI. RECOMENDACIONES.....	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....	67
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Epocas de siembra y cosecha.....	6
2. Composición nutricional de frejol de palo ,en 100 g	7
3. Composición química del trigo en base seca.	9
4. Composición química de la harina de trigo en base seca.....	11
5. Análisis proximal de la harina cruda y precocida de frejol de palo en base seca.....	12
6. Características de la harina galletera	14
7. Controles físicos de la galleta con diferentes parámetros.....	18
8. Formulación para elaborar una galleta común.....	19
9. Formulaciones para la elaboración de galletas dulces.....	25
10. Balance de materia para la obtención de la harina de frejol de palo crudo.....	33
11. Balance de materia para la Obtención de la harina de frejol de palo precocido.....	34
12. Características fisicoquímicas de las harinas de trigo y de frejol de palo crudo y precocido.....	38
13. Resultado de la evaluación del pH y acidez de las harinass.....	42
14. Análisis granulométrico de harina de frejol de palo crudo.....	44
15. Análisis granulométrico de harina de frejol de palo precocido.....	45

16. resultado de la evaluacion farinográfico de las harinas.....	46
17. Balance de materia del proceso de elaboración de galletas dulce (Mejor tratamiento).....	53
18. Resultados de evaluación sensorial de las galletas.....	54
19. Resultados de análisis fisicoquímico de la galleta dulce más aceptable y la galleta testigo en base seca.....	57
20. Resultado del pH y acidez de la galleta testigo y del más aceptado.....	60
21. Resultados de la evaluación física de todos los tratamientos.....	63

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Página
1. Diseño experimental para la elaboración de galletas con sustitucion parcial de harina de trigo por harina de frejol de palo crudo y precocido.....	28
2. Flujograma para la obtención la harina de frejol de palo de crudo	30
3. Flujograma para la obtención de la harina de frejol de palo precocido.....	32
4. Balance de materia de la obtención de harina de frejol de palo crudo	35
5. Balance de materia de la obtención de Harina de frejol palo precocido	36
6. Fárinograma de harina de trigo	49
7. Fárinograma de la mezcla de la harina del mejor tratamiento.....	49
8. Flujograma para el procesamiento de las galletas dulces	51

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo con la finalidad de investigar el efecto de sustituir parcialmente harina de frejol palo crudo y cocido para la elaboración de galletas dulces. Las concentraciones que se utilizaron fueron de 10, 20, 30 y 40%, y se evaluaron los parámetros de olor, sabor, color y crocantez y en el tratamiento más aceptado se evaluaron las características fisicoquímicas, así como las características farinográficas de las harinas utilizadas en el tratamiento más aceptado.

Se elaboró harina de frejol de palo crudo y precocido y se prepararon 9 tratamientos, incluido el testigo. El tratamiento más aceptado sensorialmente fue el sustituido con 30% de harina de frejol de palo precocido y presentó: humedad 2,51%; proteína 13,32%; grasa 3,01%; fibra bruta 2,89% y carbohidratos 79,26%; pH 6,12; acidez titulable 0,09% expresado en ácido sulfúrico; peso 11,238 g; espesor 1,283 cm; volumen 25,59 cm³; volumen específico 2,039 cm³/g; densidad aparente 0,490 y coeficiente de excentricidad 0,018%. La mezcla de harinas del mejor tratamiento presentó un tiempo de desarrollo de 8,3 min, estabilidad de la masa 5,8 min y ablandamiento de la masa 77 (UF); la galleta elaborada con harina de frejol de palo precocido presentó mejores características de olor, color, sabor y crocantes.

I. INTRODUCCIÓN

El frejol de palo es un cultivo que ha tenido un alto crecimiento en los últimos años. Según reporte de AGRODATAPERÚ (2020, enero 18) en el 2019 se exportaron U\$ 77,6 millones, destacando el Pimiento en Conservas (U\$ 54,6 millones), Frejol de Palo (U\$ 11,7 millones), Ají Paprika (U\$ 5,6 millones).

El frejol de palo tiene un alto valor nutricional, aunque su producción anual ha sido aprovechada por países extranjeros. En su mayoría, este fréjol es consumido en fresco, mientras otros países lo incorporan en la industria alimentaria para enriquecer productos elaborados.

El aporte nutritivo que ofrece el fréjol de palo es balanceado y presenta un conjunto de proteínas vegetales, pero, a pesar de sus atributos, el consumo de este alimento no es muy aprovechado en nuestro país, por lo que en el trabajo de investigación se aspira utilizar sus beneficios en un producto muy consumido como las galletas que, con la incorporación de harina de frejol de palo crudo y precocido; se estaría innovando un producto para el consumidor, ante esta situación se planteó el objetivo de elaborar galletas dulces con sustitución por harina de frejol de Palo (*Cajanus cajan* L) crudo y pre cocido, con los siguientes objetivos específicos:

- Elaborar harina de frejol de palo y evaluar sus características fisicoquímicas.
- Elaborar galletas dulces con diferentes niveles de harina de frejol de palo crudo y precocido.
- Determinar la aceptabilidad de las galletas dulces elaboradas (color olor, sabor y crocantes).
- Realizar el análisis farinográfico de la harina de trigo y de la mezcla de harinas del tratamiento más aceptado.
- Evaluar las características fisicoquímicas de la galleta dulce con mayor aceptación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

PASCUAL (2012) en su trabajo encontró que la harina de habas contiene mayor proteína, ceniza y fibra que la harina de trigo especial, encontró un aumento de la absorción de agua y del grado de debilitamiento de la masa y una disminución de la estabilidad al incrementarse los niveles de sustitución. El sustituido con 20% de harina de habas resultó el óptimo, con mayor contenido de proteínas y menores carbohidratos que las similares elaboradas con harina de trigo. Las galletas fueron aceptadas hasta el segundo mes de almacenamiento, las galletas en envases de polietileno de alta densidad conservaron mejor sus características químicas y organolépticas y que en polipropileno comercial.

LOPÉZ (2007) en su investigación indica que el trigo tiene bajo nivel de proteína (11,4 %) de lisina (2,4 %) y de treonina (1,7 %). Por el contrario, *Lupinus mutabilis* es fuente alta en proteína (42%) con 6,7%. Se conoce que la combinación de cereal con leguminosa permite la obtención de alimentos fortificados para consumo humano. Como resultado de la evaluación reológica de las masas fortificadas con *L. mutabilis*, las mezclas óptimas fueron 12% de HL y 20% de CPL.

2.2. Generalidades del frejol de palo

2.2.1. Definición

La FAO llama a esta leguminosa con diferentes nombres: Guandúl, frejol de palo, guisante de paloma, gandul o quinchoncho, tiene alto valor nutritivo y se cultiva en los países de Asia, África, Islas del caribe y el sur de América. En estos países son sembradas intensamente para ser comercializadas durante todo el año. El frejol palo se cultivó por mucho tiempo en algunas regiones de Asia, hace aproximadamente 3500 años, sin embargo, no se conoce la procedencia del frijol, unos dicen en la India o suponen que en el África; sus semillas posiblemente siguieron las rutas de la trata de esclavos del continente africano hasta llegar al continente americano (STEVENS *et al.*, 2001).

SAXENA *et al.* (2010) mencionan que es un alimento nutricionalmente balanceado, conteniendo proteínas entre 15 a 25%, carbohidratos 60 a 70%, vitaminas y minerales 15 - 25%, es bajo en grasas y muy aceptado en el mercado.

2.2.2. Clasificación Taxonomía

La clasificación taxonómica del frejol de palo, según VALLADAREZ (2010) es:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophysida
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Fabales
Subfamilia	:	Faboideae

Tribu	:	Phaseoleace
Subtipo	:	Cajaninae
Género	:	Cajanus
Especie	:	<i>C. cajan</i>
Nombre vulgar	:	Frejol de palo, Gandul.
Nombre científico:		<i>Cajanus cajan</i> L.

2.2.3 Características del frejol de palo (*Cajanus cajan* L)

Según MINAGRI (2016), las características del grano con respecto a su color pueden ser: crema, de gris claro, moteado, con puntos o jaspeado de color gris o marrón; con respecto a su forma es globulosa. Tiene un tamaño mediano, aproximadamente 100 semillas pesan entre 16 a 22 gramos y su número de Calibre está en 54 a 625 semillas en 100 gramos.

Se produce en todo el Perú, en el norte desde Chepén (La Libertad) hasta Piura y en la selva, en selva alta, San Martín y Ucayali. En Perú, así como en otras partes del mundo este frejol es conocido en Lambayeque como Lenteja de palo; en la selva com Pushpo; en la Costa central como Chivatito. En Venezuela es conocido como Quinchoncho; en República Dominicana y Puerto Rico como Gandul; en la India como Red gran; en países de habla inglesa como Angola pea, Dhall, Pigeon pea.

2.2.4 Épocas de siembra y cosecha

En el Cuadro 1 se presenta la época de siembra y cosecha del frejol palo por zona de producción.

Cuadro 1. Época en que se siembra y se cosecha

Zona	Siembra	Cosecha
Costa del norte	enero - julio	Vaina verde, a partir de mayo Grano seco, a partir de agosto
En selva alta	diciembre - mayo	Desde el mes de mayo

Fuente: MINAGRI (2016).

El frejol de palo se vende como vaina verde para la industria conservera y de congelados. El consumo mayoritario se da en los departamentos de Piura y Lambayeque, fuera de estos departamentos su cultivo y consumo no es conocido (MINAGRI, 2016).

2.2.5 Valor nutricional del frejol de palo

EL frejol de palo tiene características químicas de gran valor, al igual que algunas leguminosas: alto porcentaje de proteínas 18 a 25% pudiendo llegar hasta 32%. Bajo contenido en grasa y fibra en cantidad moderada. Tiene también buen equilibrio en aminoácidos, vitaminas y minerales. Su consumo es mayormente en granos verdes o maduros (INTERIOR, 2018).

El frejol de palo posee también características beneficiosas en la agricultura por tener propiedades fijadoras de nitrógeno en la tierra por su alto contenido de proteínas, por lo que dicho componente lo hace un excelente sustituto de la carne.

En el Cuadro 2, se presenta la composición nutricional promedio del frejol de palo en 100 g de parte comestible (BUTT y BATOOL, 2010).

Cuadro 2. Composición nutricional del frejol de palo, en 100 g

Descripción	Unidad	Cantidad
Calorías	Cal	336
Humedad	G	14
Proteína	G	19,5
Grasa	G	1,4
Carbohidratos	G	64,4
Cenizas	mg	3,7
Calcio	mg	100
Fósforo	mg	400
Hierro	mg	5,2
Tiamina	mg	0,61
Ácido ascórbico	mg	9,4

Fuente: BUTT y BATOOL (2010).

2.2.6 Usos del frejol de palo

Es utilizado en la industria de snack para incrementar el valor nutricional de pastas que afecta sus propiedades sensoriales, tiene buena aceptación en la extensión de la sémola con harinas provenientes de leguminosas para elaborar pastas y mejorar la calidad en proteína. En la elaboración de bizcochos el sustituir harina de trigo por frejol de palo aumenta los niveles de proteína y fibra con buena calidad sensorial (TORRES *et al.*, 2006).

Se consume como granos cocidos, guisos, arroces y dulces, Entre los principales usos del frijol de palo se encuentran: harina de frejol de palo como aditivo para sopas y arroz y una fuente ideal de suplemento de proteína en alimentos ricos en almidones como yuca (TRIWARI *et al.*, 2011).

- **Alimentación Humana:** en India se consume como rodajas de cotiledones pelados de la semilla del frejol de palo cocinado para hacer la sopa de Dalh, en América del Sur se consumen como semillas secas enteras. Las semillas se pueden cosechar estando verdes, y usadas como vegetales frescos, enlatados y congelados, igualmente la harina de gandul se usa como aditivo para otros alimentos como sopas, sobre todo es una gran fuente de suplementación de proteínas (NAVARRO *et al.*, 2014).

- **Uso medicinal:** Se usa como parte integral de la tradición medicina popular en India, China y algunos países en desarrollo. En la medicina popular étnica se usa en la prevención y cura de enfermedades de los riñones, en disenterías y en algunos trastornos de la sangre (NAVARRO *et al.*, 2014).

2.3. Generalidades de trigo

2.3.1. Clasificación taxonómica

HOFFMAN (2010) indica la siguiente clasificación taxonómica.

Nombre científico	:	<i>Triticum spp</i>
Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Sub familia	:	Pooideae
Tribu	:	Triticeae
Género	:	<i>Triticum L</i>

2.3.2. Definición de trigo

La harina procedente del trigo es un tipo de alimento base de la alimentación mundial. Este alimento es influenciado por factores como el variedad de trigo sembrado, el clima, el tipo de suelo, las condiciones en las que se almacenan y procesan, los cuales producen una importante condición en la calidad de la harina de trigo, estas a su vez influyen durante el procesamiento y características finales de los productos elaborados (VILLANUEVA, 2014).

2.3.3. Composición química

Villanueva (2014) indica la composición química del trigo.

Cuadro 3. Composición química del trigo en base seca

Componente	Unidad	Trigo
Agua	%	13,0
Proteína	G	6,80
Grasa	G	0,70
Carbohidrato	G	78,90
Fibra	G	0,20
Otros componentes		
Fósforo	mg	140
Hierro	mg	0.80
Calorías	mg	360
Calcio	mg	6.00

Fuente: VILLANUEVA (2014)

El grano maduro del trigo contiene carbohidratos, compuestos nitrogenados, principalmente proteínas, lípidos, sustancias minerales, agua junto con vitaminas en pequeñas cantidades como inositol, colina y complejo B, contiene enzimas como la B-amilasa, celulasa y glucosidasas, y otras sustancias como pigmentos. Todos estos nutrientes se encuentran en las diferentes partes del grano de trigo, y algunos concentrados en determinadas regiones, sólo la proteína se encuentra distribuido en todo el grano (VILLANUEVA, 2014).

2.4. Generalidades de las harinas

2.4.1. Definición

Las harinas son obtenidas a través de un previo proceso de molturación del trigo y molienda de este. Al referirse a la obtención de harina se hace referencia principalmente al producto obtenido del trigo. Para referirse a productos finales molidos de otros tipos de cereales, leguminosas, o frejoles etc. se debe especificar de donde procede, por eso se usará la denominación DE (SIN *et al.*, 2001).

2.4.2. Harina de trigo

Se obtiene a partir de los granos del trigo, el cual pasa por ciertos procesos para obtener el producto final, donde la trituración o molienda es la de mayor importancia obteniéndose así el salvado y germen, para luego ser molido y conseguir la harina con un grado adecuado de finura (PATZI, 2007). La más empleada de las harinas es la de trigo que proviene de diversas calidades de trigo cultivado en diferentes partes del mundo. Cada harina es referida a una

clase de trigo, siendo el gluten el elemento principal e Indispensable de una buena harina (PASCUAL, 2012).

En el Cuadro 4 se presenta la composición química de la harina de trigo.

Cuadro 4. Composición química de la harina de trigo. En base seca

Composición	Cantidad (%)
Agua	11 – 14
Proteínas	9 -11
Carbohidratos	74 – 76
Lípidos	1 – 2
Minerales	1 – 2

Fuente: PATZI (2007)

2.4.3. Harina de frejol de palo

Se obtiene de la molienda de las semillas de frejol de palo y según el tamaño de las partículas, puede tratarse de sémolas o harinas. Distintos investigadores han determinado cantidades de proteínas en la harina en frejol de palo con valores satisfactorios y gran aporte y potencial aprovechamiento en la industria alimentaria. Se encontraron las siguientes propiedades funcionales: capacidad de retención de agua (CRA) de 2,0 a 2,1 mg/g, capacidad de absorción de aceite (CAA) 1,0 –1,1 g/g y un CRA de 1,42 a 2,19 g/g; valores encontrados en harinas sin fermentar y fermentados (CASTILHO *et al.*, 2009).

En el Cuadro 5 se presenta la composición proximal de la harina cruda y precocida de frejol de palo. Generalmente el contenido de proteína varía de 19 a 28% (VÉLEZ, 1996).

Cuadro 5. Análisis proximal de harina cruda y precocida de frejol de palo, en base seca.

Parámetros	Harina cruda	Harina precocida
Proteína cruda (Nx6,25)	23,28	26,34
Grasa (extracto etéreo)	1,88	1,32
Fibra cruda	9,33	2,9
Carbohidratos totales	60,04	63,78
Cenizas	5,47	5,66
Calcio (mg/100)	31,81	15,8
Hiero(mg/100)	10,42	8,77
Fosforo(mg/100)	460,6	414

Fuente: Vélez (1996)

2.4.4. Otros tipos de harinas

- Harinas Crudas

El Proceso de molienda para este tipo de harinas se realiza de manera convencional teniendo en algunos casos la metodología de antaño, los granos secos de trigo eran molidos sin ser sometidos a ningún tratamiento térmico. La harina obtenida contenía germen, salvado y escutelo denominado así integral, por todos estos componentes tienen un color oscuro (FOX & CAMERON, 1998).

- **Harinas Pre-Cocidas**

Los granos se someten a un tratamiento térmico con una cantidad de humedad necesario para dicho proceso, sufriendo como consecuencia un cambio físico denominado gelificación por ende el almidón presente en los granos llegan a modificarse al obtener la harina (UNALM, 1998).

- **Harinas compuestas**

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la FAO al reconocerse la necesidad de buscar solución para los países que no producen trigo. La definición indicada inicialmente por la FAO se refiere a mezclas que se elaboran para producir alimentos a base de trigo, como en el caso del pan, las pastas y las galletas (ELÍAS, 1996).

DENDY *et al.* (2004) mencionan que las harinas compuestas se consideran a las mezclas de harina de trigo y las procedentes de otros cereales en la elaboración de productos horneados. Las harinas compuestas además de reducir o eliminar el uso del trigo, también tienen otro objetivo que es cambiar las características nutritivas del producto y enriquecerlas en proteínas, vitaminas y minerales.

- **Harina galletera**

Se conoce como harina galletera a la que se elabora a partir de trigo blando y suave con otros tipos de harinas aptos para su elaboración, que puede ser mejoradores, productos málticos, enzimas diastáticas y son fortificadas utilizando vitaminas y minerales.

En el Cuadro 6 se presenta las características de la harina galletera.

Cuadro 6. Características de una harina galletera.

Características	Contenido
Fuerza	80 – 100 kg m/s ²
Tenacidad	30 – 40 J/m ³
Extensibilidad	60 – 75mm
Equilibrio	0,2 – 0,3
Porcentaje de gluten	7 – 9%
Índice de caída	250 – 300 s

Fuente: BARRIGA (2009)

Las harinas galleteras se caracterizan por ser flojas, contienen poco gluten y son muy extensibles. El rango de proteína está entre 8 a 9%, cuando la galleta a elaborar es quebradiza y semidulce y para aquellas galletas esponjosas y bizcochos o las que contienen algo de levadura prensada, el contenido de proteínas está entre 9 a 10% (BARRIGA, 2009).

2.5. Evaluación farinográfica de harinas

2.5.1. Farinógrafo

Este equipo permite medir la consistencia de la masa utilizando una fuerza para el mezclado a velocidad constante, también mide la absorción de agua que necesita para alcanzar esa consistencia. El farinógrafo describe una curva que, en forma visual representa las características de la calidad de la harina. Los índices que permite medirse con el farinógrafo según PANTANELLI (2002) son:

- **Consistencia de la masa**

La consistencia de la masa, así como la capacidad de absorción de agua son obtenidas de la cantidad de agua que se necesita para producir una masa cuya consistencia hace que llegue a la línea de los 500 FE. Al probar una harina con buena capacidad de absorción, se deberá de ajustar, porque el pico de la curva sube por encima de ese nivel, realizándose el ajuste con cada tipo de harina manteniendo el pico de la curva en esta línea.

- **Evolución de la masa**

Esta característica determina el tiempo de amasado, cada harina necesita un tiempo de amasado. El punto más alto de la curva indica el tiempo necesario para obtener una masa en condiciones industriales. Se obtiene pan de baja calidad cuando la masa ha sido poco trabajada, también por mucho trabajo. Las harinas que contienen alto nivel de proteína (para pastas) requieren mayor tiempo de amasado.

- **Estabilidad de la masa**

Es el tiempo requerido para que la masa se debilite, es una medida de la cantidad de fermentación que podría resistir una harina, siendo también indicativo de la tolerancia de la harina al tiempo de fermentación. Es medida también del exceso de amasado que resiste una harina, antes debilitarse.

- **Debilitamiento de la masa**

Está representado por la caída de la curva por debajo de la línea de 500 FE, durante el periodo de amasado. Las harinas fuertes presentan bajos valores bajos y las harinas débiles, valores altos.

PANTANELLI (1996) indica que la aptitud de una harina para panificación, son evaluados mediante los siguientes criterios:

Calidad óptima: (Caída de masa, 0 a 30 UF y estabilidad más de 10 minutos), Calidad buena: (Caída de masa, 30 a 50 UF y estabilidad no menos de 7 minutos), Calidad discreta: (Caída de masa, 50 a 70 UF y estabilidad no menos de 5 minutos), Calidad mediocre: (Caída de masa, 70 - 130 UF y estabilidad no menos de 3 minutos) , Calidad baja: (caída mayor a 130 UF y estabilidad menos de 2 minutos).

2.6. Generalidades de las Galletas

2.6.1. Definición de galleta

Son productos del horneado apropiado de figuras obtenidas por el amasado del derivado de trigo u otros farináceos, al que se adicionan otros ingredientes aptos para el consumo humano. También se pueden definir como productos elaborados en base a una mezcla de harina, grasa comestibles y agua, al que se adicionan a veces de azúcares, aromas, especias, etc. amasadas y posteriormente pasadas por un proceso térmico, con presentación muy variada y bajo contenido de humedad (ESCOBAR, 2006).

2.6.2. Sustitución de harina de trigo en elaboración de galletas

Las sustituciones parciales con distintas harinas, para la elaboración de galletas, se realizan adicionando pequeñas cantidades de otras harinas (leguminosas, cereales, granos andinos, pseudocereales, tubérculos y raíces) para obtener características concernientes a atributos de sabor o aspectos

propias de una galleta que sea de gran impacto, con propiedades organolépticas y de estructuras especiales. En galletería se puede encontrar una variedad de sustituciones que, al ser incorporadas en adecuadas proporciones en las formulaciones se pueden realzar aún más y mejorar sus propiedades nutricionales, así como reducir costos o utilizar una materia prima no usada. (DUNCAN, 1989).

El sustituir la harina de trigo por otras harinas sucedáneas disminuye la elasticidad de la masa. Esto hace que sea perfecto para sustituciones en la elaboración de galletas ya que no necesita una miga o masa con alta elasticidad, niveles de sustitución de 10 a 20% de harina de trigo producen un producto de buena calidad sin una variación importante en los atributos de color, sabor, estructura y crocantez (SEIBEL, 2006).

2.6.3 Clasificación de las galletas

La NTP (2016) clasifica las galletas:

- **Por el sabor:**

Dulce, salada, de sabor especial

- **Por la presentación:**

Simple, rellena o revestida.

- **Por la forma de comercialización:**

Envasadas y a granel.

2.6.4 Requisitos por considerarse en la fabricación de galletas

Ser elaboradas con materias primas sanas y limpias, sin impurezas de toda especie y en perfecto estado de conservación.

Se permite el uso de colorantes naturales o artificiales (Norma técnica 22:01-003 Aditivos Alimentarios).

En el Cuadro 7 se presenta los controles físicos de la galleta con diferentes parámetros.

Cuadro 7. Controles físicos de la galleta con diferentes parámetros.

Producto	Parámetro	Límites Máximos Permisibles
Galletas	Humedad	12%
	Cenizas totales	3%
	Índice de peróxido	5 mg/kg
	Acidez (expresada en ác. láctico)	0,10%

FUENTE: MINSA (2010)

2.6.5 Procesamiento de galletas

Existen tres métodos para elaborar galleta: El Cremado (Creaming Up), el Método del Amasado y el Mezclado “Todo en Uno”.

En el método del cremado se mezclan los ingredientes en una sola etapa incluyendo el agua; parte del agua se utiliza para disolver los agentes químicos, saborizantes, colorantes, mezclándose hasta obtener una satisfactoria masa (MENESES, 1994).

Según ESCOBAR (2006) la industria galletera se encuentra en proceso de crecimiento y desarrollo que no se detuvo desde el inicio sino que se

ha incrementado, según las nuevas necesidades del mercados que cambia en gustos y requerimientos. En la actualidad, la galleta es un alimento popular encontrado en todos los países (ESCOBAR, 2006).

En el Cuadro 8 se presenta la formulación de una galleta común.

Cuadro 8. Formulación para elaborar una galleta común.

Componentes	Concentración (%)
Harina de trigo	61,01
Azúcar	14,59
Agua	10,25
Aceite	8,44
Glucosa	5,22
Sal	0,47
Antimoho	0,02
Polvo de hornear	0,02
Lecitina	0,06

Fuente: CABEZA (2009)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en los siguientes laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva: Análisis de Alimentos, Control de Calidad y Análisis Sensorial, Bioquímica de Alimentos, Nutrición Animal y en la Planta Panificación de Harinas y Sucedáneos, en la Ciudad de Tingo María que pertenece al distrito de Rupa Rupa en la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. Tingo María que se encuentra a una altitud de 670 m.s.n.m. con temperatura promedio de 17 °C a 35 °C y 82% de humedad relativa.

3.2. Materia prima

Frejol de palo y harina de trigo marca Nicolini, ambos adquiridos del mercado central de la ciudad de Tingo María.

3.3. Insumos

- Maicena (Negrita)
- Polvo de hornear (Fleihsmann)
- Leche en polvo (Anchor).
- Huevos (La Calera).
- Esencia de vainilla (Negrita).

- Azúcar rubia (Morena).
- Sal de mesa (EMSAL).

3.4. Equipos, materiales y reactivos

3.4.1. Equipos de laboratorio y/o proceso

- Estufa marca Ecocell, temperatura hasta 200°C.
- pH - metro, marca Mitler Toledo, modelo CG 840, digital.
- Equipo de titulación para medir acidez (bureta de 25 mL).
- Equipo extractor Soxhlet marca Gerhardt
- Cocina digestora semi-micro Kjeldahl.
- Mufra marca CIMATEC SAC (temperatura 0 - 1200 °C)
- Equipo digestor de proteínas semimicro Kjeldal modelo BUCHI k-438 marca CIMATEC SAC
- Equipo de reflujo para determinación de fibra cruda modelo 30001, 30002 marca LABCONCO.
- Balanza analítica marca Galaxy Ohaus Electronic, modelo 6161, capacidad 6000 g U.S.A, precisión 0,1 g.
- Balanza analítica marca Galaxy Ohaus Electronic, Weighing, capacidad 250 g, U.S.A, precisión 0,0001 g.
- Horno eléctrico marca Nova, modelo Max 500, 220 voltios, 1,5 Hp, año 2013.
- Farinógrafo de Brabender, marca Petren, New Standard: AACCI 54-70.01.
- Molino Willy

- Micro Kjeldahl, marca pirex, U.S.A.
- Equipo soxhlet, marca pirex, U.S.A.
- Digestor de proteínas, marca Buchi Digest Autmat K-438.
- Destilador de nitrógeno, marca Buchi Distillation Unit K-350
- Extractor de grasa, marca gerhardt Type EV16, Germany
- Balanza de precisión, marca Ohaus, capacidad 6 kg.
- Selladora eléctrica, marca Golden, modelo FRT-500
- Secadora industrial

3.4.2. Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado marca Kimax (50, 100, 250, 500, 4000 mL)
- Balones de vidrio marca Germany de 250 mL.
- Pipetas, Fisher brand, Germany (1,25,50 mL)
- Balones de digestión de grasa de 250 mL, marca Pírex. USA.
- Tubos de digestión de proteína, marca Pírex. USA
- Fiolas de 10, 50, 100, 150, 500 mL
- Desecador
- Mortero y pilón
- Papel filtro N° 40
- Probetas de 50, 100, 250 mL Fisher brand, Germany.
- Lunas de reloj, marca pirex, México.
- Matraz volumétrico de 250, 500, 1000 mL, marca Kimax, U.S.A.
- Buretas de 25, 50 mL, marca fortuna, Germany
- Perlas de vidrio, Durcan.

- Crisoles de porcelana Halden wanger, Berlín
- Pinzas metálicas
- Placas Petri
- Tubos de ensayo
- Gradillas
- Vaguetas.
- Embudos de vidrio.

3.4.3. Otros materiales

Mallas N° 20,30,60,80,120,170 y 230, brocha, jarras medidoras de 250, 500 mL, platos y vasos descartables, cuchillos de acero inoxidable, latas de 65 x 45cm, andamios y carros metálicos para colocar las latas, mesa y espátulas de acero inoxidable.

3.4.4. Reactivos y soluciones

- Catalizador de proteína: K_2SO_4 , $CuSO_4$) y $(SeCO_2)$.
- H_2SO_4 concentrado, al 95-97 %
- NaOH al 1,25%, 32% y 0,1 N
- Ácido bórico al 4%
- Indicadores: Rojo de metilo y verde de bromocresol
- Ácido clorhídrico a 0,1N
- Ácido sulfúrico 1,25%
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína 1 % L & H Chemical Products, U.S.A.

3.5. Métodos de análisis

- Contenido de humedad, método 930.04 (A.O.A.C 2008)
- Contenido de grasas totales, método soxhlet según 930.09 (A.O.A.C 2008)
- Contenido de ceniza, por mufla según 930.05 (A.O.A.C 2008)
- Contenido de proteína, por Kjeldahl según 930.07 (A.O.A.C 2008)
- Determinación de fibra cruda (A.O.A.C 2008)
- Determinación de carbohidratos, por diferencia.
- Determinación de Acidez Titulable (A.O.A.C. 2008)
- Determinación de pH (A.O.A.C. 2008).
- Evaluación farinográfica, Método IRAM 15855 (2000)
- Volumen específico, mediante cálculo matemático descrito por HENAO (2004).
- Coeficiente de excentricidad (CABEZA.S, 2009)
- Densidad aparente mediante cálculo matemático descrito por HENAO (2004).
- Análisis sensorial según ANZALDÚA-MORALES (1994)

3.6. Metodología experimental

3.6.1. Elaboración de harina de frejol de palo

La elaboración de harina de frejol de palo crudo se realizó según las operaciones de: Recepción, Selección y clasificación, descascarado, secado, molienda, tamizado, envasado. Adicionándose un precocido en agua a ebullición por 10 minutos antes del descascarado en harina pre cocida.

3.6.2 Caracterización fisicoquímica de las harinas

La caracterización fisicoquímica comprendió las determinaciones de proteína, grasa, carbohidratos, cenizas, fibra, pH y acidez.

3.6.3 Formulación y elaboración de las galletas

Se prepararon 9 formulaciones, con sustituciones de 10, 20, 30 y 40% de harina de frejol de palo crudo o precocida, según el Cuadro 9,

Cuadro 9. Formulaciones para la elaboración de galletas dulce

Ingredientes (g)	Tratamientos								
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Harina de trigo	750	650	600	525	450	650	600	525	450
Harina frejol palo	0	75	150	225	300	75	150	225	300
Margarina	105	105	105	105	105	105	105	105	105
Polvo d hornear	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Leche en polvo	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Maicena	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Esencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Azúcar	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Sal	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Huevo	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Agua	55	55	55	55	55	55	55	55	55

A0 = galleta testigo (solo harina de trigo), A1, A2, A3 y A4 = sustituciones parciales de 10, 20, 30 y 40% de harina de frejol palo crudo, A5, A6, A7 y A8 = sustituciones parciales de 10, 20, 30 y 40% de harina de frejol palo precocido.

3.6.4 Evaluación sensorial

Las galletas fueron sometidas a evaluación sensorial con 15 panelistas semi entrenados, quienes evaluaron los atributos sensoriales de color, olor, sabor y crocantes a través de una ficha de evaluación sensorial presentado en el Anexo 1, con la finalidad de seleccionar el tratamiento más aceptable para su posterior caracterización.

3.6.5 Evaluación farinográfica de la mezcla de harinas del mejor tratamiento y del testigo

Según lo descrito por IRAM 15855 (2000), se tomó 300 g de harina de trigo y de la mezcla de harinas del mejor tratamiento. Se mezcló la harina por 50 segundos, luego es inyectado el agua para formar una masa y hacer la lectura del comportamiento de la masa y determinar las características farinográfica. El farinograma mostró los parámetros de: absorción de agua, tiempo de desarrollo y estabilidad de la masa y decaimiento o ablandamiento de la masa. Los resultados se expresan en unidades farinográfica (UF) para la absorción de agua y el ablandamiento, mientras que para el tiempo de desarrollo y la estabilidad en minutos.

3.6.6 Evaluación fisicoquímica de la galleta con mayor aceptabilidad y la galleta testigo

Se evaluaron el contenido de proteína, ceniza, fibra y grasa, pH y acidez, según los métodos descritos, estos resultados fueron evaluados a través de un DCA y la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Las características físicas evaluadas fueron:

- **Peso y espesor de las galletas**

Se realizó por el método gravimétrico, las galletas fueron pesadas en triplicado, el espesor fue medido utilizando un vernier a través de una escala llamada Nonio. A través de regla fija del vernier que es donde están graduadas las escalas de medición para este caso fueron en milímetros cada valor fueron registrados para posterior análisis.

- **Volumen específico**

Mediante la siguiente ecuación:

$$\text{volumen específico} \frac{mL}{g} = \frac{\text{volumen de la galleta}}{\text{peso de la galleta}}$$

- **Coefficiente de excentricidad:**

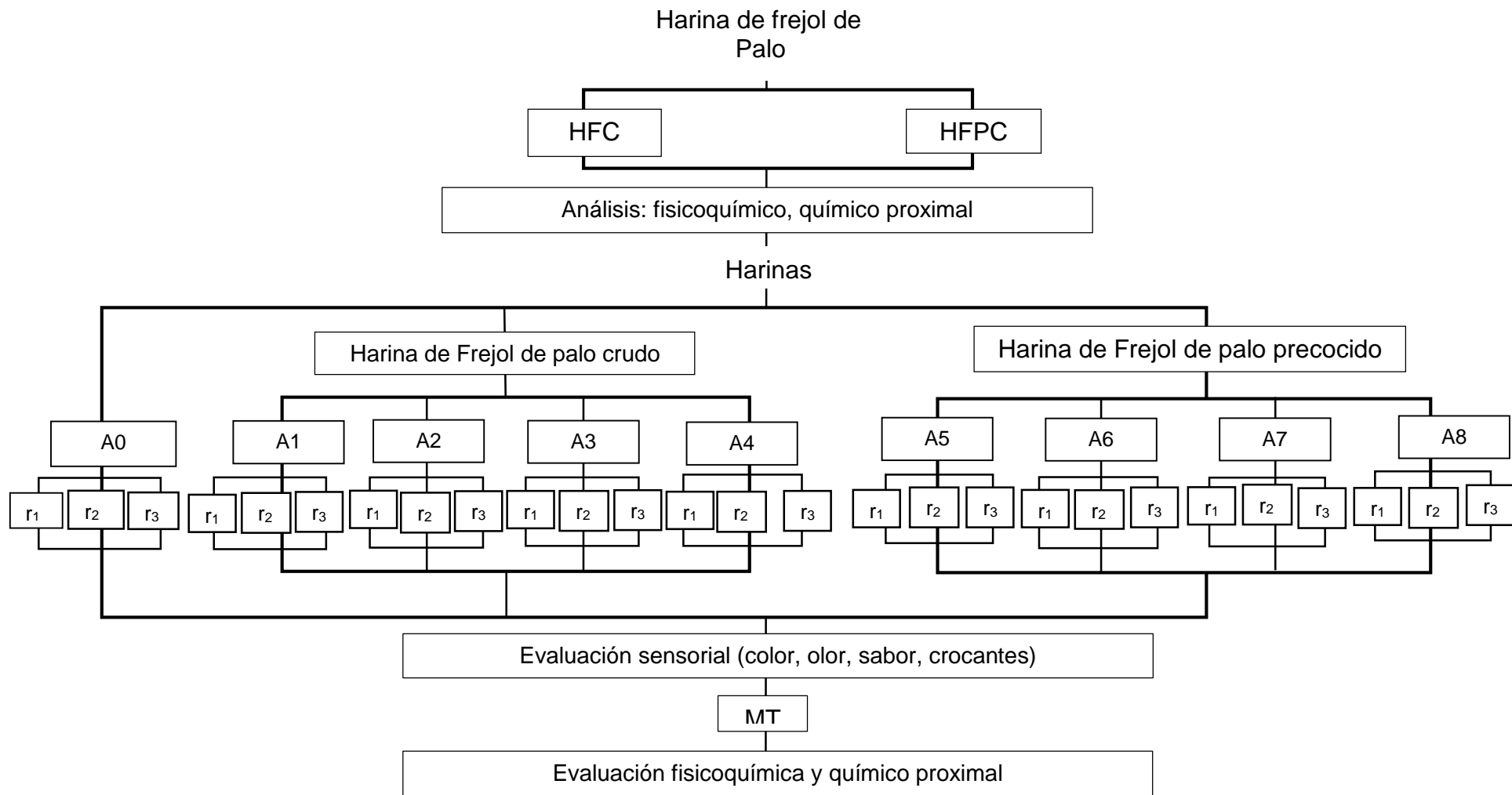
Utilizándose 27 galletas se calculó el coeficiente de excentricidad según la ecuación de CABEZAS (2009).

$$\text{coef. excentricidad} = \frac{\text{Diametro mayor} - \text{Diametro menor}}{\text{Diametro mayor}}$$

Es importante su determinación, si es 0 es completamente redonda y si es 1 corresponde con una línea recta (CABEZAS 2009).

3.7. Esquema experimental

En la Figura 1 se presentan el esquema experimental de la investigación.



Dónde: A0=100%HT, A1=90%HT + 10%HFC, A2 =80%HT + 20% HFC, A3=70%HT + 30%HFC, A4=60%HT + 40%HFC
 A5=90%HT + 10%HFPC, A6 =80%HT + 20%HFPC, A7=70%HT + 30%HFPC, A8=60%HT + 40%HFPC
 r1, r2 y r3: repeticiones

HT= Harina de trigo, HFC=Harina de frejol de palo crudo, HFPC: Harina de frejol de palo precocido.

Figura 1. Diseño experimental para elaborar galletas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de frejol de palo crudo y precocido

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la obtención de las harinas de frejol de palo

4.1.1. Harina de frejol de palo crudo

En la Figura 1 se presenta el flujo de operaciones para la obtención de harina de frejol palo crudo que se describe a continuación:

- Recepción

Los granos de frejol de palo fueron recepcionados en buenas condiciones (fresca y de buen aspecto).

- Selección y clasificación

Se procedió a separar todo tipo de impurezas como paja, piedras, granos vanos, hojas, etc. De igual manera se seleccionaron los granos sanos de un tamaño uniforme ya que son factores que influyen en el posterior proceso.

- Secado

Se realizó utilizando un secador de aire caliente a 55 °C/ 10 horas. Esta operación es importante porque si los granos son bien secados facilitará el descascarado.

- Descascarado

Antes de moler la leguminosa seca se trituró a tamaño grueso para permitir el desprendimiento de la cáscara, de esa manera los granos quedan con el cotiledón para obtener una harina limpia.

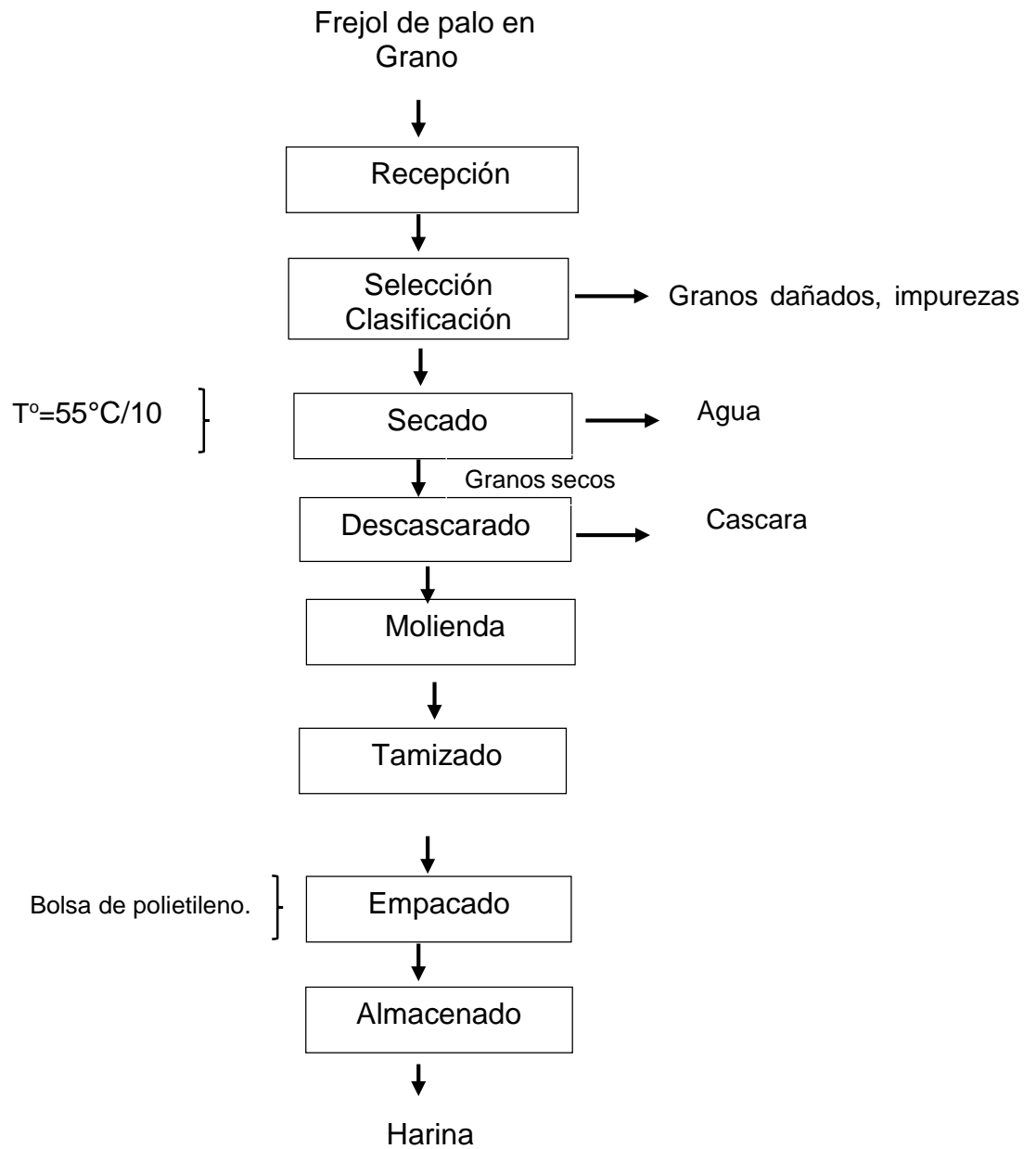


Figura 2. Flujograma para la obtención de harina de frejol de palo crudo.

- **Molienda**

Con un molino de disco industrial, por el cual pasan los granos de frejol de palo seco para ser finamente divididos hasta partículas pequeñas.

- **Tamizado**

La harina obtenida con diferentes tamaños de partícula pasa por un tamiz incorporado en el molino.

- **Envasado**

El envasado se realizó en bolsa de polietileno de alta densidad, sellando herméticamente esto con la finalidad de que el producto no sea contaminado ni absorba humedad para su utilización en la elaboración de galleta y análisis de este.

- **Almacenado**

La harina obtenida se almacenó en ambiente fresco y seco, lejos de residuos o sustancias contaminantes.

4.1.2. Harina de frejol de palo precocido

Obtenida según el flujo de la Figura 2.

- **Recepción, Selección y Clasificación**

Estas operaciones fueron realizadas de igual manera que para la harina de frejol de palo crudo.

- **Precocido**

Los granos de frejol de palo fueron sometidos a tratamiento térmico sumergiendo en agua a ebullición por 10 minutos.

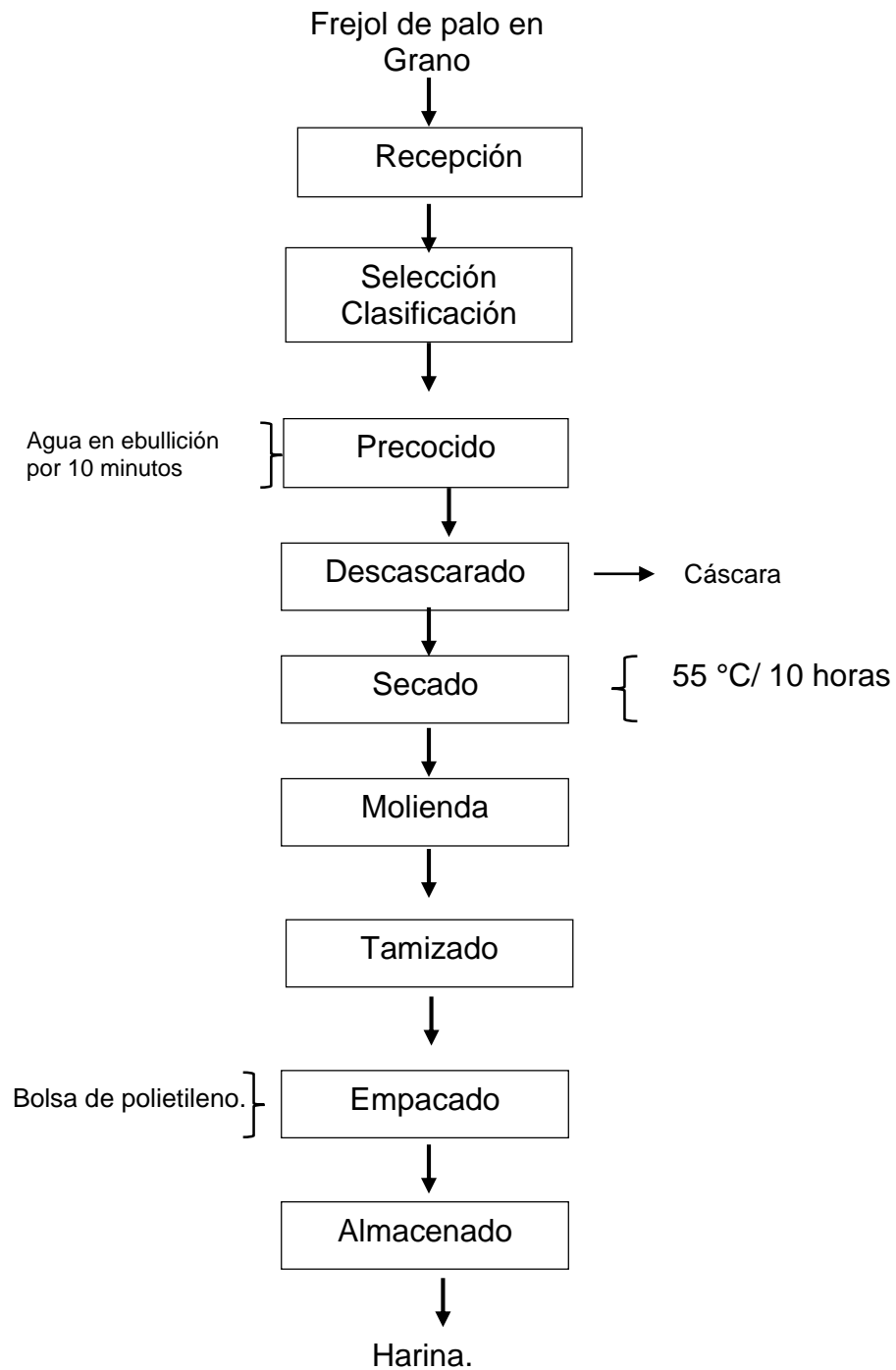


Figura 3. Flujograma para la obtención de harina de frejol de palo precocido.

- Descascarado

Una vez sometido los granos a tratamiento térmico la cáscara se desprende fácilmente por lo que la operación fue realizada en forma manual.

- **Secado**

Se realizó utilizando un secador de aire caliente a una temperatura de 55 °C/ 10 horas. Esta operación es importante porque si los granos son bien secados facilitará el descascarado.

- **Molienda, Tamizado, Empacado, Almacenado**

Se realizaron de forma similar respecto al frejol de palo crudo.

4.2. Balance de materia de la obtención de harina de frejol de Palo

En los Cuadros 10 y 11 se presentan los balances de materia de la obtención de las harinas de frejol de palo crudo y precocido respectivamente.

Cuadro 10. Balance de materia de la obtención de harina de frejol de palo crudo

Operaciones	Entra (Kg)	Pierde (Kg)	Continua (Kg)	Rendimiento % Operación Proceso	
Recepción	15,00	0	15,00	100	100
Selecc/Clasificac	15,00	0,56	14,44	96,27	96,27
Secado	14,44	5,31	9,13	63,23	60,87
Descascarado	9,13	0,41	8,72	95,51	53,13
Molienda	8,72	0,80	7,92	90,83	52,80
Tamizado	7,92	0,34	7,59	95,83	50,60
Empacado	7,59	0,08	7,51	98,95	50,07
Almacenado	7,51	0	7,51	100	50,07

Según el Cuadro 10, hubo menor pérdida en la selección y clasificación (3,74%) porque la materia prima no presentó mucha impureza. La

mayor pérdida fue en el secado (36,78%) por ser las semillas frescas y en estado de madurez verde; el rendimiento por proceso fue 50,07%.

Cuadro 11. Balance de materia, para la obtención de harina de frejol de palo precocido.

Operaciones	Entra (Kg)	Pierde (Kg)	Continua (Kg)	Rendimiento %	
				Operación	Proceso
Recepción	15,00	0	15,00	100	100
Selecc/clasificac	15,00	0,45	14,55	97	97
Precocido	14,55	0	—	—	—
Aumento	0,39	0	14,94	102,68	99,6
Descascarado	14,94	0,92	14,02	93,84	93,47
Secado	14,02	4,48	9,54	68,05	63,6
Molienda	9,54	0,71	8,83	92,56	58,87
Tamizado	8,83	0,34	8,49	96,15	56,6
Empacado	8,49	0,103	8,39	98,82	55,93
Almacenado	8.39	0	8.39	100	55,93

En la selección y clasificación hubo pérdida de 2,98% similar al de frejol crudo, mayor pérdida en el secado (31,98%) pero menor que en el frejol crudo. La precocción favorece al ablandamiento de la estructura del frejol, favoreciendo la molienda, se obtuvo un rendimiento por proceso mayor que con el frejol de palo crudo (55,93%).

En las Figuras 5 y 6 se presenta el balance de materia de la obtención de harina de frejol de palo crudo y precocido respectivamente.

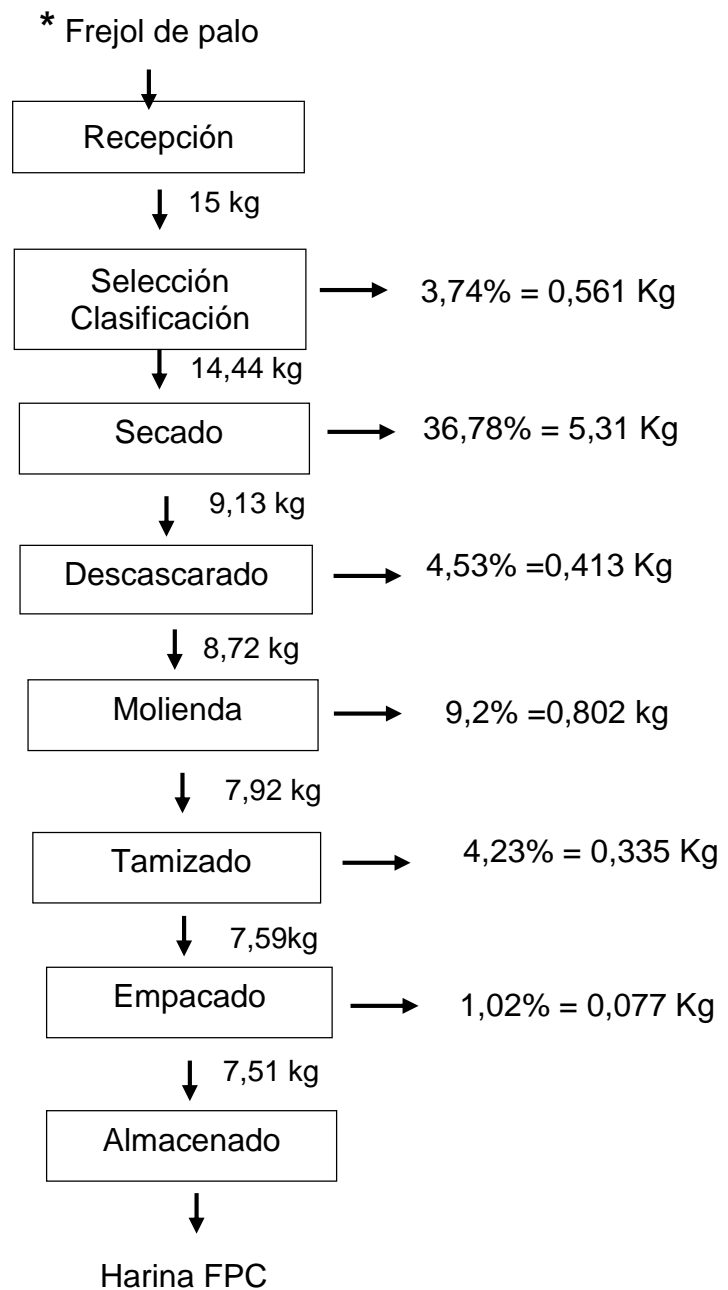


Figura 4. Balance de materia de la obtención de harina de frejol de palo

Crudo

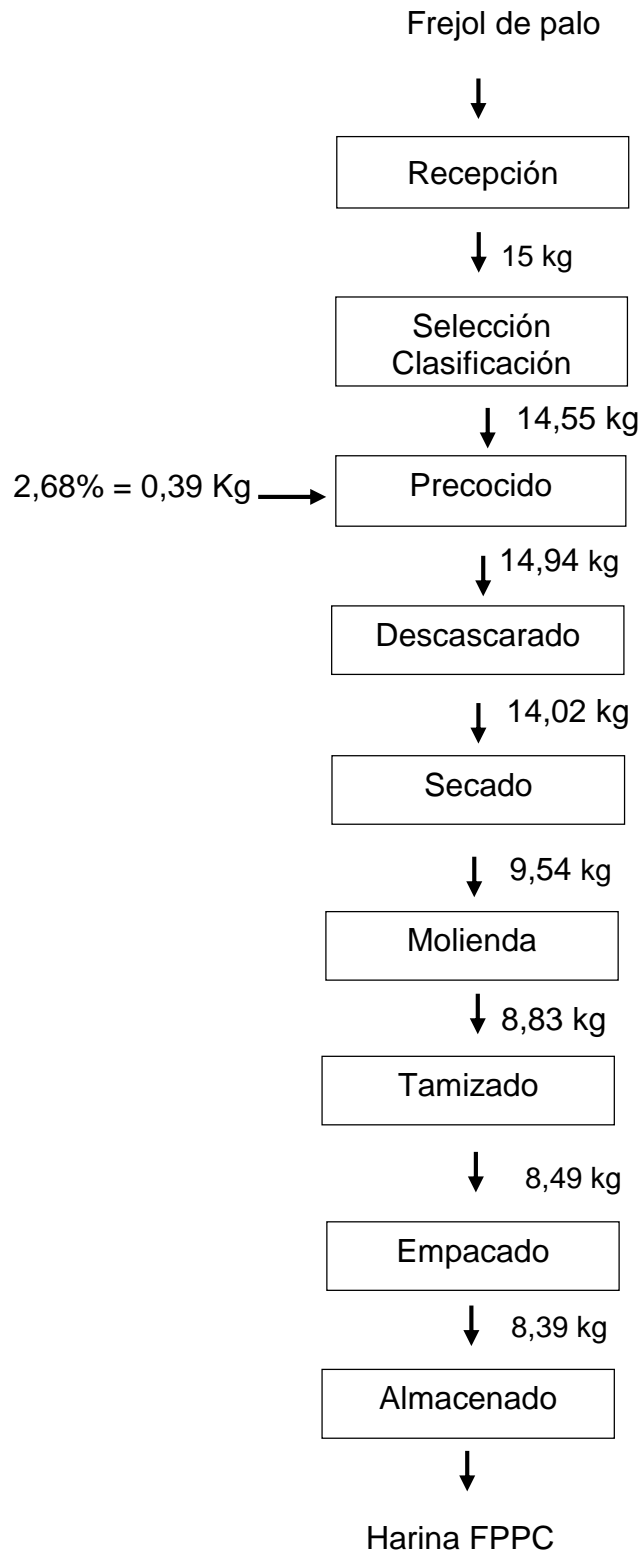


Figura 5. Balance de materia de la obtención de harina de frejol de palo precocido

4.3. Características fisicoquímicas de las harinas de trigo y de frejol de palo crudo y precocido

Según los resultados del Cuadro 12.

4.3.1 Humedad

El mayor porcentaje de humedad se presentó en la harina de trigo ($12,84 \pm 1,75\%$) y el menor en la harina de frejol de palo crudo ($12,23 \pm 1,65\%$). VAZQUEZ *et al.* (2009) indican una humedad en harinas de $11,48 \pm 0,80\%$ a $14,28 \pm 0,70\%$; SURCO y ALVARADO (2010) $14,04\%$, los resultados de la investigación se encuentran dentro de estos rangos. BUTT y BATOOL, (2010) reportan humedad en harina de frejol de palo crudo de $11,07 \pm 0,5\%$.

I.C.B (2005) encontró “14% de humedad en frejol palo precocido”. “la diferencia de porcentajes podría deberse a factores como estado de madurez, proceso de secado y sobre todo el tipo de tierra cultivada” indican BUTT y BATOOL (2010) citados por NAVARRO (2014). En la harina de frejol de palo crudo se obtuvo $12,23 \pm 1,65\%$ y en harina de frejol de palo precocido $12,39 \pm 1,28\%$ esta diferencia se debería al tratamiento térmico ejercido a este último antes del secado.

“El parámetro de humedad es muy necesario para la mejor conservación y almacenamiento, cuando ésta se encuentra de 10 a 12% es menos propenso a la contaminación por agentes microbianos en especial mohos y levaduras, según indica Mendaz (2004) citado por CONTRERAS (2009). Según la prueba de Tukey, no existe diferencia significativa en el contenido de humedad de las harinas a un 95% de confianza.

Cuadro 12. Características fisicoquímicas de las harinas de trigo y de frejol de palo crudo y precocido

Componente	Unidad	H. de trigo		H. Frejol de palo crudo		H. Frejol de palo precocido	
		Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Humedad	%	12,84± 1,75 ^a	12,23± 1,65 ^a	12,39 ± 1,28 ^a
Proteína	%	10,67 ± 1.49 ^a	12,242± 0,96 ^a	25,56± 3,43 ^b	29,138± 1,72 ^b	25,28 ± 1,87 ^b	28,982± 1,92 ^b
Grasa	%	0,19±0,11 ^a	0,218±0,001 ^a	1,14±0,06 ^b	1,299±0,001 ^b	1,08 ±0,07 ^b	1,233±0,004 ^b
Ceniza	%	1,46 ± 0,48 ^a	1,675±0,002 ^a	4,04 ± 3,39 ^b	4,603±0,003 ^b	3,54 ±1,19 ^b	4,040±0,018 ^b
Fibra	%	1,61 ± 0,50 ^a	1,847±0,01 ^a	7,09± 0,91 ^b	8,077±0,008 ^b	6,98± 0,28 ^b	7,967±0,003 ^b
Carbohidratos	%	73,23	84,018	49,94	56,899	50,73	57,905
Energía	Kcal/100g	337.31	387.002	312,26	355,770	313.76	358,257

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna (p<0,05). cada subíndice indica diferencia estadísticamente.

4.3.2 Proteína

El mayor valor de porcentaje de proteína se encontró en harina de frejol de palo crudo ($25,56 \pm 3,43$) seguido de harina de frejol de palo precocido ($25,28 \pm 1,87\%$) y el menor valor ($10,67 \pm 1,49\%$) en harina de trigo. Otros investigadores encontraron 22,01% de proteína (BUTT y BATOOL, 2010).

AKENDE *et al.* (2010) indican “21,03% de proteína en frejol de palo” encontrándose por debajo de los obtenidos en la presente investigación, VÉLEZ (1996) halló un valor de 23,28 y 26,34% de proteína para harina de frejol de palo crudo y precocido respectivamente.

ALIAGA (2019) encontró “valores debajo de los indicados, dicha diferencia podría deberse a distintos medios geográficos en los cuales las semillas fueron cultivadas”.

“Las proteínas de los frejoles aportan gran cantidad de lisina, aminoácido que es escaso en los cereales, por tal motivo sería muy conveniente sustituir estos en cualquier alimento para elevar el nivel en la nutrición” (VÉLEZ, 1996). El contenido de proteína encontrado en el presente trabajo ($25,28 \pm 1,87\%$ y $25,56 \pm 3,43\%$), se encuentran dentro del rango establecido.

MUNE *et al.* (2008) obtuvieron 19,57% a 26,34%, “se registraron valores más altos de proteína en frejol caupí de igual manera se encontraron datos cercanos al 40% en leguminosas que sobrepasan el contenido de proteínas” (ONWULIRI y OBU, 2002).

Según la prueba de Tukey, existe diferencia significativa en el contenido de proteína de la harina de trigo con los frejoles de palo crudo y precocido, excediendo en la mitad con respecto a la harina de trigo, estos valores

se deben a que el frejol es fuente de proteína tal como indican los estudios en la Revista de Divulgación Científica y Tecnología de la Universidad Veracruzana.

4.3.3 Grasa

El porcentaje de grasa en base seca en harina de trigo fue $0,218 \pm 0,001\%$, en harina de frejol de palo crudo $1,299 \pm 0,001\%$ y en frejol de palo precocado $1,233 \pm 0,004\%$, según resultado de la prueba de Tukey no presenta diferencia significativa en el contenido de grasa de las harinas de frejol de palo crudo o precocado, pero sí con la harina de trigo, que presenta menor porcentaje de grasa.

LOPEZ (2007) muestra “0,59% de grasa en harina de trigo”. SINDONI *et al.* (2008) reportan 1,2% resultados mayores a lo obtenido en la presente investigación ($0,27 \pm 0,11\%$).

PEREA (2007) obtuvo 1,49% de grasa, asimismo estudios realizados por KUL BHUSHAN (2010) muestran “en frejol 2,3% de grasa para frejoles verdes y 1,9% para frejoles en estado maduro, existiendo una leve diferencia en grasa entre los estados de madurez de los frejoles”.

4.3.4 Ceniza

El valor más alto en ceniza se encontró en la harina de frejol de palo crudo $4,603 \pm 0,003\%$, el menor en harina de trigo $1,675 \pm 0,002\%$. en base seca

JIMENEZ *et al.* (2009) indican “ $0,47 \pm 0,04\%$ de ceniza en harina de trigo” y VASQUEZ *et al.* (2009) caracterizando “harina de trigo procedente de

diferentes ciudades encontró un porcentaje máximo de $0,63 \pm 0,33\%$, menor a los obtenidos en el presente trabajo.

AKENDE *et al.* (2010) reportan 3,7% de ceniza, valor menor a lo obtenido para harina de frejol palo crudo, pero semejante a los presentados por ETONIHU *et al.* (2009) y ALIAGA (2019) con 4,92% y 4,98% respectivamente en harina de frejol de palo. Asimismo, estudios realizados en frejoles de la variedad común registran 4,75% (LOPEZ y BRASSANI, 2008).

Según Vélez (1996) citado por ESTRELLA (2014) “en harina de frejol palo crudo obtuvo 5,47% y en precocido 5,66%” estos datos son similares a los encontrados en la investigación ($4,603 \pm 0,003\%$,) para harina de frejol palo crudo. “Existen valores altos en ceniza en leguminosas que en harina de trigo por lo que contiene minerales en la cáscara del grano que genera cenizas” (VÁZQUEZ *et al.*, 2009).

Según la prueba de Tukey no presenta diferencia significativa en el contenido de ceniza de las harinas de frejol palo crudo o precocido, pero sí con el de la harina de trigo que presenta menor porcentaje de ceniza.

4.3.5 Fibra

De los resultados de fibra, se aprecia que el mayor valor se obtuvo en la harina de frejol de palo crudo con $7,09 \pm 0,91\%$ y el menor de $1,61 \pm 0,50\%$ en harina de trigo.

Los resultados encontrados son cercanos con lo reportado por AKENNDE *et al.* (2010); 7,16%.

Los datos obtenidos en la presente investigación (7,09 % y 6,98%) se encuentran dentro del rango expuesto por ALIAGA (2019), sin embargo, existen estudios que exceden dichos valores como los mencionados por VÉLEZ (1996) de 9,33% para harina de frejol palo crudo, y datos por debajo a los resultados mencionados para frejol variedad cuadrenteno de 4,12+/-0,02% (VARGAS ,2012). En el Cuadro 13 se presenta los resultados del pH y acidez de las harinas.

Cuadro 13. Resultado de la evaluación del pH y acidez de las harinas.

Muestra (harina)	Ph	Acidez titulable (%)
Trigo	6,08 ± 0,04 ^a	0,12 ± 0,029 ^a
Frejol palo crudo	6,47 ± 0,03 ^b	0,237 ± 0,046 ^b
Frejol palo precocido	6,59 ± 0,4 ^b	0,156 ± 0,053 ^{ab}

Los promedios representan (promedios ± SEM), los datos provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes subíndices de cada columna ($p < 0,05$).

4.3.6 pH

Sometido a la prueba de Tukey se comprueba que presenta diferencia significativa ($p < 0,05$) en el pH de las harinas de frejol de palo crudo o precocido comparado con la harina de trigo, el mayor valor de pH se encuentra en harina de frejol palo precocido (6,59) y el menor valor en harina de trigo (6,08).

QUISPE (2016) reporta 6,04 ± 0,01%, valor similar a los obtenidos en la presente investigación.

MORALES (2016) indica que “el pH de las leguminas debe estar entre 6,5 y 7,5 y que las variaciones se deben al suelo en el que se cultiva cuyo contenido de acidez sería elevado”. GARCÍA (2012) sometiendo “los granos de

quinchoncho a remojo por 12 horas a una temperatura de cocción de 98 °C por 1,5 horas y secado a 120 °C por 3 horas obtuvo un pH de 7,30 en harina”.

Las harinas de frejol de palo crudo y precocido presentan mayores porcentajes de pH ($6,47 \pm 0,2\%$ y $6,59 \pm 0,2\%$).

4.3.7 Acidez titulable

El resultado de acidez titulable para harina de trigo fue $0,12 \pm 0,029\%$. AFARAY (2014) indica una acidez titulable de 0,112% valor que se encuentra dentro del rango de la Norma Técnica Peruana (máximo 0,22%).

Según la prueba Tukey no se presenta diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre las muestras de frejol palo crudo o precocido. BENNION (1971) indica que “la acidez de las harinas no debe pasar el 0,25%, si es mayor a este valor de acidez se podrían modificar las propiedades físicas, químicas y reológicas de las masas”. Los valores obtenidos para las harinas de frejol palo crudo o precocido se encuentran dentro del rango mencionado.

CAVERO (2010) obtuvo en harina de frejol castilla de 0,17% de acidez expresado en ácido sulfúrico, en harina de kiwicha (0,165%), dentro del rango permitido por la NTP 205.040-1976 con una tolerancia de hasta 10%”.

4.4 Caracterización granulométrica de las harinas de frejol de palo crudo y precocido.

En el Cuadro 14 se presenta el resultado del análisis granulométrico de la harina del frejol de palo crudo y en el Cuadro 15 de la harina de frejol de palo precocido

Cuadro 14. Análisis granulométrico de harina de frejol de palo crudo

Nº de Tamiz	Luz de malla (µm)	Material retenido (g)	% MR	Factor de retardo	%MRXFR
20	850	1,020	1,020	7	7,14
30	600	1,321	1,321	6	7,926
60	250	2,281	2,281	5	11,405
80	180	4,408	4,408	4	17,632
120	125	6,366	6,366	3	19,098
170	90	73,432	73,432	2	146,864
230	63	10,252	10,252	1	10,252
Plato	0	0,920	0,920	0	0,00
TOTAL		100,000	100,000		220,317

$$I.F = \%MRXFR / 100 = 2,20$$

Se obtuvo un índice de fineza de 2,20 ubicándose como una harina con molienda entre fina y media.

De acuerdo con lo indicado por el Codex Alimentario referente al tamaño de partícula de harinas, el 100% debe pasar a través de un tamiz cuya abertura de malla sea 500 µm de diámetro para la harina “fina” y de 1000 µm para harina “media”. Los resultados obtenidos de la harina de frejol de palo crudo analizada originarían harina entre media y fina, debido a que el mayor porcentaje de ésta se depositó en las mallas menor a 250 µm. Según las Norma técnica nacional 1986 (ITINTEC.205-027) establece que la harina debe pasar por lo menos el 98 % a partir del tamiz número 70 con una luz de maya de 212 micras.

Según los valores de la investigación del análisis granulométrico se encuentran del rango de una harina apta para el uso de galletería.

Cuadro 15. Análisis granulométrico de la harina de frejol de palo precocido

Nº de Tamiz	Luz de malla (µm)	Material retenido (g.)	% MR	Factor de retardo	%MRXFR
20	850	1,032	1,032	7	7,224
30	600	1,117	1,117	6	6,702
60	250	3,234	3,234	5	10,361
80	180	4,321	4,321	4	17,284
120	125	7,043	7,043	3	21,129
170	90	62,132	62,132	2	124,264
230	63	19,882	19,882	1	19,882
Plato	0	1,239	1,239	0	0,00
TOTAL		100,000	100,000		186,94

$$I.F = \%MRXFR / 100 = 1,86$$

Se obtuvo un índice de fineza de 1,86 ubicándose como una molienda fina.

ESTRELLA (2014) obtuvo un material fino debido a que más del 80% de harina de frejol palo se retuvo en diámetros de partícula de 125 a 63 µm.

4.5 Evaluación farinográfica de las harinas

En el Cuadro 16 se presentan los factores obtenidas, las muestras fueron harina de trigo y la mezcla de harinas del mejor tratamiento (30HT:70HFPC), tratamiento A7.

Cuadro 16. Resultado de la evaluación farinográfica de las harinas

Muestra	Absorción de agua (%)	Tiempo de desarrollo (min)	Estabilidad de la masa (min)	Ablandamiento de la masa (UF)
Trigo	63,2	9,03	13,8	79
M.T (A7)	64	8,3	5,8	77

M.T = Mejor tratamiento (70% harina de trigo y 30% harina de frejol palo precocido).

4.5.1 Absorción de agua

Este factor indica la cantidad de agua necesaria para que harina forme una masa que alcance una consistencia de 500 U.B. (LAZCANO, 2005).

LAZCANO (2005) encontró en harina de trigo valores de 52% a 70%” de absorción de agua. UBOITA *et al.* (2016) indican “62,1± 0,14% para absorción de agua en harina de trigo”. La mezcla de harina de trigo con frejol palo precocido (A7) presenta 64% de absorción de agua, dentro del rango indicado por LAZCANO (2005).

QUISPE (2016) obtuvo “61,15 ± 0,00% en mezcla de harina de trigo y de plátano con 10% de sustitución para elaboración de galletas”, lo que indica que no existe diferencia con respecto a la absorción de agua de la mezcla en

estudio, que le convertiría en una harina con buenas características para la elaboración de galletas.

4.5.2 Tiempo de desarrollo

Indica el tiempo que tarda una masa en alcanzar una máxima consistencia, siendo de gran ayuda en procesos de panadería y por ende saber qué tiempo tomará el gluten en acondicionarse en la masa.

NUÑEZ (2009) indica “un rango de 1,8 a 10 min, limite en el cual deberá darse dicho factor”. En el presente trabajo se obtuvo valores de 9,0 min en harina de trigo y 8,03 min para la mezcla (A7) harina de trigo y frejol palo precocado. Comparados estos datos con los del autor anteriormente mencionado, se encuentra dentro del rango indicado y por consiguiente se obtuvo una masa de gluten bien trabajado sin embargo se registran “datos de 2,07 min en sustitución de trigo por harina de plátano” (LOZA, 2016).

4.5.3 Estabilidad de masa

La estabilidad de la masa de las harinas determina la consistencia de la masa en un determinado tiempo, lo que indica cómo ésta soporta el amasado. Los valores para harina de trigo fueron 13,8 minutos y para la mezcla con harina de frejol de palo precocado (A7) 5,8 minutos analizando estos resultados existe diferencia entre dichos valores. “Mientras haya sustitución parcial o total de otra harina, el gluten se reduce en cantidad y pierde fuerza por ende la estabilidad disminuye” LASCANO (2010).

“Se encontró valor de 7,5 minutos en estabilidad de masa para mezcla de harina de trigo con plátano en sustitución del 10% para elaboración de galletas” (QUISPE, 2016), estos datos se acercan a los resultados de la investigación; por consiguiente, esta mezcla de harinas puede ser también utilizado en la elaboración de masas fermentadas; porque el tiempo de estabilidad para tal fin lo permite.

4.5.4 Ablandamiento de la masa

En el Cuadro 16 se registran valores de 79 (UB) para la harina de trigo y 77 (UB) para la mezcla de harinas.

LOZA (2016) obtuvo “en harina de trigo $88,64 \pm 0,01$ ” cercano a lo encontrado en esta investigación y “para mezcla de harina trigo y plátano $109,45 \pm 0,01$ para elaboración de galleta salada”. Esto difiere de los obtenidos en la presente investigación.

QUAGLIA (1991) menciona que “el ablandamiento de la masa (U.F) se refiere a la variedad que existe en la evaluación de la masa entre la máxima consistencia y los valores que se obtienen luego de un tiempo determinado de 10 a 20 minutos”.

En las Figura 7 y 8 se presentan los farinogramas obtenidos.

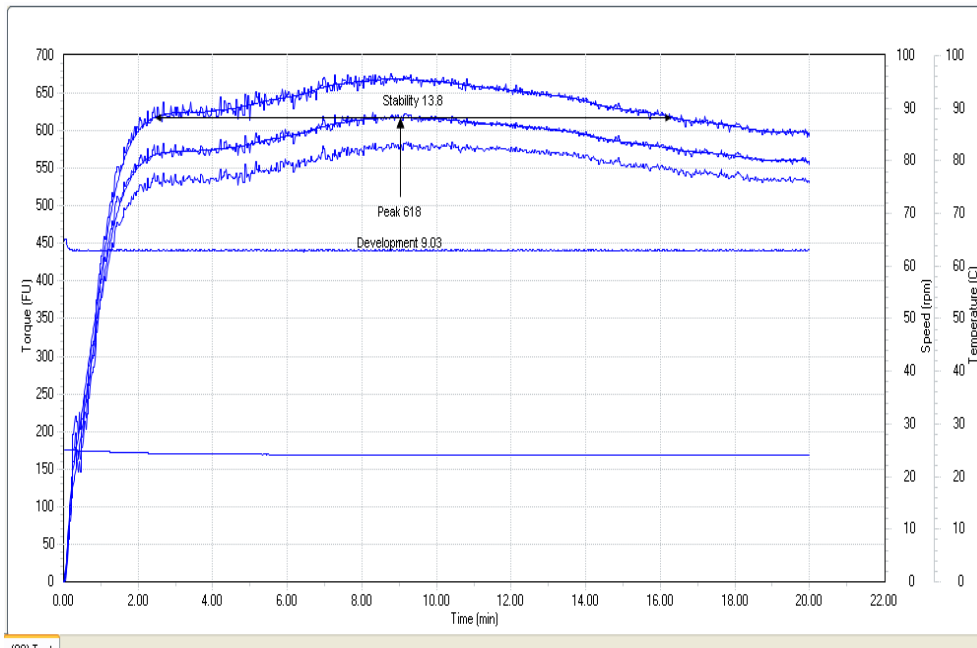


Figura 6. Farinograma de la harina de trigo.

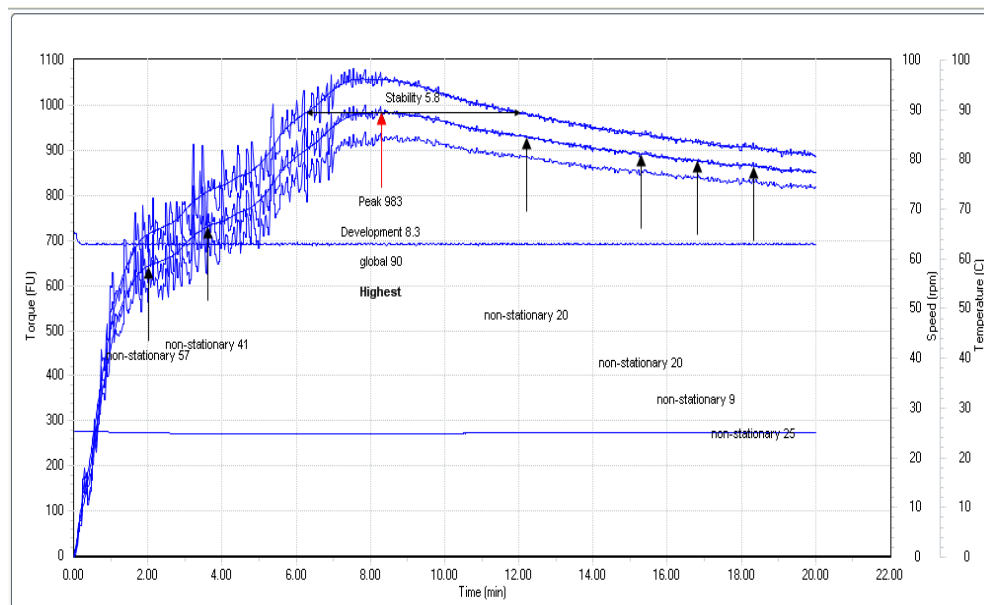


Figura 7. Farinograma de la mezcla de harina del mejor tratamiento.

4.6 Proceso de elaboración de galletas dulces con harina de frejol de palo crudo y precocido

El proceso de elaboración de las galletas dulces se realizó según el flujograma de la Figura 8, que se describen a continuación:

- **Recepción**

Se recepcionó la materia prima (harinas de trigo y de frejol palo) así como también los insumos

- **Pesado**

Se pesaron la materia prima y los insumos con mucho cuidado en una balanza que calibrada con anterioridad.

- **Mezclado 1**

Se adiciona en la batidora la margarina, azúcar, sal, agua, huevo, esencia de vainilla y se bate por 2,5 minutos a velocidad leve hasta que los grumos del azúcar se fundan con la margarina y se obtenga una masa pastosa.

- **Mezclado 2**

Se mezcla en la máquina las harinas de trigo y de frejol de palo, la leche en polvo y la maicena por 3 minutos, luego se adiciona el cremado para realizar el mezclado por 3 minutos más.

- **Moldeado**

Se lamina la masa a un espesor de 1 centímetro para luego ser cortado circularmente con un molde de 5 centímetros de diámetro y luego fueron colocados en las latas para su posterior horneado.

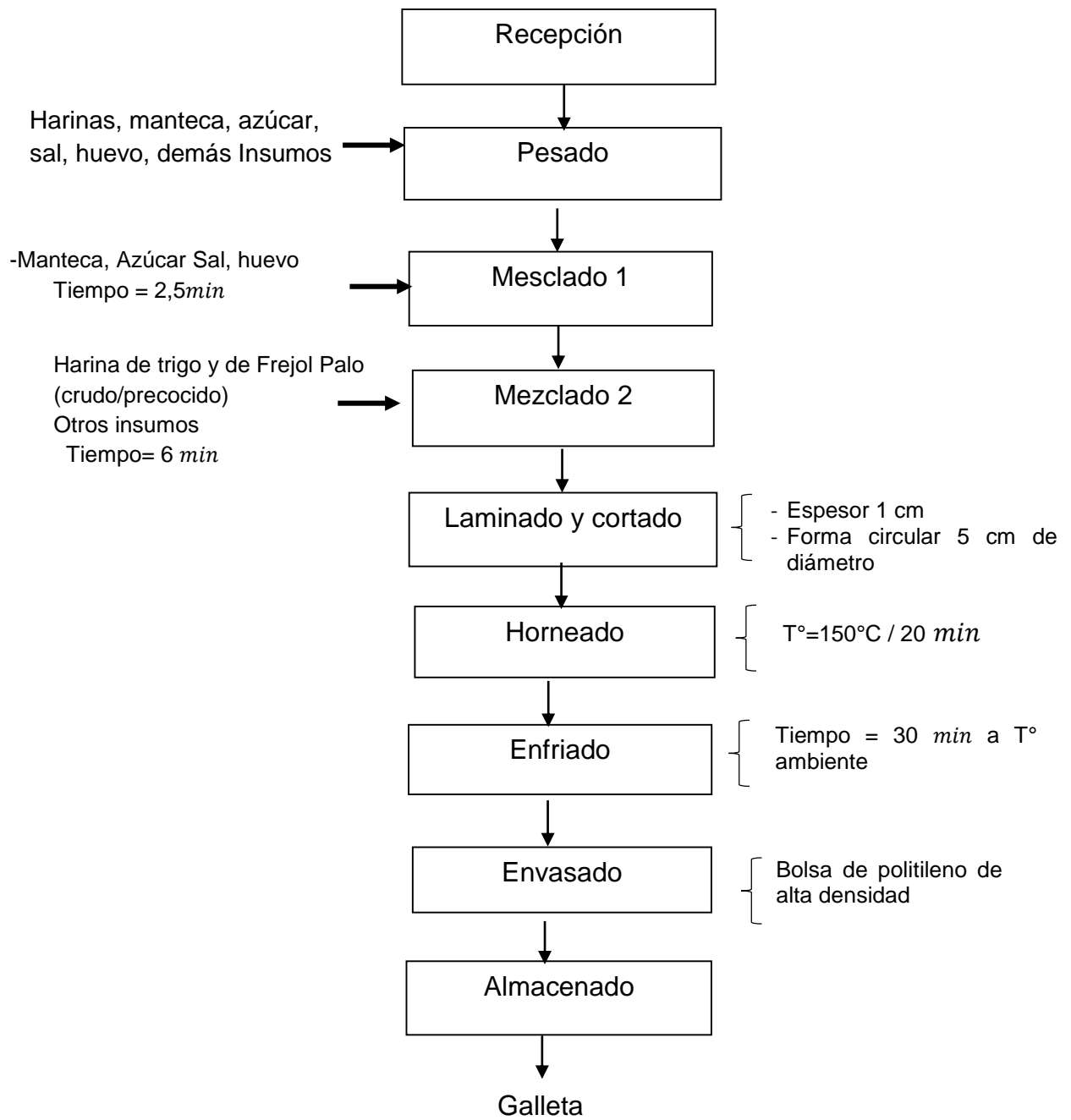


Figura 8. Flujograma para el procesamiento de galletas dulces

- **Horneado**

Se realizó a una temperatura de 150 °C por 20 minutos con la finalidad de reducir la humedad y generar un cambio en la textura y coloración.

- **Enfriado**

Una vez horneadas las galletas se trasladaron a un área específica para su enfriado por un tiempo de 30 minutos. Esta operación es importante para que las galletas tomen consistencia y no se quiebren.

- **Envasado**

En bolsa de polietileno de 4 unidades y fueron selladas herméticamente, esto con la finalidad de protegerlas de agentes contaminantes y sobre todo para que no capte humedad y se mantengan los crocantes.

- **Almacenamiento**

Una vez concluido el envasado, las galletas fueron almacenadas en un ambiente fresco y seguro.

47. Balance de materia de la elaboración de las galletas dulce con frejol de palo precocido

Se obtuvo un rendimiento por proceso del 87,238% en la elaboración de las galletas con frejol de palo precocido. NAVARRETE *et.at.* (2012) obtuvieron 88,993% de rendimiento en la obtención de galletas de amaranto, siendo estos resultados cercanos a los obtenidos en la investigación.

Cuadro 17. Balance de materia del proceso de elaboración de la galleta dulce (mejor tratamiento).

OPERACIÓN	Entra g	Pierde g	Continua g	Rendimiento %	
				Operación	Proceso
Pesado	1025,645	0,0297	1025,615	100	100
Cremado	207,000	0,013	206,988	20,182	20,182
Mesclado	1025,603	2,754	1022,849	494.158	99,730
Laminado y Cortado	1022,849	0,803	1022,046	99,921	99,652
Horneado	1022,046	127,289	894,757	87,546	87,241
Enfriado	894,757	0,0142	894,743	99,998	87,239
Envasado	894,7428	0,0126	894,730	99,998	87,238
Almacenado	894,730	0	894,730	100	87,238

4.8 Evaluación sensorial de las galletas dulces

En el Cuadro 18 se presenta los resultados de la evaluación sensorial de las galletas dulces de frejol de palo crudo y precocido y de la galleta testigo.

4.8.1 Color

Según los resultados del Cuadro 18, el valor más alto en color fue para el tratamiento A7 (70%HT:30%HFPC) con 4,44 (entre me gusta mucho y me gusta), siendo estadísticamente igual al tratamiento A3 (70%HT:30%HFC) con 4,40 y A1 (90HT:10HFC) ($p < 0,05$). Los que obtuvieron menor valor en color fueron A0, A2, A4, A5, A6, estadísticamente iguales.

MACÍAS *et al.* (2013) obtuvieron valores cercanos e iguales a 5, que indica la aceptabilidad del producto. CAVERO (2010) “con ayuda de 30 jueces evaluó galleta sustituida con harina de frejol castilla y pijuayo obteniendo para la característica de color 3,9 puntos calificado como Buena”.

Cuadro 18. Resultado de la evaluación sensorial de las galletas

Tratamientos		Atributos			
		Color	Olor	Sabor	Crocantes
A0	100% HT	3,89 ^{ab}	3,73 ^{bc}	3,87 ^b	3,87 ^{bc}
A1	90HT: 10HFC	4,16 ^{bc}	3,84 ^c	3,73 ^{ab}	3,93 ^c
A2	80HT: 20 HFC	3,80 ^a	4,62 ^d	3,73 ^{ab}	3,91 ^{bc}
A3	70HT: 30HFC	4,40 ^c	3,36 ^a	3,56 ^a	3,60 ^{ab}
A4	60HT: 40HFC	3,64 ^a	3,60 ^{abc}	3,64 ^{ab}	3,33 ^a
A5	90HT: 10HFPC	3,78 ^a	3,49 ^{ab}	3,67 ^{ab}	3,82 ^{bc}
A6	80HT: 20 HFPC	3,67 ^a	3,49 ^{ab}	3,60 ^{ab}	4,00 ^c
A7	70HT: 30HFPC	4,44 ^c	4,49 ^d	4,64 ^c	4,47 ^d
A8	60HT: 40HFPC	3,80 ^a	3,53 ^{ab}	3,64 ^{ab}	3,93 ^c

Los datos representan promedios \pm SEM y provienen de experimentos con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

HT: Harina de trigo, HFC: Harina de frejol palo crudo, HFPC: Harina de frejol palo pre cocido.

4.8.2 Olor

Según los resultados del Cuadro 18, el valor más alto en cuanto al atributo olor fue para el tratamiento A2 (80%HT:20% HFC) con 4,62 que se encuentra entre los calificativos de: me gusta y me gusta mucho, siendo estadísticamente igual ($p < 0,05$) al tratamiento A7 (70%HT:30%HFPC). Luego

siguen los tratamientos A0 y A1, estadísticamente iguales ($p < 0,05$) calificados como me gusta y me es indiferente. Los tratamientos A4, A5 y A6 son estadísticamente iguales ($p < 0,05$) calificados entre me gusta y me es indiferente, finalmente el tratamiento que fue calificado con menor puntaje en cuanto a olor fue A3 con 3,6 (entre me disgusta y me es indiferente); esto podría justificarse por el olor característico de la harina de frejol palo.

ALEGRE *et al.* (2016) evaluó galletas con harina de habas edulcorada con panela, en el que encontró como mejor tratamiento T4 (20% de harina de habas), con un puntaje de 7,93 en una escala hedónica de 9 puntos calificado como “me gusta mucho”.

4.8.3 Sabor

. El tratamiento A7 (70%HT: 30%HFPC) obtuvo el mayor puntaje con 4,64% calificativo entre me gusta y me gusta mucho. Los tratamientos A1, A2, A3, A4, A5, A6, A8 son estadísticamente iguales ($p < 0,05$), y el tratamiento A0, 100%HT, obtuvo el menor puntaje en cuanto a sabor, evidenciándose la aceptación de las galletas con harina de frejol palo crudo o pre cocido dentro del gusto del consumidor. Por tanto, sustituir harina de trigo por 30% de harina de harina de frejol palo precocido es el tratamiento que más agradó a los panelistas. MACHUCA *et al.* (2017) en galletas dulces con harina de arroz y de lenteja obtuvo para sabor un calificativo de 6 puntos (muy bueno) en una escala hedónica de 7 puntos para T2 25% de harina de habas y 25% de harina de lentejas.

4.8.4 Crocantez

El tratamiento A7 (70%HT: 30%HFPC) obtuvo la mejor calificación en crocantez con 4,47 puntos, siendo estadísticamente diferente ($p < 0,5$) a los demás. Los tratamientos A0, A1, A2, A5, A6 y A8 son estadísticamente iguales ($p < 0,5$) igualmente A0, A2, A3 y A5 presentaron menor puntaje siendo estadísticamente iguales ($p < 0,5$). CRUZ *et al.* (2015) realizaron una evaluación sensorial con una escala hedónica de 5 puntos para galletas con sustitución parcial de harina de arrocillo y sachá Inchi, obteniendo un calificativo de 3,3 valor que califica como, me es indiferente, el mejor tratamiento fue con “10% de harina de Sachá Inchi y 10% de harina de Arrocillo”.

4.9 Características fisicoquímicas de la galleta dulce más aceptable y la galleta testigo.

En el Cuadro 19 se presenta los resultados del análisis fisicoquímico de la galleta dulce más aceptable y de la galleta testigo.

4.9.1 Humedad

Del Cuadro 19, comparando la humedad de las dos muestras, se aprecia que no existe diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) con un valor de $2,1 \pm 0,14$ para el mejor tratamiento de sustitución y $2,13 \pm 0,62$ para la galleta testigo. Las normas técnicas de galletas y pastelería, INSTITUTO DE INVESTIGACION DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL Y NORMAS TECNICAS 206.016, (1981) y RM N° 1020-2010/MINSA, mencionan que “la humedad de las galletas no debe exceder a 12%”; los resultados encontrados por HERNÁNDEZ

et al. (2014) muestra “valores de 2,20% en galleta dulce con 15% de ajonjolí tostado y molido”. CRUZ BRAVO *et al.* (2015) reporta “3,23±0,26% y 2,65±0,13% para galletas de frejol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y galletas comerciales respectivamente”. Los resultados obtenidos en la investigación están dentro de los indicados por los autores mencionados.

Cuadro 19. Resultados de análisis fisicoquímico de la galleta dulce más aceptable y la galleta testigo en base seca

Componente (%)	G. testigo 100% HT	G. mejor tratamiento (70%HT: 30%HFPC)
Humedad	2,13 ± 0,62 ^a	2,51 ± 0,14 ^a
Proteína (N*6.25)	6,21±0,27 ^a	13,32±0,28 ^b
Grasa	2,73 ± 0,26 ^a	3,01 ± 0,24 ^a
Ceniza	0,58 ± 0,17 ^a	1,52 ± 0,16 ^b
Fibra bruta	0,47± 0,18 ^a	2,89± 0,49 ^b
Carbohidratos	90,01	79,26
Energía	409.45kcal/100g	397.41kcal/100g

Los promedios promedios ± SEM son datos que provienen de experimentos con tres repeticiones y diferentes sub índices de cada columna ($p < 0,05$).

4.9.2 Proteína

De los resultados obtenidos se puede apreciar que la galleta con harina de frejol de palo precocido presentó mayor contenido de proteína (13,32±0,28 %) mientras que la galleta testigo 6,21±0,27%, existiendo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre ambos. ALEGRE y ASMAT (2016) encontraron valores menores como “en galleta de habas de la mejor sustitución (T4:20% de

harina de habas) con 7,30% de proteína”. CRUZ *et al.* (2015) reportan “9,65±0,49% de proteína en galletas de frejol común”. MACHUCA *et al.* (2017) evaluó “galleta con sustitución (25% de harina de arroz y 25% de harina de lenteja encontró un valor de 11,38 ± 0,291% de proteína, en este caso aparte de frejol adicionó harina de arroz, observando así que por más que el porcentaje de sustitución concerniente al frejol”. “En galleta con sustitución de trigo por tapirama (50:50) encontró hasta 15,70±0,2% de proteína” (CHIRINOS *et al.*, 2016). “La importancia del estudio de esta sustancia en alimentos es de gran provecho para el que lo consume, por las propiedades que contiene que permite contribuir en el crecimiento” (BADUI, 2006).

4.9.3 Grasa

La galleta testigo presentó 2,73 ± 0,26% y la galleta con harina de frejol palo precocido, 3,01±0,24% y según los resultados de la prueba de Tukey no presentan diferencia significativa ($p < 0,05$). Registran datos de “2,62±0,1% de grasa en galleta con sustitución de trigo por tapirama (50:50)” CHIRINOS *et al.* (2016), CRUZ *et al.* (2015) encontró “3,3±0,1% de grasa en galletas de frejol común”.

“En galleta con dos componentes, habas y camote en sustitución parcial al trigo (30% habas, 70% trigo y 30% Ext. camote) obtuvo un resultado de 11,68% de grasa” (CARRIÓN, 2015). Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran están comprendidas en el rango indicado por los autores mencionados.

4.9.4 Ceniza

La galleta de frejol de palo cuyo tratamiento es más aceptado presentó un contenido de ceniza de 1,52%, mayor que en la galleta testigo con 100% de harina de trigo (0,58%).

CRUZ *et al.* (2015) muestran resultados de “ $2,51\pm 0,02\%$ de ceniza en galletas con harina de frijol de alta calidad nutricional y nutracéutica”. TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS (2009) indican $1,7\pm 0,00$ para galleta dulce con avena y harina de trigo. MACHUCA *et al.* (2017) reportan $1,04\pm 0,005\%$ de ceniza en galleta con 25% de harinas de arroz y de lenteja.

ALEGRE *et al.* (2016) reportan “ $1,38\pm 0,07\%$ en galletas de habas de la mejor sustitución (20% de harina de habas)”. HIDALGO *et al.* (2018) evaluaron “galletas con sustitución optima (81% harina trigo ,16% kiwicha, 3% harina maca) obteniendo un valor de $1,7\pm 0,8\%$ de ceniza”.

4.9.5 Carbohidratos

Los resultados presentados en el Cuadro 19 indican mayor contenido de carbohidratos (90,01%) en la harina de trigo y en galleta de frejol de palo precocido del mejor tratamiento (79,26%). MACHUCA *et al.* (2017) para el testigo encontraron $59,1\pm 0,01\%$ y $62,79\pm 0,03\%$ para galletas con 25% de harinas de arroz y de lenteja.

HIDALGO *et al.* (2018) reportan “64,63% de carbohidratos en galletas sustituidas”. REATEGUI *et al.* (2016) evaluaron “galleta con sustitución 50:50 obtuvo $72,67\pm 0,2\%$ de carbohidratos. Cabe mencionar que es un producto

con componente energético ideal para toda edad, en especial para el público infantil”.

En el Cuadro 20 se presenta los resultados del pH y acidez del mejor tratamiento y del testigo.

Cuadro 20. Resultado del pH y acidez de la galleta testigo y del más aceptado

	Ph	Acidez titulable
MT=A7	6,12 ± 0,04 ^b	0,09± 0,02 ^a
Galleta testigo	5,89 ± 0,07 ^a	0,078± 0,03 ^a

Los promedios ± SEM provienen de los experimentos cada uno con tres repeticiones y con diferentes subíndices de cada columna ($p < 0,05$).

MT=mejor tratamiento, (A7)70%HT:30%HFPC

4.9.6 pH

De los resultados del pH indicado en el Cuadro 20 se percibe que tienen diferencia significativa ($p < 0,05$), con valores de $5,89 \pm 0,07$ para la galleta testigo y para el mejor tratamiento $6,12 \pm 0,04$.

ZELADA *et al.* (2017) determinaron para “galletas tipo cracker salado pH de 7,33. COLINA *et al.* (2016) hallaron en galletas con harina de quinua, un pH: 7,65. GARCÍA *et al.* (2007) en galletas dulces tipo oblea de harinas de trigo y de arracacha, un pH de 4,98. REÁTEGUI *et al.* (2011) reportan un pH de 6,4 a 6,6 en galletas elaboradas con diferentes harinas (de tubérculos, raíces y frutos de la región amazónica).

4.9.7 Acidez titulable

La acidez titulable para la galleta testigo fue de 0,078% y de la galleta con harina de frejol de palo precocido 0,09%, existiendo diferencia significativa

entre los mismos. ZELADA *et al.* (2017) encontraron 0,26 y 0,20% de acidez titulable en ácido sulfúrico, valores superiores a lo determinado en la investigación, de lo que se deduce que las galletas obtenidas en esta investigación son de baja acidez.

4.10 Características físicas de las galletas

En el Cuadro 21 se presenta los resultados de la evaluación física de las galletas.

4.10.1 Peso y espesor de las galletas

Los resultados del análisis de varianza indican que existe diferencia significativa ($P < 0,05$) entre todos los tratamientos con respecto al peso, se aprecia que el peso disminuye comparado con el patrón 13,354 g y los demás tratamientos: A1:13,305 g; A2:12,311 g; A3:12,292 g; A4:12,220 g; A5:12,186 g; A6:12,075 g; A7:11,238 g y A8:11,230 g. Al analizar se denota que los pesos de las galletas tienden a disminuir según se va incrementando la sustitución. Con respecto al espesor, los resultados al igual que los pesos tienden a decaer en tamaño, comparando con la galleta testigo por la cantidad de sustitución en cada tratamiento. Para la galleta testigo 100% de trigo el espesor es de 1,2 cm y el mayor espesor el tratamiento A7 (70%HT: 30%HFPC) 1,238 cm.

4.10.2 Volumen (V)

El mayor volumen se presentó en A0 (100% HT) con $26,976 \pm 0,402$ mL y el menor en A8 (60%HT:40%HFPC) con $21,403 \pm 0,056$ mL, siendo estadísticamente diferentes en el volumen de la galleta con harina de trigo,

respecto a las galletas de harina de frejol de palo crudo y precocido. CRUZ *et al.* (2015) obtuvieron “en galletas elaboradas con harinas de arrocillo y sachá Inchi, los siguientes volúmenes: 100% trigo = 10,40 cm³; 5 % sachá inchi, 5% arrocillo = 9,558cm³; 10% sachá inchi, 10% arrocillo = 9,348 cm³ y 15% sachá inchi, 15% arrocillo = 8,958 cm³ con un espesor promedio de 0,5 cm.

4.10.3 Coeficiente de excentricidad

Los resultados sometidos al análisis de varianza indicaron la existencia de diferencias significativa ($P < 0,05$) entre todos los tratamientos.

Se obtuvo mayor coeficiente de excentricidad en A4 (60%HT:40%HFC) $0,089 \pm 0,009$. CABEZA.S (2009) menciona que un valor 0 de excentricidad corresponde a completamente redonda y un valor 1 corresponde a una línea recta. Analizando los resultados obtenidos; en esta investigación, se tiene que los tratamientos tienden a cero (0) a diferencia del tratamiento A1 = 0,190. Por lo que se concluye que son redondas con respecto a la forma esperada. (CRUZ *et al.*, 2015) evaluó “galletas de diferentes sustituciones dando como resultado para P (100% trigo) = 0,064; F1 (5% sachá inchi, 5% arrocillo) = 0,092; F2 (10% sachá inchi, 10% arrocillo) = 0,104 y F3 (15% sachá inchi, 15% arrocillo) = 0,090 siendo las más redondas las de Formulaciones F3, F1 y la galleta patrón”.

Cuadro 21. Resultados de la evaluación física de todos los tratamientos

FORMUL.	LEYENDA	Peso(g)	Espesor (cm)	Volumen(cm ³)	Ve(cm/g)	ρ.Ap	Cof.Exc
A0	100% HT	13,354±0,058 ^d	1,200±0,017 ^{ab}	26,976±0,402 ^b	2,019±0,022 ^{bc}	0,495±0,005 ^a	0,013±0,000 ^a
A1	90HT : 10HFC	13,305±0,10 ^d	1,187±0,021 ^{ab}	26,377±0,449 ^{ab}	1,982±0,021 ^{bc}	0,504±0,005 ^{ab}	0,109±0,032 ^b
A2	80HT : 20 HFC	12,311±0,057 ^c	1,133±0,025 ^{ab}	24,439±0,449 ^{ab}	1,985±0,039 ^{bc}	0,503±0,009 ^{ab}	0,106±0,013 ^b
A3	70HT : 30HFC	12,292±0,057 ^c	1,131±0,017 ^{ab}	24,368±0,295 ^{ab}	1,982±0,030 ^{bc}	0,505±0,007 ^{ab}	0,020±0,004 ^a
A4	60HT : 40HFC	12,220±0,057 ^{bc}	1,093±0,005 ^a	22,540±0,250 ^{ab}	1,844±0,024 ^a	0,542±0,007 ^c	0,089±0,009 ^b
A5	90HT : 10HFPC	12,186±0,057 ^{bc}	1,167±0,020 ^{ab}	24,490±0,805 ^{ab}	2,009±0,073 ^{bc}	0,498±0,018 ^{ab}	0,037±0,019 ^a
A6	80HT : 20 HFPC	12,075±0,057 ^b	1,143±0,015 ^{ab}	23,294±0,187 ^{ab}	1,929±0,024 ^{abc}	0,518±0,006 ^{abc}	0,082±0,016 ^b
A7	70HT : 30HFPC	11,238±0,057 ^a	1,283±0,274 ^b	25,590±5,372 ^{ab}	2,039±0,072 ^c	0,490±0,017 ^a	0,018±0,007 ^a
A8	60HT : 40HFPC	11,230±0,057 ^a	1,117±0,001 ^a	21,403±0,056 ^a	1,905±0,004 ^{ab}	0,523±0,001 ^{bc}	0,117±0,000 ^b

Los promedios ± SEM provienen de experimentos con tres repeticiones y con diferentes sub índices de cada columna (p<0,05).

HT = harina de trigo HFC = harina de frejol de palo crudo HFPC= harina de frejol de palo precocido

V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo harinas de frejol de palo crudo y precocido con contenidos de proteína, grasa, ceniza y fibra mayores a las de la harina de trigo.
- Se elaboraron galletas dulces con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo por harinas de frejol de palo crudo y precocido con las siguientes operaciones: recepción, pesado, cremado, mezclado, laminado y cortado, horneado (150°C/20 min), enfriado, envasado y almacenado.
- La galleta dulce más aceptada fue la elaborada con 70% harina de trigo, 30% harina de frejol de palo precocido con un calificativo de “me gusta”.
- Las características farinográficas de la mezcla de harinas de la sustitución más aceptada fue: absorción de agua 64%, tiempo de desarrollo 8,3 min, estabilidad de la masa 5,8 min y ablandamiento de la masa 77 UF.
- La galleta dulce más aceptable presentó las siguientes características: volumen: 25,59 mL, peso 11,23 g, volumen específico 2,039 mL/g, densidad aparente 0,490 g/mL, coeficiente de excentricidad 0,018, pH 6,12; acidez titulable 0,09%, humedad 2,51%, proteína 13,32%; grasa 3,01%, ceniza 1,52%, fibra 2,89% y carbohidratos 79,26.

VI. RECOMENDACIONES

- Consumir galletas sustituidas parcialmente con frejol de palo por su alto valor nutricional.
- Producir a gran escala las galletas dulces a base de frejol de palo
- Elaborar otros productos a base de frejol de palo. con la finalidad de beneficiarnos con la propiedad que contiene
- Realizar otras pruebas con diferentes formulaciones de frejol de palo de combinadas con otras harinas.
- Realizar un estudio para cuantificar la pérdida de nutrientes en la cocción de la galleta dulces de frejol palo.

ABSTRACT

The research was carried out with the purpose of elaborating cookies where the wheat flour was partially substituted for raw and cooked pigeon pea flour at concentrations of 10, 20, 30 and 40%, respectively. The raw and cooked pigeon pea flour was elaborated; evaluating its physicochemical and granulometric characteristics. Nine formulations of the cookies were prepared, including the control, and the sensory evaluation for the parameters of smell, flavor, color and crispness was done. The most accepted treatment was evaluated for its physicochemical characteristics, as well as the characteristics of the mix of flours using a farinograph.

The most accepted treatment for its sensory characteristics was that with a 30% substitution of cooked pigeon pea flour, which presented a moistness of 2.51%, protein of 13.32%, fat of 3.01%, raw fiber of 2.89%, carbohydrates of 79.26%, pH of 6.12, titratable acidity of 0.09% as expressed in sulfuric acid, a weight of 11.238 g, a thickness of 1.283 cm, a volume of 25.59 cm³, a specific volume of 2.039 cm³/g, an apparent density of 0.490 g/cm³, and an eccentricity coefficient of 0.018. The mix of flours for the best treatment took 8.3 minutes to develop, had 5.8 minutes of stability for the dough, and 77 (UF) for the dough to soften.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 2008. Official Methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical Chemists) International; Agricultural Chemicals, Foods, Contaminants and Drugs. V1 y V2 Arlington: A.O.A.C. Inc. 2658 pp.
Acribia. Zaragoza-España.
- AFARAY, A. 2014. Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Tacna, Perú. Universidad Jorge Basadre Grohmann. 206 p.
- AKENDE, E., ABUBAKAR, M., ADEGBOLA, A., BOGORO, E., DOMA, D. 2010. Hemical evaluation of the nutritive quality of pigeon pea (*Cajanus cajan*) Millsp. International Journal of poultry science. 9(1): 63-65.
- ALEGRE, K., ASMAT, R. 2016. Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de haba (*Vicia faba* L.), en la elaboración de galletas fortificadas usando panela como edulcorante.
- ALIAGA, G. 2019. Optimización del proceso y caracterización fisicoquímica de aislado proteico de frijol de palo (*Cajanus cajan*). Tesis Ing. Agroindustrial. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 76 p.
- ANZALDÚA, A. 1994. La evaluación sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica: en lengua española. Zaragoza (España): Acribia, S. A. 123-157p.

- BADUI, D.S., Química de los alimentos., Cuarta Edición Grupo Herdez, S.A., capítulo 2, 2006. Elaboración y evaluación nutricional de galletas funcionales a base de harina de haba (*Vicia faba L.*) enriquecidas con extracto hidrofílico de camote (*Ipomoea batatas l.*).29-30 p.
- BARRIGA. X. 2009. Panadería artesana, Tecnología y Producción. usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración del pan.
- BENNION, E. 1971. Fabricación de pan. 4ta. edición. La Habana.
- BUTT, M., BATOOL, R. 2010. Nutritional and functional properties of some promising legumes protein isolates. Pakistan Journal of Nutrition, 9(4):373-379.
- CABEZA, S. 2009. Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. Tesis de Máster en Ciencias de la Alimentación. Tesis de seguridad y Biotecnología de alimentos. Burgos, España. Universidad de Burgos. 24 p.
- CARRIÓN, K. 2015. Elaboración y evaluación nutricional de galletas funcionales a base de harina de haba (*Vicia faba*) enriquecidas con extracto hidrofílico de camote (*Ipomoea batatas*). Tesis Qco. Farmacéutico. Riobamba, Ecuador. Universidad de Riobamba. 117 p.
- CASTILHO, F., GUADAGNUCCI, G., BATISTUTI, J. 2009. Evaluation of some functional properties of lupin sweet flour (*Lupinus albus*) and faba bean. Ciencia y Tecnología de Alimentos. [En línea]: Scielo, (<https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612010005000007&scrip>
- CAVERO, E. 2010. Elaboración de galletas fortificadas con harina de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol castilla) y *Bactris gasipaes*. hbk (Pjuayo) para consumo

- humano. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 104 p.
- CHIRINOS, L.; VARGAS, R. 2016. Análisis proximal de galletas de harina de trigo (*Triticum vulgare*): tapirama (*Phaseolus lunatus*) de pueblo nuevo de Paraguaná.
- COLINA, R., LAGUADO, N., FANEITE, M. 2016. Evaluación de galletas dulces preparadas con harina de yuca (*Manihot esculenta*) deshidratada al sol como sustituto del trigo. Investigación Universidad de Zulia. Venezuela. [En línea]:
[www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/agronomia/article/view/22554 .pdf](http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/agronomia/article/view/22554.pdf). 01 de septiembre 2020)
- CRUZ, D., MENDOZA, J. 2015. Elaboración de galletas con harina de arrocillo (*Oryza sativa*) y harina de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 134 p.
- CRUZ, R., GUZMÁN, S., HERRERA, M., CID, J., JUÁREZ, M. 2015. Galletas con harina de frijol de alta calidad nutricional y nutracéutica. Campo Experimental Zacatecas. (México). Folleto Técnico. Núm. 66. 28 p.
- DENDY, V., DOBRASZCZYK, B. 2004. Cereales y productos derivados. Zaragoza- España. Acribia. 552 p.
- DUNCAN J. 1989. Tecnología de la Industria galletera. 1ª Edición. Editorial
- ELÍAS, L. 1996. Concepto y Tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala C.A. 121(2): 179 – 182 p.

- ESCOBAR, C. 2006. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum vulgare*) por salvado y germinado de trigo en galletas dulces de habas (*Vicia faba* L.). Tesis Ing. Alimentos. Callao, Perú. Universidad Nacional del Callao. 253 p.
- ESTRELLA, R. 2014. Elaboración de fideos enriquecida con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*) pigmentado con harina de zapallo (*Cucúrbita máxima*). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 131 p.
- ETONIHU, A.; AYODELE, J.; IBRAHIM, M. 2009. Proximate and Amino Acid Compositions of Wheat Species of Pigeon Pea Grown in Kogi State, Nigeria. Nigerian Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 24(2). 32-36 pp.
- FOX & CAMERON.1998. Ciencias de los Alimentos, Nutrición y Salud. Editorial Limusa. México.
- HENAO, S. 2004. Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Sede Palmira - Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 128 p.
- HERNÁNDEZ, M., GARCÍA, P., CALLE, D., DUARTE, G. 2014. Desarrollo de una galleta dulce de ajonjolí. Tec. Química. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. 34 (3):197-206.
- HIDALGO, Y., PEREZ, F. 2018. Galletas fortificadas con harina de maca (*Lepidium meyenii*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y evaluación de características fisicoquímica sensoriales. Tesis Ing. Agroindustrial. Nuevo Chimbote, Perú. Universidad Nacional del Santa. 157 p.

- HOFFMAN, E. 2010. Caracterización del Trigo.; Recuperado el 20 de abril 2017 de: <https://goo.gl/Ft1Att>
- Improvement. Popper, L (ed). Verlag AgriMedia, pp. 193-198.
- INTERIOR. 2018. [En línea]: ([https://interiorrd.com/el-guandul/COM, 15 de enero 2019](https://interiorrd.com/el-guandul/COM,15deenero2019)).
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL Y NORMAS TECNICAS (INTINTEC).1981 Norma Técnica Nacional 206.016.
- IRAM (Instituto Argentino de Racionalización de Materiales). Norma IRAM 15855, 2000. Harina de trigo. Características físicas de las masas. Determinación de la absorción de agua y de las propiedades reológicas, utilizando un farinógrafo. Buenos Aires, Argentina
- JIMENEZ, P. ; PACHECO-DELAHAYE, E. ; PEÑA, J. 2009. Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo. Rev. Fac. Agron. Maracay- Venezuela. 26: 583-598 pp.
- LASCANO, S. 2010. Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada, maíz, quinua, trigo y tubérculo: papa, nacionales con trigo importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias. Tesis ingeniero en alimentos. Universidad técnica de Ambato. 238 pp.
- LOPEZ, L. 2007. Elaboración de galletas de trigo fortificado con harina aislado y concentrado de *Lupinus mutabilis*. Tesis Ing. Agroindustrial. ICAP, UAEH. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 63 p.
- LOPEZ, M.; BRASSANI, R. 2008. Uso del cowpea (*Vigna unguiculata*) en mezclas con frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en el desarrollo de nuevos

- productos alimenticios. Guatemala, Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 58(1):5-15 pp.
- LOZA, A. 2016. Elaboración de galletas saladas con sustitución parcial la harina de trigo por harina de plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de La Selva. 123 p.
- MACHUCA, M., MEYHUAY, F. 2017. Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de lenteja (*Lens culinaris*). Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 179 p.
- MACÍAS S.; BINAGHI M.; ZULETA A.; RONAYNE DE FERRER P.; COSTA K.; GENEROSO S. 2013. Desarrollo de galletas con sustitución parcial de harina de trigo con harina de algarroba (*Prosopis alba*) y avena para planes sociales. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (2): 170-188 p.
- MENESES, V. 1994. Sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de frijol Ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) en la elaboración de galletas dulces utilizando los métodos de horneado convencional y microondas. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 125 p.
- MINAGRI. 2016. Catálogo de leguminosas de grano semillas nutritivas para un futuro sostenible primera edición impreso lima Perú.

- MINSA, 2010. Norma Sanitaria para la fabricación, Elaboración y Expendio de productos de panificación, galletería y pastelería. RM N°1020-2010/MINSSA.
- MORALES, A. 2016. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Aspectos Técnicos plataforma platicar. [En línea]: (<http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/06/00286-frijolaspectostecnicos.pdf>. 15 de julio 2019)
- MUNE, M., MINKA, S., MBOME, I. 2008. Response surface methodology for optimization of protein concentrate preparation from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *Food Chemistry*, 110, 735-741 p.
- NAVARRETE, 2012. Elaboración de galletas de trigo enriquecida con harina de amaranto. Tesis Ing. Agroindustrial. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. 67 p.
- NAVARRO, V., RESTREPO, M., PEREZ, M. 2014. El guandul (*Cajanus cajan*) una alternativa en la industria de los alimentos. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 198 p.
- NTP Norma Técnica Peruana 206.16. (2016). Panadería, pastelería y galletería. Galletas. Requisitos. 2da Edición. Instituto Nacional de la Calidad. Perú.
- NUÑEZ, D. 2009. Estudio de la Factibilidad Técnica y Económica de una Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de otros Cereales aplicado en la Industria Galletera. Tesis Ing. Alimentos. Guayaquil, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. 120 p.

- ONWULIRI, V. A., OBU, J. A. 2002. Lipids and other constituents of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* grown in northern Nigeria. *Food Chemistry*, 78, 1-7 pp.
- PACHECO, E., PEÑA, J., JIMENEZ, P. 2009. Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de panes de trigo. *Rev. Fac. Agron. Maracay- Venezuela*. 26(4): 583-598.
- PANTANELLI, A. 1996. Parámetros industriales de la calidad del trigo. [En línea]:(http://www.aaprotrigo.org/calidad%20panadera/parametros_industriales_calidad_trigo.htm,1996).
- PANTANELLI, A. 2002. Galletitas. Cadena alimentaria. *Alimentos Argentinos* 19:47-55 pp.
- PASCUAL, G. 2012. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de habas (*Vicia faba* L.) en la elaboración de galletas dulces y evaluación durante su almacenamiento. Universidad Nacional Agraria de la Molina. Lima-Perú
- PATZI, J. 2007. Determinación de Tiamina y Riboflavina en harinas de trigo, de soya y harina de plátano por el método fluorométrico. Tesina para licenciatura en bioquímica- Farmacia. La Paz, Bolivia. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. Universidad Mayor de San Andrés.
- PEREA, J. 2007. Utilización de harina de frijol de palo (*Cajanus cajan*) en la elaboración de manjar blanco. Tesis Ing. Agroindustrial. Tarapoto, Perú. Universidad Nacional de San Martín. 114 p.

- QUAGLIA., O. 1991. Ciencia y Tecnología de la Panificación. 2d * ed. Zaragoza, Espeta Acribia S.A. 485 pp.
- QUISPE, M. 2016. Desarrollo de galletas dulces funcionales con harina de trigo, harina de plátano, semillas de ajonjolí y pulpa de guanábana. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 117 p.
- REÁTEGUI, D., MAURY, M., CHIRINOS, C., CHIRINOS, F., ARICARI, L. 2011. Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, Perú.
- SAXENA, K., HEALTH, B. 2010. Nutrición de calidad a través del gandul: una revisión. [En line]: (https://www.researchgate.net/publication/267553575_Quality_nutrition_through_pigeonpea-a_review, 5 de enero 2019).
- SEIBEL, W. 2006. Composite flours. In Future of Flour: A Compendium of Flour
- SINDONI, M.; MARCANO, L.; PARRA, R. 2008. Estudios de aceptación de harinas derivadas de merey para la elaboración de panes. Investigaciones Agronomía tropical. Venezuela. 58(1): 11 – 16 p.
- STEVENS, D., ULLOA, C., POOL, A., MARTHA, M. 2001. Flora de Nicaragua. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden.
- SURCO, A., ALVARADO, J. 2010. Harinas compuestas de sorgo-trigo para panificación. Rev. Boliviana de Química. La Paz- Bolivia. 27(1): 19-28.

- TIWARI, K., BRENNAN, S., JAGANMOHAN, R., ALAGUSUNDARAM, K. 2011 Utilization of pigeon pea (*Cajanus Cajan* L) byproducts in biscuit manufacture. LWT – Food Science and Technology.1533-1537pp.
- TORRES, A., FRIAS, J.,GRANITO, M., VIDAL, C. 2006. Fermented pigeon pea (*Cajanus cajan*) ingredients in pasta products. Journal of Agricultural and Food chemistry, 54(18). 6685-6691 p.
- TRIWARI, K., BRENNAN, C., JAGANMOHAN, R., SURABI, A., ALAGUSUNDARAM, K. 2011 Utilización de subproductos del gandul (*Cajanus cajan* L) en la fabricación de galletas. LWT – Food Science and Technology. 44(6):1533-1537.
- UNALM.1998. Teoria de Cereales y Leguminosas. 25-45 pp.
- VALLADAREZ, C. 2010. Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano. [En línea]: (www.curlacavunah.files.wordpress.com/unidad-taxonomia-botanica. 10 de diciembre 2018)
- VARGAS, Y., VILLAMIL, O. 2012. Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) cultivado en el departamento del Tolima. [En línea]:(<http://repository.ut.edu.co/handle/001/1251>>n,15 de enero 2020).
- VAZQUEZ, G., MATOS, A. 2009. Evaluación de algunas características fisicoquímicas de harina de trigo peruano en función a su calidad panadera. Rev. Inv. Universitaria. Perú. 1(1): 18 – 24.
- VÉLEZ, J. 1996. Utilización agroindustrial del Guandul. En: Guandul sale del anonimato.

VILLANUEVA, F. 2014. El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. Ingeniería Industrial. 231-246 pp.

ZELADA, S., POQUIOMA, C. 2017. Galletas de tipo cracker de crema y semidulce fortificadas con dos variedades fenotípicas de pulpa de *Mauritia flexuosa* (aguaje). Tesis Lic. en Bromatología y Nutrición Humana. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia. 140 p.

ANEXO

A. 1. Modelo de cartilla de evaluación sensorial.

Ficha de evaluación sensorial.

Galletas con harina de frejol palo crudo y precocido.

NOMBRE.....

FECHA y HORA... ..MUESTRA.....

Marca con una X, según la escala que crea conveniente.

Instrucciones: Pruebe Usted cada una de las muestras de galletas dulces e indique cuál es su nivel de agrado, considerando la escala y para cada atributo.

5 = me gusta mucho

4= me gusta

3= me es indiferente

2 = me disgusta

1 = me disgusta mucho

Atributo	530	471	348	643	290	706	945	102	11
Color									
Olor									
Sabor									
Crocantez									

Observaciones:

.....

A. 2. ANOVA para humedad de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6,91728	2	3,45864	1,99	0,217
Intra grupos	10,4166	6	1,73611		
Total (Corr.)	17,3339	8			

A. 3. Prueba de Tukey para humedad de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Harina de trigo	3	12,8447	a
Harina frejol palo crudo	3	12,233	a
Harina frejol palo precocido	3	12,3932	a

A. 4. ANOVA proteína de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	426,515	2	21,257	36,48	0,0004
Intra grupos	35,0727	6	5,84544		
Total (Corr.)	461,588	8			

A. 5. Prueba de Tukey proteína de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Harina de trigo	3	10,67	a
Harina de frejol palo crudo	3	25,567	b
Harina de palo precocido	3	25,28	b

A. 6. ANOVA grasa de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2,20454	2	1,10227	43895,7	0,012
Intra grupos	0,00015	6	2,51111		
Total (Corr.)	2,20469	8			

A. 7. Prueba de Tukey grasa de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>TRATAMINTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Harina de trigo	3	0,217667	a
Harina de palo precocido	3	1,233	b
Harina de frejol palo crudo	3	1,299	b

A. 8. ANOVA ceniza de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	14,5328	2	7,26641	64052,6	0,003
Intra grupos	0,00068	6	0,00011		
Total (Corr.)	14.5335	8			

A . 9. Prueba de Tukey ceniza de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Harina de trigo	3	1,67033	a
Harina de palo pre cocido	3	4,04	b
Harina de frejol palo crudo	3	4,603	b

A. 10. ANOVA fibra de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	76,2394	2	38,1197	613733,63	0
Intra grupos	0,00037	6	6,2111		
Total (Corr.)	76,2397	8			

A. 11. Prueba de Tukey fibra de harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Harina de trigo	3	1,847	a
Harina de palo pre cocido	3	7,96367	b
Harina de frejol palo crudo	3	8,077	b

A. 12. ANOVA pH en harinas de frejol de palo crudo y precocido.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,433356	2	0,216678	145,53	0
Intra grupos	0,008933	6	0,00149		
Total (Corr.)	0,442289	8			

A. 13. Prueba de Tukey pH de las harinas de frejol de palo crudo y precocido.

<i>TRATAMIENTOS</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
Harina de trigo	3	6,085	a
Harina frejol palo crudo	3	6,471	b
Harina frejol palo pre cocido	3	6,593	b

A. 14. ANOVA para acidez titulable en harinas de frejol de palo crudo y precocido.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,047106	2	0,023553	13,85	0,0056
Intra grupos	0,010206	6	0,001701		
Total (Corr.)	0,057312	8			

A. 15. Prueba de Tukey acidez titulable de las harinas de frejol de palo crudo y precocido.

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Harina de trigo	3	0,121	a
Harina frejol palo crudo	3	0,237	ab
Harina frejol palo precocido	3	0,156	b

A. 16. ANOVA para para color de las galletas con diferentes sustituciones.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,3531	8	4,16914	7,35	0,0000
Intra grupos	224,756	396	0,567565		
Total (Corr.)	258,109	404			

A. 17. Prueba de Tukey color de las galletas con diferentes sustituciones.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4	45	3,64444	a
A6	45	3,67667	a
A5	45	3,78778	a
A2	45	3,80113	a
A8	45	3,80344	a
A0	45	3,89889	ab
A1	45	4,16556	bc
A7	45	4,44102	c
A3	45	4,40444	c

A. 18. Prueba de Kruskal - Wallis para color de las galletas con diferentes sustituciones.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
A0	45	193,522
A1	45	231,889
A2	45	183,978
A3	45	271,456
A4	45	158,367
A5	45	175,622
A6	45	168,267
A7	45	265,133
A8	45	178,767

Estadístico = 53,8729 Valor-P = 7,30649E-9

A. 19. ANOVA olor de las galletas con diferentes sustituciones.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	74,6568	8	9,3321	18,54	0,0000
Intra grupos	199,333	396	0,503367		
Total (Corr.)	273,99	404			

A. 20. Prueba de Tukey olor de las galletas con diferentes sustituciones.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3	45	3,36556	a
A6	45	3,49889	ab
A5	45	3,49189	ab
A8	45	3,53333	ab
A4	45	3,60114	abc
A0	45	3,73333	bc
A1	45	3,84444	c
A7	45	4,49889	d
A2	45	4,62222	d

A. 21. Prueba de Kruskal - Wallis olor de las galletas con diferentes sustituciones.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
A0	45	194,289
A1	45	208,056
A2	45	314,956
A3	45	146,944
A4	45	173,067
A5	45	162,256
A6	45	163,378
A7	45	296,289
A8	45	167,767

Estadístico = 111,39 Valor-P = 0

A. 22. ANOVA para para sabor de las galletas con diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	40,0938	8	5,01173	10,47	0,0000
Intra grupos	189,644	396	0,4789		
Total (Corr.)	229,738	404			

A. 23. Prueba de Tukey para sabor de las galletas con diferentes tratamientos.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A3	45	3,56556	A
A6	45	3,60211	ab
A8	45	3,64444	ab
A4	45	3,64445	ab
A5	45	3,67667	ab
A2	45	3,73333	ab
A1	45	3,73333	ab
A0	45	3,87667	b
A7	45	4,64444	c

A. 24. Prueba de Kruskal - Wallis para sabor de las galletas con diferentes tratamientos.

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
A0	45	214,989
A1	45	191,678
A2	45	191,089
A3	45	172,944

A4	45	187,433
A5	45	185,733
A6	45	176,544
A7	45	325,467
A8	45	181,122

Estadístico = 71.075 Valor-P = 3.00138E-12

A. 25. ANOVA crocanteZ de las galletas con diferentes sustituciones.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	33,5556	8	4,19444	6,78	0,0000
Intra grupos	245,022	396	0,618743		
Total (Corr.)	278,578	404			

A. 26. Prueba de Tukey crocantes de las galletas con diferentes sustituciones.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4	45	3,33333	A
A3	45	3,60111	Ab
A5	45	3,82222	bc
A0	45	3,87667	bc
A2	45	3,91111	bc
A8	45	3,93333	c
A1	45	3,93333	c
A6	45	4,00111	c
A7	45	4,47667	d

A. 27. Prueba de Kruskal – Wallis crocantez de las galletas

TRATAMIENTOS	Tamaño Muestra	Rango Promedio
A0	45	196,267
A1	45	206
A2	45	207,722
A3	45	163,4
A4	45	139,356
A5	45	193,767
A6	45	223,411
A7	45	283,333
A8	45	213,744

Estadístico = 48,8549 Valor-P = 6,77815E-8

A. 28. ANOVA humedad de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,21622	1	0,21622	1,04	0,3645
Intra grupos	0,827717	4	0,206929		
Total (Corr.)	1,04394	5			

A. 29. Prueba de Tukey humedad de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Galleta testigo	3	2,13723	A
Galleta mejor tratamiento	3	2,5189	A

A. 30. ANOVA proteína de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	76,091	1	76,091	995,59	0
Intra grupos	0,305711	4	0,07643		
Total (Corr.)	76,3967	5			

A. 31. Prueba de Tukey proteína de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Galleta testigo	3	6,21703	A
Galleta mejor tratamiento	3	13,3283	B

A. 32. ANOVA grasa de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,11847	1	0,11847	1,86	0,2447
Intra grupos	0,255275	4	0,0638187		
Total (Corr.)	0,373745	5			

A. 33. Prueba de Tukey grasa de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Galleta testigo	3	2,7328	a
Galleta mejor tratamiento	3	3,01383	a

A. 34. ANOVA ceniza de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,32286	1	1,32286	48,84	0,0022
Intra grupos	0,108348	4	0,0270871		
Total (Corr.)	1,43121	5			

A. 35. Prueba de Tukey ceniza de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Galleta testigo	3	0,581933	a
Galleta mejor tratamiento	3	1,52103	b

A. 36. ANOVA fibra de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.85249	1	8.85249	64.49	0.0013
Intra grupos	0.549087	4	0.137272		
Total (Corr.)	9.40158	5			

A. 37. Prueba de Tukey fibra de las galletas dulces mejor tratamiento y la galleta testigo

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Galleta testigo	3	0,47	A
Galleta mejor tratamiento	3	2,899	b

A. 38. ANOVA pH de las galletas de frejol de palo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0748167	1	0,0748167	20,4	0,0107
Intra grupos	0,0146667	4	0,0036667		
Total (Corr.)	0,0894833	5			

A. 39. Prueba de Tukey para pH de las galletas de frejol de palo.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Galleta mejor tratamiento	3	6,12	B
Galleta testigo	3	5,89	a

A. 40. ANOVA acidez titulable de las galletas de frejol de palo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,000216	1	0,000216	0,33	0,5983
Intra grupos	0,002646	4	0,000662		
Total (Corr.)	0,002862	5			

A. 41. Prueba de Tukey acidez titulable de las de las galletas de frejol de palo.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Galleta de mejor tratamiento	3	0,09	a
Galleta testigo	3	0,078	a

A. 42. ANOVA peso de las galletas con diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13,3105	8	1,66382	408,39	0,0000
Intra grupos	0,0733333	18	0,00407407		
Total (Corr.)	13,3839	26			

A. 43. Prueba de Tukey peso de las galletas con diferentes tratamientos.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A8	3	11,2303	A
A7	3	11,2383	A
A6	3	12,0757	B
A5	3	12,1863	bc
A4	3	12,2203	bc
A3	3	12,2923	c
A2	3	12,3113	c
A1	3	13,3051	d
A0	3	13,3543	d

A. 44. ANOVA espesor de las galletas con diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0772741	8	0,00965926	1,12	0,3960
Intra grupos	0,155267	18	0,00862593		
Total (Corr.)	0,232541	26			

A. 45. Prueba de Tukey espesor de las galletas con diferentes tratamientos.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4	3	1,09333	A
A8	3	1,11767	A
A3	3	1,13132	Ab
A2	3	1,13333	Ab
A6	3	1,14333	Ab
A5	3	1,16667	Ab
A1	3	1,18767	Ab
A0	3	1,20012	Ab
A7	3	1,28333	B

A. 46. ANOVA volumen de las galletas con diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	76,9135	8	9,61418	2,86	0,0306
Intra grupos	60,5433	18	3,36352		
Total (Corr.)	137,457	26			

A. 47. Prueba de Tukey volumen de las galletas con diferentes tratamientos.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A8	3	21,4037	A
A4	3	22,5403	Ab
A6	3	23,2943	Ab
A3	3	24,3687	Ab
A2	3	24,4393	Ab
A5	3	24,4903	Ab
A7	3	25,5903	Ab
A1	3	26,3777	Ab
A0	3	26,9761	B

A. 48 ANOVA volumen específico de las galletas con diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0927676	8	0,011596	6,81	0,0004
Intra grupos	0,0306512	18	0,00170284		
Total (Corr.)	0,123419	26			

- A. 49. Prueba de Tukey volumen específico de las galletas con diferentes tratamientos.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A4	3	1,84454	a
A8	3	1,90581	ab
A6	3	1,92927	abc
A1	3	1,98239	bc
A3	3	1,98242	bc
A2	3	1,98515	bc
A5	3	2,00984	bc
A0	3	2,01996	bc
A7	3	2,03991	c

- A. 50. ANOVA densidad aparente de las galletas con diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00646977	8	0,000808721	7,80	0,0002
Intra grupos	0,00186636	18	0,000103687		
Total (Corr.)	0,00833613	26			

- A. 51. Prueba de Tukey densidad aparente de las galletas con diferentes tratamientos

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A7	3	0,490623	a
A0	3	0,495097	a
A5	3	0,498893	ab
A2	3	0,503868	ab
A1	3	0,504482	ab
A3	3	0,505141	ab
A6	3	0,518388	abc
A8	3	0,523714	bc
A4	3	0,542205	c

A. 52. ANOVA excentricidad de las galletas con diferentes tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0450516	8	0,00563145	25,48	0,0000
Intra grupos	0,0039778	18	0,000220989		
Total (Corr.)	0,0490294	26			

A. 53. Prueba de Tukey excentricidad de las galletas con diferentes tratamientos.

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
A0	3	0,0130841	a
A7	3	0,01878572	a
A3	3	0,0203514	a
A5	3	0,037126	a
A6	3	0,0827986	b
A4	3	0,0897985	b
A2	3	0,106231	b
A1	3	0,109641	b
A8	3	0,117409	b