UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Sustitución parcial de la harina de trigo con harina de frijol palo (Cajanus cajan L.) germinado, en la elaboración de pan de molde.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

BACH. ANTAY GREGORIO ROLANDO WILSON

ASESOR

Ing. LEANDRO LAGUNA CALEB

CO ASESOR

Ing. JORGE MARINO DOMÍNGUEZ CASTAÑEDA

UCAYALI – PERÚ

2021

ANEXO 16: ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

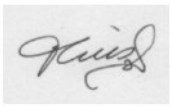
En el espacio virtual generado con la aplicación Google Meet, activada para la sustentación de tesis, en la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, ubicada en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, ciudad capital de Pucallpa, a las 16:30 horas del día veintidós de enero del 2021, se reunió el Jurado de Tesis, presidido por el Ing. **Mg. JOSÉ FLORES FLORES** e integrado por el Ing. **MSc. RONALD MARLON LOZANO REÁTEGUI** e Ing. **MSc. IRIS OLIVIA RUÍZ YANCE**, en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de tesis titulada: **Sustitución parcial de la harina de trigo con harina de frijol de palo (*Cajanus cajan* L.) germinado, en la elaboración de pan de molde Ucayali 2018**, cuya responsabilidad corresponde al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **ROLANDO WILSON ANTAY GREGORIO**, a fin de optar el Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial**.

Terminada la sustentación, el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado, cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

JURADO DE TESIS		NOTA
Presidente	Ing. Mg. JOSÉ FLORES FLORES	26
Miembro	Ing. MSc. RONALD MARLON LOZANO REÁTEGUI	25
Miembro	Ing. MSc. IRIS OLIVIA RUÍZ YANCE	28
	PROMEDIO	**26**

El Jurado después de deliberar y calificar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes declara la sustentación como **APROBADO** asignándole un calificativo de **BUENO (26)** puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las 18:00 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación, firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

Ing. Mg. José Flores Flores	**Ing. MSc. Ronald Marlon Lozano Reátegui**	**Ing. MSc. Iris Oliva Ruíz Yance**
		
.....	.....	.....
Presidente	***Miembro***	***Miembro***

Nombre del Asesor: Ing. CALEB LEANDRO LAGUNA ……
Nombre del Co asesor: Ing. JORGE DOMÍNGUEZ CASTAÑEDA……
Distribución: Integrantes del Jurado de Tesis, tesista y Archivo FICA (Todas con firmas en original).

"*Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia*"

CONSTANCIA

N°0026

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO CON HARINA DE FRIJOL PALO (CAJANUS CAJAN L.) GERMINADO, EN LA ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE.

Cuyo autor es : **ANTAY GREGORIO, ROLANDO WILSON.**

Facultad : FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 9%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el **artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **SI contiene un porcentaje aceptable de similitud y/o plagio, por lo que SI se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 21/07/2021

Dr. Jc: ds Tavior Dávila Frvncia

DEDICATORIA

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, por la vida y fortaleza que me da día a día, seguir luchando y superándome.

A mis padres Felipe y Martha por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos. Que me dieron vida, educación, su apoyo incondicional, valiosos consejos, inspiración, motivación y para seguir adelante.

A mis hermanos agradecerle por su apoyo infinito que brindaron día su apoyo, sus consejos de seguir adelante en esta formación académica.

A mis maestros y amigos especialmente a Gecner, Alex, Jhon y Ronald por su apoyo, que me permitieron seguir adelante para así poder llevar a cabo la culminación de esta etapa de mi formación académica profesional.

AGRADECIMIENTO

A la prestigiosa Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial por la formación profesional, para un futuro competitivo y como personas de bien.

A los docentes que me formaron y ser parte de mi enseñanza y a quienes les debemos una gran parte de conocimientos brindados, sus consejos, sus experiencias y sus enseñanzas, así como por su dedicación incondicional en nuestra formación.

Al Ing. CALEB LEANDRO LAGUNA por su calidad de persona y su asesoramiento, cooperación y apoyo incondicional para el desarrollo y ejecución y elaboración de presente tesis. En especial al Co-Asesor Ms. Ing. JORGE DOMÍNGUEZ CASTAÑEDA por su apoyo y guía en la ejecución del proyecto de tesis y la elaboración de la tesis.

INDICE

Pág.

RESUMEN....8
ABSTRACT....9
I. INTRODUCCION....10
II. REVISION DE LITERATURA....11
2.1. Antecedentes de investigación....11
2.2. Frijol palo (*Cajanus cajan L.)*....12
2.2.1. Descripción botánica....12
2.2.2. Taxonomía....12
2.2.3. Composición química del frijol palo....13
2.2.4. Uso de frijol palo....14
2.3. Harina de trigo....14
2.3.1. Composición nutricional del trigo....14
2.3.2. Control de calidad de la harina....14
2.3.3. Uso de la harina....15
2.3.4. Importancia de las proteínas....15
2.4. Germinación de leguminosas....16
2.4.1. Proceso de germinación de las legumbres....16
2.5. Reologia de masas....17
2.5.1. Amilografía....17
2.5.2. Farinografía....18
2.5.3. Extensografía....18
2.6. Pan molde....18
2.7. Evaluación sensorial....19
2.7.1. Conducción del panel....19
2.7.2. Método de escala hedónica....19
2.7.3. Atributos sensoriales medibles....20
2.8. Análisis microbiológico....20
2.8.1. Placas Petrifilm....20
2.8.2. Placas Petrifilm para el recuento de mohos y levaduras....21
III. METODOS....22
3.1. Lugar de ejecución....22
3.2. Materiales y Equipos....22
3.2.1. Materia prima....22
3.2.2. Insumos....22
3.2.3. Equipos....22
3.2.4. Reactivos....23
3.2.5. Otros materiales....23
3.3. Metodología....23
3.3.1. Obtención de la harina frijol palo germinado....23

3.3.2. Caracterización de la harina de frijol de palo germinado 25
3.3.3. Análisis reológico 25
3.3.4. Elaboración de pan de molde 26
3.3.5. Análisis químico de pan de molde 29
3.3.6. Análisis de mohos y levaduras de pan de molde 29
3.3.7. Análisis sensorial 29
3.3.8. Diseño estadístico 30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES 31
4.1. Análisis fisicoquímico de la harina de frijol palo germinado. 31
4.2. Resultados de la germinación de frijol palo 32
4.3. Evaluación reológica de las mezclas de harina de trigo con harina de frijol palo germinado 32
4.3.1. Análisis de amilografía....32
4.3.2. Análisis de farinografía 34
4.3.3. Análisis de Extensografía 37
4.4. Elaboración de pan de molde mediante la sustitución parcial con harina de frijol palo germinado 40
4.5. Caracterización fisicoquímica de los panes de molde elaborados mediante sustitución parcial. 40
4.6. Evaluación sensorial de los panes molde elaborados mediante la sustitución parcial 43
4.6.1. Análisis sensorial del sabor 43
4.6.2. Análisis sensorial del color 43
4.6.3. Análisis sensorial del olor 44
4.6.4. Análisis sensorial de la textura 44
4.6.5. Análisis sensorial de la aceptabilidad 44
4.7. Análisis microbiológicos 45
VI. CONCLUSIONES 47
VII. RECOMENDACIONES....48
VIII. BIBLIOGRAFIA 49

INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Composición química proximal del frijol de palo /100 g 13
Cuadro 2. Composición química de la harina de trigo por 100g de porción comestible. 14
Cuadro 3. Composición fisicoquímica del pan de molde por cada 100g 18
Cuadro 4. Formulación de las harinas para los análisis reológicos (700 g) 26
Cuadro 5. Formulación utilizada en la elaboración de pan de molde calculada en gramos. 27
Cuadro 6. Composición química proximal de la harina de frijol palo sin germinar y germinado 31
Cuadro 7. Resumen de los tratamientos analizados por el Amilograma 33
Cuadro 8. Resumen de los tratamientos analizadas por farinograma 35
Cuadro 9. Resumen de los tratamientos de analizadas en el extensograma 37
Cuadro 10. Cantidad de harina y agua para cada formulación 40
Cuadro 11. Caracterización fisicoquímica de los panes de molde 41
Cuadro 12. Prueba de Friedman para el atributo sabor de los panes de molde. 43
Cuadro 13. Prueba de Friedman para el atributo color de los panes de molde. ..... ¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 14. Prueba de Friedman para el atributo olor de los panes de molde 44
Cuadro 15. Prueba de Friedman para la textura de los panes de molde 44
Cuadro 16. Prueba de Friedman para la aceptabilidad de los panes de molde 45
Cuadro 17. Recuento de mohos y levadura para el tratamiento T2 45

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Frijol palo o Gandul (*Cajanus cajan* L.) 13
Figura 2. Flujograma para la obtención de harina de frijol palo germinado.....24
Figura 3. Esquema experimental para la elaboración de pan de molde. 28
Figura 4: Amilografía del tratamiento T2.....34
Figura 5. Farinografía del tratamiento T2.....36
Figura 6. Extensografía del tratamiento T2.....39

RESUMEN

Se estudió la sustitución parcial de harina de trigo por la harina de frijol palo (*Cajanus cajan* L.) germinado, en la elaboración de pan de molde. Los niveles de sustitución parcial de harina de trigo (HT) por harina frijol palo germinado (HFPG). Las formulaciones (tratamientos) estudiadas fueron: T0 (100% HT); T1 (5% HFPG y 95% HT); T2 (10% HFPG y 90% HT); T3 (15% HFPG y 85% HT) y T4 (20% HFPG y 80% HT). Para las características fisicoquímicas se aplicó el diseño completo al azar. Para la evaluación sensorial el diseño fue en bloque incompleto balaceado y el análisis no paramétrico de Friedman. El germinado del frijol de palo mejoró las características fisicoquímicas de la harina, en proteína: 1.08%, fibra: 0.04% con respecto a la harina de frijol sin germinar. Se evaluaron las características reológicas de las mezclas por amilografía, farinografía, extensografía, demostrando que los T0, T1, T2 y T3 son aptos para la elaboración de panes de molde. El análisis fisicoquímico de los panes de molde mostró un incremento con las formulaciones, en contenido de proteínas: 7.22 a 12.16%, fibra: 1.68% a 2.03% y ceniza: 1.92 a 2.03%; disminuyó en contenido de grasa: 3.31% a 3.21% y carbohidratos: 58.34% a 42.49%. Hubo diferencias significativas ($p<0.05$) para los atributos de apariencia, color, olor, textura, sabor aceptabilidad. El T2, fue más aceptado por los panelistas, siendo su composición: proteína 11.12%, humedad 7.52%, grasa 3.28%, ceniza 1.96%, fibra 1.83%, carbohidratos 44.30%. La evaluación microbiológica del pan T2 resultó menor a 10 UFC/g en mohos y levaduras.

Palabras claves: caracterización reología, aceptabilidad sensorial y frijol germinado

ABSTRACT

The partial substitution of wheat flour for the germinated stick bean flour (Cajanus cajan L.) was studied in the production of sliced bread. The levels of partial substitution of wheat flour (HT) by germinated bean flour (HFPG), was carried out by means of the complete random design, obtaining as a result five treatments which were for: T0 (100% HT); T1 (5% HFPG and 95% HT); T2 (10% HFPG and 90% HT); T3 (15% HFPG and 85% HT) and T4 (20% HFPG and 80% HT). In the physicochemical analysis of germinated stick bean flour, it improved in protein to 1.08% and fiber to 0.04%, different from ungerminated stick bean flour. The rheological characteristics of the mixtures were evaluated by amylography; by farinography; by extensography, giving as a result that T0, T1, T2 and T3; They are suitable for making mold breads. The results of the physicochemical analysis of the mold breads, increase according to the formulations, in protein, fiber and ash content; 7.22 to 12.16%, 1.68% to 2.03% and 1.92 to 2.03%; respectively decreased in fat and carbohydrates 3.31% to 3.21% and 58.34% to 42.49%. For the sensory evaluation, an incomplete balanced design was applied, and the non-parametric analysis of Friedman. The sensory analysis revealed the existence of significant differences ($p < 0.05$) for the attributes of appearance, color, smell, texture, and taste, acceptability. Giving as results that treatment T2, it was more accepted by the panelists and obtaining a nutritional value in protein 11.12%, humidity 7.52%, fat 3.28%, ash 1.96%, fiber 1.83% and carbohydrates 44.30%. In the biological evaluation for T2 (10% HFPG and 90% HT) as the winning sample of the sensory analysis, the result was; <10 CFU / g in molds and yeasts.

Keywords: Rheological characterization, sensory acceptalility and germinated beans.

I. INTRODUCCION

El frijol palo es una importante leguminosa, contiene una moderada cantidad de componentes nutricionales; sin embargo, frecuentemente no se usa en la preparación de alimentos. Existe una práctica cultural de consumo del frijol al estado verde, por su suavidad y característica de sabor.

Los frijoles presentan factores antinutricionales los que mediante el remojo (pre fermentado) y la cocción se logra disminuir su efecto. Hoy en día se viene investigando sobre la utilización de frijoles germinados en la preparación de alimentos, esto porque disminuye la acción de los factores antinutricionales y mejoran la digestibilidad proteica.

En la actualidad mediante la investigación se busca nuevas alternativas de productos alimentarios para disminuir la desnutrición crónica que se da en el país. Esto implica que el sector agroindustrial busque impulsar nuevos productos, innovadores, aprovechar los recursos agrícolas existentes para la obtener productos con alto valor nutricional.

El consumo de productos elaborados a partir de cereales y leguminosas germinadas, presenta beneficios nutricionales, esto debido a la mayor disponibilidad y digestibilidad proteica; además, permite que muchas personas que presentan problemas de alergenicidad ahora puedan consumir productos elaborados con harina de leguminosas germinadas.

El consumo de leguminosas presenta muchos beneficios para el hombre, porque junto con los cereales, en este caso con el trigo, mejoran la disponibilidad de proteínas, mejorando la nutrición de los niños, jóvenes y adultos.

Las diversas presentaciones del pan, son los alimentos más consumidos a lo largo de la historia, esto debido a su bajo costo y buen sabor. Los productos de panificación se consumen desde la antigüedad y está presente en la mesa de todas las personas. También, es un alimento muy peculiar, al ser consumido por la mayoría de personas, es un vehículo para la incorporación de nuevas fuentes nutricionales, mejorando el procesamiento e incrementando la calidad nutricional y nutracéutico del mismo y con buena aceptación por el consumidor.

El objetivo de este trabajo de investigación fue sustituir la harina de trigo por la harina de frijol palo (*Cajanus cajan L.*) germinado, para la elaboración pan de molde.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de investigación

Espinoza y Ludeña (2018), publicaron los resultados de la investigación: “Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con harina de chía desgrasada y sin desgrasar”. Para ello realizaron la sustitución parcial con ambos tipos de harina en las proporciones: 0%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15% de sustitución. Aplicaron un diseño completo al azar con arreglo factorial 2x6. Las características reológicas evaluadas a mezclas fueron amilografía, farinografía y extensografía. La evaluación sensorial lo realizaron mediante panelistas semi entrenados. Observaron que la miga del pan era más oscuro conforme se incrementaba la proporción de sustitución. Determinaron que las mejores características sensoriales y digestibilidad se lograron con las proporciones de sustitución de 7.5%, tanto para la harina desgrasada y sin desgrasar.

Velásquez y Obando (2017), publicaron su tesis: “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan de molde”. Evaluaron las características fisicoquímicas y los atributos. Determinaron que los panes elaborados con las formulaciones: 0.9% de harina de alcachofa - 6.9% de harina de soya y 6.0% de harina de alcachofa - 4.0% de harina de soya, tuvieron mayor aceptabilidad.

Arone (2015) publicó la investigación: “Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde, enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y chia (S*alvia hispanica L*.)”. Aplicó un diseño de mezclas para la formulación del pan. La evaluación sensorial fue realizada mediante 30 panelistas no entrenados. Observó que al incrementar la sustitución de harina de quinua y harina de alcachofa el contenido de proteína, lípidos y ceniza se vio incrementado. El pan elaborado con 20% de harina de quinua, 5% de harina de alcachofa y 75% de harina de trigo presentó mayor aceptación y un enriquecimiento proteico de 9.96%.

Chancusig (2013), estudió la: “Incidencia de la harina de quinua germinada *(Chenopodium quinoa L.*) en las propiedades nutricionales del fideo”. Aplicó un diseño completo al azar con arreglo factorial. Determinó las características fisicoquímicas y la evaluación sensorial del fideo. El fideo con mejor característica fisicoquímica y mayor atributo sensorial fue aquel elaborado con 55% de harina de trigo y 45% de harina de quinua germinada.

Sancho (2012), estudió la: “Calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería sustituidos por harinas integrales de arroz, centeno o quínoa”, llegó a la

conclusión que al sustituir el 25 % por harina integral de centeno, quínoa o arroz no afecta de gran manera en relación a los parámetros de calidad. Las formulaciones propuestas fue para mejorar el valor nutricional de acuerdo a lo que necesita la población, el producto final no presentó un deterioro de calidad sensorial sino que fue aceptado por el consumidor en un grado.

De la Cruz (2009), procesó pan molde agregando quinua y suero. Su conclusión indica que para elaborar un pan tipo molde, el porcentaje más adecuado incorpora un 14% la harina precocida de quinua y suero en un 3.5%, esto en relación a la composición química, evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales. No tuvo un incremento alto en el nivel de proteína en comparación de un pan comercial resultó mejor. Al incrementar la proporción de harina de quinua, el contenido de proteínas se ve incrementado, lo mismo sucedió con el contenido de ceniza y fibra; mientras que disminuye el contenido de carbohidratos, y que este le da tonalidad al pan de molde, debido a la reacción de maillard, además por la caramelización durante el horneado.

2.2. Frijol palo (*Cajanus cajan L.)*

El gandul o frijol palo (*Cajanus cajan L.)* es una leguminosa arbustiva semi perenne que llega a medir de 1.50 m a 5.00 m de altura. Sus hojas son demasiado lanceoladas y pilosas. Sus flores son colores amarillos, cafés y purpuras, con unas vainas entre 5 y 6 cm, además albergan dos a seis semillas (Funica 2015).

2.2.1. Descripción botánica

Esta planta está compuesta por una raíz pivotante y raíces en los lados, las más delgadas ocupan tres metros de profundidad brindando resistencia a las sequías y adaptabilidad a suelos deficitarios (Castillo *et al*. 2016).

2.2.2. Taxonomía

De acuerdo al estudio realizado por Valladarez (2010), la taxonomía del frijol de palo queda definida de la siguiente manera:

Orden	: Fabale
Reino	: Plantae
Familia	: Leguminosa
Sub.familia	: Papilionoidea o Faboidea
Género	: Cajanus
Nombre Científico	: *Cajanus cajan L.*



Figura 1. Frijol palo o Gandul (*Cajanus cajan L.*).
FUENTE. Funica (2015).

2.2.3. Composición química del frijol palo

El Cuadro 1 muestra la composición del frijol de palo.

Cuadro 1. Composición química proximal del frijol de palo /100 g

Componentes	Unidad	Cantidad
Caloría	Cal	336
Humedad	g	14
Grasa	g	1.4
Proteína	g	19.5
Ceniza	mg	3.7
Carbohidratos	g	61.4
Calcio	mg	100
Fosforo	mg	400
Hierro	mg	5.2
Fibra	g	8.18
Tiamina	mg	0.61
Rivoflabina	mg	0.10
Niacina	mg	2
Ácido ascórbico	mg	4

FUENTE. Butt y Batool (2010).

2.2.4. Uso de frijol palo

- **Alimentación humana**: Con las semillas se preparan muchos tipos de comidas: sopas, papillas y harina, con las semillas verdes se hacen ensaladas y conservas (Meza 1975).
- **Alimentación animal**: Puede ser utilizado en la alimentación para aves, también se usa como forraje (vainas tiernas y las hojas). Como forraje remanente viene a ser excelente, asegura la persistencia y crece hasta 125 cm de altura. No se recomienda cortar cerca del suelo ya que no se recuperan. La sobrevivencia de la planta se reduce si se corta a una altura menor de 0.8 m (Meza, 1975).

2.3. Harina de trigo

La harina de trigo resulta de moler los granos de *Triticum aestivum* con cáscara o sin ella. El término “harina” es exclusivo del producto de moler los granos de trigo; y en el caso de otros granos (cereales, menestras, tubérculos y raíces, se les llama “harina” pero seguida del nombre del vegetal empleado. Según la norma peruana se les llama sucedáneas (ITINTEC 2015).

2.3.1. Composición nutricional del trigo

La harina de trigo presenta variación en su composición, depende mucho del grado de extracción. Su nivel de proteínas fluctúa de 8% - 11%, el contenido de grasa varía de 1 a 2%, carbohidratos 71%, cenizas de 0,5% a 0,6%, fibra 3%; mientras que la humedad oscila del 13% al 15% (Vásquez 2009).

Cuadro 2. Composición química de la harina de trigo por 100 g de porción comestible.

Componente	Unidad	Cantidad
Agua	g	10.80
Proteínas	g	10.50
Grasa	g	2.00
Carbohidratos	g	76.30
Fibra	g	1.50
Cenizas	g	0.40

Fuente. Tablas peruanas de composición de alimentos (2017)

2.3.2. Control de calidad de la harina

Una harina de calidad es aquella que produce una cantidad suficiente de gas que permite alcanzar un buen volumen en la fermentación y además ese gas debe ser

retenido para obtener después de la cocción un alveolado uniforme y buena estructura de la miga (Jiménez 2014).

Control de Calidad en harinas, establece condiciones de producción a la implantación de sistemas eficaces de autocontrol que garanticen la seguridad de los alimentos que elaboran, tal y como exige la legislación de la Unión Europea, basados en la aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (APPCC). A la hora de establecer estos sistemas de autocontrol diseñados por las propias empresas, como responsables de los alimentos que llevan al mercado, es necesario considerar el aspecto preventivo de los mismos, garantizando la seguridad de los productos elaborados (Jiménez 2014).

2.3.3. Uso de la harina

Según el uso destinado de las harinas, se clasifican de acuerdo al porcentaje proteico. Aquí tiene una importancia principal el gluten, el cual está formado por las proteínas gliadina y glutenina. Durante el proceso de amasado se comprueba esta unión. La importancia del gluten radica en su calidad y cantidad, porque de eso dependen las características y la aplicación de la harin (Jiménez 2014).

- **Harinas Extra Fuertes**: Contienen alto porcentaje de proteínas (sobre 13%). Se consigue de trigos duros y se utiliza en la elaboración de pastas y fideos mayormente.
- **Harinas Fuertes:** Su porcentaje de proteínas está de 10 a 13%. Se usa en panificación.
- **Harinas Débiles:** Porcentaje proteico de 7 a 8%. No es apta para panificación, en cambio es bueno para elaborar productos de bizcochería y galletas (Jiménez 2014).

2.3.4. Importancia de las proteínas

La utilización de proteína como ingrediente alimentario, depende en gran medida de las características favorables que imparte a los alimentos. Estas características se denominan atributos o propiedades funcionales. La propiedad de solubilidad influye en otras propiedades funcionales de las proteínas (Fabián y Ju 2011).

Por lo general, se considera que las proteínas de leguminosas son de menor calidad que las proteínas de origen animal debido a deficiencia de aminoácidos azufrados; por ello, para su mejor aprovechamiento, las leguminosas deben ser

complementadas con otras fuentes de aminoácidos esenciales (Rockland y Radke, citado por Dávila *et al*. 2003).

Dicha deficiencia puede no ser del todo negativa, ese bajo nivel de aminoácidos azufrados de las leguminosas parece ser una ventaja desde el punto de vista le retención de calcio, pues durante el metabolismo de dichos aminoácidos se producen iones hidrógenos, los cuales inducen la desmineralización de los huesos y una mayor excreción de calcio en la orina (Messina, citado por Dávila *et al*., (2003). Se ha determinado que la cantidad de aminoácidos solubles cambia durante la germinación y también ocurre una movilización de las proteínas de almacenamiento en las leguminosas (Sathe *et al*. citado por Dávila *et al*. 2003).

2.4. Germinación de leguminosas

La germinación es sencilla y de bajo costo. Este proceso cambia la composición porque usa sus reservas (carbohidratos, lípidos y proteínas) para el desarrollo del embrión aumentando la concentración y digestibilidad de la proteína (Chaparro *et al*. 2011).

Es un es un proceso biológico natural, cuando la semilla tiene las condiciones ambientales para su crecimiento y desarrollo (humedad, temperatura, nutrientes, etc.), sale de su etapa de latencia (Sangronis y Machado 2007). Para la germinación de la semilla intervienen factores externos (sustrato húmedo, oxígeno disponible y temperatura óptima para los procesos metabólicos), permitiendo el crecimiento y desarrollo de la plántula (Sangronis y Machado 2007).

Mediante la germinación, los enzimas desdoblan las moléculas complejas (almidón, proteínas y grasas) logrando que el alimento sea digerible. Las harinas de granos malteados brindan estas enzimas y hace que en su germinación activen y formen un complejo enzimático, el cual se conserva por un adecuado proceso de secado antes de la molienda (Álvarez 2012).

2.4.1. Proceso de germinación de las legumbres

Se remojan las semillas en agua, el líquido debe ser tres veces mayor en volumen; lo usual es usar un frasco de vidrio con boca y cubrirla con una fina tela o gasa para ajustarla después con una goma. Así, dependiendo de la semilla se le deja reposar toda la noche o de seis a doce horas (Ponce de León *et al.* 2013).

Es de importancia considerar es la temperatura de remojo, se da de 15 a 20°C, luego de un tiempo se desecha el agua y se enjuaga las semillas, el recipiente se deja inclinado para facilitar la salida del agua excedente, mientras que las semillas quedan húmedas. El recipiente debe almacenarse en un lugar oscuro, cálido y limpio. El cambio de agua se debe realizar de dos a cuatro veces por día, esto permite la germinación y cuando los brotes tengan entre dos y tres centímetros se deben exponer a la luz solar pero en forma indirecta, durante dos horas al día para la formación de clorofila. El tiempo de germinación será de cinco días, luego que los brotes estén listos, se lavarán para quitar los restos de las semillas y se escurrirán (Ponce de León *et al*. 2013).

2.5. Reología de masas

Las Constituye las propiedades mecánicas que deben tener las masas de harina de trigo durante el amasado y afecta la calidad del producto final. Por ello, es necesario conocer el comportamiento de la masa durante el proceso de amasado y sus características (Launay 1990).

Hay aspectos dentro del concepto de textura que la reología de masas no incluye, como la reducción de tamaño (masticación o trituración), superficies rugosas, absorción o adsorción de agua, además, del cambio de estado con la temperatura; así que parcialmente, el análisis de la textura de alimentos queda dentro y fuera del área de la reología conocida (Bourne 1978).

Según Brabender (2009), en la evaluación de la reología de harinas, se estudia tres factores (farinografía, amilografía y extensografía).

2.5.1. Amilografía

Se utiliza para evaluar harinas para y ver su posible aplicación en sopas, purés, emulsiones, entre otros. La viscosidad del producto después de la gelificación es necesario tener en cuenta, porque permitirá establecer la adición de harinas que serán usadas en el proceso panario (Kent, citado por Jiménez y Duque 2018).

Un amilograma muestra periodos muy definidos: para el calentamiento y enfriado son la temperatura de gelatinización, la viscosidad máxima en el calentamiento, la viscosidad final después de la cocción, el aumento de la viscosidad en el enfriamiento y la viscosidad de la pasta fría. Todos estos puntos se pueden medir con un viscoamilograma (Repo-Carrazco, citado por Jiménez y Duque 2018).

2.5.2. Farinografía

Para determinar la absorción de agua y el comportamiento de una harina o mezcla de harinas durante el amasado continuo a temperatura constante se hace del farinógrafo Brabender (Brabender, citado por Jiménez y Duque 2018). Conocer la consistencia de la masa y su potencial de hidratación de una harina o mezcla de harinas para una consistencia de 500 UB (Unidades Brabender) (Brabender citado por Jiménez y Duque 2018).

2.5.3. Extensografía

Facilita la estimación de elasticidad y extensibilidad de las masas panaderas, galleteras y pastas (Brabender 2009).

2.6. Pan molde

Espinoza y Ludeña (2018) menciona que la Norma Técnica Peruana NTP 206.004, define al pan de molde como el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura, manteca y leche en polvo pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos. En el Cuadro 3, se reporta la composición fisicoquímica del pan de molde (Tablas Peruanas de Composición de Alimentos 2017).

Cuadro 3. Composición fisicoquímica del pan de molde por cada 100g

Componentes	**100 g de Pan de molde**
Energía (kcal)	317
Energía (kJ)	1326
Agua (g)	20.8
Proteínas (g)	6.80
Grasa total (g)	2.5
Carbohidratos totales (g)	69.2
Carbohidratos disponibles (g)	66.8
Fibra cruda (g)	.
Fibra dietaría (g)	2.4
Cenizas (g)	0.7
Calcio (mg)	13
Fósforo (mg)	60
Zinc (mg)	0.74
Hierro (mg)	0.40

FUENTE: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos 2017

2.7. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se origina ante la necesidad de controlar la calidad de los alimentos procesados para mantener el liderazgo en el mercado, ha tenido un mayor desarrollo en la industria de la panificación. En la base de sus principios científicos están la fisiología, psicología, psicofísica y estadística. Tiene por propósito estudiar cómo se perciben las propiedades de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos. Se necesita que los métodos de medida de las técnicas sensoriales sean rigurosos, precisos y válidos porque hay una relación con la percepción y preferencia de los consumidores (Severiano *et al*. 2014).

2.7.1. Conducción del panel

Para Hay ciertas condiciones que son necesarios cumplir cuando se lleva a cabo evaluación sensorial. Un ambiente destinado exclusivamente para ese fin, no debe haber presencia de olores extraños; además de be tener buena iluminación (Mackey *et al*. 1984).

Comúnmente se utiliza cabinas para evitar que los panelistas interactúen, también es necesario una buena iluminación; además, los panelistas deben estar con buena salud (Larmond 1977).

Los panelistas deben ser instruidos en forma específica para poder evaluar adecuadamente. Para la evaluación sensorial se debe preparar todo un día antes, planificar bien para el éxito de la evaluación (Mackey *et al.* 1984).

2.7.2. Técnica de escala hedónica

Objetivo: Identificar en una muestra especifica su nivel de agrado o desagrado. La evaluación se establece teniendo en cuenta una escala hedónica. En dicha escala se debe colocar una alternativa que indique un término, esto facilitará al panelista o consumidor elegir una alternativa que pueda discriminar a la muestra (Espinoza 2003).

Muestras: A los panelistas se le presentan las muestras codificadas y con las fichas en las que figuran la escala hedónica. Las muestras deben preparase para su evaluación y deben ser conforme es su forma natural, ya sea entra o una parte de ella, según los atributos que se desea evaluar; también, el ambiente donde se realice la evaluación debe contar con las condiciones adecuadas para tal fin (Espinoza 2003).

Jueces: Los panelistas encargados de la evaluación deben reunir ciertas características como: ser asiduos consumidores o personas que conozcan del producto o los atributos que debe tener el producto a evaluar. Los jueces no necesitan conocer el motivo del estudio sino que deben conoce cómo proceder durante la evaluación sensorial (Espinoza 2003).

2.7.3. Atributos sensoriales medibles

Según Martínez (2011), los atributos sensoriales medibles en panes de molde a evaluar son:

Color: Un atributo de calidad es el color del producto, y se refiere al aspecto visual que tiene el pan de molde.

Sabor: El sabor es un atributo que se evalúa a nivel de gusto a través de las papilas gustativas que presenta una pasta. Esta valoración es subjetiva si ha sido agradable o no para el gusto del consumidor.

Firmeza: La resistencia inicial de la pasta cocida al masticarla firmeza es lo que se llama firmeza, el panelista debe tener bastante experiencia para su evaluación.

Adhesividad y elasticidad: La medición de la fuerza con que la superficie de la pasta se adhiere al diente, lengua, paladar, dientes, dedos; se denomina adhesividad; mientras que la elasticidad se refiere a la recuperación de su forma inicial cuando la pasta es sometida a deformación.

2.8. Análisis microbiológico

En la industria de panaria, el análisis microbiológico es una herramienta esencial para controlar la calidad sanitaria de materias primas, procesos, productos y manipuladores, porque permite establecer el grado de contaminación biológica, de esta forma el control microbiológico es de suma importancia en todo proceso (Carrascal *et al.* 2003).

2.8.1. Placas Petrifilm

Usado en análisis microbiológico, se basa en una batería de placas listas para su uso, las placas petrifilm permiten ahorrar tiempo, son fiables y muy eficientes. Consta una película rehidratante que se encuentra recubierta con nutrientes y agentes gelificantes. (Catálogo 3M microbiología 2006).

2.8.2. Placas Petrifilm para el recuento de mohos y levaduras

Son placas específicas para el recuento de mohos y levaduras es un cultivo de uso inmediato, contiene nutrientes indispensables para el crecimiento de mohos y levaduras, son enriquecidos con antibióticos, un agente gelificante que es soluble en agua fría, además de un indicador para establecer el contraste y permita el recuento. Los mohos y colonias de levadura son coloreados por un pigmento indicador. (Catálogo 3M microbiología 2006).

III. METODOS

3.1. Lugar de ejecución

El desarrollo del estudio se llevó a cabo en las instalaciones:

- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Universidad Nacional del Santa (UNS) ubicado en el Campus Universitario, Urb. Bella Mar, Provincia de Nuevo Chimbote, Región Ancash.
- Panificadora de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Poscosecha de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA).

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Materia prima

- Harina de trigo para panificación, marca Nicolini, fue adquirido en el Centro Comercial “Buenos Aires” Región de Áncash.
- La harina de frijol de palo (*Cajanus cajan* L.) germinado, obtenido por semillas que se compraron en el Mercado Mayorista Km.6, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali.

3.2.2. Insumos

Levadura (*Saccharomyces cervisae*) seca instantánea, azúcar rubia, manteca vegetal “El Gordito”, sal yodada Emsal, emulsionante Fleishman, antimoho Fleishman, mejorador de masa

3.2.3. Equipos

Determinador de proteína Kjendhal, Marca FOSS. Determinador de fibra, marca FOSS, modelo Fibertec TM1023, Alemania. Kit para extracción de grasas Soxhlet, Marca FOSS, Modelo SOXTEC., Modelo KjeltecTM8200, Dinamarca. Equipo de molienda y tamizado, COORPORACIÓN JARCON DEL PERÚ, modelo MDMT – 60XL, serie JP 001 1112. Amilylograph-e, BRABENDER, modelo 800250; Farinograph-at, BRABENDER, modelo 810161.001; Extensograph-E, BRABENDER, modelo 860723. De la E.A.P. Ing. Agroindustria de la UNS. Amasadora, marca NOVA, Modelo k23, capacidad 40kg, serie 0528028; Cámara de fermentación, marca NOVA, modelo MAX 1000. Capacidad 40 Kg, Serie 0516001; Horno rotatorio por convección marca NOVA, modelo MAX 1000,

capacidad 40 kg; Rebanadora o cortadora de pan, marca NOVA, modelo ESTÁNDAR; Balanza analítica, marca ADAM, modelo PW-254 de la Planta Piloto de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la UNS. Estufa marca Blu-M, modelo SW-17TC-1, serie SW-1990, de la E.A.P. Ing. Agroindustria de la UNS. Mufla, marca THERMOLYNE, serie 347034b4, USA. Texturómetro, marca BROOKFIELD, modelo CT3 400, USA. Balanza de precisión, marca PRECISA, modelo LX220A, Suiza.

3.2.4. Reactivos

Agua destilada. Solución de NaOH 0.1N. Etanol (96º). Ácido sulfúrico (96%), para proteínas, Kjendhal. Ácido clorhídrico al 0.1 N, 37% (v/v), para proteínas, Kjendhal. Ácido bórico 4%. Rojo de metil. Éter de petróleo, para determinación de grasas, FOSS. Isooctano, para cromatografía de gases, Merck. Boro Triofloruro - Metanol (Complejo) (solución al 20% en Metanol) para síntesis, Merck. Isooctano, para cromatografía de gases, Merck. Hexano, para cromatografía de gases, Merck. Metanol, para cromatografía de gases, Merck.

3.2.5. Otros materiales

Materiales de vidrio; probeta de 100 mL y 500 mL, vasos de precipitación de 500 mL y 1000 mL, placa Petri. Materiales para prueba sensorial; cabina de degustación, formatos, lapiceros, vasos y platos descartables. Moldes de pan de molde. Carrito o coche panadero mesa de acero inoxidable. Mesa de acero inoxidable. Bolsa de polipropileno.

3.3. Metodología

3.3.1. Obtención de la harina frijol palo germinado

Se obtuvo la harina de frijol palo germinado, teniendo cuidado siempre la inocuidad del producto, con el propósito de que los resultados del estudio no se vean afectados.

- **Recepción:** En esta etapa se verificaron que los granos estén enteros, y secos.

- **Pesado:** El peso de la materia prima fue tomada en cuenta para tener poder determinar el rendimiento.

- **Selección:** Se separó de manera manual las impurezas y descartando semillas con daños físicos.

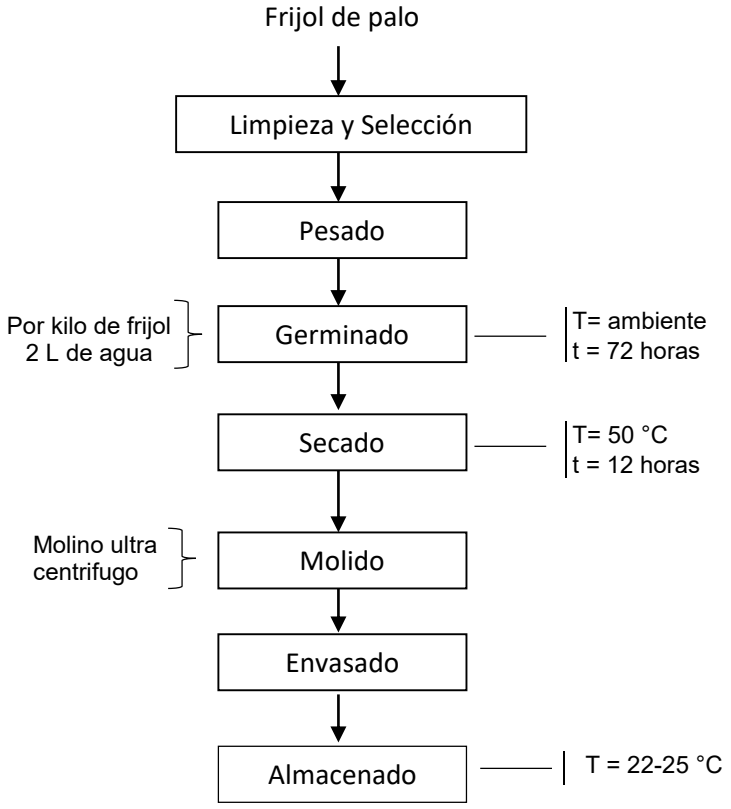


Figura 2. Flujograma para la obtención de harina de frijol palo germinado.

- **Germinación:** Se remojó del frijol palo durante 12 horas, luego se quitó el agua y se colocó en una bandeja cubriéndolo con una tela húmeda y se lo guardó en lugar oscuro durante 72 horas a temperatura ambiente. Durante este tiempo las semillas eran regadas con agua para garantizar la humedad durante los procesos, las semillas germinadas se enjuagaron con agua destilada.

- **Secado:** Esta operación se realizó a cabo en una estufa a 50ºC, durante 12 horas

- **Molienda:** Los semillas de frijol germinados y secos se trituraron manualmente, luego de ello, se llevó a un molino ultra centrífugo con un tamiz de 0.5mm.

- **Envasado**: La harina con una humedad 7.75 % se colocaron en bolsas de polietileno de alta densidad, para proteger el producto de la humedad y proteger del medio ambiente que puede causar deterioro.

- **Almacenado:** Se procedió a almacenar en un lugar fresco y ventilado en temperatura de 22 – 25 °C.

3.3.2. Caracterización de la harina de frijol de palo germinado

La caracterización fisicoquímica de la harina se desarrolló en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria de la UNS.

Proteínas

Se tuvo en cuenta el método por la N.T.P. 205.005:1979 (Revisada el 2011): cereales y menestras. Determinación de proteínas Totales (Método de Kjeldahl), utilizando 6.25 como factor para la mayoría de cereales.

Humedad

La determinación del contenido de humedad de la harina de frijol palo germinado se desarrolló según la metodología descrita en la norma técnica ITINTEC 205.037 (1974).

Cenizas

La determinación del porcentaje de sólidos y minerales en el producto (cenizas), se realizó según el procedimiento propuesto en la norma técnica ITINTEC NTP 205.038.1975 (Revisada *et al.,* 2011.

Grasa

Se aplicó la metodología propuesta en el método UNE-64021-1970.

Fibra

Se determinó siguiendo el procedimiento descrito en el método NMX-F-090 (1978).

Carbohidrato

Se calculó por diferencia (Collazos 1993). Usando fórmula: % Carbohidratos = 100 - (H + C + G + P + F).

Actividad de agua

Se utilizó el equipo de Actividad de Agua, ROTRONIC

3.3.3. Evaluación reológica

Para realizar el ensayo reológico se necesitó 700 g de harina, esto incluyó los análisis de amilografía, farinografía y extensografía.

En el presente estudio las formulaciones de la harina frijol palo germinado fueron (0%; 5%; 10%; 15% y 20%). La mezcla de las formulaciones se realizó de acuerdo a lo propuesto en el experimento. El Cuadro 4 muestra la proporción de la harina que se utilizaron para la evaluación de reología de masas.

Cuadro 4. Formulación de las harinas para los análisis reológicos (700 g).

Tratamientos	H. de trigo (g)	H. F.P. Germinado (g)	Total, de la formulación (g)
T0	700	0.0	700
T1	665	35	700
T2	630	70	700
T3	595	105	700
T4	560	140	700

- **Evaluación amilográfica**

  Para realizar esta prueba se tuvo que conocer la humedad de la muestra, esto permitió conocer la cantidad de muestra (peso) y la cantidad necesaria de agua para continuar con la prueba. Se evaluaron los parámetros: tiempo de gelatinización y máximo gelatinización (Brabender 2018).

- **Evaluación farinográfica**

  Permitió conocer la capacidad de absorción de agua y las propiedades de la mezcla de harinas (tiempo de ruptura y consistencia), se determinó por Brabender farinógrafo, el segundo método en la AACC 54-21 (1995) (Brabender 2018).

- **Evaluación extensográfica**

  La evaluaron de la resistencia de la extensión y extensibilidad de las masas (mezclas de harinas) se determinó con el procedimiento descrito en el método de la AACC 54-10 (1995), para ello se utilizó el extensógrafo Brabender (Brabender 2018).

3.3.4. Elaboración de pan de molde

Para la elaboración pan de molde se siguió lo propuesto en la Figura 3. En el Cuadro 5 se reporta los tratamientos (formulaciones) planteados en el estudio.

Recepción

Se realizó la verificación durante la recepción de la materia prima para el proceso de elaboración pan molde, evaluar debidamente su calidad.

Cuadro 5. Formulación utilizada en la elaboración de pan de molde calculada en gramos.

Ingredientes	T0	T1	T2	T3	T4
Harina de trigo (%)	100	95	90	85	80
Harina de F.P.G (%)	0	5	10	15	20
Mejorador de masa (%)	1	1	1	1	1
Antimoho (%)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sal (%)	2	2	2	2	2
Azúcar (%)	8	8	8	8	8
Agua (%)	50	50	50	50	50
Leche en polvo (%)	2	2	2	2	2
Levadura seca (%)	2	2	2	2	2
Emulsionador (%)	1	1	1	1	1
Manteca (%)	10	10	10	10	10

T0= Tratamiento control; T1= tratamiento a 5% de sustitución; T2 = tratamiento a 10% de sustitución; T3 = tratamiento a 15% de sustitución; T4 = tratamiento a 20% de sustitución

Pesado

Se pesó todos los ingredientes de acuerdo a la formulación establecida para cada una de las sustituciones de acuerdo al Cuadro 5.

Amasado

Se realizó por el método directo, para ello los ingredientes se colocaron en la amasadora, el procedimiento duró 10 minutos.

División o corte

La división de la masa se realizó en porciones de 650 g con la finalidad de que haya mayor superficie en contacto con el aire a temperatura ambiente.

Boleo y reposo

La porción de masa con forma ovalada, se boleó en forma manual, mediante la presión de la porción de masa con la palma de la mano siguiendo un movimiento circular. Se realiza ese proceso para que los bolos de masa reposen durante 20 minutos.

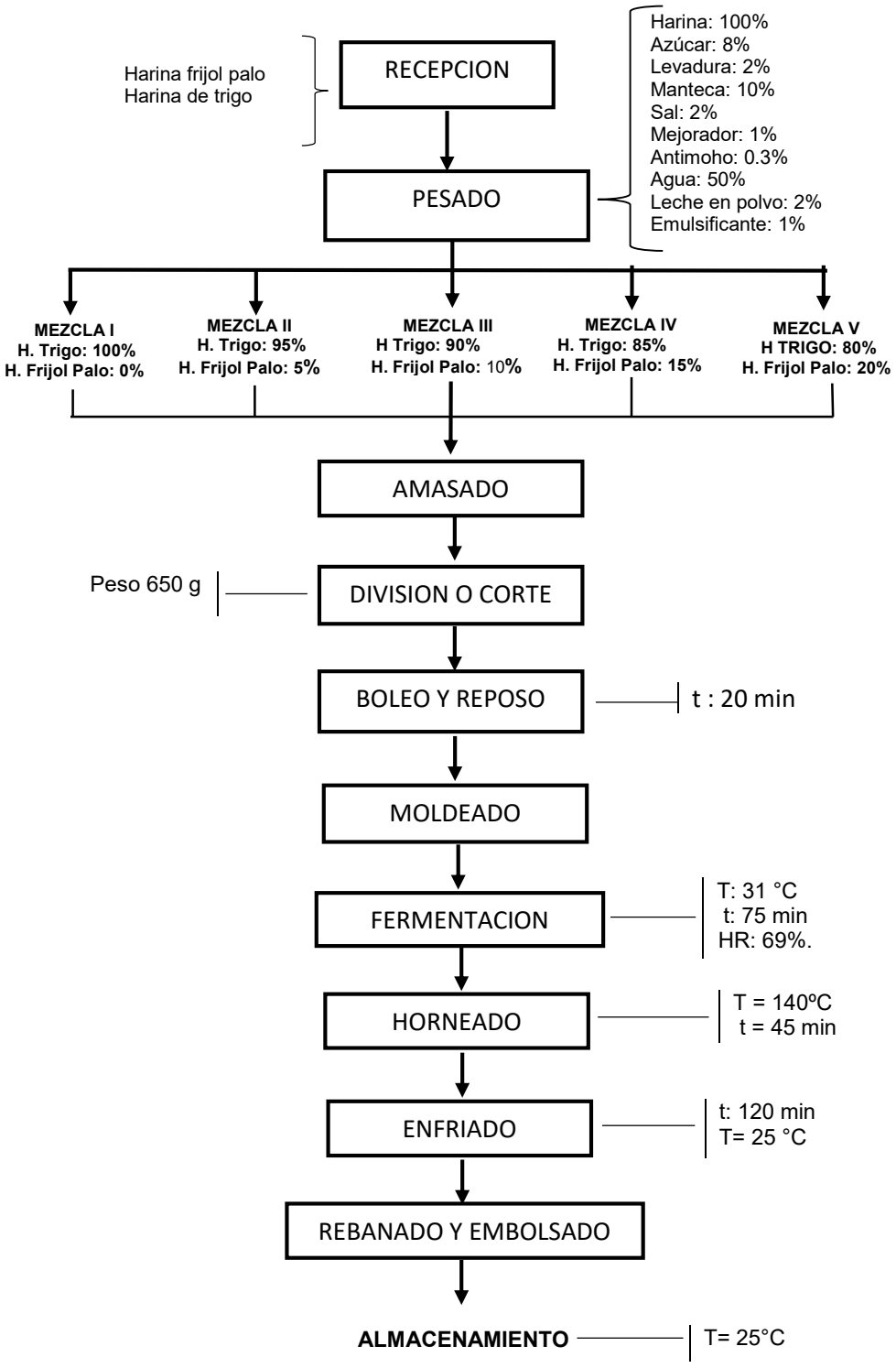


Figura 3. Esquema experimental para la elaboración de pan de molde.

Moldeado

Cada bola de masa fue extendida con un rodillo, se le dio la forma del pan de molde y fue introducido a los moldes tras untarlos de manteca.

Fermentación

Las masas se colocaron en la cámara de fermentación a una temperatura de 31 °C y 69 % de HR, con un estimado tiempo de duración de 75 min.

Horneado

Para el horneado, fue utilizado un horno industrial con capacidad para 18 bandejas, cuando el horno es encendido se debe esperar a que alcance la temperatura adecuada. Finalmente, los panes se colocaron en el horno a una temperatura de 140 °C y por un tiempo de 45 minutos.

Enfriamiento

Se realizó a temperatura de 25 °C en un lapso aproximado de dos horas.

Rebanado y embolsado

Cuando se alcanzó la temperatura de 25ºC se procedió a rebanar los panes de molde, para ello se utilizó una rebanadora o cortadora de pan. Los panes fueron embolsados en bolsas de polipropileno.

Almacenamiento

Se mantuvieron los productos en condiciones normales de almacenamiento a temperatura ambiente 25 °C, hasta ser usados.

3.3.5. Análisis químico de pan de molde

La caracterización fisicoquímica se realizó en el Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria en la UNS. Los procedimientos para el análisis fisicoquímico son los mismos que se reportaron para el análisis de la harina.

3.3.6. Análisis de mohos y levaduras de pan de molde

Se analizó en Laboratorio de Microbiología, Físico Químico -CODIGO COLECBI: SS 181019-2. Donde se pagó para el análisis, para ello el laboratorio utilizó el método de ICMSF 1983. Método del Recuento de Levaduras y Mohos por siembra en placa en todo el medio.

3.3.7. Análisis sensorial

El producto terminado (pan de molde) fue evaluado por 40 panelistas semi-entrenados mayores de 18 años. Pertenecientes a la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (profesionales y estudiantes de 7, 8. 9 y 10 ciclo de la

Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial). Las características evaluadas fueron: olor, color, sabor, textura y aceptación en general.

Los formatos de evaluación sensorial fueron realizados teniendo en cuenta una escala hedónica de 5 puntos (1 = No me gusta en lo absoluto, 2 = No me gusta, 3 = No me gusta ni me disgusta, 4 = Me gusta y 5 = Me gusta mucho). La ficha utilizada para la evaluación se encuentra en la ANEXO 10, en el laboratorio de Procesos Agroindustriales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA).

3.3.8. Diseño estadístico

El análisis de los datos se realizó con el software estadístico SPSS 25. Para ello se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), siendo cinco los tratamientos con tres repeticiones cada uno.

Los datos se evaluaron paramétricamente aplicado el análisis de varianza (ANVA) con una significación de 5%. La comparación múltiple de medias se realizó con la prueba de Tukey. Mientras que el análisis estadístico de la evaluación sensorial se realizó mediante la prueba no paramétrica de Friedman.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis fisicoquímico de la harina de frijol palo germinado.

En el Cuadro 6 se reporta los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de frijol palo germinado.

Cuadro 6. Característica química de la harina de frijol palo sin germinar y germinado.

Componente	Unidad	HFP[1]	HFPG[1]
Humedad	%	11.52±0.03 [a]	8.46±0.03 [b]
Proteínas	%	20.14±0.02 [a]	21.22±0.03 [b]
Grasa	%	1.54±0.02 [a]	1.42±0.03 [b]
Ceniza	%	3.34±0.01 [a]	3.27±0.02 [b]
Fibra	%	7.18±0.02 [a]	7.22±0.01 [b]
Carbohidratos	%	56.28±0.03 [a]	58.40±0.03 [b]
Actividad de agua	AW	0.53±0.01 [a]	0.44±0.02 [b]

HFP=Harina de frijol palo; HFPG= Harina de frijol palo germinado.
Los datos reportan la media ± desviación estándar; para n = 3.
[1] Letras diferentes indican diferencia

El contenido de proteínas se incrementó a una diferencia de 1.08%, el valor proteico obtenido fue de 20.14% para harina de frijol palo y para el frijol palo germinado fue de 21.22%. Esto nos indica que los incrementos no fueron muy significativos. Este tipo comportamiento fue encontrado en la germinación de la misma especie y otras. Sangronis, (2007*),* en un trabajo desarrollado con P. vulgaris y C. cajan, encontró que la germinación no modificó significativamente ($p<0,05$) el contenido proteico de las harinas de ninguna de las dos variedades de la harina, donde obtuvieron para C. Cajan 21.7% de contenido de proteína en harina sin germinar y 22.8% de contenido de proteína en la harina germinada.

La ceniza disminuyó en 0.07%, la grasa en un 0.12% y la actividad de agua 0.09%. La fibra aumentó en un 0.04% y los carbohidratos aumentó en un 2.12%. De acuerdo a estos datos se puede decir que no hubo mucha significancia de los cambios fisicoquímico de las harinas del frijol palo y la harina de frijol palo germinado. De igual manera para la cebada germinada, hubo un incremento de 11% de proteínas y una disminución en grasa de 0.18%. También, el contenido de proteína aumento de 25.55% sin germinar a 29.51 % en la harina de frijol yorimón germinado dando un incremento de 4.01 (Rivas 2006).

Por otro lado, en Colombia hubo un estudio acerca de la composición nutricional y química del guandul, obtuvieron los siguientes datos; proteína 19.5%, humedad 14%, grasa 1.4%, ceniza 3.7%, carbohidratos 61.4%. Donde hace mención que cantidad de proteínas, calorías, ciertos minerales, vitaminas y su uso en alimentos es limitadas por la presencia de factores anti nutricionales, que pueden ser disminuidos o eliminadas mediante la implementación de tratamientos (Navarro 2014). Se pude decir que no hubo mucha diferencia con respecto a los resultados obtenidos.

Si bien es cierto que el proceso de germinación provoca un incremento del contenido proteico debido a la acción de enzimas como la citasa, actuando sobre la celulosa de la capa de células vacías logrando descomponer y disolver todo nutriente que, con ayuda de la amilasa presente en la saliva, facilitan la digestibilidad de las proteínas (Argüello y Garzón 2012). Pero esto va a depender de acuerdo a las variedades de cereales en algunos casos no aumenta al contrario se mantiene.

4.2. Resultados de la germinación de frijol palo

El frijol palo germinado dio como resultados mejorando significativa una moderada cantidad de proteínas, calorías, ciertos minerales y vitaminas, su uso en alimentos es limitado por la presencia de factores antinutricionales.

La germinación causa importantes cambios en las características bioquímicas, nutricionales sensoriales de las semillas de leguminosas, en el guandul es un proceso efectivo para cambios en los parámetros químicos y nutricionales en esta leguminosa, particularmente el incremento en vitaminas B2, E y C y la reducción de antinutrientes, como son los α-galactosidos, fosfato inositol e inhibidor de la actividad de la tripsina, además causa una disminución en el contenido de Alanina mientras que aumenta significativamente los valores de aminoácidos esenciales como Leu, (Torres y Granito 2007). Ghavidel y Prakash (2007), demostraron que la combinación del proceso de descascarado y germinación en las leguminosas mejoraron la calidad por el aumento de la biodisponibilidad y digestibilidad de nutrientes y reducción de antinutrientes.

4.3. Evaluación reológica de las mezclas de harina de trigo con harina de frijol palo germinado

4.3.1. Análisis de amilografía

Los resultados del análisis amilográfico realizado a cada uno de los tratamientos considerados en el estudio, se reporta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultado de los tratamientos analizados por el amilograma.

Tratamiento[1]	% Humedad	T °C de inicio	T °C de gelatinización	Máximo Gelatinización (AU)
T0	14.32±0.02 [a]	62.25±0.05 [b]	91.05±0.05 [a]	1348.00±0.58 [a]
T1	14.05±0.03 [b]	61.34±0.04 [e]	87.27±0.49 [b]	858.00±0.58 [b]
T2	14.17±0.06 [b]	61.84±0.05 [d]	86.53±0.06 [c]	763.00±1.00 [c]
T3	13.94±0.05 [c]	62.04±0.05 [c]	85.50±0.10 [d]	732.00±1.53 [d]
T4	12.32±0.06 [d]	62.45±0.05 [a]	85.00±0.10 [d]	731.00±1.53 [d]

(±) Desviación Estándar, para n = 3.
[1] Letras diferentes indican diferencia significativa

Observamos que el inicio de gelatinización, para el control T0 (0 % harina de frijol de palo germinado) fue de 62.25 ± 0.05 °C, mientras que el T1 (5.0 % harina de frijol palo germinado) fue de 61.34 ± 0.04 ºC; T2 fue de 61.84 ± 0.06 ºC; T3 fue de 62.04±0.05 y T4 62.45 ± 0.05. La temperatura de inicio de gelatinización se ve afectada por el grado de sustitución de harina de frijol de palo germinado, esto debido a la característica de las interacciones que tienen los componentes del almidón (González y Pacheco-Delahaye, citado por Rodríguez *et al*. 2018).

Respecto a la temperatura de gelatinización, para el T0 fue 91.05 ± 0.05 °C; por otro lado, el menor fue del T4 con valor de 85.00 ± 0.10 °C. Se puede observar que la temperatura gelatinización ha ido descendiendo de acuerdo a la sustitución. Espinoza y Ludeña (2018), obtuvo resultados similares donde para el tratamiento control fue 91.0 °C y T9 fue 89.0 °C, el cual fue menor valor correspondiente, mientras que el análisis realizado al T8 fue de 90.5 ºC, de acuerdo a ello mencionó que esto dependerá de la concentración de almidones.

Los resultados para el máximo de gelatinización (AU) fueron de para el T0 (100 % harina de trigo) fue de 1348.00 ± 0.58 AU, mientras que el T1 (95.0% harina de trigo + 5.0 % harina de frijol palo germinado) fue de 858.00 ± 0.58 AU: T2 fue de 763.00±1.00 AU; T3 fue de 732.00 ± 1.53 AU y para T4 fue de 731.00 ± 1.53 AU. En estudios de pan enriquecido con harina de chía encontraron resultados similares, siendo el punto de gelatinización máxima para el tratamiento control (1349 AU), mientras que para el tratamiento con 5% de sustitución fue 996 AU y para el tratamiento con 7.5 % se reportó 950 AU, determinaron un alto contenido de almidón comparado con la harina desgrasada de chía, lo que permitió obtener una menor gelatinización, también observaron que el grado de viscosidad aumentaba por la gelatinización del almidón (Espinoza y Ludeña 2018).

La disminución de la gelatinización máxima va depender mucho de la sustitución, debido a la baja presencia de carbohidratos y al alto contenido de fibra, el cual afecta dando valores de viscosidades más bajos (Indrani *et al*. 2010). Por otro lado, almidones que dan altos valores, tienen la característica de tener un poder de hinchamiento alto; sin embargo, presentan menos resistencia a la cocción (Brumovsky y Horianskl, 2014). En la Figura 4, se muestra el resultado de amilografía del tratamiento (T2)

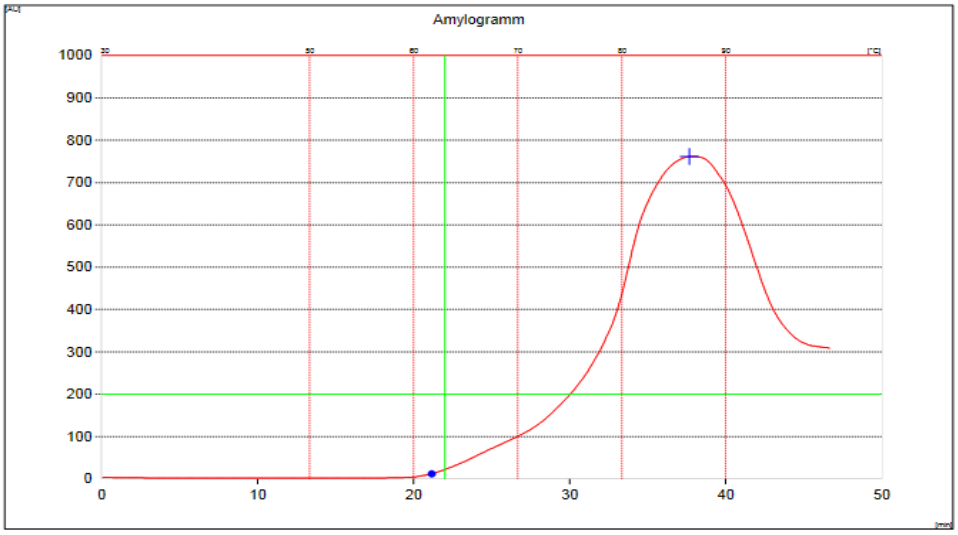


Figura 4. Amilografía del tratamiento T2.

4.3.2. Análisis de farinografía

El farinograma nos mide la consistencia de la masa mediante la fuerza necesaria para mezclarla a una velocidad constante y también mide la absorción de agua necesaria para alcanzar dicha consistencia. En el Cuadro 8 muestran los resultados del análisis farinográfico para cada uno de los tratamientos.

Observamos el comportamiento de la consistencia de la masa donde; el punto fijo de la consistencia a aumentando y disminuyendo donde T1 fue de 643 ± 1.00 FE, hasta el T4 que fue de 641 ± 1.00 FE, en tanto nuestro T0 está en rango con una consistencia de 726±0.58 FE. Espinoza (2018), reportó que la farinografía evaluado al tratamiento control (100 % harina de trigo), y los tratamientos con 5% de Harina de chía desgrasada y con 7.5 % de Harina de chía desgrasada son superiores a UB debido a la resistencia de la masa, y brinda fuerza para absorber agua, mostrando valores de 61.4%, 62.1% y 62.9% respectivamente.

Cuadro 8. Resumen de los tratamientos analizadas por farinograma.

Tratamiento[1]	C (FE)	% ABS (500 UF)	DDT (min)	S (min)	MTI(FE)
T0	726±0.58 [a]	61.4 ±0.06 [a]	4.15±0.01 [b]	7.04±0.01 [a]	55.00±0.55 [d]
T1	643±1.00 [d]	55.8 ±0.21 [b]	4.29±0.01 [a]	7.03±0.01 [a]	93.00±0.74 [c]
T2	653±1.00 [c]	56.1 ±0.10 [b]	3.55±0.03 [c]	6.16±0.01 [b]	92.00±0.72 [c]
T3	656±1.06 [b]	55.9 ±0.10 [b]	3.44±0.01 [d]	5.12±0.01 [c]	107.00±0.64 [b]
T4	641±1.00 [d]	55.9±0.12 [b]	3.25±0.01 [e]	4.20±0.01 [d]	114.00±0.26 [a]

C = Consistencia, %ABS = Absorción de agua, DDT = Tiempo óptimo de desarrollo, S = Estabilidad, MTI = Índice de tolerancia.
1 Los valores de notan; (±) Desviación Estándar.

Espinoza (2018), obtuvo para su DDT (tiempo de desarrollo de masa) una disminución del T1 que fue 4.29 ± 0.01 min al T4 que fue de 3.25 ± 0.01 min en cuanto a nuestro tratamiento T0 es de 4.15 ± 0.01 min. Para que se hidraten las proteínas se requiere del tiempo de desarrollo, si son menores a tres min se trata de trigos suaves; para producir panes de molde, los valores de absorción de agua deben ser mayores al 50% y tiempos mayores a 3 min.

En los tratamientos de T2, T3 y T4 el tiempo de desarrollo de la masa (DDT) disminuyó al aumentar el porcentaje de sustitución; sin embargo, el T1 presentó un tiempo mayor al de la T0, los tratamientos considerados en el estudio se encuentran dentro de los valores referenciales reportados por Piña (2017).

El DDT guarda relación con el tiempo que se necesita para el desarrollo del gluten; luego, el tiempo de desenvolvimiento es mayor cuando más fuerte es la harina. Según la adición de las harinas, como el caso de la harina de frijol palo germinado, estas tienden a debilitar la mezcla de acuerdo a la sustitución parcial en consecuencia, dando como resultado un desarrollo menor con respecto al tiempo. Esto se debe porque las proteínas del frijol no forman gluten

Los datos obtenidos para el tiempo de estabilidad (S) para la mezcla correspondiente al tratamiento T0 fue de 7.04 ± 0.01 min. Según la sustitución parcial aumentaba iba disminuyendo la estabilidad (s) hasta obtener para el T4 que fue de 4.20 ± 0.01 min. En estudios de sustitución de harina de trigo por harina de chía desgrasada se reportó los tiempos de estabilidad, para el tratamiento: 7.4 min, para el T8: 6.4 min y para el T9: 3.6 min., y afirma que la mezcla de harinas

analizadas son de fuerza mediana para elaborar pan de molde, esto porque los valores hallados superan los 500 UB (Espinoza 2018).

La masa de excelente calidad panadera es aquella en la que sus valores de estabilidad están entre los 5 a 9 min para harina de fuerza media y 10 a 15 min para harina fuerza superior. Según los resultados obtenidos podemos decir que los tratamientos T0, T1, T2 y T3 son harinas de fuerza media. Y el T4, se encuentra fuera del rango, por tanto, serviría para la elaboración de galletas o pastas (Magaña *et al*. 2012).

El tratamiento control presentó un índice de tolerancia (MTI) de: 55.00 ± 0.55 FE, el T1 (HT 95% y HFPG 5%) presentó: 93.00 ± 0.74 FE, para el T2 (HT 90% y HFPG 10%) fue: 92.00 ± 0.72 FE, para el T3 (HT 85% y HFPG 15%) fue: 107.00 ± 0.64 FE y para T4 (HT 80% y HFPG 20%) fue: 114.00 ± 0.26. Estos resultados nos proporcionan valores bajos de tolerancia, por tanto, las muestras de harina poseen una buena red de gluten. En estudios de sustitución con harina de sacha inchi se obtuvo 96 FE como índice de tolerancia para la sustitución de 8.3% de sacha inchi y 109 FE para sustitución de 16.7%, cuando aumenta la sustitución se incrementa el índice de tolerancia, esto da a indicar que las harinas sustituida no son buenos para ser utilizados en la elaboración de pan (Avellaneda 2015). El índice de tolerancia es usado como indicador para identificar si una red de gluten es mala (Bravo 1999). En la Figura 5 se muestra los resultados de la evaluación farinográfica del tratamiento (T2).

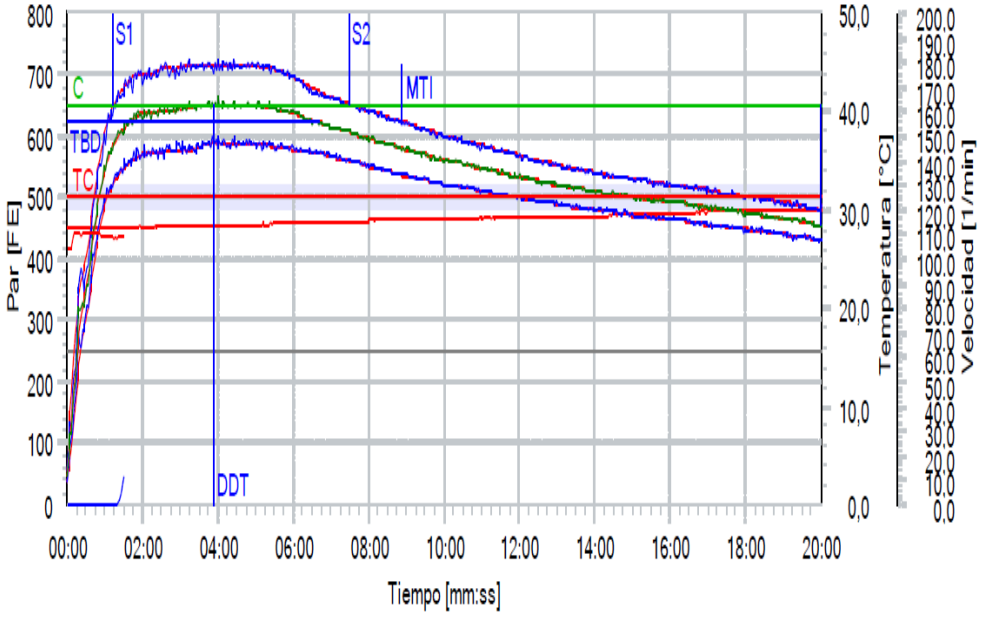


Figura 5. Farinografía del tratamiento T2

4.3.3. Análisis de Extensografía

En el Cuadro 9, se reporta el análisis del extensógrafo realizado a las mezclas.

Cuadro 9. Resumen de los tratamientos de analizadas en el extensograma.

Trat.	Tiempo	R (BU)	E (mm)	M (BU)	Energía (cm^2)
T0	30 min	1636.00±0.58 [a]	129.00±0.73 [c]	1635.00±0.88 [a]	160.00±0.81 [b]
T1	30 min	1172.00±1.53 [b]	122.00±1.53 [d]	898.00±0.74 [b]	174.00±1.53 [a]
T2	30 min	917.00±1.00 [c]	134.00±0.31 [b]	712.00±1.00 [c]	157.00±0.72 [c]
T3	30 min	708.00±0.46 [d]	145.00±0.46 [a]	598.00±0.36 [d]	134.00±0.65 [d]
T4	30 min	682.00±0.53 [e]	132.00±1.15 [b c]	591.00±0.50 [e]	121.00±0.68 [e]
T0	60 min	1303.00±0.58 [b]	96.00±0.36 [c]	1214.00±0.50 [b]	152.00±0.70 [c]
T1	60 min	1638.00±1.53 [a]	114.00±1.53 [b]	1338.00±0.53 [a]	215.00±1.53 [a]
T2	60 min	1228.00±1.00 [c]	112.00±0.81 [b]	1057.00±0.72 [c]	161.00±0.81 [b]
T3	60 min	997.00±0.50 [d]	121.00±0.51 [a]	843.00±0.35 [d]	149.00±0.72 [d]
T4	60 min	899.00±0.72 [e]	113.00±0.68 [b]	781.00±0.50 [e]	130.00±1.00 [e]
T0	90 min	1228.00±0.30 [b]	80.00±0.70 [e]	1186.00±0.68 [b]	116.00±0.90 [d]
T1	90 min	1438.00±1.00 [a]	94.00±0.60 [d]	1270.00±1.00 [a]	144.00±0.51 [c]
T2	90 min	1212.00±0.76 [c]	104.00±1.10 [c]	1073.00±1.10 [c]	147.00±0.61 [b]
T3	90 min	1157.00±0.51 [d]	114.00±0.85 [a]	994.00±0.67 [d]	157.00±0.53 [a]
T4	90 min	890.00±0.64 [e]	111.00±0.81 [b]	801.00±0.53 [e]	117.00±0.68 [d]

R = Resistencia a la Extensión (BU), E = Extensibilidad (mm), M = Máximo (BU)
1 ± Desviación Estándar, para n = 3.
2 Letras diferentes indican diferencia significativa

Para los tiempos de fermentación 30, 60 y 90 min se determinó la resistencia a la extensión (R), siendo para el control (T0) los valores: 1636.00±0.58 UB, 1303.00 ± 0.58 UB y 1228.00 UB, se observa que para el tiempo: 30 min, se obtuvo el mayor valor de R. Para ello la mezcla T1 (5% Harina de frijol de palo germinado) obtuvo 1172.00 ± 1.53 a 30 min; 1638.00 ± 1.53 a 60 min y 1438.00 ± 1.00 90 min; para el T4 (20% Harina de frijol palo germinado y 80% Harina de trigo) fue de 682.00 ± 0.53 a 30 min; 899.00±0.72 a 60 min y 890.00±0.64 a los 90 min. De acuerdo al resultado obtenido se puede decir que la capacidad de retención de gas carbónico CO_2 ha ido disminuyendo de acuerdo a la sustitución parcial.

En estudios de elaboración de pan mediante sustitución con sacha inchi se determinó la resistencia a la extensión donde variaron de 1636 a 650 unidades extensográficos (UE). Encontró valores mayores de resistencia máxima para la

formulación F7 (con nivel de sustitución de 6.3%) en los tiempos de 60 y 90 minutos 1432 BU y 1354 BU; sin embargo, encontró diferencia con la formulación sin sustitución F1, solo en el tiempo de 30 minutos 1637 BU (Avellaneda 2015). La resistencia a la extensión de las formulaciones con sustitución descendió mientras que la extensibilidad aumentó, lo que dio lugar a masas flojas. La extensibilidad de la masa afectó de manera directamente proporcional al factor de esparcimiento que sufren las masas al estar dentro del horno (Avellaneda 2015).

También Espinoza y Ludeña (2018), reportó los resultados de resistencia a la extensión (R) para el tratamiento control (100% harina de trigo) donde obtuvo un mayor valor de resistencia a la extensión de 1636 UB al cabo de 30 minutos, para el T8 (5% Harina de chía desgrasada y 95% Harina de trigo) su mayor valor de 1274 UB al cabo de 60 minutos y para el T9 (7.5% Harina de chía desgrasada y 92.5% Harina de trigo) consiguió su mayor valor de 1141 UB al cabo de 60 minutos. Los resultados se atribuyen a la sustitución con harina de chía desgrasada porque disminuye el nivel de gluten, por lo tanto ocasiona un aumento en los tiempos para encontrar su mayor valor de resistencia a la extensión. Una masa será dura y rígida cuando posee alta resistencia a la extensión y poca extensibilidad, en cambio, una masa es elástica y suave cuando posee baja resistencia y buena extensibilidad (Shuey y Tipples, 1980).

Los valores de extensibilidad (E), se obtuvo de para el tratamiento T0, en tiempos de fermentación para 30, 60 y 90 min se obtuvo valores de 129.00±0.73 mm; 96.00±0.36 mm y 80.00±0.70 mm, respectivamente, se puede observar que el tiempo de 30 min para el T0, obtuvo la mayor capacidad de resistencia a la extensión. Para ello el tratamiento T1 (5% Harina de frijol palo germinado y 95% Harina de trigo) obtuvo 122.00±1.53 a 30 min; a 114.00±1.53 a 60 min y 94.00±0.60 a 90 min; para el T4 (20% Harina de frijol palo germinado) fue de 132.00±1.15 a 30 min; 113.00±0.68 a 60 min y 111.00±0.81 a los 90 min. De acuerdo al resultado obtenido se vio un incremento de T1, T2, T3, T4 con respecto T0 en los tres tiempos de 30, 60 y 90 min. (Espinoza y Ludeña, 2018), obtuvo valores diferentes con respecto de extensibilidad, para el T8 obtuvo su mayor valor de 9 mm al cabo de 60 minutos y para el T9 obtuvo su mayor valor 84 mm al cabo de 60 minutos. Menciona que los resultados obtenidos podrían atribuirse porque la masa logra alcanzar buena resistencia a la extensión y buena extensibilidad, lo que se tornara en una masa suave y con buena elasticidad.

La red proteica se romperá cuando el tiempo de fermentación de la masa es demasiado largo, escapando de esta forma el dióxido de carbono, ocasionando que el pan no se desarrolle en el horno y se vea afectado el volumen final (Varanda 2014).

La harina al ser sustituida con altos niveles de fibra como proteínas, estos actúan como puntos de debilidad facilitando la ruptura de la matriz de gluten, lo que durante la fermentación se ve perjudicada la expansión de la masa (Rodríguez *et al.* 2005).

Respecto a la energía o área (A), para el tratamiento control, fue mayor (160 cm^2) para un tiempo de fermentación de 30 min; el T1 obtuvo un valor de 215 cm^2 para un tiempo de 60 min de fermentación y el T4 que obtuvo su mayor valor: 130 cm^2 para un tiempo de 60 min de fermentación; se puede afirmar que a mayores valores de área total vamos a tener mezclas de una mejor calidad. Según Avellaneda (2015), presentó uno de sus formulaciones una menor área, el cual fue la F6 con 71 cm^2, respecto a ello índico que se observó un efecto debilitador fue de la harina en sustitución sobre las propiedades extensográficos. Al ser el área mayor, también lo es la energía ejercida y la fuerza de la masa y harina, originándose un debilitamiento en la estructura proteica al incrementar el nivel de sustitución de la torta desgrasada de sacha inchi; cuando una masa nos muestra mayores valores de área total en los extensograma, generalmente indican una mejor calidad (Avellaneda 2015).

A continuación, se muestra en la Figura 6 el resultado de la evaluación extensográfica del tratamiento (T2).

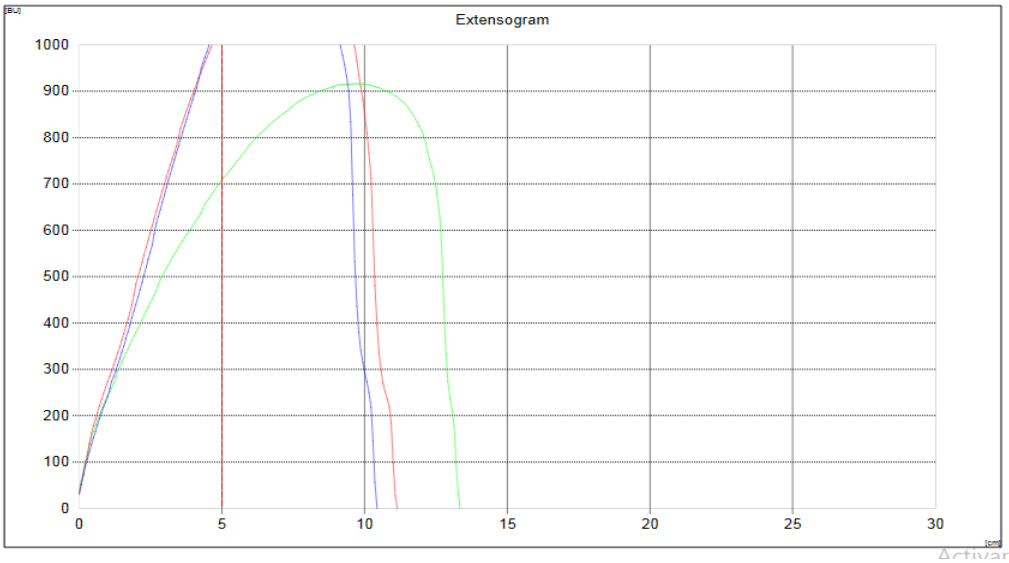


Figura 6. Extensografía del tratamiento T2

4.4. Elaboración de pan de molde mediante la sustitución parcial con harina de frijol palo germinado

El proceso de elaboración de pan de molde se realizó según el diagrama de flujo mostrado en la Figura 3 y las formulaciones mostrada en el Cuadro 5. Para cada tratamiento (formulación) se utilizó como peso base 1000 g de harina de trigo.

Cuadro 10. Cantidad de harina y agua para cada formulación.

Ingredientes	T0	T1	T2	T3	T4
Harina de trigo (g)	1000	950	900	850	800
Harina de F.P.G (g)	0 .0	50	100	150	200
Mejorador de masa (g)	10	10	10	10	10
Antimoho (g)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sal (g)	20	20	20	20	20
Azúcar (g)	80	80	80	80	80
Agua(g)	500	500	500	500	500
Leche en polvo(g)	20	20	20	20	20
Levadura seca (g)	20	20	20	20	20
Emulsionador (g)	10	10	10	10	10
Manteca (g)	100	100	100	100	100

La elaboración del pan de molde se realizó cumplimento con la calidad e inocuidad establecido RM N°1020-2010/MINSA y con los parámetros establecido la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), donde indica que el pan de molde es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos.

4.5. Caracterización fisicoquímica de los panes de molde elaborados mediante sustitución parcial.

La evaluación fisicoquímica realizada al pan de molde elaborado se puede observar en el Cuadro 11.

Se obtuvo una humedad para el T0 (control) fue de 27.53 % y para el T4 fue de 38.13 %, con respecto a ello la humedad ha ido incrementando de acuerdo la sustitución parcial. En estudios de sustitución con harina de chía se observó que el aumento de la humedad se debe a la presencia de fibra dietética soluble, la chía posee una capacidad de retención de 6.2 g de agua /g de fibra; además, al crecer la partícula lo hace el contenido de

humedad, porque se entiende que cuando el tamaño de la partícula es menor, es mayor la facilidad de hidratación, porque se incrementa el área de contacto (Aguilar 2012). Este resultado se puede decir la fibra influencio de acuerdo la sustitución es por eso que el T4 (20% de harina-frijol palo germinado y 80 % de harina-trigo) alcanzo un 38.13%.

Cuadro 11. Caracterización fisicoquímica de los panes de molde.

Componentes[1]	T0	T1	T2	T3	T4
Humedad	27.53±0.03 ^{e}	36.13±0.03 ^{d}	37.52±0.02 ^{c}	37.82±0.01 ^{b}	38.13±0.03 ^{a}
Proteínas	7.22±0.01 ^{e}	10.10±0.01 ^{d}	11.12±0.02 ^{c}	11.56±0.05 ^{b}	12.16±0.05 ^{a}
Grasa	3.31±0.01 ^{a}	3.30±0.02 ^{a}	3.28±0.01 ^{a}	3.24±0.02 ^{b}	3.21±0.02 ^{b}
Ceniza	1.92±0.02 ^{c}	1.94±0.02 ^{c}	1.96±0.02 $^{b\,c}$	2.00±0.02 $^{a\,b}$	2.03±0.02 ^{a}
Fibra	1.68±0.01 ^{e}	1.79±0.01 ^{d}	1.83±0.02 ^{c}	1.94±0.01 ^{b}	2.01±0.02 ^{a}
Carbohidratos	58.34±0.04 ^{a}	46.74±0.04 ^{b}	44.30±0.03 ^{c}	43.48±0.05 ^{d}	42.49±0.04 ^{e}
Aw	0.73±0.006 ^{c}	0.74±0.01 $^{b\,c}$	0.75±0.006 ^{b}	0.76±0.006 ^{b}	0.78±0.01 ^{a}

W = actividad de agua
±) Desviación Estándar, para n = 3.
letras diferentes indican diferencia significativa

Baños (2013), elaboró panes con adición de fibra soluble como parte de la sustitución chía, la fibra soluble constituyó un 55.89% de su total de fibra dietética, detectó que al incrementar la fibra soluble ocurre igual comportamiento para la humedad de los panes, debido a la capacidad de retención de agua. La RM N°1020-2010/MINSA, establece un 40% como el máximo contenido de humedad permitido para los panes elaborados harina de trigo. Por tanto, los panes de molde obtenidos se están en el rango establecido en la norma, ya que no supera el 40 %.

Con respecto a la proteína obtenido para el T0 (control) fue de 7.22 % y para el T4 fue de 12.16 %, se observó que hubo un incremento, esto vario de acuerdo a las sustituciones. Esto concuerda con los estudios realizados por Molina (2004), donde las muestras evaluadas presentaron mayor contenido de proteína que el pan comercial, el incremento de proteínas se debe al enriquecimiento con harina de chía y quinua.

En cuanto a la ceniza los resultados, para el T0 (control) fue de 1.92% y para la T4 (20% harina de frijol palo germinado y 80% de harina de trigo) fue 2.03 % podemos observar que al incrementar la sustitución por harina de frijol palo germinado, también se incrementa el porcentaje de cenizas. El contenido de minerales en una harina aumenta de acuerdo a la totalidad del grano utilizado; al extraer harinas integrales tiene mayor

contenido de minerales. La harina de quinua obtenida de la molienda del grano completo mostró mayor contenido de cenizas y de minerales (De la Cruz 2009).

El contenido de ceniza de los panes de molde se encuentra dentro las normas establecidas (4% como límite máximo.) en la RM N°1020-2010/MINSA.

La cantidad de grasa obtenido en el resultado, para el T0 (control) fue de 3.31 % y para la T4 (20% harina de frijol palo germinado y 80% de harina de trigo) fue 3.21%, podemos observar que conforme se incrementa la sustitución de la harina de trigo, las cenizas presentan una disminución de poca significancia. Por ello según tablas de composición de alimentos industriales 2002. Menciona que el pan de molde tiene una cantidad de grasa de 5.2%, de acuerdo al resultado obtenido se encuentra dentro de lo establecido.

El contenido de carbohidratos obtenidos en el T0 (control) fue de 58.34 % y para la T4 (20% harina de frijol palo germinado y 80% de harina de trigo) fue 42.49% en el pan de molde está en relación a los porcentajes de harina utilizado en las mezclas, como se puede apreciar los resultados.

Según la Tabla peruana de composición de alimentos el porcentaje de carbohidratos de un pan molde es de 66.8 % (MINSA e Instituto Nacional de salud, 2017), de acuerdo a nuestros resultados los valores obtenidos son inferiores se puede observar que los valores son menores este hecho se le atribuye a la incorporación de harina de frijol palo germinado. Silveira y Salas (2013), menciona que a medida que se aumenta la sustitución, disminuyen el porcentaje de carbohidratos.

Según De la Cruz (2009), determinó carbohidratos en pan molde con sustitución de quinua en 13.92 %, obteniendo un resultado de 77.81 %, estos datos se asemejan a los resultados, pero, aunque en un porcentaje pequeño los panes molde con harina de quinua y chía son inferiores hasta en una diferencia de 22.29 %, esto se deber a que se utilizó un porcentaje de sustitución mayor para la formulación de las mezclas.

El contenido de fibra obtenidos en el T0 (control) fue de 1.68 % y para la T4 (20% harina de frijol palo germinado y 80% de harina de trigo) fue 2.01%, por tanto, el incremento de la fibra de pan molde está en relación a los porcentajes de harina utilizado en las mezclas. Según De la Cruz (2009), en su investigación de panes molde con HQ y suero de leche reportaron contenido de fibra de 10.7 %, los valores reportados en los panes con HQ y HC son mayores, esto se debe a que la cantidad se sustitución fue superior y menciono que a mayor sustitución existe incremento de contenido de fibra.

4.6. Evaluación sensorial de los panes molde elaborados mediante la sustitución parcial

Los resultados del análisis estadístico de Friedman demostró diferencias significativas (P< 0.05) para los atributos evaluados.

4.6.1. Análisis sensorial del sabor

En el siguiente Cuadro 12 se muestra el test de Friedman para el atributo sabor de los panes de molde.

Cuadro 12. Prueba de Friedman para atributo sabor de los panes de molde.

Rangos		Estadísticos de prueba	
T0	3.71	N	40
T1	3.12	Chi-cuadrado	16.459
T2	2.77	gl	4
T3	2.73	Sig. asintótica	0.002
T4	2.68		

Referente al atributo sensorial SABOR existe diferencia significativa (Pv<0.05).

4.6.2. Análisis sensorial del color

En el siguiente Cuadro 13 se muestra la prueba de Friedman para el color de las muestras de pan.

Cuadro 13. Prueba de Friedman de la evaluación del atributo color del pan.

Rangos		Estadísticos de prueba	
T0	3.91	N	40
T1	3.10	Chi-cuadrado	30.156
T2	2.80	gl	4
T3	2.91	Sig. asintótica	0.000
T4	2.28		

Si hay diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia del 0.05. Con respecto al atributo color existe diferencia significativa (P<0.05) entre los tratamientos.

4.6.3. Análisis sensorial del olor

En el siguiente Cuadro 14 se muestra la prueba de Friedman para el olor del pan de molde elaborado.

Cuadro 14. Prueba de Friedman para el atributo olor de los panes de molde.

Rangos		Estadísticos de prueba	
T0	3.71	N	40
T1	3.12	Chi-cuadrado	16.469
T2	2.77	gl	4
T3	2.73	Sig. asintótica	0.002
T4	2.68		

Existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia del 0.05. Con respecto al atributo olor existe diferencia significativa entre los tratamientos con un P valor (0.000) inferior a 0.05.

4.6.4. Análisis sensorial de la textura

En el Cuadro 15 se muestra la prueba de Friedman para el atributo textura de los panes de molde elaborado.

Cuadro 15. Prueba de Friedman para la textura de los panes de molde.

Rangos		Estadísticos de prueba	
T0	3.83	N	40
T1	2.98	Chi-cuadrado	21.224
T2	2.93	gl	4
T3	2.53	Sig. asintótica	0.000
T4	2.75		

Existen diferencias estadísticas significativas a un nivel de significancia del 0.05. Con respecto al atributo textura existe diferencia significativa entre los tratamientos con un P valor (0.000) inferior a 0.05.

4.6.5. Análisis sensorial de la aceptabilidad

El Cuadro 16 muestra los resultados del test Friedman para la aceptabilidad de las muestras de pan elaborado con diferentes formulaciones.

Cuadro 16. Prueba de Friedman para la aceptabilidad de los panes de molde.

Rangos		Estadísticos de prueba	
T0	3.59	N	40
T1	2.69	Chi-cuadrado	38.359
T2	3.85	gl	4
T3	2.70	Sig. asintótica	0.000
T4	2.18		

Como el valor de probabilidad es menor que 0.05, podemos afirmar que el nivel de sustitución tiene un efecto significativo sobre ACEPTABILIDAD. Luego, existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Según Espinoza (2018), obtuvo en su muestra de los datos de la evaluación sensorial. En las galletas que presentaron mayor frecuencia (moda) de parte de los panelistas, con calificación de 8 puntos son las que corresponden a S2P1 y S2P3. Sin embargo, el mayor rango promedio lo posee la muestra S1P1 con 6.58. La prueba mostró que las galletas presentaron un valor p=0.000, lo que indicó diferencia significativa entre todas las muestras.

Espinoza (2018), mencionó que existen diferencias significativas al 5% (Valor de P: 0.000 <0.05) las interacciones del tipo de Harina de Chía y el nivel de sustitución, realizando la prueba de Caja y Bigotes podemos ver que entre todos los tratamientos el que tiene mayor Mediana es el tratamiento T4 y T8.

Al respecto, un estudio realizado por ISETA (2011), también encontraron que los panes de molde eran aceptables sensorialmente hasta con un 10% de incorporación y en nuestro caso se registró una mayor aceptación con un 7.5 % de sustitución en el producto final.

4.7. Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico se realizó formulación ganadora de la evaluación organoléptica con mayor aceptabilidad que fue para el T2 (10% de harina de frijol palo germinado).

Cuadro 17. Recuento de mohos y levadura para el tratamiento T2.

Parámetro analizado	Unidad	Resultado
Recuento de mohos	UFC/g	< 10
Recuento de levaduras	UFC/g	<10

UFC = Unidades formadoras de colonias

Según los resultados de la prueba microbiológica realizados al pan de molde, el tratamiento T2, se encuentran apto para consumo humano. El rango establecido por RM N°1020-2010/MINSA, para el pan de molde, es de un límite por (g) de mínimo 10^2 y como máximo 10^3, el cual se encuentra dentro de lo establecido para el consumo humano.

VI. CONCLUSIONES

- La composición fisicoquímica porcentual de la materia y para el proceso de la germinación para el frijol palo da como resultado; para la harina de frijol palo, 11.52% de humedad, 3.34 % de cenizas, 20.14% de proteína, 1.54% de grasa; 7.18 % de fibra, 56.28 % de carbohidratos y 0.53% aw ; para la harina de frijol palo germinado 8.46% de humedad, 3.27 % de cenizas, 21.22% de proteína, 1.42 % de grasa; 7.22 % de fibra; 58.40 % de carbohidratos y 0.44% aw. Mejoró las características fisicoquímicas significativamente de la harina obtenida, llegando a incrementar las proteínas de 1.08%, fibra 0.04%, carbohidratos en 2.22% y respectivamente, mientras que disminuyó la grasa 0.12%, ceniza 0.07% y humedad 3.06% respectivamente.

- El comportamiento reológico en la incorporación de harina de frijol palo germinado para los tratamientos T2 (10% H. frijol palo germinado y 90% H. trigo) y T1 (5% H. frijol palo germinado y 95% H. trigo) para la elaboración de pan de molde demuestra y confirma que las mezclas utilizadas son aptas para la elaboración de panes de molde. Análisis amilografico: Determina la temperatura de gelatinización (°C) para T0 = 91.05; T1= 87.27 y T2= 86.53 y máxima gelatinización (UA) para T0 = 1348; T1= 858 y T2= 763. Análisis farinográficos: Determina el porcentaje de absorción de agua para T0 =61.4; T1= 55.5 y T2= 56.1; consistencia (FE) para T0 = 726; T1= 646 y T2= 653 y tiempo óptimo de desarrollo (min) para T0 = 7.04; T1= 7.03 y T2= 6.16. Análisis extensográfico: Determina la extensibilidad (mm) para T0 = 129; T1= 122 y T2= 134.; la resistencia a la extensión (BU) para T0 = 1636; T1= 1172 y T2= 917; y máximo (BU) para T0 = 1635; T1= 898 y T2= 712.

- La composición fisicoquímica del pan de molde elaborado mediante sustitución parcial con harina frijol palo germinado mejoró en cuanto al contenido de proteínas y fibras en el pan de molde donde los resultados fueron: proteína, T0 = 7.22%, T1 = 10.10 %, T2 = 11.12%, T3= 11.56%, T4=12.16%; Fibra T0 = 1.68%, T1 = 1.79 %, T2 = 1.83%, T3= 1.94% y T4= 2.01%.

- La evaluación sensorial realizada con los panelistas semi entrenados, resultó ganador el T2 (10% de harina de frijol palo germinado y 90 % de harina de trigo) con mayor aceptabilidad.

- Las pruebas microbiológicas realizados fue para T2 (10% de harina de frijol palo germinado y 90 % de harina de trigo) que resultó ganador con mayor aceptabilidad. Obteniendo como resultado la cantidad encontrado fue en mohos <10 UFC/ g y levadura <10 UFC/g.

VII. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar otros porcentajes de sustituciones para reforzar el valor nutricional que presenta la harina de frijol de palo en cuanto en sus fibras.

- Se recomienda realizar un análisis biológico completo teniendo en cuenta la digestibilidad verdadera, del pan de molde.

- Determinar el contenido de carbohidratos por otro método, no por diferencia si no un método cuantificable.

- Realizar estudios para determinar los parámetros óptimos para la obtención de harina germinada, para distintas variedades frijoles de selva peruana.

- Se sugiere utilizar la harina de frijol palo en la elaboración de galletas, pasta y pastelería, pues mejora su contenido nutricional en el aporte de proteína.

- Se recomienda realizar más investigaciones sobre harinas sucedáneas, sobre todo harinas provenientes cereales o legumbres de la selva peruana.

- Se sugiere realizar un estudio para prolongar la vida útil del frijol de palo en la etapa de almacenamiento por su gran susceptibilidad al ataque de gorgojos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

A.O.A.C. 1990. Official method of analysis, 16 th edition, Washington: Association of official analytical chemists.

Aguilar, G. 2012. Propiedades funcionales de harina de semilla de chia Salvia hispanica L. y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microscópicas en un batido cárnico (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico.

Álvarez, C. 2012. Elaboración y caracterización de dos bebidas proteicas, una a base de quinua malteada y la otra a base de quinua sin maltear (Chenopodium quinoa). Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna. Perú.

Argüello, S; Garzón, G. 2012. Efecto de la temperatura y el tiempo de remojo en la germinación de maíz morado (Zea mays), quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus hypochondriacus) para incrementar su valor proteico. Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de Ingenieros Agroindustriales otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Guaranda-Ecuador.

Arone, PHD. 2015. Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (chenopodium quinoa willd) y chia (salvia hispanica L.). Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial, Universidad Nacional José maría Arguedas Andahuaylas – Perú

Avellaneda, S. 2015. Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con torta desgrasada extruída de sacha inchi (Piukenetia volubilis L.)

Baños, B. 2013. Caracterizaciones reológicas de masas de harina de trigo adicionadas con fibra soluble (Tesis pregrado) Instituto de Ciencias Agropecuarias, 46-49.

Bourne, MC. 1978. Texture Profile Analysis. Food Technology, 32, 62-66, 72

.

Brabender, GmbH; Co. KG. 2009. Instrucciones de uso. Edición 1109

Brabender. 25 de julio de 2018. Instrucciones de Uso. Representaciones generales en todo el mundo. Obtenido de https://www.brabender.com

Bravo, M; Ortiz, H. 1999. Efecto del grado de gelificación de harina de trigo (Triticum acstivum) sobre sus propiedades fisicoquímicas y de ehaviorión. México

Brumovsky, L; HorianskI, M. 2014. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Ingeniería en Alimentos. Argentina: Universidad Nacional de Misiones.

Butt, M; Batool, R. 2010. Nutritional and functional properties of some promising legumes protein isolates. Pakistan Journal of Nutrition, 9(4), pág. 373-379 .

Carrascal, AK; Paez, Mal; Burbano, M. 2003. Manual de Laboratorio: Microbiología de alimentos: Colombia. ed:Ceja. ISBN: 958683619 v. 1 págs. 170

Castillo, GC; Narváez, SW.; Hahn, CM. 2016. Agro morfología y usos del *Cajanus cajan* L. Millsp. bol.cient.mus.hist.nat. 20 (1), 52-62. ISSN: 0123-3068. Impreso ISSN: 2462-8190.

Catálogo 3M Microbiología. 2006. Levaduras y Mohos

Chancusig, SEC. 2013. Incidencia de la harina de quinua germinada (*Chenopodium quinoa*) en las propiedades nutricionales del fideo. Tesis previa a la obtención del título de ingeniero agroindustrial. Universidad Técnica del Norte; Ibarra – Ecuador.

Chaparro, DC; Pismag, R; Elizalde, CA. 2011. Efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio en amaranto, quinua, guandul y soya. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial vol. 9 (1) pág. (51 - 59).

Cieza,QKA. 2017. Elaboración de fideos tipo tallarines con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum L.)* por harina de frijol variedad ucayalino (*Phaseolus vulgaris L*.). Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial; Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa -Perú.

Collazos, R. 1993. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima, Perú.

Dávila, MA; Sangronis, E; Granito, M. 2003. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. Universidad Simón Bolívar, Laboratorio de Análisis de Alimentos. Caracas – Venezuela

De la Cruz, W. 2009. Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum aestivum L.*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y suero en pan molde y tiempo de vida útil. (Tesis de maestría) Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima.

Espinoza, E. 2003. Evaluación Sensorial de los Alimentos. 1ra edición Tacna- Perú.

Espinoza, ELK; Ludeña, AFJ. 2018. Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con harina de chía (*Salvia hispánica L.*) desgrasada y sin desgrasar. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero agroindustrial. Universidad nacional del Santa; Chimbote – Perú.

Espinoza, RGC. 2014. Efecto de la sustitución de harina de trigo por una proporción de la mezcla harina de cáscara de papa: harina de papa (*Solanum tuberosum pps*) sobre el color, textura, fibra y aceptabilidad general en galletas dulces. Tesis para Obtener título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo- Perú.

Fabian, C; Ju, YS. 2011. A review on rice bran protein: Its properties and extraction methods. Critical reviews on Food Science and Nutrition. 51(9): 816-827.

Funica. 2015. Cultivos Intercalados con gandul. funica, Disponible, http://www.funica.org.ni/ de Google.

Ghavidel, RA; Prakash, J. 2007. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. LWT Food science and technology, 40, p. 1292-1299.

INDECOPI. 1988. Pan de monde - Requisitos. Norma Nacional 206 - 001. Perú.

Indrani, D; Swetha, P; Soumya, C; Jyotsna, R; Venkateswara, R. 2010. Effect of multigrains on rheological, microstructural and quality charactersitcs of north Indian parotta e an Indian flat bread. Food Science and Technology, 44, pag 719- 724.

ISETA. 2011. Análisis sensorial: Una herramienta de marketing y de innovación. Buenos Aires, Argentina.

ITINTEC. 2015. Disposición, Acceso y consumo de Harina de trigo y sus derivados en el Perú.

Jiménez, S. 2014. Control de calidad de las harinas, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias - UNPRG, Perú.

Larmond, E. 1977. Métodos de Laboratorio para la evaluación sensorial de alimentos. Editorial Ottawa. Ganada.

Launay, B. 1990. A simplified nonlinear model for describing the viscoelastic properties of wheat flour doughs at high shear strain, Cereal Chemistry, 67 (1):25-31.

Mackey, A; Flores, Y; Sosa, G. 1984. Evaluación sensorial de los alimentos. Fundación CIEPE. Caracas.

Magaña, B; Ramírez, W; Platt, L; López-Ahumada; Sánchez, M. 2012. Caracterización viscoelástica de masas de variedades de trigos suaves. Departamento de Investigación y Pos grado en Alimentos, Universidad de Sonora, México.

Martínez, V. 2011. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por dos tipos de harina de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) en la calidad de la pasta. Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos: Ambato, Ecuador.

Método de ICMSF. 1983. Reimpresión 2000 Vol. I 2da Ed. II Editorial Acribia - España pág.:166 a 167. Método del Recuento de Levaduras y Mohos por siembra en placa en todo el medio.

Meza, O. 1975. Comportamiento del frijol de palo (*Cajanus cajan L.*) en la zona de Tingo María. E Ing. Agr. Tingo María, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Programa de Agronomía, pág. 64

.

MINSA. 2010. Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería".

Navarro, LC; Restrepo, DM; Perez, DM. 2014. El guandul (*Cajanus cajan L.*) una alternativa en la industria de los alimentos. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 12 No. 2 (197-206).

Normativa Harina. 2013. Producto de la molturación del trigo industrialmente limpio. Las harinas de otros cereales y/o leguminosas deberán llevar adicionado a su nombre genérico el del grano del cual procedan.

Piña, R. 2017. Comportamiento reológico de masas destinadas para panificación: harina de trigo almidón nativo de fruta pan. Machala-Ecuador.: Trabajo para optar titulación ingeniero en alimentos. Unidad académica de ciencias químicas y de la salud. Universidad Técnica De Machala.

Ponce de León, C; Esperanza, T. M; Cruz, M.M. (2013). Utilidad en la alimentación de algunas semillas germinadas: brotes de soja y trigo Departamento de Nutrición y Bromatología II. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol., 107, 2013, 47-55.

Rivas, VM. 2006. Valor nutricional del frijol yorimón (Vigna unguiculata L. Walp) para camarón blanco del Pacífico (Litopenaeus vannamei). México: Tesis Como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Centro De Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S. C.

Rodríguez, SE; Fernández, QA; Ayala, AA. 2005. Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería e Investigación*, vol. 25(1): 72-78.

Rodríguez, G; Avellaneda, Sh; Pardo, R; Villanueva, E; Aguirre, E. 2018. Pan de molde enriquecido con torta extruida de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 9(2): 199 – 208.

Salamanca, G. 2003. Elementos estructurales en una evaluación sensorial. Zaragoza, España: Acribia.

Sancho, M. 2012. Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harinas integrales de centeno, arroz y quinua, (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Sandoval, E. 2005. Modelos reológicos aplicados a masas de trigo y maíz. Revista ingeniería e investigación, pág. 87-93.

Sangronis, E; Machado, C. 2007. Influence of germination on the nutritional quality of Phaseolus vulgaris and Cajanus cajan. Sci Dir: LWT. 40:116-120.

Severiano, P; Gómez, A;Méndez, G; Pedrero, F; Gómez, C; Ríos, D; Utrera, A. 2014. Manual De Evaluación Sensorial.

Shuey WC, Tipples KH. 1980. The Amylograph Handbook. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, Minnesota USA.

Silveira, C; Salas, M. 2013. Characterization of CHIA (Salvia hispanica L.) for Use in Food Products. In Journal of Food and Nutrition Research. January 2014.

Soleil, DR. 2003. Brotes y germinados caseros. 3 ed. Barcelona, España: ediciones Obelisco. 125 p. ISBN: 84 - 7720 - 370 - 9.

Tablas peruanas de composición de alimentos. 2017. Centro nacional de alimentación y nutrición instituto nacional de salud lima, Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.

Torres, A; Frias, J; Granito, M; Vidal, C. 2007. Germinated Cajanus cajan seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. Food chemistry, 101, p. 202-211.

Valladarez A. 2010. Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano. Unidad taxonómica.http://institutorubino.edu.uy/materiales/Federico_Franco/6toBot/unidad-taxonomia- botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf

Varanda, C. 2014. Obtenção e caracterização da farinha de castanha (castanea spp.) e seu potencial de aplicação em produtos de panificação. Brasil: Universidad Estadual De Campinas.

Velásquez, PM; Obando MLE. 2017. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por la harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan de molde. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero agroindustrial. Universidad Nacional del Santa; Chimbote – Perú.

Yela, M. 2004. Determinación de proteínas, cenizas, sólidos totales, humedad, grado de imbibición, ph y cloruro de sodio de diferentes marcas de pan blanco tipo sandwich de consumo masivo en Guatemala: USAC, pag. 59.

ANEXOS

Anexo 1. Métodos para la caracterización fisicoquímico de las harinas y pan de molde

a. Determinación de la humedad

Principio

Para determinar el contenido de humedad de los productos derivados de la harina de trigo u otros cereales, se sigue el procedimiento establecido por la Norma Técnica ITINTEC 205.037 (1974), denominado “Método de desecación por estufa”.

Procedimiento

1. Se peso la placa Petri y anoto el peso.
2. Se pesará a 3-5 g de la muestra en la balanza analítica. Registre hasta centésimas.
3. Se puso a secar las muestras en el horno a 110°C hasta que alcance un peso constante.
4. Se saco la muestra del horno y se puso a enfriar en un desecador durante 10 minutos.
5. Se peso la muestra secas se es posible hasta peso constante, regresándolas 10 minutos al horno y enfriando nuevamente.
6. Se calculo el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado según la siguiente formula.

$$\frac{Pi - Pf}{Pi}\ x\ 100 = \%\ de\ \ Humedad$$

En donde:

Pi = Peso inicial.

Pf =Peso final.

b. Determinación de Proteínas

La determinación de la proteína total se realizó según el método por la N.T.P. 205.005:1979 (Revisada el 2011): cereales y menestras. Determinación de proteínas totales (Método de Kjeldahl), utilizando 6.25 como factor.

Principio

- **Digestión de la materia orgánica:**

- Se pesó 1g de muestra de harina
- Luego añadió la muestra pesada al tubo digestor
- Se colocó en cada tubo de mineralización 2 pastillas catalizadores, que suele estar constituido por una mezcla de sales de cobre, oxido de titanio/y oxido de selenio. De forma habitual se utiliza como catalizadores una mezcla de K2SO4 (Sulfato de potasio9: CuSO4 (Sulfato de cobre): Se (10:1:0,1 en peso).

- Después se añadió 12 ml de ácido sulfúrico (H2SO4).
- Posteriormente con el equipo kjeldahl ya programada. se digiere a 420 °C durante una hora. Se sabe que la digestión ha terminado por que la disolución adquiere un color verde esmeralda característico.
- En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico caliente.

❖ **Destilación**

- Después de enfriar se colocó el tubo de mineralización en el destilador automático al cual está programada para adicionar NaOH al 40 % y agua destilada además de inyectar vapor.
- Para alcanizar fuertemente el medio y así desplazar el amonio de las sales amónicas. El amoniaco liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación.
- El destilado obtenido se agregado automáticamente a un matraz que contiene el líquido receptor elaborado por ácido bórico, rojo de metil y verde de bromocresol.

❖ **Valoración o titulación:**

- La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realizó por medio de una volumetría acido-base del ion borato formado, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metil y azul de metilo.
- Los equivalentes de ácido consumido corresponden a los equivalentes de amonio destilados.

Calculo:

En él se recogen los factores para algunos alimentos. Factor de conversión para obtener la tasa de proteína a partir del nitrógeno total.

Fórmula para calcular proteína

$$\%\, nitrogeno\ = \frac{0.014x\ Vx\ n}{w} x\ 100$$

Luego: $\%N_2$ x 6.25 = % Proteína Total.

Dónde:

V = ml de solución 0.025 N, de ácido sulfúrico

n = normalidad del ácido sulfúrico.

w = peso de la muestra.

0.014 = mili equivalente del N2

% P.T. = % N2 x F

F = factor de proteína general para cualquier alimento.

c. Determinación de cenizas

Este método determina las cenizas como el residuo remanente después de la incineración bajo las condiciones especificadas para la prueba. Para la determinación del porcentaje de cenizas, es decir, el porcentaje de sólidos y minerales en el producto, se puede seguir el procedimiento llamado "Método de Incineración"**,** Siguiendo la metodología Método de (A.O.A.C. N° 923.03. 1990).

Procedimiento

1. Peso el crisol o capsula de porcelana por cada muestra que se va analizar, lo cual significa dejarlo durante 15 minutos en la mufla a una temperatura de 550° a 600°C.
2. Se dejo enfriar el crisol en un desecador durante 15 a 20 minutos. Procure no cerrar el desecador totalmente, ya que el calor de los crisoles puede provocar que la tapa se proyecte y se rompa.
3. Se peso el crisol en balanza analítica e identificándolo con el número que tiene marcado en la parte inferior. Anote el peso.
4. Se peso en el crisol 3 gramos de la muestra. Registrar el peso exacto.
5. Se pre incinero la muestra exponiéndola a la flama del mechero de Bunchen.
6. Se incinero la muestra en la mufla precalentada entre 550° a 600°C durante 4 horas.
7. Se peso el crisol con cenizas (ya no deben estar negras, si lo están incinere otra media hora) en la misma balanza que utilizo inicialmente. Anotar el peso.

Cálculo para cenizas

$$\% \, Ceniza = \frac{C - A}{B - A} x \, 100$$

En donde:

A = Masa del crisol vacío en gramos.

B = Masa del crisol y la muestra seca en gramos.

C = Masa del crisol y la muestra calcinada en gramos.

d. Determinación de grasa

La determinación de gras se usó (método N° 963.15 2005 AOAC) se usó el equipo cámara de extracción del equipo Soxhlet.

Procedimiento

- Se pesó de 5 g de harina
- Con el papel filtro se forman unos sobres pequeños y se colocó la muestra dentro de ellas.
- Colocó en los cartuchos o dedal las muestras
- Los vasitos previamente pesados se añadió 45 ml de solventes y coloco en el equipo de extractor de grasas.
- Se programó el equipo los parámetros de tiempo y temperatura.
- Luego transcurrido el tiempo se pesó los vasitos conteniendo grasa
- Se anotó peso de la muestra final.
- Para calcular el % de grasa se usó la siguiente formula.

Cálculo:

$$\%\ grasa\ = \frac{Pf - Pv}{w} x\ 100$$

Donde:

W: Peso de la muestra en gramos

Pv: Peso del vasito vacío

Pf: Peso del vaso con la muestra final

e. Determinación de fibra

Se usó el Método planteado con la metodología por la AOAC (930-10).

Procedimiento

- Se pesó aproximadamente 2 gr de muestra libre de humedad y grasa.
- Se transfirió cuantitativamente a un matraz de 500 mL y añadir algunas perlas de vidrio. Agregar 200 mL de solución de H2S04 (1.25%) hirviente, colocarlo en una cocinilla y mantener la muestra en ebullición durante 30 minutos aproximadamente. Durante la ebullición el contenido del matraz debe mantenerse perfectamente mezclado.
- Transcurridos los 30 minutos, retirará el matraz de la 1 cocinilla y filtrar la solución a través de un embudo Buchner. Una vez filtrada la solución, lavar el residuo del embudo con agua hirviente, se debe lavar hasta que el agua salga a pH neutro.

- Se transfirió cuantitativamente el residuo del embudo al matraz y agregar 200 ml de la solución de NaOH (1.25%) hirviente, y proceder de igual manera como se hizo durante la digestión acida. Después de los 30 minutos de digestión alcalina, retirar de la cocinilla y filtrar de igual forma que en la digestión acida, lavando con agua hirviente hasta que el agua salga a pH neutro.
- Se lavo el residuo con etanol (95%) y transferir totalmente su contenido a un crisol de porcelana. Colocar el crisol de porcelana en una estufa a 130°C durante 2 horas, pesar la capsula a un desecador y pesarla cuando se encuentre a temperatura ambiente.
- Se puso la capsula de porcelana en una mufla y mantener a 600°C aproximadamente por 30 minutos (hasta la destrucción total de toda la materia orgánica.
- Una vez destruida la materia orgánica, se colocó el crisol de porcelana en un desecador hasta alcanzar la temperatura de ambiente.

Nota: el contenido de fibra cruda en el peso de muestra corresponde a la pérdida de peso después de la incineración.

Calculo para fibra

$$\% \text{ Fibra bruta} = (A-8)/m$$

Dónde:

A= peso del crisol con el residuo

B= peso del crisol con el residuo calcinado

M= peso de la muestra.

f. Actividad de agua

Se realizó por el (Método A.O.A.C 15. 2016)

Procedimiento

1. Se calibro el equipo
2. Se pesa a 2-3 g de la muestra
3. Luego se llevó al determinador de AW
4. Se verifica el porcentaje de AW

Anexo 2. Evaluación reológica de amilografía, farinografía y extensografía de las harinas

A. Evaluación amilografico

❖ **Determinación del contenido de Humedad de la muestra (mezcla de harinas).**

Los métodos estándares para los test con el Amilograph están basados en una muestra con 14% de humedad. No obstante, como la humedad de la muestra real puede apartarse ligeramente de este valor, es necesario medir el contenido de humedad de las muestras a estudiar (en el Anexo A.1., se observa el procedimiento para determinar la humedad). A partir dela humedad básica (menú "Options"-"Settings") que se estima en el software y de la humedad real de la muestra, el software corrige automáticamente el peso de la muestra y la cantidad de agua a utilizar para el test.

❖ **Ingreso de los parámetros del test.**

- Iniciamos el programa.
- Seleccionamos el menú Test "New". Se abre una ventana para ingresar los parámetros del test:

  - Seleccionamos el método: Flour.
  - Muestra Real: Humedad medida.
  - Muestra Nominal: Peso (g) y cantidad de agua (ml).
  - Seleccionamos la Tº inicial: 30ºC.
  - Seleccionamos el índice calorífico: ºC/min

- En el campo "Method" seleccionamos uno de los dos métodos predeterminados (Flour = harina o Wholemeal = harina integral) en este caso seleccionamos el nombre de un método nuevo para las a evaluar.
- En el campo "Moisture", ingresa la humedad real medida de la muestra.
- En el campo "ScartTemperature" se selecciona la temperatura inicial en este caso 30ºC.
- En el campo "Heatingrate" se selecciona el índice de calentamiento en este caso 1.5 ºC/min.

❖ **Preparación de la bureta.**

- Llenamos la bureta con agua destilada (nivel constante de llenado de 450 ml).
- Colocamos 100 ml de agua de la bureta llena en un tubo de medición.
- Marcamos el nivel de agua residual en la bureta (350 ml).
- Volvemos a llenar la bureta a 450 ml.

❖ **Preparación de la muestra para evaluación.**

El peso de la muestra y la cantidad de agua dependen siempre de la humedad real medida en la muestra. Para pesar la muestra y para agregar agua usamos la balanza de precisión.

- Medimos el peso de la muestra indicado por el Software (80 g. Mezcla de harina para un 14% de humedad básica).
- Mezclar en un matraz Erlenmeyer de 100 ml, con aproximadamente 360 ml de agua destilada de la preparación de bureta.
- Tapamos el matraz y agitamos aproximadamente 50 veces en 30 segundos.
- Colocamos la suspensión en el bol medidor de Amylograph.

❖ **Comienzo del test de los tratamientos.**

- Hacemos clic en el botón “Start” (El cabezal debe estar en posición superior. El sistema determina automáticamente la tara).
- Después de terminar la tara, el cabezal medidor baja a su posición de operación.
- Tiramos de la pieza de retención y empujamos el cabezal medidor hacia abajo hasta su posición de operación.
- El control de temperatura primero calienta hasta la temperatura inicial prefijada.
- Durante el test, el diagrama es registrado y se muestra en línea el monitor.

❖ **Displays durante el test.**

- Después de iniciado el test, el monitor muestra un diagrama con dos ejes “x” y uno “y”, dónde se representa lo siguiente:
- Eje X superior: Temperatura en ºC.
- Eje X inferior: tiempo del test en min.
- Eje Y: viscosidad en AU (Unidades Amylograph).

❖ **Tiempo del test, finalización del test.**

La transmisión de datos durante el test del Amylograph reporta los datos automáticamente y cuando transcurre el tiempo del test, la transmisión de datos desde el Amylograph se detiene automáticamente. Los parámetros estándares del proceso del test son:

- Tº inicial: 30ºC
- Índice de calentamiento: 1.5 ºC/min
- Tiempo total del test: 42 min + 5 min =47 min tiempo de mantenimiento.

❖ **Evaluación del test.**

Se calculan los siguientes puntos de evaluación que aparecen en el diagrama:

- Comienzo de Gelatinización.
- Temperatura de Gelatinización.
- Gelatinización Máxima.

B. **Evaluación farinográfico**

❖ **Preparación de la muestra para evaluación.**

- Según el método Brabender, para determinar los parámetros farinográficos se requiere una muestra (mezcla de harinas) de 300 g.
- Según los tratamientos a estudiar, preparar las muestras tomando como el total 300g para cada mezcla.
- Rotular las mezclas para evitar confusiones.

❖ **Comienzo del test de los tratamientos.**

- Pesar agua destilada en un vaso de 500 ml el equivalente de 56% de la mezcla de harinas.

$$\%\, NaCl\ = \frac{56}{100} x\ 300 = 186\ g$$

- Pesar el equivalente 18% de NaCl

$$\%\, NaCl\ = \frac{18}{100} x\ 300 = 54\ g$$

- Agregar el NaCl al agua destilada del vaso, disolver por 3 min.
- Calibrar la balanza interna del farinográfico (el equipo indicará la cantidad de agua necesaria, el que debe pararse y agregarse con un vaso precipitado al tanque del equipo).
- Observar en la pantalla del PC la indicación del Software “balanza calibrada”.
- Ingresar los valores pedidos por el Software, como humedad de la mezcla de la harina, simple, code number, etc.
- Agregar los 300 g de mezcla de harina en el mixer del equipo.
- Agregar los 54g de NaCl.
- Realizar el análisis farinográfico.

❖ **Displays durante el test.**

Después de iniciado el test, el monitor muestra un diagrama con dos ejes “x” y un eje “y”, donde se representa lo siguiente:

- Eje “y” (lado derecho del farnirograma): Temperatura en ºC.
- Eje “x” inferior: el tiempo en min.
- Eje “y”: torque (Unidades farinográficas).

Como resultado se observa tres curvas construidas, dos curvas azules (superior e inferior) y la curva verde (centro) que es el promedio de las curvas azules.

❖ **Tiempo del test y finalización del test.**

- La transmisión de datos durante el análisis farigráfico reporta los datos automáticamente y cuando transcurre el tiempo del test, la transmisión de datos desde el farigráfico se detiene automáticamente. Los parámetros estándares del análisis son:
- Tº inicial: 30ºC
- Índice de calentamiento: 1.5ºC/min.
- Tiempo total del test: 20 – 30 min.

❖ **Evaluación del test.**

Se calculan los siguientes puntos de evaluación que aparecen en el diagrama:

- Tiempo de desarrollo o tiempo de amasado (Development time) en min.
- Estabilidad (Stability) en in.
- Índice de tolerancia (Tolerance index (MTI)) en FE.
- Ruptura o bajada (Drop-off) en FE.
- Tiempo de ruptura (Time to breakdown) en min.
- Consistencia (Consistency) en FE.
- Absorbancia de agua con respecto a la consistencia (Water absorption corr, for default consistency) en %.
- Absorbancia de agua corregido (Water absorption) en %.
- Absorbancia de agua con respecto a la humedad de las harinas (Water absorption corr, for default moisture content) en %.

C. **Evaluación extensográfico**

❖ **Desarrollo básico de la medición.**

El método de medición con el Extensograph – E, está determinado por estándares internacionales y nacionales (por ejemplo. Estándar ICC Nº 114/1, ISO 5530-2, estándar A.ACC 300). Además, existen métodos levemente modificados. Para esta investigación se está empleando el método A.AAC 300.

❖ **del test de los tratamientos.**

- **Amasado de la masa en Farinograph:**

- La masa para la medición en el extensograph se prepara en el farigraph. Esto garantiza una consistencia reproducible de la masa teniendo en cuenta la capacidad higroscópica de las distintas calidades de harina.
- Colocamos 300g de mezcla de las harinas a analizar en el amasado Farinograph y cerrar con la tapa del amasador.
- Seleccionar la cantidad de agua destilada para el amasado de tal modo, que al final del tiempo de amasado se logre una consistencia de 500 FU.
- De la bureta del farinograph colocamos la cantidad de agua prevista en un matraz de Erlenmeyer y disolvemos en el mismo 54 g sal.
- Conectar el Farinograph a 63 min-1 revoluciones por minuto (esperar la calibración del punto cero) y premezclar la harina en el amasador y regulamos a por 1 min.

❖ **Pesaje y homogenización de la masa:**

- Retiramos la muestra del amasador abierto.
- Pesar 150g de la masa extraída del amasador del farinógrafo.
- Levantamos la cubierta superior del homogenizador y colocar la muestra para ser boleado.
- Después 15-20 segundos el homogenizador a bolas se desconecta automáticamente, retiramos la masa del homogenizador a bolas y cerramos.
- Dar forma de cilindro de la muestra para ser fermentado.

  ✓ Colocamos la bola (muestra) de masa en la guía del cilindro (ubicado en la parte superior del extensógrafo).
  ✓ Presionamos el botón de inicio del rodillo, para girar y moldear la masa en forma de cilindro.

- ✓ Después de una pasada la masa sale por la parte de adelante del rodillo de la masa en forma de cilindro de forma pareja y queda depositada sobre la ranura delantera.

❖ **Fermentación de la masa.**

- Una vez formada la masa en forma cilíndrica, la masa es colocada en bandeja de las cámaras del gabinete de fermentación con sus respectivas grampas.
- Tomar la bandeja con la masa, colocar en el soporte de bandejas de la cámara de fermentación y volver a cerrar el gabinete de fermentación.
- Calentar el extensógrafo hasta 26ºC.
- Llegado a la temperatura de calentamiento se da inicio a la fermentación por 30min.
- Terminada la etapa de fermentación (controlada con el cronómetro) se procede a realizar las mediciones extensográficas.

❖ **Medición de parámetros extensográficos.**

Se realizan 3 mediciones extensográficas a 30 min, 60 min y 90 min.

Primera medición a 30 min.

- Abrir e iniciar el software del pc para realizar la medición del extensograma.
- Colocar la bandeja con la masa de la muestra sobre el soporte de la bandeja de la masa del sistema de medición.
- Presionar el primero de los tres botones de inicio, para poner en marcha el condicionamiento para el dispositivo de extensión.
- Observar como la palanca de extensión baja velocidad constante y estira el tramo de masa hasta su rotura. Durante este traslado el equipo reporta automáticamente los parámetros extensográficos al PC.
- Después de la rotura de la masa el gancho de extensión baja aún más hasta su posición final inferior y desde allí regresa automáticamente hacia su punto de partida.
- Retirar del soporte la bandeja con la muestra o la masa.
- Retirar las grampas de la masa, extraer toda la masa recién medida.
- Levantamos la cubierta superior del homogenizador y colocar la muestra para ser boleado.
- Después de 15-20 segundos el homogenizador a bolas se desconecta automáticamente, retiramos la masa del homogenizador a bolas y cerramos.
- Realizar el mismo proceso de la homogenización (forma cilíndrica) de la muestra para ser fermentado.
- Realizar el mismo proceso de fermentación de la masa para la segunda medición.

- **Segunda medición a 60 min.**

- Colocar la bandeja con la masa de la muestra sobre el soporte de la bandeja de la masa del sistema de medición.
- Presionar el primero de los tres botones de inicio, para poner en marcha el condicionamiento para el dispositivo de extensión.
- Observar como la palanca de extensión baja velocidad constante y estira el tramo de masa hasta su rotura. Durante este traslado el equipo reporta automáticamente los parámetros extensográficos al PC.
- Después de la rotura de la masa el gancho de extensión baja aún más hasta su posición final inferior y desde allí regresa automáticamente hacia su punto de partida.
- Retirar del soporte la bandeja con la muestra o la masa.
- Retirar las grampas de la masa, extraer toda la masa recién medida.
- Levantamos la cubierta superior del homogenizador y colocar la muestra para ser boleado.
- Después de 15-20 segundos el homogenizador a bolas se desconecta automáticamente, retiramos la masa del homogenizador a bolas y cerramos.
- Realizar el mismo proceso de la homogenización (forma cilíndrica) de la muestra para ser fermentado.
- Realizar el mismo proceso de fermentación de la masa para la segunda medición.
-

- **Tercera medición a 90 min.**

  Realizar el mismo procedimiento de la segunda fermentación para realizar la última fermentación.

- **Parámetros de la evaluación.**

  A partir del extensograma se desprenden y evalúan los siguientes valores:

  - ✓ Energía.
  - ✓ Resistencia al estiramiento.
  - ✓ Elasticidad.
  - ✓ Máximo.
  - ✓ Relación de tensión.
  - ✓ Relación de tensión máximo.

Anexo 3. Resultados de los análisis químicos proximal y fisicoquímico de la harina de frijol palo sin germinar y germinado.

Datos de análisis fisicoquímico de la harina de frijol palo y germinado

Composición	N° de Repeticiones	Sin germinar	Germinado
Proteína	R1	20.16	21.25
	R2	20.14	21.19
	R3	20.12	21.22
Humedad	R1	11.50	8.49
	R2	11.55	8.44
	R3	11.52	8.46
Ceniza	R1	3.33	3.25
	R2	3.35	3.29
	R3	3.34	3.28
Grasa	R1	1.52	1.40
	R2	1.55	1.42
	R3	1.56	1.45
Fibra	R1	7.19	7.21
	R2	7.16	7.23
	R3	7.18	7.22
Carbohidratos	R1	56.29	58.4
	R2	56.25	58.43
	R3	56.28	58.4
Actividad de agua	R1	0.52	0.45
	R2	0.54	0.42
	R3	0.53	0.44

Anexo 4. Resultados estadísticos y gráficos de las evaluaciones reológicas amilografía, farinografía, extensografía de las harinas

1. Datos estadísticos de amilografía

Datos de Amilografía

Repeticiones	Tratamiento	(%) Humedad	T (°C) Inicio	T°C de Gelatinización	Máximo Gelatinización (AU)
R1	T0	14.3	62.21	91.04	1348.00
	T1	14.02	61.30	87.60	857.00
	T2	14.2	61.80	86.50	762.00
	T3	14.0	62.00	85.50	731.00
	T4	13.31	62.40	85.00	733.00
R2	T0	14.33	62.23	91.10	1349.00
	T1	14.05	61.33	87.50	858.00
	T2	14.1	61.82	86.60	761.00
	T3	13.7	62.10	85.60	734.00
	T4	13.38	62.50	85.10	730.00
R3	T0	14.34	62.30	91.01	1348.00
	T1	14.07	61.38	86.70	858.00
	T2	14.2	61.89	86.50	763.00
	T3	13.9	62.03	85.40	732.00
	T4	13.26	62.45	84.90	729.00

❖ **Gráficos de análisis de Amilografía de acuerdo a las formulaciones**

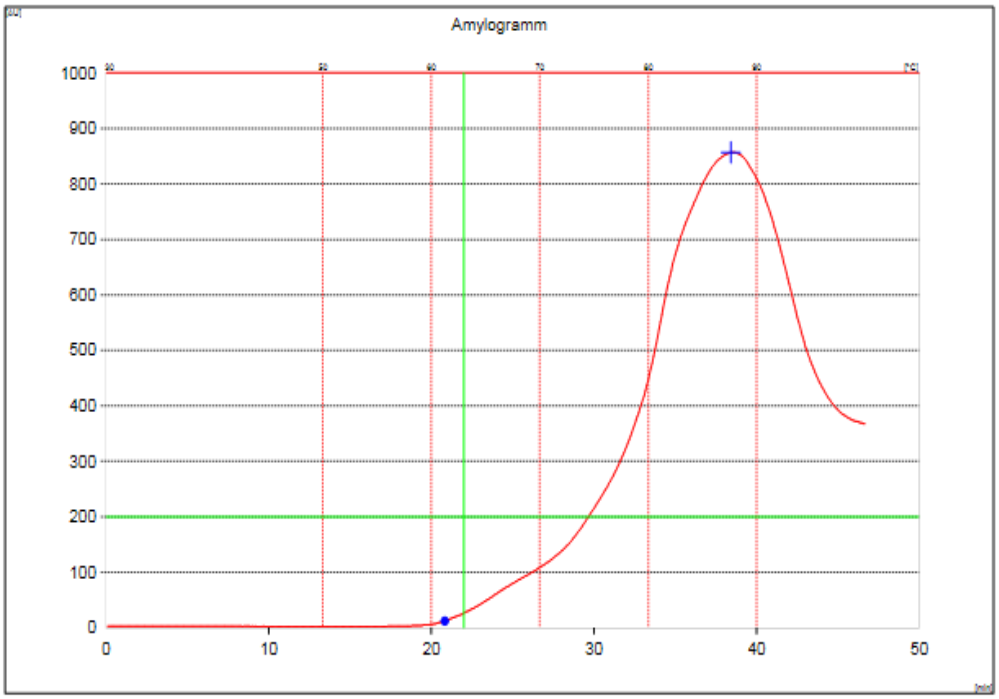


Gráfico 1. Análisis amilografía del tratamiento T1.

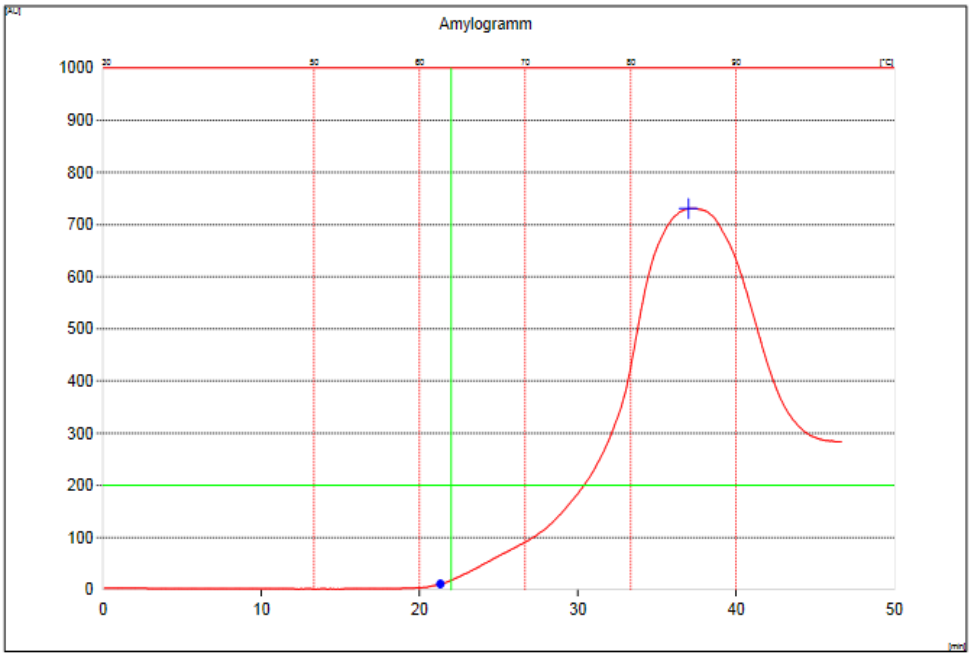


Gráfico 2. de análisis amilografía del tratamiento T3

2. Datos estadísticos de farinografía

Datos de Farinografía

Repeticiones	Tratamientos	H (%)	C (FE)	%ABS 500 UF	DDT (min)	S (min)	MTI (FE)
R1	T0	14.21	726	61.4	4.15	7.04	55
	T1	14.7	643	55.9	4.29	7.04	93
	T2	14.2	653	56.1	3.59	6.17	92
	T3	14.0	655	56.0	3.44	5.12	107
	T4	13.26	642	56.0	3.25	4.19	114
R2	T0	14.25	727	61.5	4.16	7.06	56.1
	T1	14.67	644	56	4.3	7.03	94.47
	T2	14.29	652	56.28	3.53	6.16	93.34
	T3	14.02	657	56.09	3.43	5.11	106.43
	T4	13.3	641	55.8	3.26	4.21	113.9
R3	T0	14.2	726	61.4	4.14	7.03	55.54
	T1	14.65	642	55.8	4.28	7.04	93.56
	T2	14.23	654	56.12	3.54	6.16	92.23
	T3	14.01	656.6	55.9	3.45	5.13	107.7
	T4	13.2	640	56	3.24	4.2	114.4

❖ **Gráfico de análisis farinógrafo de acuerdo a las formulaciones**

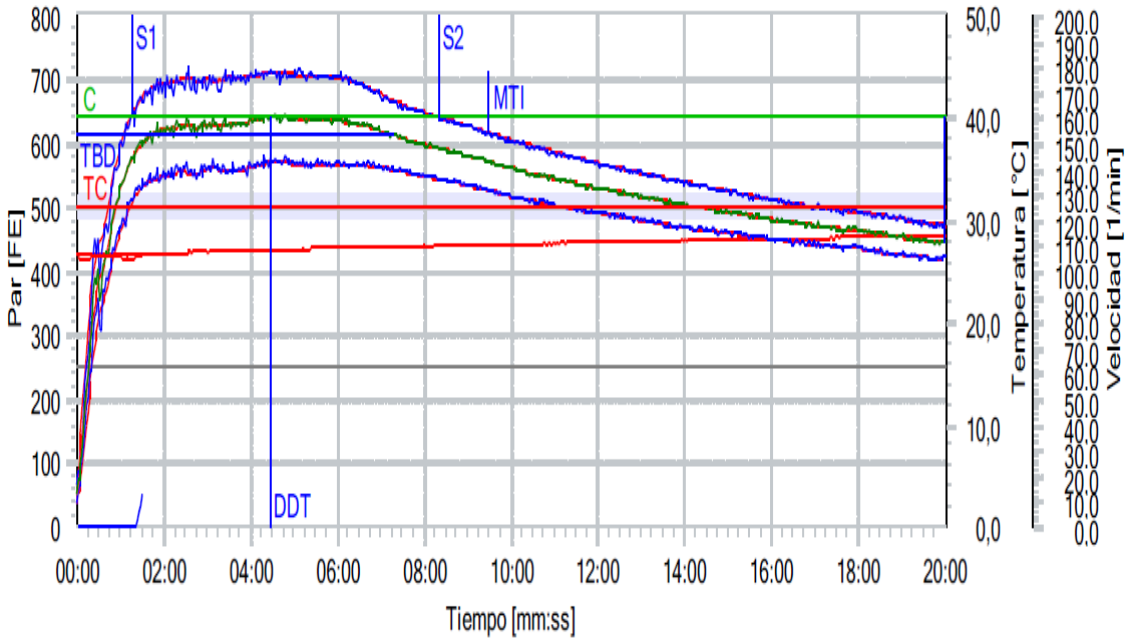


Gráfico 3. Análisis de farinografía del tratamiento T1.

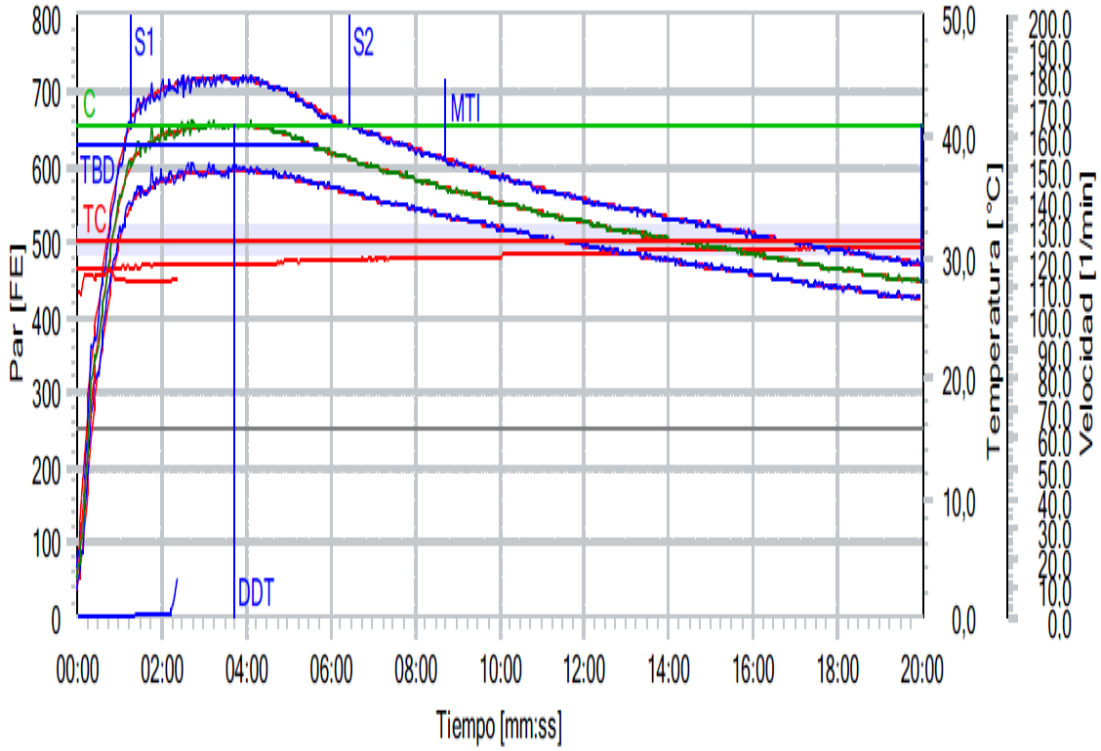


Gráfico 4. Análisis de farinografía tratamiento T3

3. Datos estadísticos de extensografía

Datos del Análisis de extensograma

Repeticiones	Formulación	Tiempo	R (BU)	E (mm)	M (BU)	A (cm2)
R1	T0	30 min	1636.00	130.00	1637.00	161.00
		60 min	1214.00	96.00	1303.00	151.00
		90 min	1187.00	81.00	1228.00	117.00
	T1	30 min	898.00	122.00	1172.00	174.00
		60 min	1338.00	114.00	1638.00	215.00
		90 min	1269.00	93.00	1436.00	143.00
	T2	30 min	712.00	134.00	917.00	157.00
		60 min	1057.00	112.00	1228.00	161.00
		90 min	1073.00	104.00	1211.00	147.00
	T3	30 min	598.00	144.00	708.00	134.00
		60 min	843.00	121.00	997.00	149.00
		90 min	993.00	113.00	1157.00	156.00
	T4	30 min	590.00	132.00	681.00	120.00
		60 min	781.00	113.00	899.00	130.00
		90 min	800.00	111.00	890.00	117.00
R2	T0	30 min	1636.76	130.43	1637.00	161.60
		60 min	1214.60	96.70	1303.00	151.20
		90 min	1187.30	81.35	1228.60	117.80
	T1	30 min	898.45	124.00	1174.00	176.00
		60 min	1338.20	112.00	1636.00	213.00
		90 min	1271.00	94.20	1438.00	143.70
	T2	30 min	713.00	134.32	918.00	158.20
		60 min	1056.60	111.40	1227.00	160.00
		90 min	1074.20	105.20	1212.00	148.00
	T3	30 min	598.50	144.60	708.90	134.70
		60 min	842.40	120.12	996.00	148.00
		90 min	994.30	114.60	1158.00	157.00
	T4	30 min	591.00	133.30	682.00	121.30
		60 min	782.00	112.70	899.40	129.00
		90 min	801.00	111.60	889.00	117.30
R3	T0	30 min	1635.00	129.00	1636.00	160.00
		60 min	1215.00	96.20	1304.00	152.30
		90 min	1186.00	80.00	1228.30	116.00
	T1	30 min	897.00	121.00	1171.00	173.00
		60 min	1339.00	115.00	1639.00	216.00
		90 min	1270.10	93.65	1437.00	144.00
	T2	30 min	711.00	133.70	916.00	156.90
		60 min	1058.00	113.00	1229.00	161.60
		90 min	1072.00	103.00	1212.50	146.90
	T3	30 min	597.80	144.90	708.30	133.40
		60 min	843.00	121.00	996.54	149.40
		90 min	993.90	113.30	1157.32	156.80
	T4	30 min	590.60	131.00	681.80	121.00
		60 min	781.40	114.00	898.00	131.00
		90 min	800.80	110.00	890.20	116.00

❖ **Gráfico de análisis extensógrafo de acuerdo a las formulaciones**

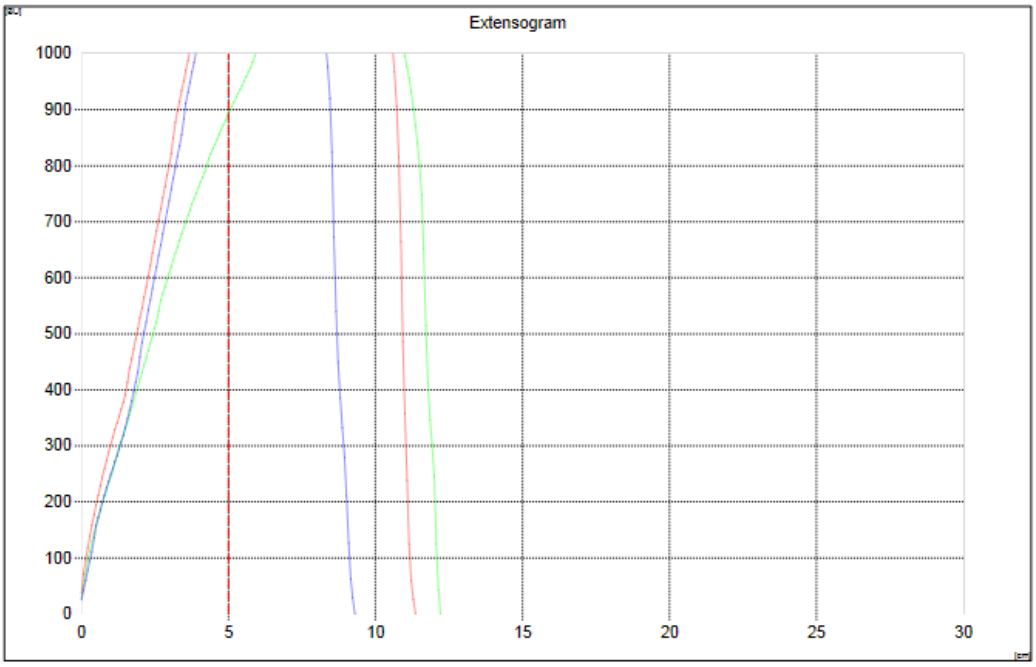


Gráfico 5. Análisis de extensógrafo del tratamiento T1.

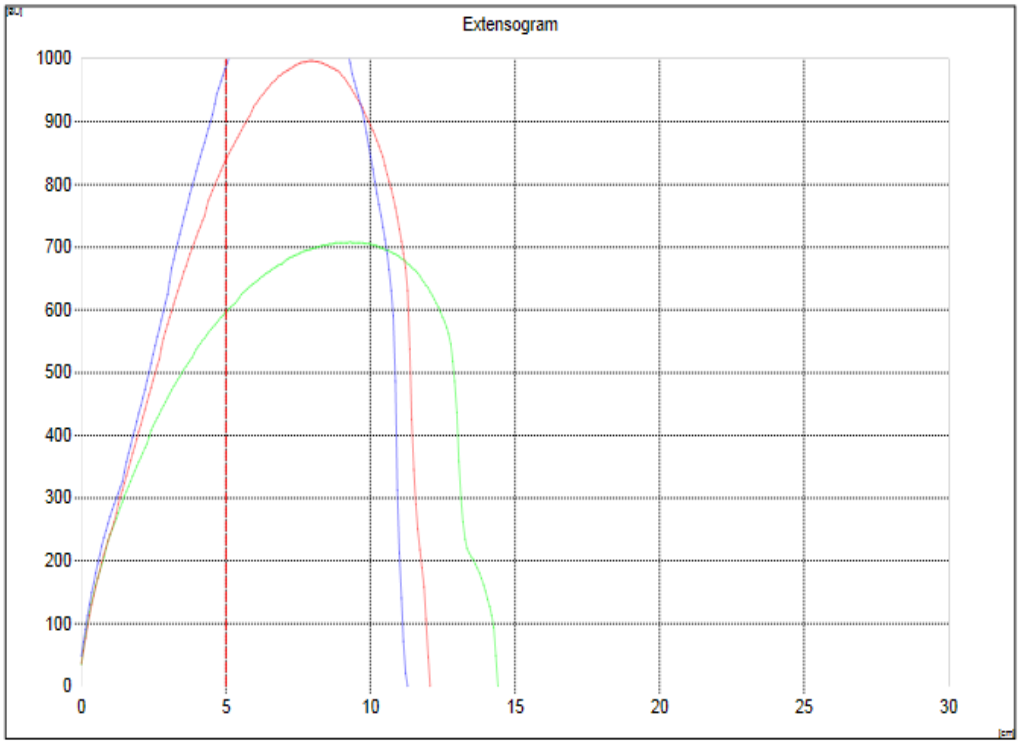


Gráfico 6. de análisis de extensógrafo del tratamiento T3.

Anexo 5. Resultados estadísticos de los análisis químicos proximales y fisicoquímicos del pan de molde.

Datos de análisis fisicoquímico de los panes de molde

Composición	Repetición	T0	T1	T2	T3	T4
Humedad	R1	27.56	36.11	37.50	37.81	38.10
	R2	27.51	36.16	37.52	37.83	38.13
	R3	27.52	36.13	37.53	37.82	38.15
Proteína	R1	7.23	10.10	11.12	11.50	12.20
	R2	7.21	10.09	11.10	11.57	12.10
	R3	7.22	10.10	11.13	11.60	12.18
Grasa	R1	3.30	3.30	3.28	3.25	3.20
	R2	3.32	3.28	3.27	3.22	3.21
	R3	3.31	3.31	3.28	3.24	3.23
Ceniza	R1	1.93	1.92	1.95	1.95	1.98
	R2	1.92	1.95	1.98	1.98	2.01
	R3	1.90	1.96	1.96	1.96	2.00
Fibra	R1	1.69	1.79	1.83	1.95	2.01
	R2	1.68	1.78	1.81	1.93	2.03
	R3	1.68	1.80	1.84	1.94	1.99
Carbohidrato	R1	58.27	45.24	42.63	41.84	40.75
	R2	58.32	45.21	42.65	41.77	40.86
	R3	58.32	45.23	42.62	41.78	40.67
Aw	R1	0.73	0.74	0.75	0.76	0.79
	R2	0.72	0.75	0.74	0.75	0.77
	R3	0.73	0.74	0.75	0.76	0.78

Anexo 6. Tabla de Anova de análisis químico proximal y fisicoquímico de harina de frijol palo sin germinar y germinado.

Análisis de Varianza de la humedad de la harina de frijol palo y germinado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	1	14.0454	14.0454	22176.95	0.000
Error	4	0.0025	0.0006		
Total	5	14.0479			

Análisis de Varianza de la proteína de la harina de frijol palo y germinado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	1	1.74960	1.74960	2691.69	0.000
Error	4	0.00260	0.00065		
Total	5	1.75220			

Análisis de Varianza de la grasa de la harina de frijol palo y germinado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	1	0.021600	0.021600	40.50	0.003
Error	4	0.002133	0.000533		
Total	5	0.023733			

Análisis de Varianza de la ceniza de la harina de frijol palo y germinado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	1	0.006667	0.006667	25.00	0.007
Error	4	0.001067	0.000267		
Total	5	0.007733			

Análisis de Varianza de la fibra de la harina de frijol palo y germinado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	1	0.002817	0.002817	16.90	0.015
Error	4	0.000667	0.000167		
Total	5	0.003483			

Análisis de Varianza de los carbohidratos de la harina de frijol palo y germinado.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	1	6.76282	6.76282	8821.07	0.000
Error	4	0.00307	0.00077		
Total	5	6.76588			

Análisis de Varianza de actividad de agua de la harina de frijol palo y germinado.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	1	0.013067	0.013067	78.40	0.001
Error	4	0.000667	0.000167		
Total	5	0.013733			

Anexo 7. Tabla de Anova de análisis de reológico de amilografía, farinografía y extensografía de las harinas.

- **Análisis estadístico de la evaluación Amilográfico**

Análisis estadístico de la humedad del análisis amilografico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	1.78951	0.447377	206.48	0.007
Error	10	0.02167	0.002167		
Total	14	1.81117			

Análisis estadístico del máximo de gelatinización del análisis amilografico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	832397	208099	164288.82	0.000
Error	10	13	1		
Total	14	832409			

Análisis estadístico de la Tº C de inicio del análisis amilografico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	2.19123	0.547807	243.83	0.000
Error	10	0.02247	0.002247		
Total	14	2.21369			

Análisis estadístico de la Tº C de gelatinización del análisis amilografico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	68.7507	17.1877	319.75	0.000
Error	10	0.5375	0.0538		
Total	14	69.2882			

❖ **Análisis estadístico de la evaluación farinógrafo**

Análisis estadístico de la humedad del análisis farinógrafo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	3.25656	0.814140	670.99	0.000
Error	10	0.01213	0.001213		
Total	14	3.26869			

Análisis estadístico de la consistencia del análisis farinógrafo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	15111.7	3777.93	4241.69	0.000
Error	10	8.9	0.89		
Total	14	15120.6			

Análisis estadístico de la absorción de agua del análisis farinógrafo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	71.4842	17.8710	1134.43	0.000
Error	10	0.1575	0.0158		
Total	14	71.6417			

Análisis estadístico del tiempo óptimo de desarrollo del análisis farinógrafo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	2.50647	0.626617	2185.87	0.000
Error	10	0.00287	0.000287		
Total	14	2.50933			

Análisis estadístico de la estabilidad del análisis farinógrafo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	18.4985	4.62462	46246.23	0.000
Error	10	0.0010	0.00010		
Total	14	18.4995			

Análisis estadístico del índice de tolerancia del análisis farinógrafo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	6134.92	1533.73	4165.40	0.000
Error	10	3.68	0.37		
Total	14	6138.60			

- **Análisis estadístico de la evaluación extensográfico (30, 60 y 90 min)**

Análisis estadístico del máximo punto en 30 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	1876950	469238	564439.78	0.000
Error	10	8	1		
Total	14	1876959			

Análisis estadístico del máximo punto en 60 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	1002945	250736	282538.74	0.000
Error	10	9	1		
Total	14	1002954			

Análisis estadístico del máximo punto en 90 minutos

Análisis estadístico de la extensibilidad en 30 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	771.044	192.761	213.81	0.000
Error	10	9.016	0.902		
Total	14	780.060			

Análisis estadístico de la extensibilidad en 60 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	462122	115531	246075.03	0.000
Error	10	5	0		
Total	14	462127			

Análisis estadístico de la extensibilidad en 90 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	970.429	242.607	316.05	0.000
Error	10	7.676	0.768		
Total	14	978.105			

Análisis estadístico de la resistencia a la extensión en 30 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	2186.27	546.568	794.05	0.000
Error	10	6.88	0.688		
Total	14	2193.15			

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	2288936	572234	1054472.46	0.000
Error	10	5	1		
Total	14	2288942			

Análisis estadístico de la resistencia a la extensión en 60 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	675873	168968	592178.28	0.000
Error	10	3	0		
Total	14	675876			

Análisis estadístico de la resistencia a la extensión en 90 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	395751	98937.8	145354.22	0.000
Error	10	7	0.7		
Total	14	395758			

Análisis estadístico de la energía en 30 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	5617.80	1404.45	1597.17	0.000
Error	10	8.79	0.88		
Total	14	5626.59			

Análisis estadístico de la energía en 60 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	12240.2	3060.06	3062.10	0.000
Error	10	10.0	1.00		
Total	14	12250.2			

Análisis estadístico de la energía en 90 minutos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	4027.47	1006.87	2298.79	0.000
Error	10	4.38	0.44		
Total	14	4031.85			

ANEXO 8. Tabla de Anova de las características fisicoquímicas del pan de molde

Análisis de Varianza de la humedad de los panes de molde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	240.729	60.1821	130830.75	0.000
Error	10	0.005	0.0005		
Total	14	240.733			

Análisis de Varianza de las proteínas de los panes de molde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	45.4470	11.3617	9794.61	0.000
Error	10	0.0116	0.0012		
Total	14	45.4586			

Análisis de Varianza de las grasas de los panes de molde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	0.019867	0.004967	29.80	0.000
Error	10	0.001667	0.000167		
Total	14	0.021533			

Análisis de Varianza de las fibras de los panes de molde.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	0.196867	0.049217	283.94	0.000
Error	10	0.001733	0.000173		
Total	14	0.198600			

Análisis de Varianza de la ceniza de los panes de molde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	0.023733	0.005933	19.35	0.000
Error	10	0.003067	0.000307		
Total	14	0.026800			

Análisis de Varianza de carbohidratos de los panes de molde.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	505.814	126.454	72121.80	0.000
Error	10	0.018	0.002		
Total	14	505.832			

Análisis de Varianza de actividad de agua de los panes de molde

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust	Valor F	Valor p
Factor	4	0.004585	0.001146	25.32	0.000
Error	10	0.000453	0.000045		
Total	14	0.005038			

ANEXO 9. Formato de evaluación sensorial con listados de los panes de molde

Instrucciones

Se presentarán las muestras para el análisis organoléptico del pan de molde. Degustar cada muestra y marque con una (x), según corresponda su opinión. Se trabajo con una escala de hedónica 1 al 5 y las muestras se enumeraron con un código para cada tratamiento:

ATRIBUTO		555	410	335	244	620
Olor	Me gusta mucho					
	Me gusta					
	No me gusta ni me disgusta					
	No me gusta					
	No me gusta en lo absoluto					
Sabor	Me gusta mucho					
	Me gusta					
	No me gusta ni me disgusta					
	No me gusta					
	No me gusta en lo absoluto					
Color	Me gusta mucho					
	Me gusta					
	No me gusta ni me disgusta					
	No me gusta					
	No me gusta en lo absoluto					
Textura	Me gusta mucho					
	Me gusta					
	No me gusta ni me disgusta					
	No me gusta					
	No me gusta en lo absoluto					
Aceptabilidad	Me gusta mucho					
	Me gusta					
	No me gusta ni me disgusta					
	No me gusta					
	No me gusta en lo absoluto					

OBSERVACIONES:……
……
……
……

ANEXO 10. Resultados de la evaluación sensorial según atributo de los panes de molde

Calificación de atributo de color de los panes de molde

Panelista	COLOR				
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
1	4	3	3	3	3
2	5	4	5	3	2
3	5	5	5	5	5
4	5	4	5	5	3
5	5	4	4	3	3
6	5	4	3	4	3
7	5	4	4	5	3
8	5	3	3	3	3
9	5	5	4	4	3
10	5	4	3	3	3
11	5	4	5	5	4
12	4	4	3	4	3
13	3	5	4	4	4
14	5	4	3	4	3
15	5	4	4	4	4
16	3	3	1	1	2
17	3	4	4	4	5
18	5	3	4	3	3
19	3	3	4	4	4
20	4	4	5	4	5
21	5	4	3	4	3
22	5	5	4	4	4
23	3	3	3	2	2
24	5	4	2	3	2
25	5	4	4	4	2
26	4	3	4	2	4
27	4	4	3	3	3
28	3	3	3	4	4
29	3	4	3	3	4
30	5	5	4	5	4
31	4	4	4	4	4
32	5	4	4	4	3
33	4	3	3	4	4
34	3	3	5	5	2
35	4	2	2	3	2
36	5	4	3	4	1
37	5	4	4	5	5
38	5	4	3	2	1
39	1	2	3	1	1
40	4	4	5	4	4

Calificación de atributo de sabor de los panes de molde

Panelista	SABOR				
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
1	5	4	3	3	4
2	5	5	4	2	5
3	4	4	4	3	4
4	4	4	5	4	5
5	4	2	4	4	3
6	4	3	4	2	3
7	3	4	4	5	4
8	2	3	3	3	2
9	5	4	5	4	3
10	5	3	4	3	4
11	4	4	5	5	5
12	4	4	3	4	3
13	4	2	4	4	4
14	5	5	2	4	4
15	5	3	4	3	4
16	5	5	3	4	2
17	3	4	3	5	4
18	4	4	4	3	3
19	3	5	4	4	4
20	4	5	5	2	4
21	3	3	4	3	4
22	4	4	4	3	4
23	4	3	4	2	2
24	5	5	5	2	2
25	4	5	2	2	3
26	1	3	2	5	5
27	5	4	4	3	2
28	3	3	3	3	4
29	4	3	4	4	3
30	5	4	4	4	3
31	5	4	3	4	5
32	3	3	4	4	3
33	2	3	3	3	3
34	5	4	3	5	3
35	3	3	2	3	3
36	5	4	2	2	2
37	4	4	4	4	4
38	4	5	3	2	1
39	3	3	3	2	4
40	4	5	4	3	3

Calificación de atributo de olor de los panes de molde

Panelista	OLOR				
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
1	4	3	3	3	3
2	2	3	4	3	2
3	4	3	4	3	3
4	4	4	5	5	5
5	4	2	3	3	4
6	5	4	3	4	4
7	4	4	3	5	5
8	2	4	4	4	3
9	5	4	5	3	3
10	4	3	4	3	5
11	5	5	5	5	5
12	3	5	3	2	3
13	4	3	5	4	3
14	4	4	4	4	4
15	5	3	4	4	4
16	5	4	3	4	2
17	4	4	3	4	4
18	4	3	4	3	3
19	4	4	5	5	4
20	4	4	5	4	2
21	4	3	4	4	3
22	4	3	3	2	3
23	3	3	3	2	2
24	5	4	4	4	2
25	4	2	4	4	4
26	2	2	3	4	4
27	4	3	3	4	3
28	3	3	4	5	5
29	4	3	3	3	4
30	4	3	3	5	5
31	4	4	2	3	2
32	4	2	4	4	5
33	4	3	3	4	4
34	5	3	4	5	3
35	4	3	2	3	3
36	5	5	4	3	3
37	4	4	3	4	4
38	4	5	3	2	1
39	3	2	2	2	1
40	4	4	4	4	4

Calificación de atributo de textura de los panes de molde

Panelista	TEXTURA				
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
1	5	5	3	3	4
2	4	4	4	2	4
3	5	4	5	4	4
4	5	5	5	4	5
5	4	2	3	2	2
6	4	4	4		3
7	5	4	3	4	5
8	4	5	5	5	5
9	5	4	5	4	4
10	5	3	3	3	4
11	5	4	5	3	3
12	3	4	2	3	3
13	4	4	2	4	4
14	5	5	5	5	5
15	5	3	3	3	4
16	5	4	3	4	2
17	4	4	3	5	4
18	4	4	5	2	3
19	4	4	4	3	3
20	5	5	5	3	5
21	5	4	5	3	3
22	2	4	4	2	5
23	4	2	3	2	1
24	5	5	3	4	2
25	5	3	5	4	4
26	4	3	1	4	5
27	4	2	4	2	2
28	4	3	3	4	4
29	4	5	4	5	4
30	4	4	4	4	5
31	3	4	3	3	4
32	3	3	3	3	3
33	3	3	3	4	3
34	5	5	4	4	3
35	4	2	3	3	3
36	5	3	2	4	2
37	5	4	4	5	5
38	5	4	3	2	1
39	4	2	3	2	2
40	4	4	5	4	4

Calificación de atributo Aceptabilidad de los panes de molde

Panelistas	ACEPTABILIDAD				
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
1	5	3	4	3	2
2	5	4	4	4	3
3	5	4	4	3	3
4	4	5	5	3	4
5	5	4	5	4	4
6	5	4	5	4	5
7	4	5	5	5	2
8	4	5	4	2	3
9	4	5	3	4	2
10	5	4	4	4	4
11	5	3	4	1	4
12	3	4	5	5	4
13	5	2	5	3	3
14	4	4	4	4	4
15	2	5	5	3	5
16	4	4	5	3	4
17	5	4	5	4	5
18	3	4	4	4	5
19	5	4	5	5	4
20	5	4	5	3	5
21	5	5	5	4	2
22	4	5	5	3	2
23	5	5	2	5	3
24	5	2	4	4	3
25	5	2	4	4	4
26	5	4	5	5	4
27	4	5	4	5	3
28	4	3	5	3	4
29	3	4	4	4	4
30	5	4	5	4	3
31	4	3	4	3	3
32	4	3	5	5	3
33	5	4	5	5	2
34	4	3	4	4	2
35	4	3	5	4	4
36	4	2	5	3	1
37	3	4	4	4	3
38	5	4	5	5	2
39	5	3	5	2	4
40	5	5	5	4	3

Anexo 11. Resultados de análisis mohos y levadura de pan de molde con mayor aceptabilidad (T2)

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LE - 046

INACAL DA Perú

INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL Nº 20181019-002

SOLICITADO POR	: ROLANDO WILSON ANTAY GREGORIO.
DIRECCIÓN	: Calle Juan Pezzelt Mz. E Oxapampa Pasco.
PRODUCTO DECLARADO	: PAN DE MOLDE.
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: Bolsa de polietileno transparente cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2018-10-19
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 2018-10-19
FECHA DE TERMINO DE ENSAYO	: 2018-10-24
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS	: Laboratorio de Microbiología, Físico Químico.
CODIGO COLECBI	: **SS 181019-2**

RESULTADOS

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Fecha 19/10/18 Hora 12:30 Tratamiento 10% Sustitución
Recuento de Mohos (UFC/g)	<10
Recuento de Levaduras (UFC/g)	<10

METODOLOGÍA EMPLEADA

Mohos, Levaduras: ICMSF 1983 Reimpresión 2000 Vol I 2da Ed. II Editorial Acribia - España pág.:166 a 167. Método del Recuento de Levaduras y Mohos por siembra en placa en todo el medio.

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirmiencia por ser la muestra Producto Perecible.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 25 del 2018.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorio
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO
C.B.P. 126
COLECBI S.A.C.

LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

Anexo 12. Registros fotográficos de obtención de harina de frijol palo germinado










MOLINO EL TRA
CENTRIFUGO



Anexo 13. Registros fotográficos de caracterización fisicoquímica de harinas y de los panes de molde.













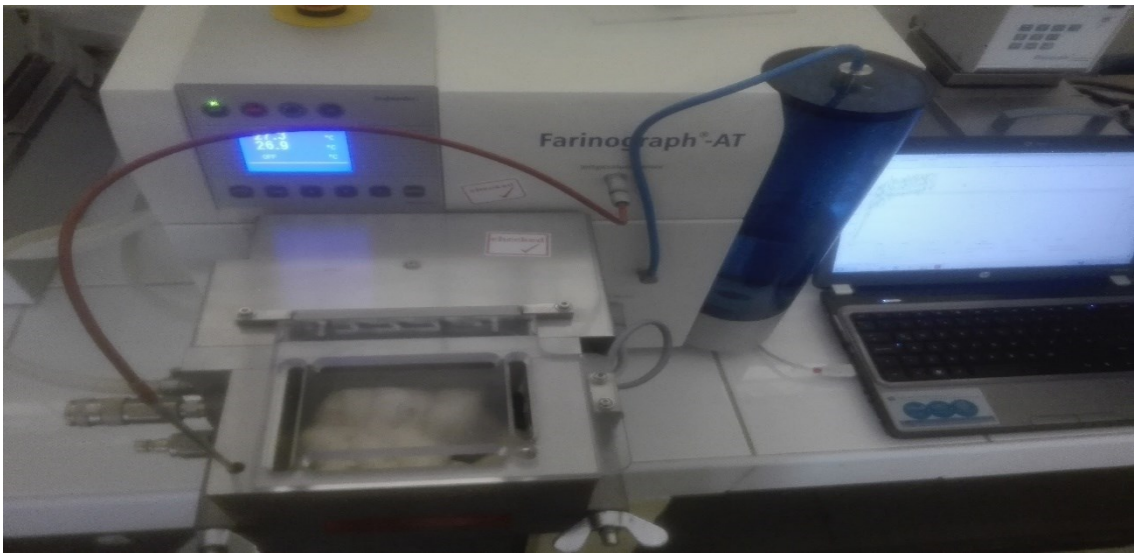






Anexo 14. Registros fotográficos de análisis reológico (amilografía, farinografía y extensografía de las harinas)







Anexo 15. Registros fotográficos de la elaboración de pan de molde























Anexo 16. Registros fotográficos de análisis sensorial del pan de molde elaborado mediante la sustitución parcial con harina de frijol palo germinado.





