

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

Facultad De Ingeniería y Arquitectura

E.A.P. Ingeniería de Alimentos



UNA INSTITUCIÓN ADVENTISTA

TESIS

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PAN MOLDE
BLANCO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE
PAJURO (*Erythrina edulis*)**

**Tesis presentada como requerimiento para optar el título profesional
de Ingeniero de Alimentos**

Autor:

Emigdio Vargas Villena

Asesor:

Dr. Rodrigo Alfredo Matos Chamorro

Lima, Marzo de 2016

DEDICATORIA

Con cariño y gratitud a mis padres
Eli Vargas y Domitila villena por su amor,
esfuerzo y sacrificio.

AGRADECIMIENTO

El más grato de los agradecimientos a DIOS por iluminarme en todo momento y por rodearme de todas aquellas personas que me ayudaron e hicieron posible culminar mi proyecto de tesis. En especial a mis maravillosos padres, a mis queridos abuelos por el apoyo incondicional y también agradecer al Dr. Alfredo Matos por ser mi asesor y brindarme sus conocimientos.

A mis patrocinadores la minera YANACOCHA y FONCREAGRO quienes financiaron todo el proyecto.

A mis distinguidos docentes: al Ing. Joel J. Coaquira Quispe; a la Mg. Silvia Pilco Quesada; al Mg. Percy Reyes Javier, al Ing. Eduardo A. Meza Matari; al Ing. Oscar A. Crisóstomo Gordillo; al Dr. Julio Paredes Guzmán por el valioso apoyo, paciencia y orientación durante las horas de investigación desarrolladas en el laboratorio y búsqueda de información científica.

A la E.P. de ingeniería en industrias alimentarias y la facultad de Ingeniería y arquitectura, por el permiso del uso del laboratorio e insumos químicos.

A mis queridos compañeros y amigos por los gratos momentos compartidos y por su valioso apoyo moral durante el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

pág.

1	INTRODUCCIÓN	11
2	Revisión De literatura	15
2.1	Generalidades del Pajuro	15
2.2	Clasificación taxonómica.....	16
2.3	Uso común y manejo Industrial	18
2.4	Generalidades del trigo	19
2.5	Historia del pan.....	21
2.5.1	Pan enriquecido	23
2.5.2	Etapas del procesamiento del pan molde blanco.....	26
2.6	Métodos para la evaluación físico químico del pan.....	30
2.6.1	Volumen del pan	31
2.6.2	Porosidad mediante el método óptico	32
2.6.3	Análisis de color.....	34
2.6.4	Análisis sensorial.....	37
3	Materiales y Métodos	44
3.1	Lugar de ejecución.....	44
3.2	Materia prima.....	44
3.3	Equipos y reactivos	44
3.3.1	Equipos.....	44
3.3.2	Reactivos	45
3.4	Método de Análisis	46
3.4.1	Obtención de la harina de pajuro.....	46
3.4.2	Análisis proximal de la harina de pajuro.....	47
3.5	Metodología experimental	47
3.5.1	Procedimiento del pan enriquecido	47

3.5.2	Análisis fisicoquímicos	47
3.6	Diseño estadístico	51
3.6.1	Análisis sensorial mediante la técnica Perfil Flash.	53
4	Resultados y discusiones	55
4.1	Distribución proporcional de los componentes del fruto.....	55
4.2	Obtención de la harina de pajuro precocida.....	55
4.3	Composición química de la harina de pajuro.....	57
4.4	Análisis estadístico de la caracterización fisicoquímica de pan molde blanco con sustitución parcial de harina de pajuro (<i>Erythrina edulis</i>). 61	
4.5	Influencia de la harina de pajuro en el color del pan molde	64
4.6	Influencia de la harina de pajuro en el volumen del pan molde	71
4.7	Influencia de la harina de pajuro en la porosidad del pan molde.....	75
4.8	Evaluación sensorial del pan molde por el método de Perfil Flash	83
4.8.1	Correlación del método en la variable aceptabilidad de las personas semientrenadas y sin entrenar.	91
4.9	Análisis del pan molde.....	92
5	Conclusiones.....	94
6	Recomendaciones.....	96
7	Referencias	97

ÍNDICE DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Composición proximal de la especie <i>Erythrina edulis</i>	18
Tabla 2. Composición química de la harina de trigo.....	22
Tabla 3. Variables y Niveles del diseño Central Compuesto (DCC) codificados.....	51
Tabla 4. Matriz experimental para el diseño central compuesto.....	53
Tabla 5. Combinación de la harina de trigo y pajuro para la elaboración de pan molde blanco.....	54
Tabla 6. Rendimiento de las semillas del pajuro.....	55
Tabla 7. Algunas características Físico Químicas de la harina de pajuro proveniente de Cajamarca.....	57
Tabla 8. Análisis de varianza de la influencia de la harina de trigo y pajuro en el color, volumen y porosidad del pan molde blanco.....	62
Tabla 9. Efecto del nivel de sustitución de la harina de pajuro en el color de los panes de molde.....	67
Tabla 10. Resultado del volumen del pan molde blanco y su promedio de las tres repeticiones.....	71
Tabla 11. Variación de número de poros y sus áreas respectivas por la sustitución parcial de harina de pajuro.....	76
Tabla 12. Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo del perfil flash.....	84
Tabla 13. Puntuación calculada de la evaluación sensorial mediante la técnica de perfil flash en la empresa panificadora (productos Unión).....	87
Tabla 14. Puntuación calculada de la evaluación sensorial en el atributo aceptabilidad mediante la técnica de perfil flash con personas sin entrenar.....	91
Tabla 15. Correlación de personas semientrenadas y sin entrenar.....	92
Tabla 16. Análisis de varianza del porcentaje que ocupa el área de los poros.....	130
Tabla 17. Resultados del análisis de varianza del perfil flash de Productos Unión.....	133
Tabla 18. Resultados del análisis de varianza del perfil flash de Productos Unión.....	133

Figura 1. Representación del fruto <i>Erythrina edulis</i> . A: fruto con cáscara; B: fruto sin cáscara.	16
Figura 2. Diagrama de cromaticidad del sistema CIE (Sahin & Gülüm Sumnu, 2006)..	36
Figura 3 – Sistema de la adquisición de imágenes (León, Mery, Pedreschi, y León, 2006)	37
Figura 4. Ejemplo de la clasificación física de las muestras a lo largo de un atributo sensorial y de su transcripción en forma (Delarue et al., 2015).	41
Figura 5. Una serie de formularios en blanco que por lo general se da a los evaluadores con el fin de informar de sus posiciones para cada atributo que han utilizado. Formularios de papel simple y conveniente, que pueden ser mostrados en computadoras o pantallas digitales (Valere & Ares, 2014).	41
Figura 6. Codificación del resultado de un solo evaluador (Valere & Ares, 2014)	43
Figura 7. Diagrama de flujo de elaboración de pan molde blanco.	48
Figura 8. Esquema experimental para la elaboración de pan molde blanco, con sustitución parcial harina de pajuro.	52
Figura 9. Imagen de la harina de pajuro precocida (180 mesh)	57
Figura 10. Imagen fotográfica de la variación de color del pan molde de los diferentes tratamientos con harina de trigo (HT) y harían de pajuro (HP). Donde T0 = 100% de HT, T1 = 75% de HT y 10% HP, T2 = 75%HT y 20% HP, T3 = 85% HT y 10% Hp, T4 = 85% HT y 20% HP, T5 = 72.9% HT y 15% de HP, T6 = 87.1% HT y 15% de HP, T7 = 80% HT y 7.9% de HP, T8 = 80% HT y 22.1% de HP, T9 = 80% HT y 15% de HP, T10 = 80% HT y 15% de HP, T11 = 80% HT y 15% de HP	65
Figura 11. La medición del color del pan molde blanco con sustitución parcial de harina de pajuro (L*= Luminosidad, a*= color de rojo a verde, b*= color de amarillo a azul).	66

Figura 12. Gráfico de superficie respuesta y diagrama de contorno del análisis de color (L*= Luminosidad, a*= color de rojo a verde, b*= color de amarillo a azul) del pan molde con harina de pajuro.	70
Figura 13. Volumen de pan molde a diferentes concentraciones de harina de pajuro en sus tres repeticiones (1 ^{ra} corrida, 2 ^{da} corrida, 3 ^{ra} corrida y promedio) y su promedio.	72
Figura 14. Gráfica de superficie respuesta y diagrama de contorno del volumen del pan molde con sustitución de harina de pajuro.	74
Figura 15. A: imágenes escaneadas del tratamiento 0, 1, 2 utilizados en el análisis de imágenes, B: Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. C: Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.	77
Figura 16. A: imágenes escaneadas del tratamiento 3, 4, 5 utilizados en el análisis de imágenes, B: Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. C: Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.	78
Figura 17. A: imágenes escaneadas del tratamiento 6, 7, 8 utilizados en el análisis de imágenes, B: Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. C: Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.	79
Figura 18. A: imágenes escaneadas del tratamiento 9, 10, 11 utilizados en el análisis de imágenes, B: Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y	

definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. C: Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.	80
Figura 19. Número de poros por cada tratamiento, porcentaje de área ocupada por los poros y promedio de área de cada poro.	81
Figura 20. Influencia de la harina de pajuro en la Aceptabilidad, textura y sabor.	86
Figura 21. Análisis factorial múltiple del perfil flash del pan molde y sus atributos realizado por trabajadores del área de panificación de la empresa Productos Unión (Donde: F1 = harina trigo, F2 = harina de pajuro).	88
Figura 22. Análisis factorial múltiple del perfil flash del pan molde y su atributo sensorial realizados por consumidores sin entrenar (Donde: F1 = harina trigo, F2 = harina de pajuro).....	89

1 INTRODUCCIÓN

La desnutrición proteica es un síndrome nutricional importante que afecta a la población mundial, más de 170 millones de niños en edad preescolar en los países en desarrollo de Asia y África (Escott-Stump Sylvia & RD, 2010; Millis & Offiah, 2007). El Instituto Nacional de estadística e Informática (2015) y Cámara de Comercio de Lima, (2015) señala que en Perú más de 19,158 niños sufren desnutrición crónica. Algunos estudios reportan que los niños desnutridos tienen más problemas de aprendizaje y de comportamiento en comparación a los niños nutridos (Amaral et al., 2015; Feoli et al., 2006). Tirapegui, Baldi, y Ribeiro (1996) mencionan que la carencia de proteína en los niños se asocia frecuentemente al retraso del crecimiento. Por otro lado, Iqbal, Khalil, Ateeq, y Sayyar Khan (2006) señalan que para mejorar el estado nutricional de las personas es importante complementar la dieta con proteínas vegetales, en especial de las leguminosas.

Bhat y Karim (2009) indican que el suministro de alimentos seguros, nutritivos y saludables para las poblaciones pobres y desnutridas ha sido un gran reto para el mundo en desarrollo. Escasez aguda, suministro poco fiable, y los costos elevados de los alimentos ricos en proteínas de origen animal, en los países en vías de desarrollo han dado lugar a la búsqueda de fuentes alternativas, de bajo costo y confiables como las proteínas de origen vegetal. Algunas de las leguminosas silvestres y sub utilizadas son: Canavalia, Mucuna, Sesbania y Erythrina.

Arango Bedoya, Bolaños Patiño, Ricaurte García, Caicedo, y Guerrero (2012) reportan que debido a la gran cantidad de grasas saturadas y colesterol que usualmente están presentes en las proteínas de origen animal, la OMS recomienda incrementar el consumo de proteínas vegetales, las cuales pueden reducir los niveles de colesterol y el riesgo de enfermedad

coronaria y diabetes. Wolfe, Arroyo, Tedders, Li, Dai, y Zhang (2011) recalcan que una mayor cantidad de proteínas en la dieta no sólo ayuda en la masa muscular y a evitar la pérdida de peso, sino también disminuye los factores de riesgo cardiovascular. Así mismo, Henley, Taylor y Obukosia (2010); Cheftel, Jean-Louis, y Lorient (1989); Best & Appleton (2013) mencionan que presentan un alto contenido de mineral óseo, previniendo el riesgo de fracturas en los huesos, reduciendo el riesgo de enfermedades al corazón, presión arterial baja, y una mejor cicatrización de la herida (Purwanti, van der Goot, Boom y Vereijken 2010). Mirrahimi et al. (2014) recomiendan consumir 130 gramos de legumbres diarias debido a que reduciría reducir el 5% de colesterol malo (LDL).

En nuestro país, existe una gran variedad de leguminosas (lentejas, frejoles, habas, etc.), entre ellas el pajuro (*Erythrina edulis*) de la cual se puede obtener harinas, para la incorporación en panes de industria alimentaria. La producción de cultivos andinos cuya producción está destinada principalmente al autoconsumo de los agricultores, debe ser aprovechado al máximo como la sustitución de harinas en panaderías (Cary & Hervé, 2006). Existe una falta de estímulo a la producción afectando la economía de este sector, porque en lugar de que contribuya a resolver el problema alimentario, el país invierte millones de dólares en la importación de alimentos como el trigo, soya, y maíz; muchos de los cuales son de menor valor nutritivo que las especies andinas (Codex Alimentarius, 2007; Kass, 2000). Cabe recalcar entonces que en las dietas andinas del Perú, las legumbres son los principales contribuyentes de proteínas y calorías, por razones económicas y culturales (Roca Rey, 2014).

Los guisantes, lentejas, garbanzos, frijoles y pajuro son fuentes importantes de proteínas, almidón y fibra dietética en los alimentos (Perez-Hidalgo, Maria a. Guerra-Hernande, & Belen, 1997), estos cultivos contienen 18,5 a 30% de proteínas, 35-52% de almidón y fibra dietética 14,6-26,3% en base seca (Mohammed, Ahmed, & Senge, 2012). Ribotta, Arnulphi, León, y Añón (2005) reportan que las proteínas de leguminosas pueden utilizarse con éxito en los

productos horneados, para obtener un producto enriquecido en proteínas y fibra con un mejor balance de aminoácidos. Entre los productos proteicos de leguminosas ensayados están: diversas preparaciones a base de soja y harina de habas (Gómez, Oliete, Rosell, Pando, & Fernández, 2008), harina de garbanzo germinado (Luz Fernandez & Berry, 2007), harina de guisante germinada (Sadowska, Błaszczak, Fornal, Vidal-Valverde, & Frias, 2003) y harina de lupino (Mohammed et al., 2012).

El pan es un alimento básico consumido por aproximadamente el 95% de los adultos en los países occidentales (Best & Appleton, 2013). El consumo per cápita de pan en el Perú oscila entre 31 a 33 kg (Peruano, 2012; Schroth, 2015). Así mismo, el pan proporciona una matriz ideal en la dieta del ser humano, por lo tanto, enriquecer el pan con proteína puede ser una estrategia eficaz para aumentar el consumo de vegetales (Hobbs, Ashouri, George, Lovegrove, & Methven, 2014). El pan es un alimento elaborado con ingredientes simples, tales como harina de trigo, sal, levadura y agua, pero a pesar de esto, es uno de los productos de cereales más consumidos en muchos países y una comida a base en dietas de muchas personas en todo el mundo (Danza et al., 2014).

Precisamente, por su sencillez y su amplio consumo. El pan es adecuado para ser enriquecido y fortificado con ingredientes que pueden traer beneficios para el consumidor en términos de salud (Hathorn, Biswas, Gichuhi, & Bovell-Benjamin, 2008; Danza et al., 2014). Hobbs et al. (2014) señalan que debido a una creciente demanda de los consumidores por productos más saludables, así como el requerimiento de proteína causada por el crecimiento demográfico, el enriquecimiento de pan con proteínas ha sido el objeto de varias investigaciones (Paraskevopoulou, Chrysanthou, & Koutidou, 2012). Por lo tanto, el pan enriquecido con pajuero puede ser utilizado como vehículo para incrementar la ingesta de proteínas en la dieta del ser humano.

La sustitución de la harina de trigo por harina de un cultivo andino contribuirá a mejorar el valor nutritivo del pan molde blanco, ahorro de divisas por menor importación de trigo y dar impulso a la agricultura local por la generación de una demanda cada vez mayor de productos nativos. El pajuro tienen un alto valor proteico, convirtiéndose en una excelente fuente de proteína, por lo que el consumo de ésta leguminosa fomentará el cultivo y la conservación de la biodiversidad andina (López, Frederic, Isayama, Carlos, & Guzmán, 1988; Altieri y Nicholls, 2000). El pan enriquecido con harina de pajuro puede ser utilizado como vehículo para aumentar la ingesta por su gran aporte de aminoácidos en especial de la treonina, alanina, y fenilalanina por tener en mayor cantidad (Escamilo Cárdenas, 2012). El desarrollo de la investigación permitirá conocer en mayor medida el comportamiento de la masa del pan con la adición de harina del pajuro en la elaboración del pan enriquecido. Debido a su bajo costo y su lugar importante en la dieta, los productos de panadería son alimentos que se puede complementar con componentes de alto valor nutricional.

En el presente trabajo de investigación se planteó los siguientes objetivos.

- Objetivo general: Determinar las características fisicoquímicas del pan molde blanco con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pajuro (*Erythrina edulis*).
- Objetivos parciales: determinar las propiedades fisicoquímicas de la harina de pajuro; evaluar las propiedades físicas de volumen, porosidad y color de cada uno de los tratamientos del pan molde blanco; determinar por medio del análisis sensorial (Perfil Flash) la aceptación de los productos a diferentes tratamientos; determinar el análisis de proteína al tratamiento mejor evaluado en el análisis sensorial.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del Pajuro

El pajuro (*Erythrina edulis*) se encuentra distribuido en áreas tropicales y sub tropicales de América hasta el norte de Argentina. En el Perú se encuentra en los valles interandinos desde los 900 a 3200 m.s.n.m., como son las regiones de Cajamarca, Amazonas, Loreto, Ancash, Huánuco, Pasco, Junín, Ayacucho, Cuzco y Apurímac, La Libertad, Madre de Dios (Escamilo Cárdenas, 2012; Méndez, 1999). El chachafruto (*Erythrina edulis*) es una de las 112 especies de árboles y arbustos (Marín, 1998; Perez, 1995; Escamilo Cárdenas, 2012; Takhtajan, 2009).

La *Erythrina* es la única especie que produce semillas comestibles (Figura 1) entre la familia *Fabaceae* y esta suele crecer en regiones andinas de Colombia, Uruguay y Perú (Naranjo, 2011). Zavaleta et al. (2010) informan que los incas lo cultivaban desde antes de la llegada de los Europeos, también indica que este fruto ya fue cultivado por los amerindios. Roca Rey (2014) y Araujo Abanto (2005) lo llaman frejol del inca, porque este frejol en aquel tiempo les daba vigor y muchos años de vida.

El pajuro es una leguminosa propia del norte de Sudamérica que recibe varios nombres en cada país. Es conocido como: Chachafruto, Balú, Nupo, Fríjol nopaz, Basul, Guimo, Habijuela, Sachafruto, Poruto; en Colombia. Guato, Porotón, Cañaro, Camporoto, Frijol de monte, Zapote de cerro, Pajuro; en el Ecuador y Pisonay, Anteporoto, Pasugua, Sachaporoto, Pisonay; Pajuro, Frejol gigante, chachafruto; en el Perú (Gómez Zuluaga, 2012).



Figura 1. Representación del fruto *Erythrina edulis*. A: fruto con cáscara; B: fruto sin cáscara.

2.2 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la *Erythrina edulis* según Takhtajan (2009) y Barrera Marin (1998) y Araujo Abanto (2005)

Reino: Plantae

División: Magnoliopsida

Clase: magnoliopsida

Orden: Fabales

Género: *Erythrina*

Familia: Fabaceae

Nombre científico: *Erythrina edulis*

Roa (2004) menciona que es un árbol con altura de promedio de 8 m y un diámetro de tronco de 24 cm, pero se han encontrado un promedio de 14 m de altura y

47 cm de grosor. Posee espinas en casi todo el árbol. Los frutos poseen unas vainas de 32 x 33 cm con seis semillas dentro, estas poseen la mitad de peso de las vainas. La semilla tiene la forma de frejol gigante, con un tamaño de promedio de 5.2 a 2.5 cm. su color es marrón o rojo oscuro, también hay de color amarillo pero no es muy agradable. Es un árbol que prefiere las zonas húmedas con lluvias anuales superior a 1 400 mm. Por la información anterior se podría asociar al cultivo de café (Acero Duarte, 2007; Ruiz Montiel et al., 2012). Vargas Cuba (2013) reporta que un árbol maduro produce entre 160-195 Kg de frutos, el número por unidades de semillas frescas por kilo es 150 y secas 280. No es recomendable aprovechar semillas de frutos caídos en forma natural, debido a que son susceptibles al ataque de insectos, daños mecánicos, de organismos patógenos, etc. (Acero Duarte, 2007; Género & Leguminosae, 2010).

Argote-Vega y Villada-Castillo (2012) señalan que hay una necesidad de viabilizar los componentes principales de esta leguminosa y de esta forma, se decide industrializar el pajuro en harina para su uso en panificación. Gregorio Roa (2010) menciona de acuerdo a la ONU, entre los granos que aportan proteínas están la quinua, amaranto y pajuro, en ellos las proteínas y aminoácidos a excepción del triptófano son más altos comparados con los del trigo. Por su composición (Tabla 1) el pajuro puede completar y enriquecer alimentos como panes, tortas, entre otros (Jyothirmayi, Prabhakara Rao, & Walde, 2006).

Tabla 1. Composición proximal de la especie *Erythrina edulis*

Composición química	Sin cascara	con cascara y hojas	Fuente
Proteína	20-25 %	23-40%	García Burbano, 2008; Jurado et al., 2010; Zavaleta et al., 2010
Grasa cruda	1-2%	1-6%	Arango Bedoya et al., 2012; Acero Duarte, 2000; Sadowska et al., 2003
Ceniza	1.2-2%	2-3.5%	Sadowska et al., 2003; Von Humboldt, 2003
Fibra cruda	1-1.8%	3-23%	Zavaleta et al., 2010; Roa, 2004
Carbohidratos	42-55%	20-40%	Ortega et al. 1990; Natalia & Casta. 2014

El pajuro es una leguminosa que puede ser aprovechado al máximo. Además Hernández Bermejo (1994) señala que el poroto o pajuro andino, conocido como frejol del inca está siendo olvidado. Además, de ser un árbol perenne y longevo, es un notable fijador de nitrógeno, no requiere cuidados ni tratamiento fitosanitario, controla la erosión del suelo, se adapta a terrenos áridos, soporta largos períodos de sequía, proporciona néctar de sus abundantes flores, entre otras cualidades (Escamilo Cárdenas, 2012)

2.3 Uso común y manejo Industrial

Silva, Crisóstomo, Alvarez, y Mendoza (2015) informan que según las investigaciones realizadas del pajuro, es apto para el manejo industrial en la producción de harinas para la panificación (muffin, postres, galletas, panetones, dulces), fritos, encurtidos, potajes y concentrados. Además, indica que es usado en la medicina tradicional como: regulador de la función renal, hipotónica y osteoporosis (Ceroni Stuva, 2003; Zavaleta et al., 2010). Además, Umaña et al. (2013) mencionan

que el pajuro es una especie económicamente importante por su fruto y semillas empleadas en la elaboración de alimentos. Vargas Cuba (2013) señala que las semillas generalmente son conocidas como las papas e indica que puede ser industrializado en harina, para uso en panaderías y dar un mayor valor nutricional a las harinas de trigo. Los autores resaltan que la harina de pajuro es una alternativa, para mejorar los diversos productos en panificación.

2.4 Generalidades del trigo

El trigo (*Triticum aestivum L*) es el cereal más cultivado a nivel mundial, ocupando alrededor de casi 600 millones de toneladas (FAO, 2015). El trigo proporciona una cantidad significativa de hidratos de carbono o proteínas, y constituye una buena fuente de lípidos, antioxidantes, minerales, aunque está presente en una concentración limitada (Pasini et al., 2015). El trigo duro (*Triticum durum*) es uno de los cultivos de cereales más importantes utilizados en las zonas templadas de tipo mediterráneo para la producción de alimentos básicos, que van desde pan, pasteles, galletas y panetones a los fideos y pastas (Nicoletti et al., 2013).

El trigo pertenece al género *Triticum* de la familia *Gramínea*, que puede ser dividido en tres partes morfológicamente diferentes: endospermo, que constituye el 85%, la capa de salvado que envuelve el grano y constituye 12%; y el germen, que incluye el embrión constituye 3% del grano (Ficco et al., 2014). Las distintas especies que se incluyen en el género pueden ser subdivididas de acuerdo con el número de pares de cromosomas que están contenidas en: diploides (7 pares), tetraploides (14 pares) y hexaploides (21 pares). La mayor parte de los trigos son del tipo hexaploide, conocido como trigo común, mientras que los trigos tetraploides son conocidos como trigo duro. Un trigo duro es aquel que puede ser triturado para producir harina debido a los altos niveles de gránulos de almidón dañados deseables para la producción de

pan, panetones y lo que queda de la molienda produce partículas relativamente angulares que fluyen y son manipuladas fácilmente, empleadas en galletas, pastas y pasteles (Calaveras, 1996; Cecilia & Lagos, 2009).

La harina blanca de trigo es el producto elaborado con granos de trigo común como *Triticum aestivum* L., trigo ramificado, *Triticum compactum* o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o moliendas en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. El comportamiento tecnológico de harina no sólo está relacionado con el contenido de proteína o gluten, sino también con las interacciones complejas entre las macromoléculas que son responsables de actuaciones de la masa (Marti, Ulrici, Foca, Quaglia, & Pagani, 2015). Durante el proceso de trituración del trigo se obtienen, además de la harina blanca, tres tipos de subproductos: salvado grueso, fino y harinilla. En el caso de que sea integral total, estos subproductos están integrados en la totalidad de la harina (Tejero, 2003).

La harina de trigo puede contener entre el 6 y 20% de proteína, que dependerá del lugar y del tipo de suelo que es cultivado, la mayor parte de la cual está en forma de gluten, un material polimérico altamente extensible cuando está hidratado. Estas harinas se clasifican en fuertes, medias y débiles, dependiendo del contenido de proteínas (Tejero, 2003). La glutenina y gliadina son consideradas responsables de la formación de la estructura que retiene el gas de la masa de pan durante la panificación, estas se pueden agrupar principalmente en tres categorías principales: glutenina, la gliadina y albúmina/globulina. La gliadina tiene una buena extensibilidad, pero carece de elasticidad. La glutenina tiene una mejor elasticidad pero una baja extensibilidad (Marshall, 2005; Cheftel, Cug, & Lorient, 1985). La mezcla de ambos presenta elasticidad y extensibilidad específicas en la masa, que pueden ser utilizadas en el

procesamiento de diferentes productos de harina. Mientras que la harina se mezcla con agua, la estructura de la red de gluten se forma gradualmente durante agitación constante (Bietz & Wall, 1980). Esta estructura es co-estabilizada por enlaces disulfuro, enlaces de hidrógeno, e interacciones hidrófobas (Graveland, Bosveld, Lichtendonk, Moonen, & Scheepstra, 1982). Diversas investigaciones informan que la elasticidad y la extensibilidad de la masa preparada a partir de harina de trigo se determinan por la cantidad y calidad de las proteínas en la harina (Kazemzadeh, Peighambaroust, & Najafi, 2013).

2.5 Historia del pan

La fabricación del pan es uno de los descubrimientos más importantes de la humanidad, ha representado un papel esencial en el desarrollo del género humano, es una de las principales fuentes de la alimentación de conveniencia, variada y constituye un componente dietético saludable (Kaneko, 2013). Los descubrimientos arqueológicos, muestran que el primer pan consumido por los antepasados, es más probable que haya sido rápido, una mezcla harina con agua y cocido sobre piedras calientes. El pan fermentado se hizo por primera vez por los antiguos egipcios hace más de 5000 años (3000 a.C); Aunque el pan parece un alimento muy simple y básico, la realidad es que su cultura hace que los tipos de pan existentes en el mundo sean muy numerosos y su esencia y estudio constituye todo un arte. La fabricación del pan puede clasificarse por el método directo, método esponja, también por la materia prima y su respectivo diseño (Hui, 2006).

Edwards (2007) menciona que el pan 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. Según el grado de extracción de la harina utilizada, el pan de molde se clasificará en: pan integral, pan blanco, pan corriente y pan molde tostado.

El proceso de panificación consta de cuatro etapas básicas (Cauvain, Young, & Hall, 2000), cada una con objetivos específicos: amasado, fermentación, moldeado y horneado. Calaveras (1996) señala la harina panadera debe tener las características mostradas en la tabla 2.

Tabla 2. Composición química de la harina de trigo.

Composición		Harina 100% Extracción	Harina 75% extracción
Proteínas	(%)	12 - 13.5	11 - 8
Grasas	(%)	2.2	1-2
Almidón	(%)	67	71
Cenizas	(%)	1.5	0.55 -0.65
Vitaminas	(%)	0.12	0.03
Humedad	(%)	9 – 15	13 - 15
Fibra	(%)	3	3
Azúcares	(%)	2 - 3	1.5 - 2.5

Nota: Calaveras (1996)

Aunque se han conseguido notables mejoras en la calidad del pan en estos últimos años, Quaglia (1991) recalca que se necesita tener más información acerca de la influencia sobre la estructura del pan, de los constituyentes de la harina, ingredientes y procedimientos utilizados.

Best y Appleton (2013) indican que el pan es un alimento básico consumido por el 95% de adultos en los países occidentales (Alemania, Italia, Francia, Suecia y otros). Hobbs et al. (2014) afirman que es uno de los cereales más consumidos en muchos países de América Latina y está presente en la dieta de muchas personas en todo el mundo. Por lo tanto, enriquecer el pan con leguminosas y verduras puede ser una

estrategia eficaz para aumentar el consumo de leguminosas y vegetales (Danza et al., 2014). Precisamente por su sencillez y su amplio consumo, el pan es adecuado para ser enriquecida y fortificada con ingredientes que pueden traer beneficios para el consumidor en términos de salud (Hathorn et al., 2008). De hecho, hoy en día los consumidores prefieren comer alimentos más saludables con el fin de prevenir las enfermedades no transmisibles (Danza et al., 2014).

Los efectos en la calidad del pan pueden deberse a la incapacidad de los alvéolos de la miga para retener el gas producido durante el manejo y la fermentación. Rosell, C., Rojas J.; y Benedito de Barber (2001) indican que la matriz de gluten en las masas enriquecidas estaba sometida a un gran estrés en las partes que cubrían los gránulos de almidón, permitiendo que el gas se escape. Georgopoulos, Larsson, y Eliasson (2004) afirmaron que las proteínas aisladas normalmente mejoran el aspecto y el sabor, comparadas con el alimento original, por lo que podrían añadirse para aumentar el valor nutricional y funcional de los alimentos (Pollard, Stoddard, Popineau, Wrigley, & MacRitchie, 2002; Sajilata y Kulkarni, 2006). Al enriquecer panes, la harina de trigo soporta un máximo de sustitución de 30% esto dependerá del tipo de harina que remplazara la harina de trigo.

2.5.1 Pan enriquecido

Generalmente, la sustitución con harinas de legumbres empeora el comportamiento reológico de la masa, así como las características físicas y sensoriales de los productos finales (Lucisano & Pompei, 1981). Se cree que los cambios observados en el comportamiento de las masas se deben fundamentalmente a la dilución del gluten por la incorporación de proteínas exógenas, lo que provoca el debilitamiento de las masas (Harinder, Kaur, & Sharma, 1999). También es posible que se produzca competencia entre las proteínas de las legumbres y las del trigo por

atrapar moléculas de agua para hidratarse lo que puede afectar al comportamiento de dichas proteínas y en consecuencia las masas (Cristina M Rosell, Brites, & Gularte, 2007; Narpinder, Singh, K.S., & Kaur, 1992). En el Perú se viene estudiando el uso de harinas sucedáneas desde 1970, y se han propuesto distintas formas de sustitución parcial de trigo (Tejero, 2003); así Alayo y Alva (2011) reemplazaron la harina de trigo por harina de cebada hasta un 20 %; aunque no se obtuvo alto nivel proteico, pero si mejoró el contenido de minerales. A continuación se presenta trabajos a base de sustitución en panes.

Mohammed et al. (2012) evaluaron la reología de la masa y calidad del pan de una mezcla de harina de trigo y garbanzo, en los niveles de 10, 20 y 30%. Utilizaron el Diseño Central Compuesto Aleatorio (DCA), los resultados muestran que la mejor sustitución es 10%, aumentando el nivel proteico y la absorción de agua al elaborar la masa. Según Steffolani, Martinez, León, y Gómez (2015), el objetivo de su estudio fue el efecto de la adición de semillas y harina de chía (con y sin pre-hidratación) sobre la calidad tecnológica y sensorial del pan, utilizando el análisis de la varianza (ANOVA de una vía). El efecto positivo de la incorporación de harina de chia es mejorar la calidad del pan (aumentando el nivel de proteína) y concluyen que la adición de harina de chia a niveles de 10g / 100g, mantuvo el volumen del pan sin cambios, siendo esta la mejor sustitución. Ugwuona y Suwaba (2013) estudiaron los efectos de la sustitución de la harina de trigo con harina de haba Jak desgrasada y proteína concentrada del frijol Jack en la calidad del pan; utilizando el diseño DCA en la sustitución de 0, 10 y 20%. Los resultados muestran que 10% es apto para uso en la fortificación de pan, dando los mejores resultados en volumen, color, aceptabilidad y aumentando el contenido de proteína del pan 1.67%.

Conforti y Davis (2006) desarrollaron un estudio con el objetivo de incorporar y determinar el efecto de la combinación de harina de linaza (15%) y harina de soja (5% y 10%) en la calidad del pan. Los resultados muestran que la sustitución de harina de soja al 10% fue con puntuaciones sensoriales de menor calidad en comparación con el de 5%, con mayor aceptación, con respecto al análisis de volumen presentando mejor resultado el de 10% de sustitución y aumentando un contenido de proteína de 2.3 a 5.4%. Eleazu et al. (2014) describieron el efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de yuca (10, 20, 30%) en la composición química, actividad antioxidante, calidad sensorial y microbiológica en la calidad del pan, señalando que la sustitución de 20% muestra una aceptación general y el contenido de proteína disminuyó dependiendo de la dosis de sustitución.

En el año 2013, Sanz-Penella, Wronkowska, Soral-Smietana, y Haros investigaron el efecto de la sustitución de la harina de trigo por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en los niveles de 10, 20, 30 y 40 g/ 100 g, reportando la mejor sustitución a una proporción máxima de 20g /100 g, manteniendo la calidad del pan, así como el beneficio nutricional de este producto (aumentando la proteína de 0.67%). Villarino, Jayasena, Coorey, Chakrabarti-Bell, y Johnson (2015) señalaron que el objetivo de su trabajo fue optimizar los factores de formulación y proceso de altramuz dulce australiano (ASL) en la elaboración de pan-bollo de trigo para maximizar el nivel de 4 a 40 g/100 g utilizando el diseño central compuesto centrado en caras (DCC-CC), mostrando que 20% presenta las mejores características de volumen, porosidad, evaluación sensorial y nutricional (proteína 19g/100g de pan).

Ben Halima et al. (2015) realizaron un estudio con el objetivo de optimizar la extracción de amilasas a partir de semillas de avena y su impacto en la elaboración de pan enriquecido, utilizando el DCC-CC y Box-Behnken, la sustitución fue de 12, 24 y

48g de harina de avena en 50 g de harina de trigo. Las metodologías utilizadas para determinar el conjunto de condiciones óptimas fueron: relación de peso semilla/volumen de tampón de acetato 0,1 N; germinación de 10 días, temperatura de 20, 30, 55 °C y pH 3.5, 5.6, 10. Por último, determinaron que la mejor característica de cocción, pH, valor nutricional y sustitución fue 20°C, 5.6 y 12% de avena. Cerron, Hurtado, Osorio, y Buchely (2010) realizaron un estudio para determinar el nivel máximo de sustitución de harina de trigo (100%) con harina de papa (*Solanum tuberosum*), utilizando la combinación de 10, 20 y 30%. Utilizaron el diseño completamente aleatorio (DCA), reportando que las variables respuestas de color, sabor, textura y aceptabilidad se presentaron con la sustitución de 20%, y aumentando la proteína 2.23%.

A través de diversas fuentes recopiladas, las investigaciones sobre la sustitución de harina de trigo por otras harinas de mejor composición nutricional (harinas de garbanzo, lentejas, habas, soya, etc.) vienen siendo investigados a nivel mundial (Fik, Surówka, Maciejaszek, Macura, & Michalczyk, 2012; Mohammed et al., 2012; Previtali et al., 2014; Brevis, Morris, Manthey, & Dubcovsky, 2010; Koletta, Irakli, Papageorgiou, & Skendi, 2014).

2.5.2 Etapas del procesamiento del pan molde blanco

Calaveras (1996) menciona que generalmente la elaboración de pan molde se realiza por el método directo. La Dirección General De Salud Ambiental (2011) señala que las etapas para el procesamiento del pan de molde son las siguientes:

- A. **Pesado:** Se hace de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, este pesaje se debe realizar lo más exacto posible de lo

contrario la variación de los ingredientes puede provocar efectos en los productos elaborados.

B. Mezcla y amasado: Los objetivos de este paso son la distribución homogénea de los ingredientes y un adecuado desarrollo del gluten. El método más empleado es el directo en el cual todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo. Durante el amasado tienen lugar distintos fenómenos que resultan en la formación de la masa panaria. Principalmente tiene lugar un cambio en el estado natural de las materias primas, que pasan de ser simples ingredientes individuales a transformarse en un único elemento, la masa. Por lo tanto, al añadir el agua se produce un efecto de homogeneización. La capacidad de absorber agua de una harina depende principalmente de la fuerza (W), contenido en almidón dañado, de la humedad, granulometría, grado de extracción y de la calidad y cantidad de proteínas que presente la harina. Otro fenómeno que tiene lugar durante el amasado es el aumento de volumen de la mezcla de ingredientes y, posteriormente, de la masa. El contacto de los ingredientes con el oxígeno y la propia actividad de la levadura dando lugar a una pequeña fermentación. A partir del momento de la incorporación de la levadura al resto de ingredientes, empieza la metabolización de los azúcares libres de la harina. Durante el transcurso del amasado también tiene lugar un aumento de temperatura producido por la propia temperatura de las materias primas, la temperatura ambiental y la temperatura de fricción producida por el propio amasado. Se considera que la temperatura de masa debe estar entre 23 y 26°C. Al final de esta etapa se obtiene una masa con distintas características plásticas, es decir, las masas pueden ser tenaces (ofrecen resistencia al estiramiento), elásticas (se estiran hasta cierto punto y muestran capacidad de

retroceso) o extensibles (tienen capacidad para ser estiradas y laminadas hasta llegar a un punto de romperse) (Gimeno Montoya, 2013).

- C. **División o corte:** Luego de la fermentación se divide la masa en tantas porciones como panes se vayan a fabricar. Para ello se emplea una maquina cortadora divisora, para obtener un peso similar en cada pan se debe tener en cuenta la pérdida de peso de la masa por deshidratación. La AACCC (2012) señala que para pruebas de laboratorio el peso debe ser 10g.

Según Gimeno Montoya (2013) la división, ya sea manual o mecánica, debe durar como máximo 10-15 minutos, en caso contrario la masa se encuentra demasiado fermentada y con una temperatura y acidez excesivas que se traducen en problemas de desgasificación y masas pegajosas, resultando en productos con colores de corteza desiguales y con ausencia de sabor

- D. **Pre fermentación:** El objetivo de esta etapa es que la masa se relaje después del tratamiento mecánico recibido durante la división y boleado y que madure antes del formado. Las piezas formadas en la etapa anterior, las bolas, deben dejarse reposar entre 5 y 10 minutos, aunque el tiempo depende de la temperatura ambiental y de la cantidad de levadura incorporada.

- E. **Heñido o boleado:** El objetivo de esta etapa es producir una capa seca en cada una de las piezas para que la etapa posterior, el formado, sea suave y no produzca desgarres en la masa. El boleado puede realizarse manualmente o con boleadoras pero siempre debe proporcionar piezas uniformes. Una vez dividida la masa es necesario realizar un correcto boleado o heñido. Es una etapa sencilla aunque requiere experiencia y destreza para formar las bolas correctamente. Las bolas deben tener cierta flexibilidad, para permitir el

formado, y deben presentar un cierre en la parte inferior lo suficientemente hermético para evitar pérdidas de gas durante la fermentación.

F. **Formado:** En esta etapa se da la forma a las piezas, según el producto que se quiere elaborar. Los dos formatos más comunes son la barra y la hogaza, aunque existen infinidad de formatos. Es importante que se realice de manera suave para no causar daños a la masa que repercutirían en un mal formado y en defectos en el producto final, cada bola de masa se extiende con un rodillo y se procede a dar la forma que corresponda al tipo de pan que se está elaborando.

G. **Fermentado final:** Los panes moldeados se colocan nuevamente en el cuarto de fermentación donde crecen aproximadamente el doble de su tamaño a una temperatura de 30-35°C y una humedad entre 80-85%. Esta segunda etapa de fermentación es la más larga y las enzimas α -amilasa, β -amilasa, glucosidasa y amiloglucosidasa actúan sobre el almidón. El ambiente presente en las piezas formadas es principalmente anaerobio, por lo que la fermentación que tiene lugar en mayor grado es de tipo alcohólica aunque a su vez se producen distintas fermentaciones complementarias (butírica, láctica y acética).

Para que la segunda etapa de la fermentación se desarrolle correctamente es necesario que el pH de la masa se encuentre entre 5,2 y 5,8, mientras que la temperatura debe oscilar entre 28 y 29°C. Si la temperatura de la masa es más alta, aunque requerirá un menor tiempo de fermentación, la masa será excesivamente pegajosa, dando problemas al trasladar las piezas y provocará el desarrollo de fermentaciones no deseables. Sin embargo, las levaduras muestran su mayor actividad a temperaturas entre 35 y 40°C. Por este motivo, y para reducir el tiempo de fermentación, es necesario que la transferencia de

calor a la masa haga aumentar la temperatura de la masa unos 10-15°C. Esta temperatura se alcanza mediante la humedad que se condensa en la superficie del pan, cediendo su calor latente (Gimeno Montoya, 2013).

H. **Horneado:** Finalmente los panes se colocan en el horno a una temperatura acorde con el tamaño y el tipo de pan. Esta etapa sucede en dos fases:

- Cuando el producto adquiere una temperatura interna de 45-50°C la producción de gas se inactiva por la muerte de la levadura y da el volumen final del pan y la miga se expande por la acción del gas; cuando el producto tiene una temperatura interna entre 60 - 70°C hay coagulación de proteína y gelatinización de los almidones, el producto pierde su plasticidad y adquiere la forma definitiva del pan.
- En la segunda etapa ocurre el secado que forma la corteza y el cocimiento del pan.

Las variables del proceso de cocción (temperatura, vapor, configuración del horno, tiempo, etc.) dependen de las características del producto a elaborar y del aspecto deseado para el producto final.

I. **Enfriamiento y Almacenamiento:** Debe efectuarse a temperatura ambiente, no todos los tipos de pan se empaquetan pero cuando se hace no se deben empaquetar panes aún calientes (27-30°C) y no empaquetar en polietilenos que contengan polímeros tóxicos.

2.6 Métodos para la evaluación físico químico del pan

El contenido de proteína de la harina, el índice de sedimentación, el índice de caída de harina, y fuerza de la masa son los principales factores que afectan a las propiedades del volumen, porosidad, textura y color del pan; siendo estos atributos

físicos importantes en el sector de panificación, también en la clasificación y control de calidad (Różyło & Laskowski, 2011; Li, Deng, Li, Liu, & Bian, 2015; de Villiers & Laubscher, 1995).

2.6.1 Volumen del pan

El volumen se define como la cantidad de espacio tridimensional ocupado por el pan, usualmente se expresa en unidades que son el cubo de las unidades de longitud, tal como pulgadas cúbicas, centímetros cúbicos y metros cúbicos. Esta evaluación física es fundamental en la industria de alimentos, incidiendo en el ojo del ser humano y se relaciona con otros parámetros de calidad, relacionándose inversamente con la textura (Sahin & Gülüm Sumnu, 2009). Por lo tanto, la adición de harinas enriquecidas en diferentes concentraciones trae consigo un efecto sobre la masa panadera, lo cual da diversos cambios en parámetros de calidad del pan, tales como el volumen, también color, porosidad, textura, etc. (Hager & Arendt, 2013).

El volumen, que afecta la aceptación por parte del consumidor, se puede calcular a partir de las dimensiones o utilizando varios métodos como: desplazamientos de líquidos, semillas, gas o sólidos y procesos de imágenes. La porosidad es una propiedad física que caracteriza la textura, la calidad de los panes y humedad intermedia. La porosidad se puede calcular como la diferencia entre el volumen global de un trozo de material poroso y el volumen después de la destrucción de todos los espacios vacíos por comprensión, por método óptico, por método de densidad, o utilizando un picnómetro o porosímetro (Sahin & Gülüm Sumnu, 2006).

Los trabajos realizados utilizaron el método de desplazamiento de semillas para medir el volumen del pan (Sahin & Gülüm Sumnu, 2009). El volumen de la muestra se calcula a través de las ecuaciones (1), (2), (3).

$$W_{semillas} = W_{total} - W_{muestra} - W_{envase} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$V_{semillas} = \frac{W_{semillas}}{\rho_{semillas}} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$V_{muestra} = V_{envase} - V_{semillas} \quad \text{Ec. (3)}$$

Dónde:

W = Peso (Kg)

V = volumen (m³)

ρ = Densidad (kg/m³)

Pongjaruvat, Methacanon, Seetapan, Fuongfuchat, y Gamonpilas (2014) señalan que la evaluación de los panes se debe realizar aproximadamente tres horas después de la cocción completa. Además mencionan que su volumen aparente específico (cm³/g) se determinara como la relación entre el volumen (cm³) de la masa del pan (g) usando un método de desplazamiento de semillas de colza modificada de acuerdo con la AACC 10-5-1 y que las mediciones se realicen por triplicado (Elgeti et al., 2014).

2.6.2 Porosidad mediante el método óptico

Sahin y Gülüm Sumnu (2009) mencionan que la porosidad es una propiedad física importante en la caracterización de la textura y calidad de productos horneados, también de alimentos secos y humedad intermedia. Los datos de porosidad se necesitan en la modelización y diseño de varios procesos de transferencia de calor y transferencia de materia tales como productos horneados, enfriamiento, calentamiento y extracción.

La porosidad (ε) se define como la fracción volumétrica de aire o fracción vacía en la muestra y se expresa en la ecuación (4): (Sahin & Gülüm Sumnu, 2009)

$$\epsilon = \frac{\text{Volumen vacío}}{\text{Volumen total}} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

ε = Adimensional

Existen diferentes métodos para determinar la porosidad, que se resume en los siguientes métodos: directo, óptico, densidad, picnómetro de gas, utilizando porosímetros (Kassama, Ngadi & Raghavan, 2003; Hicsasmaz & Clayton, 1992)

La porosidad que divide al espacio de aire encerrado dentro de las partículas se le denomina porosidad aparente (ε_{ap}) y se define como la razón entre el espacio del aire encerrado o volumen de huecos o volumen total. La porosidad aparente se calcula a partir de los datos de medición de la densidad de sólidos (ρ_s) y la densidad aparente (ρ_{ap}).

Auxiliadora, Galán, Ortiz y Ortiz (2013) mencionan la caracterización de la estructura de pan y de la miga de los productos horneados se puede obtener usando técnicas de imagen. El análisis de imagen se basa en la segmentación celular, tiene por objeto determinar las distribuciones de tamaño de celda y forma. Lassoued, Babin y Della (2007) señalan el método óptico define el índice de finura de la miga, en relación con el tamaño de celda. Por lo tanto, la porosidad y textura de imagen se puede definir como la distribución espacial de los niveles de gris (fina, lisa, gruesa, Granulado etc) (Shehzad et al., 2010; Asegehegn, Schreiber & Krautz, 2011).

Para analizar la porosidad, varios autores realizaron por el método óptico. Sahin y Gülüm Sumnu (2006) señala que este método es adecuado si la porosidad de la muestra es totalmente uniforme, además indica que se puede determinar la distribución del tamaño de los poros si se utiliza el software adecuado para analizar imágenes. El software Image J (<http://rsb.info.nih.gov/ij>) se utiliza para analizar poros y determinar el área basada en la distribución de tamaño de poro, en el diámetro medio de poro y en el porcentaje de la fracción del área de los poros. El software utiliza el contraste entre las dos fases (poros y parte sólidos) en la imagen.

El método de la densidad: es el método que se calcula a partir de la medición de las densidades, Pongjaruvat et al. (2014) indica que la porosidad aparente (ϵ_{ap}) se calcula a partir de los datos de medición de la densidad de sólidos (ρ_s) y la densidad aparente (ρ_{ap}), ecuación (5), (6), (7), (8), (9).

$$\epsilon_{ap} = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_s} \quad \text{Ec. (5)}$$

O a partir del volumen del sólido (V_s) y aparente (V_{ap}) del siguiente modo

$$\epsilon_{ap} = 1 - \frac{V_s}{V_{ap}} \quad \text{Ec. (6)}$$

La porosidad global (ϵ_{global}) que también se denomina porosidad interna o interparticular, incluye el volumen hueco externo al límite de las partículas individuales cuando se apilan a granel y se calcula utilizando las densidades globales y aparentes:

$$\epsilon_{global} = 1 - \frac{\rho_{global}}{\rho_{ap}} \quad \text{Ec. (7)}$$

O a partir de los volúmenes global específico (V_{global}) y aparente (V_{ap}) del siguiente modo

$$\epsilon_{global} = 1 - \frac{V_{ap}}{V_{global}} \quad \text{Ec. (8)}$$

Por tanto la porosidad total cuando el material está envasado o aplicado a granel es:

$$\epsilon_{TOT} = \epsilon_{ap} + \epsilon_{global} \quad \text{Ec. (9)}$$

2.6.3 Análisis de color

El color es uno de los atributos importantes de calidad de los alimentos. Aunque no necesariamente refleja valores nutricionales, de sabor o funcionalidad, pero si

determina la aceptabilidad de un producto por parte de los consumidores. Se puede desear seguir los cambios de color de un producto durante el horneado, almacenamiento, maduración, procesado, etc. A menudo el color se utiliza para determinar la madurez de las frutas, color de las papas fritas, el color de la harina refleja la cantidad de salvado. Además, la harina recién molida es amarilla debido a la presencia de xantofilas (Sahin & Gülüm Sumnu, 2009).

El color es un fenómeno de percepción que depende del observador y de las condiciones de como se observa. Es una característica de la luz, que es medible en términos de intensidad y longitud de onda (Pongjaruvat et al., 2014). El color del producto afecta la percepción de los consumidores en su calidad general, también sabor y aroma (Moyano, Meléndez-Martínez, Alba & Heredia, 2008; Moyano et al., 2008).

Para predecir los colores se han desarrollado una variedad de sistemas. Los sistemas de orden de color son disposiciones tridimensionales de color de acuerdo a la apariencia. Cada color tiene una notación relacionado con su posición en el dispositivo (Krantz, 1975). Los sistemas de medición de color son: color Munsell, color CIE, Espacios de color CIE $L^*a^*b^*$ (CIELAB), espacios de color Hunter lab, Lovibond, y por el sistema de diferencias de color. Sahin y Gülüm Sumnu (2009) reportan que el método de medición de color CIELAB se desarrolló en 1976, ofreciendo más ventajas que los sistemas ya mencionados y el sistema desarrollado en 1983. Es más uniforme y está basado en los colores más útiles y aceptados que describen una teoría de los colores opuestos.

El espacio de color $L^*a^*b^*$ (también llamado CIELAB) es actualmente uno de los espacios más populares para medir el color de los objetos y se utiliza ampliamente en casi todos los campos. En este espacio, L^* indica luminosidad y a^* y b^* son las

coordenadas de cromaticidad (Pérez et al., 2003; Paucar Menacho, 2013). Sahin y Gülüm Sumnu (2006) señalan que la localización de cualquier color en el espacio de color CIELAB está determinada mediante sus coordenadas de color: L^* , a^* y b^* . L^* representa la diferencia entre la luz ($L^* = 100$) y la oscuridad ($L^* = 0$). El componente de a^* representa la diferencia entre el verde ($-a^*$) y el rojo ($+a^*$) y componente b^* representa la diferencia entre azul ($-b^*$) y amarillo ($+b^*$). Si se conoce las coordenadas L^* , a^* y b^* , entonces no solamente el color está descrito, sino que también se encuentra en el espacio, tal como se observa en la Figura 2 (Pongjaruvat et al., 2014).

Las coordenadas CIELAB L^* , a^* , b^* se calculan a partir de los valores triestímulo de acuerdo con las siguientes ecuaciones 10, 11 y 12: (Sahin & Gülüm Sumnu, 2006). En la figura 3 se muestra el sistema de adquisición de imágenes para el análisis.

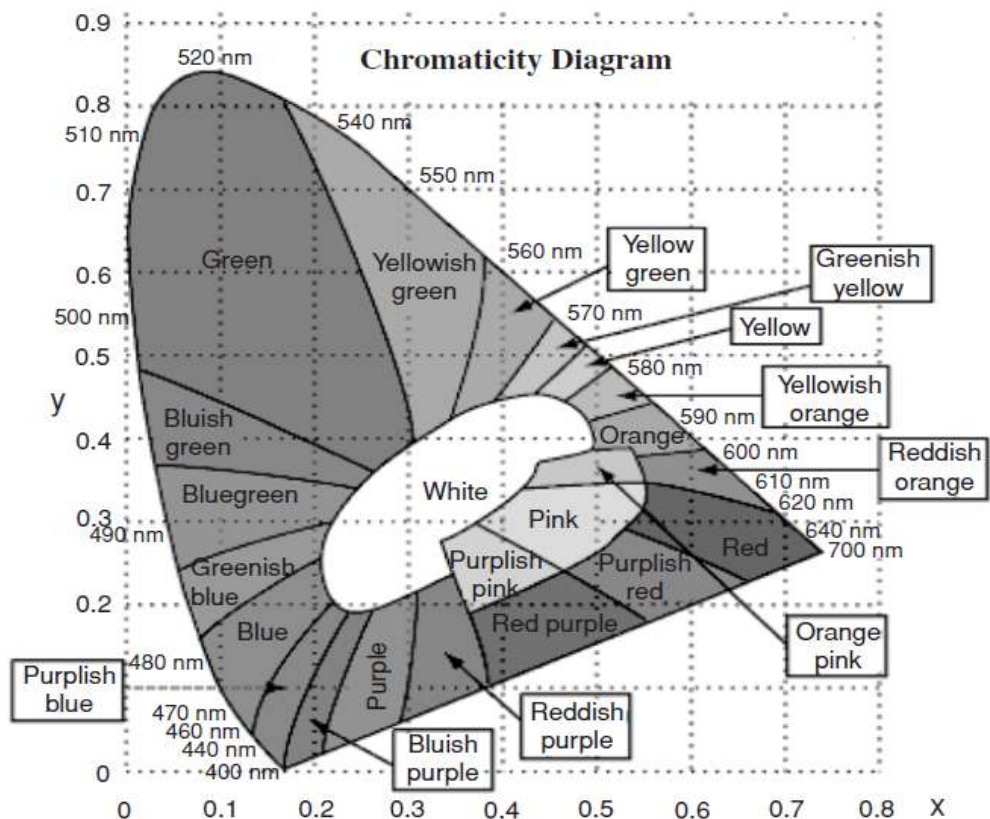


Figura 2. Diagrama de cromaticidad del sistema CIE (Sahin & Gülüm Sumnu, 2006).

$$L^* = 116 f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - 16 \quad \text{Ec. (10)}$$

$$a^* = 500 \left(f \left(\frac{X}{X_n} \right) - f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) \right) \quad \text{Ec. (11)}$$

$$b^* = 200 \left(f \left(\frac{Y}{Y_n} \right) - \left(\frac{z}{z_n} \right) \right) \quad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

X = Rojo (Adimensional)

Y = verde (Adimensional)

Z = Azul (Adimensional)

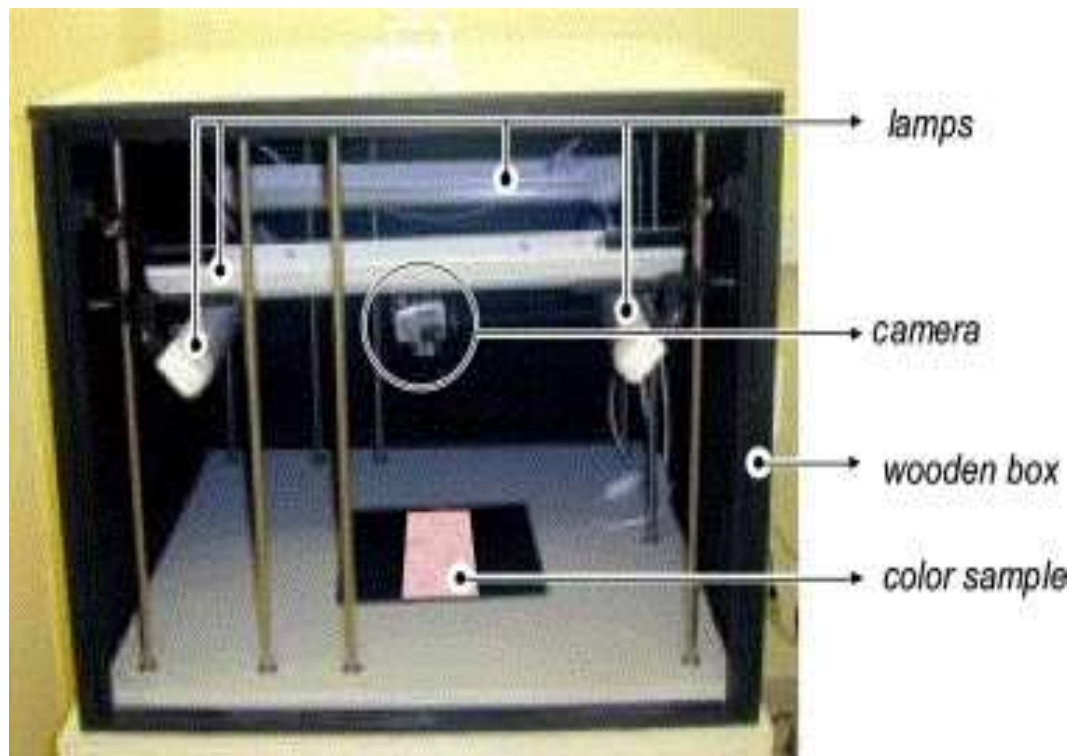


Figura 3 – Sistema de la adquisición de imágenes (León, Mery, Pedreschi, y León, 2006)

2.6.4 Análisis sensorial

En las últimas décadas, el uso de técnicas sensoriales ha experimentado un cambio drástico. Profesionales sensoriales en la industria, así como los científicos visuales en el mundo académico, han cambiado la forma de utilización estos métodos,

y su forma de utilizar sus resultados en los proyectos de investigación y desarrollo (Rivera et al., 2010). Delarue y Sieffermann (2004) mencionan que los estudiantes en los programas de ciencias sensoriales y de los alimentos ahora están familiarizados con una serie de diferentes técnicas, y el número de nuevos métodos que se publican cada año en la literatura se está acelerando. Entre otros factores, el tiempo y las limitaciones económicas que van junto con las necesidades industriales, sin duda, han impulsado esta evolución.

La evaluación sensorial es un instrumento importante en la caracterización cuantitativa de atributos de los productos, en la literatura se conoce como un análisis descriptivo o un perfil sensorial. Los análisis descriptivos más sofisticados involucran la discriminación y la descripción de componentes sensoriales cuantitativos y cualitativos (Valere & Ares, 2014). Actualmente existen varios métodos para describir las características sensoriales de un producto; sin embargo, el análisis descriptivo cuantitativo es la técnica ideal y frecuentemente usada para la caracterización sensorial de los alimentos, la cual es realizada mediante jueces entrenados, sin embargo, dicha metodología sensorial tiene como desventaja el tiempo de entrenamiento de los jueces sensoriales, que a su vez se traduce en una inversión excesiva de dinero (Guàrdia, Aguiar, Claret, Arnau, & Guerrero, 2010; Worch, Lê, & Punter, 2010).

Por otro lado, el ámbito sensorial cuenta con una segunda vertiente que está íntimamente relacionada con el análisis hedónico, y que al tener una conexión con la parte descriptiva, se convierte en una poderosa herramienta para el diseño, formulación y optimización de nuevos productos, a esta herramienta se le conoce como el mapa de preferencias (MP) (Schlich & McEwan, 1992; Thompson, M.A. Lopetscharat, & Yates, 2004; Séménou, Courcoux, Cardinal, Nicod, & Ouisse, 2007). Sin embargo, el tiempo de entrenamiento de un panel sensorial puede ser un factor en contra a los

intereses de las pequeñas empresas de alimentos, así como, de productores a pequeña escala que requieran resultados rápidos (Kilcast, 2010). Dalarue, Lawlor y Rogeaux (2015) reportan que las investigaciones de mercado que efectúan las diferentes empresas en alimentos requieren de información rápida sobre sus productos, por lo tanto, no siempre cuentan con la posibilidad económica y de infraestructura para entrenar un panel, es por ello que el uso de la percepción de los consumidores para la evaluación de características sensoriales puede ser una alternativa rápida para su posterior construcción de mapas de preferencias. Por tal motivo Delarue, Lawlor, y Rogeaux (2015) y Husson, Le Dien, y Pagès (2001) señalan que no es necesario un largo proceso de entrenamiento para obtener los perfiles sensoriales, si se basa simplemente en la generación de atributos sensoriales, por tal efecto, dentro del ámbito sensométrico se han desarrollado procedimientos rápidos como el Perfil Flash (PF). Dairou, Dairou, Sieffermann, y Sieffermann (2002) recalcan que es una técnica derivada del perfil libre de elección en el cual los sujetos generan sus propios términos sensoriales. Husson et al. (2001); Lelièvre, Chollet, Abdi, & Valentin. (2008); (Drake et al., 2009) y Abrera, Uadalupe, Anul, Anuel, & Arrientos (2012) han demostrado que la percepción de consumidores es comparable a la percepción de los panelistas entrenados.

I.1.1.1 Perfil flash en análisis sensorial

Valere y Ares (2014) indica que el perfil de flash tiene como objetivo proporcionar un acceso rápido a la posición sensorial relativa de un conjunto de productos. La tarea de evaluación simplemente combina dos procedimientos bien conocidos: Perfil de libre elección (FCP) y Evaluación comparativa con una calificación inmediata. Este método consiste en pedir a los evaluadores utilizar sus propios términos descriptivos con el fin de clasificar los productos evaluados para cada

uno de estos términos, cuyo objetivo es proporcionar un acceso rápido a la posición relativa de un conjunto de productos (Williams & Langron, 1984).

Las instrucciones son muy simples. Se pide a los panelistas observar, manipular y probar las muestras para describirlos. A los panelistas se les dice que usar cualquier atributo sensorial que considerarían apropiado para describir las muestras, siempre que sean suficientemente discriminativo para permitir una clasificación de las muestras (o incluso una clasificación parcial, ya que los lazos están permitidos). Se les pide que describa todas las diferencias que perciben y el número de atributos generalmente se dejan abiertas. En algunos casos, el experimentador puede decidir limitar el estudio a algunos aspectos solamente (por ejemplo, textura o sabor). Los panelistas deben entonces clasificar inmediatamente todas las muestras para cada atributo suscité, desde los más débiles a la sensación más fuerte, con lazos permitidos. Alternativamente, el panelista puede elegir el ancla que él o ella encuentran apropiado (por ejemplo, de amarillo a marrón) (Tarea, Cuvelier, & Sieffermann, 2007). Un ejemplo impreso se da generalmente como se representa en la figura 4. Cada uno debe entonces ser llevado a elegir un ejemplo que no está directamente relacionada con la configuración del producto bajo investigación con el fin de influir en la descripción (Valere & Ares, 2014).

Los panelistas son libres de comparar y degustar las muestras tantas veces como sea necesario para realizar la tarea. Las filas para cada atributo deben ser reportados en un formulario (Figura 5) que puede ser ya sea impreso o presentado en una pantalla digital (ordenador o dispositivo portátil). Cuando se trabaja con papel y lápiz, se pide a los panelistas para asegurarse de que para cada atributo, han informado los códigos de todas las muestras y que ninguna se reportaron dos veces (Valere & Ares, 2014; Dairou & Sieffermann, 2002; Rason, Léger, Dufour, & Lebecque, 2006).

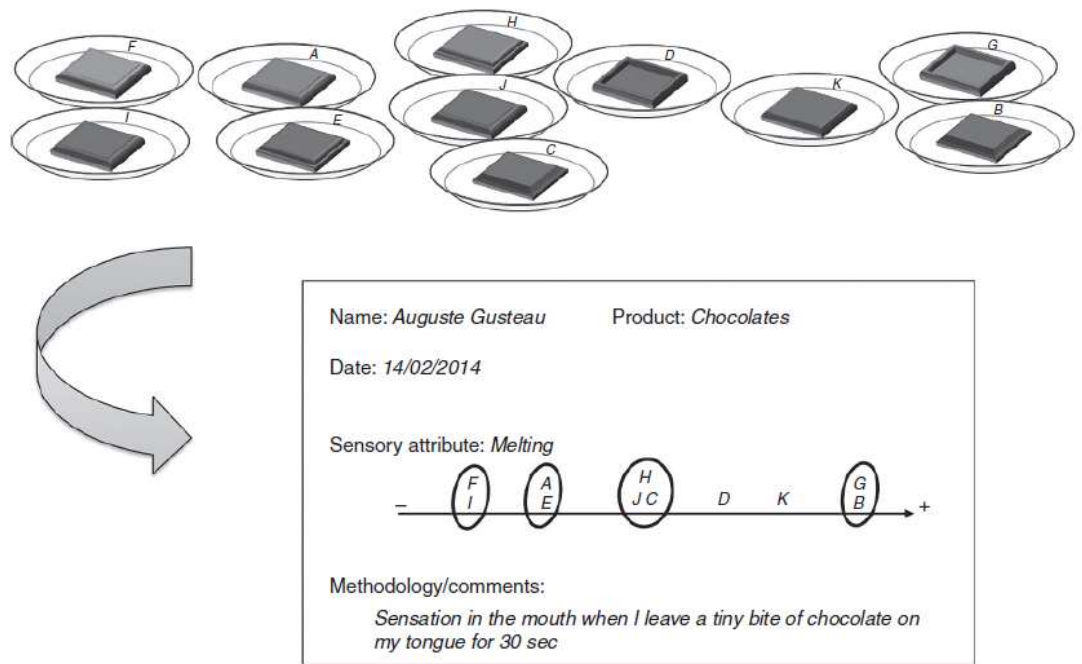


Figura 4. Ejemplo de la clasificación física de las muestras a lo largo de un atributo sensorial y de su transcripción en forma (Delarue et al., 2015).

The figure shows a stack of blank forms for recording sensory attribute classifications. Each form includes the following fields:

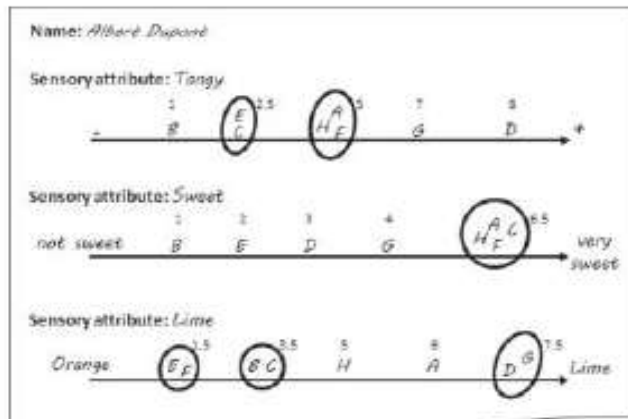
- Name:
- Product:
- Date:
- Sensory attribute:
- Methodology/comments:

The forms are arranged in a stack, with the top form showing a scale from - to + and two empty boxes for recording the positions of the samples.

Figura 5. Una serie de formularios en blanco que por lo general se da a los evaluadores con el fin de informar de sus posiciones para cada atributo que han utilizado. Formularios de papel simple y conveniente, que pueden ser mostrados en computadoras o pantallas digitales (Valere & Ares, 2014).

Johnson, Birch, y MacDougall (1994) mencionan que aunque no existe una regla general en cuanto al número de atributos que se suscitaron por cada panelista, en la mayoría de los estudios que hemos realizado, este número suele variar entre los 4 y 15 atributos dependiendo del conjunto de productos y de los panelistas. Aunque no existe una regla absoluta en cuanto al número de panelistas que deben participar en el método del Perfil Flash, por lo general, consideramos cuarenta o cincuenta como mínimo. Esto permite ceder la información sensorial relativamente estable y complementaria acerca de los productos. Naturalmente, la contratación de más panelistas es que vale la pena, pero no es estrictamente necesario número de panelistas. El método del Perfil Flash se basa en una sola evaluación, y en la mayoría de los casos, no hay necesidad de mantener un panel más grande (Valere & Ares, 2014; Alvarado, Cervantes, Velázquez, Jesús, & Rivera, 2010). Moussaoui y Varela (2010); Varela y Ares (2012) indican que dependiendo de los objetivos del estudio, el método perfil flash con los consumidores se han realizado con paneles que van desde 24 a 200 participantes.

La codificación a las puntuaciones dadas, la más baja será 1 y la más alta 10. Se obtiene una tabla para cada panelista, la figura 6 muestra un ejemplo de la codificación del resultado de un solo evaluador (sólo los primeros tres atributos están representados). Las filas se codifican por el experimentador y entraron en una hoja de cálculo. En caso de empate, se utiliza el rango medio. Tenga en cuenta que para todos los atributos, la suma de filas siempre debe ser el mismo. Se obtiene una tabla para cada evaluador y tablas individuales puede ser entonces concatenado, en función de análisis de datos subsiguiente y sobre el software estadístico que se utiliza (Valere & Ares, 2014).



Product	Tangy	Sweet	Lime	...
A	5	6.5	6	
B	1	1	3.5	
C	2.5	6.5	3.5	
D	8	3	7.5	
E	2.5	2	1.5	
F	5	6.5	1.5	
G	7	4	7.5	
H	5	6.5	5	
Σ	36	36	36	

Figura 6. Codificación del resultado de un solo evaluador (Valere & Ares, 2014)

Estos resultados pueden ser evaluado por diferentes métodos tales como: análisis generalizado de Procrustes (ACP), análisis factorial (MFA), análisis discriminante múltiple (MDA), STATIS y otros.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La investigación de la caracterización fisicoquímica del pan molde blanco a través de la sustitución de harina de trigo por harina de pajuro se realizó en el Centro de Investigación en Ciencia Tecnología de Alimentos (CITAL). Ubicados en las instalaciones de la E.P. Ingeniería en Industrias Alimentarias, facultad Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión.

3.2 Materia prima

- Harina de trigo proveniente de molinos el triunfo.
- Las semillas de pajuro (*Erythrina edulis*) en su madurez fisiológica (color marrón), fueron adquiridos del mercado Santa Rosa del departamento de Cajamarca, ubicada a una altitud 3500 m.s.n.m.

3.3 Equipos y reactivos

3.3.1 Equipos

- Amasadora (Josisa, serie: 032, modelo: AS 15)
- Equipo Kjeldahl (Tecnal, Modelo: TF 0363 Brasil)
- Estufa. (Marca: Muszeri)
- Balanza analítica. (Marca: Pionnerse, Modelo: Item PA214, Capacidad: 210g.)
- Balanza gramera. (Marca: Scout-Pro, Modelo: Scout Pro SP6000, Capacidad: 6000g.)

- Bolsa plástica cerradas de polietileno de baja densidad (PEDB) de 0.50 mm de grosor
- Buretas. (Marca: Fortuna, Cantidad: 25, 50 ml.)
- Cuchillos de acero inoxidable
- Crisol. (Marca: Halden wanger).
- Horno Josisa (modelo: Jossi Jas, serie: 036)
- Secador de Bandejas (Marca: Innova, Modelo: QB-60)
- Molino de Martillos. (Marca: Innova).
- Molino tipo tornillo sinfín. (Marca: Corona con capacidad 200 g.)
- Mufla (Serie: 14652, modelo: 1630)
- Matraz. Erlenmeyer. (Marca: Pyrex, Cantidad: 125, 250 y 500ml.)
- Tamices de acero inoxidable. (Marca: Test Sieve de 180 μm)
- Papel aluminio. (Marca: Heavy Duty, Cantidad: 8m x 300 mm.)
- Papel toalla. (Marca: Elite.)
- Pipetas. (Marca: Fortuna, Cantidad: 1,2, 5 y 10 ml.)
- Probeta de 25ml, 50ml, 100 ml y 250ml. Duran, Germany.
- Tazones de acero inoxidable
- Termómetro Fisher Scientific, rango de temperatura de 220°C a -30°C.
- Tubos de ensayo
- Vaso Precipitado. 50 ml, 250 y 500ml. Normax, Portugal.

3.3.2 Reactivos

- Ácido clorhídrico HCl 0.1N. (Marca: Scharlau.)
- Ácido sulfúrico. (Marca: Merck)
- Ácido clorhídrico. (Marca: Merck)

- Ácido bórico. (Marca: Merck)
- Alcohol etílico al 95%
- Agua destilada
- Fenolftaleína. (Marca: Hycel)
- Hidróxido de sodio NaOH 0.1N y 40, 80%. (Marca: Scharlau.)
- Éter de petróleo (Riedel de Haen)
- Verde de bromocresol (Merck)

3.4 Método de Análisis

3.4.1 Obtención de la harina de pajuro

La harina de pajuro precocida es el resultado de la cocción del pajuro, secado, molido y tamizado.

El procedimiento general para la obtención de harina de pajuro precocida se desarrolló en base a las líneas de flujo establecidos por Yousseff, Salem, Hamid, & Abdel-Rahman (1976).

- Recepción: En esta etapa se realizó el pesado y selección de las semillas.
- Limpieza: Con la finalidad de eliminar el contenido de impurezas tales como: piedras pequeñas, tallos y tierra.
- Lavado: El lavado tiene la finalidad de eliminar la cáscara. Se realiza 3 veces con agua a 35 ° C.
- Precocción: se puso en la marmita a 90 °C por media hora.
- Pelado: se pelo manualmente, quitando la cáscara una por una (Zavaleta et al., 2010).

- Secado: con el fin de obtener un contenido de humedad de 10-15%, se realizó en un secador de bandejas a 60°C en rejillas de acero por 48 horas.
- Molienda: Esta operación se efectuó por 1 hora.
- Tamizado: El producto molido se tamizó mediante una malla de 180 mesh (0.0084mm)
- Almacenamiento: Se almacenó en bolsa de polietileno en un lugar seco y a temperatura ambiente.

3.4.2 Análisis proximal de la harina de pajuro

El análisis proximal de la harina precocida de pajuro se realizó según lo siguiente: ceniza (AOAC 923.03/90, 2000); humedad (AOAC 925.10/60, 2000); grasa cruda (AACC 30-25.01, 2000); proteína según método micro-Kjeldahl (AACC 43-13 2000); Fibra cruda (AACC 32-10.01, 2000); Acidez (AACC 02-52.01 2000) (AOAC International, 2000; AACC, 2000). Para más detalles ver anexo I: A, B, C, D y E.

3.5 Metodología experimental

3.5.1 Procedimiento del pan enriquecido

La figura 7 señala la elaboración de pan molde blanco con los parámetros, de acuerdo al método de la AACC 10-10.

3.5.2 Análisis fisicoquímicos

El pan que presenta los mejores análisis físicos se realizó el análisis de proteína según el método oficial mico-Kjeldahl (AACC 43-13 2000) (AOAC International, 2000), para verificar el contenido de proteína.

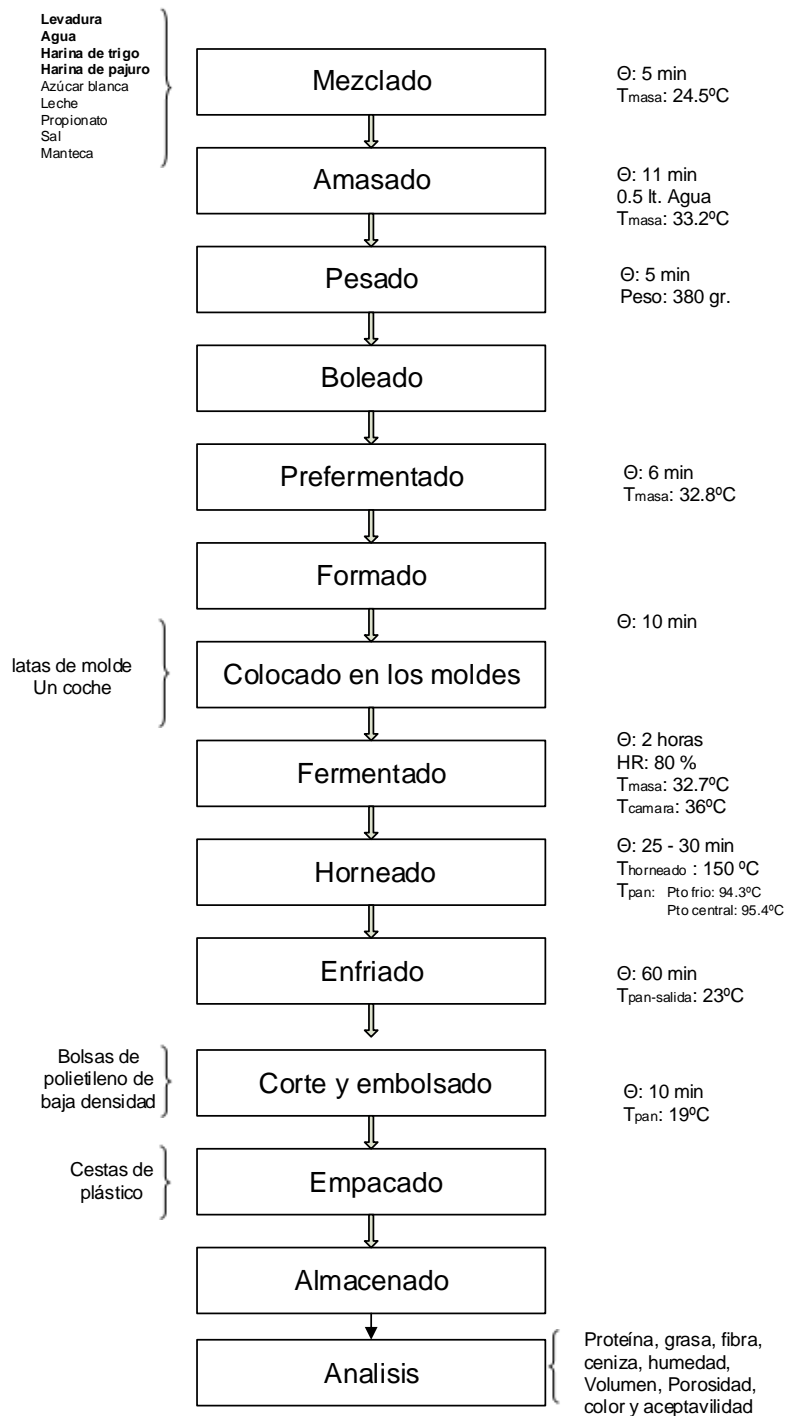


Figura 7. Diagrama de flujo de elaboración de pan molde blanco.

3.5.2.1 Volumen específico del pan molde blanco

Para determinar el volumen se utilizó semillas de mijo uniformes. Primero se determinó la densidad global de las semillas, llenando uniformemente en un Beaker

de 500 ml, dar unos pequeños golpes y alisando con una regla (AOAC International, 2000; Sahin y Gülüm Sumnu, 2009). Todas las medidas se realizarán hasta alcanzar un peso constante entre medidas consecutivas. Las densidades de las semillas se calculan a partir del peso medio de las semillas y del volumen del recipiente. Luego las semillas y la muestra se colocan juntas en el recipiente. El recipiente se golpea y la superficie se iguala con una regla. Los golpecitos y los alineamientos continúan hasta que se alcance un peso constante entre medidas consecutiva (American Association of Cereal Chemists (AACC), 2012).

3.5.2.2 Porosidad del pan mediante el método óptico

Esta se realizó tres horas después de ser horneado el pan molde. Primero se cortó en rebanadas y se obtiene la imagen a través de fotografía, luego la imagen fue escaneada en color, convirtiéndose a escala de grises utilizando el software Imagen J. Utilizando dimensiones de longitudes conocidas, los valores de pixeles se convierten en unidades de distancia (Sahin & Gülüm Sumnu, 2009; Karathanos & Saravacos, 1992). A partir de la imagen, se extraen la cantidad de poros y el tamaño de las áreas de los poros mediante el software ya mencionado (EasyRGB, 2015).

3.5.2.3 Determinación de color

La medida del color del pan blanco se llevara a cabo con el método CIELAB (León, Mery, Pedreschi y León, 2006). Una cámara canon EO5 Rebel T3i de color digital con 18 megapíxeles de la resolución, colocada verticalmente a una distancia de 25,5 cm de las muestras. El ángulo entre el eje del lente y las fuentes de iluminación es de aproximadamente 45°. La iluminación se logró con 4 lámparas led de 9W (60 cm de longitud), con una temperatura de color de 6500 K, y un índice de color (Ra) cerca de 95%. Los tubos que iluminan y la cámara se colocaron en una caja de madera

de las paredes interiores de los cuales fueron pintados de negro para minimizar la luz de fondo. Posteriormente cada foto se abrió con el programa Paint, se selecciona el color del centro de la muestra y transformar las unidades RGB255 a unidades CIEL $L^*a^*b^*$, Hunterlab, CIEL*, el dato se llevó al programa EasyRGB, luego al programa excel para obtener los valores de $L^*a^*b^*$, y posteriormente graficarlo para ver la diferencia de colores de los diferentes panes (Pongjaruvat et al., 2014; Levin, Dor, & Singer, 2005).

3.5.2.4 Evaluación sensorial por el método de Perfil Flash

Se aplicó el método de Perfil Flash (PF) para la obtención de atributos sensoriales que permitieron caracterizar las muestras de pan molde blanco. Para el desarrollo de dicha técnica se utilizó un grupo compuesto por 25 sujetos, 12 personas trabajadores de la empresa panadera Productos Unión y 13 personas que son consumidores de pan todo los días; estos evaluadores tienen un promedio de edad entre los 18 y 45 años. Los consumidores fueron seleccionados de forma aleatoria (Ngapo, Martin, & Dransfield, 2004). Las muestras de pan molde blanco serán presentadas de manera simultánea a los panelistas. Durante la primera sesión, se les presentó a los sujetos las muestras de pan molde blanco y se les solicitó que generen una lista individual de atributos discriminando las muestras, con la instrucción de evitar los términos hedónicos. A los sujetos, en el desarrollo de los atributos sensoriales, se les instruyó para la percepción y agrupación de los términos de sabor, textura (en tacto y en boca), aceptabilidad y aroma. En la segunda y tercera, se realizó la evaluación de las muestras de rebanadas del pan blanco y para tal efecto se solicitó a los sujetos clasificar los productos para cada atributo sobre una escala tipo ordinal (Figura 5). Cada sesión tuvo una duración aproximada de 30 a 50 minutos. Las muestras de pan molde serán presentadas a los sujetos de ambos sexos de manera simultánea múltiple

(Mazzucchelli & Guinard, 1998; Mazzucchelli & Guinard, 1998), la Figura 8 presenta el flujo experimental realizado en los análisis científicos.

3.6 Diseño estadístico

Con el objetivo de encontrar los niveles aceptables del pan molde blanco enriquecido. La distribución de los experimentos fueron según el diseño central compuesto, centrado en caras (DCC-CC), las variables independientes y los niveles de las variables se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Variables y Niveles del diseño Central Compuesto (DCC) codificados.

Factores %	NIVELES DECODIFICADOS		
	Niveles		
	-1	0	1
Harina de pajuro (g)	10	15	20
Harina de trigo (g)	75	80	85

El análisis de varianza de los efectos de las variables y del efecto combinado de concentración harina de pajuro en volumen específico, porosidad mediante el análisis de imagen y color mediante el método fotográfico, fueron analizados mediante el software STATISTICA 7.0. (El diseño arroja 8 corridas y 3 puntos centrales como se presenta en la Tabla 4).

Control	Condiciones	Operaciones unitarias
	Harina de trigo y pajuro, Agua, Sal, Levadura	Recepción de materia prima
		Pesado de insumos
Materia prima	Proteína, fibra, ceniza y grasa	Análisis proximal
		Tratamientos
T 30°C ⊕ 16 min		Amasado y laminado
100 g ⊕ 5 min		Pesado/dividido
⊕ 5 min		Boleado
T 33 °C, ⊕ 5-6 min		Pre fermentado
⊕ 10 min	Moldes 14.3 × 7.9 cm	Formado y colocado en moldes
T 36 °C, HR 80%		Fermentado
T 150 °C, ⊕ 25-30 min ⊕ 60 min, T 23°C		Horneado
		Enfriado
Pan molde	Proteína, fibra, ceniza, grasa y acidez	Análisis proximal
Pan molde	Volumen, porosidad, color	Análisis físicos
Por el método de perfil flash	Aceptabilidad	Análisis sensorial

Dónde: T = Temperatura y ⊕ = tiempo

Figura 8. Esquema experimental para la elaboración de pan molde blanco, con sustitución parcial harina de pajuro.

Tabla 4. Matriz experimental para el diseño central compuesto

Tratamientos	Variables Independientes	
	% de harina de trigo	% de harina de pajuro
1	-1.0 (75)	-1.0 (10)
2	-1.0 (75)	1.0 (20)
3	1.0 (85)	-1.0 (10)
4	1.0 (85)	1.0 (20)
5	-1.4 (72.9)	0.0 (15)
6	1.4 (87.1)	0.0 (15)
7	0.0 (80)	-1.4 (7.9)
8	0.0 (80)	1.4 (22.1)
9 (C)	0.0 (80)	0.0 (15)
10 (C)	0.0 (80)	0.0 (15)
11 (C)	0.0 (80)	0.0 (15)

El modelo matemático que representa el comportamiento de la concentración de harina de pajuro y harina de trigo es representado en la ecuación (13).

$$Y = \beta_0 + \sum_i \beta_j + \sum_{i>j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i>j} \beta_{ij} x_j^2 + e \quad \text{Ec. (13)}$$

3.6.1 Análisis sensorial mediante la técnica Perfil Flash.

Los resultados del Perfil Flash fueron tratados mediante el análisis factorial múltiple o números no paramétricos (Dairou & Sieffermann, 2002a), y la medición de la similitud entre las personas semi-entrenadas y sin entrenar se evaluó mediante datos multidimensionales utilizando el XLSTAT v. 2015 para microsoft Excel (N. Lassoued, Delarue, Launay, & Michon, 2008). También se utilizó el software STATISTICA 7.0 (Valere & Ares, 2014), para el ANOVA y superficie respuesta. Se realizó los mismos

tratamientos que el diseño DCC-CC aumentando el tratamiento 0 sin sustitución, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Combinación de la harina de trigo y pajuro para la elaboración de pan molde blanco

N° de Tratamientos	Variables Independientes	
	% de harina de trigo	% de harina de pajuro
0	100	0
1	75	10
2	75	20
3	85	10
4	85	20
5	72.93	15
6	87.07	15
7	80	7.93
8	80	22.07
9	80	15
10	80	15
11	80	15

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Distribución proporcional de los componentes del fruto

Se cuantificó la proporción de cada uno de los componentes del fruto de pajuro (Tabla 6). La proporción de la cáscara, semilla y harina es mucho mayor a lo observado por Acero Duarte y Rique (2000) quienes reportaron, que el rendimiento de la harina es la mitad del peso de las semillas (base húmeda), estos resultados se debe a que la obtención de la harina se realizó en base seca y solo semillas sin vainas.

Tabla 6. Rendimiento de las semillas del pajuro

Componentes	Peso en gramos
Semilla	100
Cáscara	9.00 ± 0.33
Harina	87.00 ± 0.83
Perdida	4.00 ± 0.32
Rendimiento	87 ± 0.32

4.2 Obtención de la harina de pajuro precocida

El procedimiento de obtención de harina de pajuro precocida se realizó según M. Yousseff, Salem, Hamid, y Abdel-Rahman (1976). Se realizó el lavado con agua potable por tres veces consecutivas (Sapers, Gorny, & Yousef 2014).

La precocción se realizó a 90 °C por 30 minutos, según recomendaciones de Williamsa, Nakoul y Singh (1983). Güzel y Sayar, (2012) y Ortega et al. (1990) mencionan que la precocción mayor de 20 min inactiva la lectina (anti nutriente), además trae la pérdida de

estructura del grano; este fenómeno se puede explicar porque por encima de los 55.7 °C los granos de almidón se hinchan por la absorción del agua de los grupos polares hidroxilos, en ese momento la viscosidad aumenta considerablemente porque los granos hinchados se adhieren unos con otros (Cheftel et al., 1985). Además, Güzel y Sayar (2012) señala que la cocción se realiza por encima de la temperatura de gelatinización del almidón, permitiendo un producto comestible, mejorando el desarrollo del sabor, aroma y la aceptabilidad global de las legumbres.

En el aspecto nutricional, la importancia de la precocción radica en aumentar la biodisponibilidad de los nutrientes mediante la inactivación de los factores antinutricionales, se incrementa el valor biológico de los aminoácidos (Chau, Cheung, & Wong, 1997); en valores de eficiencia alimenticia las legumbres (pajuro) cocidas es 18 a 20% más eficiente que la harina de trigo, del mismo modo, en valores de eficiencia de proteína, la harina de legumbres tiene valores similares a la caseína, y el valor de eficiencia de nitrógeno para el crecimiento, en las legumbres cocidas es 26% más alto que la caseína (De la Cruz, 2009).

El proceso de secado se realizó en un secador de bandejas a 60 °C por 48 horas según lo recomendado por De la Cruz (2009), la molienda de los granos de pajuro se realizó con un molino manual marca CORONA, a una granulometría de 0.084 mm (180 mesh), recomendado por Sabadinis, Makri, & Doxastakis (2006). La Figura 9 muestra el color y granulometría de la harina de pajuro.



Figura 9. Imagen de la harina de pajuro precocida (180 mesh)

4.3 Composición química de la harina de pajuro

En la tabla 7 se muestra la composición proximal de la harina de pajuro provenientes de los granos de pajuro variedad *Edulis*.

Tabla 7. Algunas características Físico Químicas de la harina de pajuro proveniente de Cajamarca.

Característica	Unidad	Valores
Humedad b.h.	g/100g muestra	80.2 ± 1.5
Humedad b.s.	g/100g muestra	10.8 ± 0.015
Proteína Cruda¹ b.s.	g/100g muestra	21.3 ± 0.05
Ceniza totales b.s.².	g/100g muestra	2.90 ± 0.16
Fibra cruda b.s.	g/100g muestra	0.94 ± 0.17
Grasa cruda b.s.	g/100g muestra	1.52 ± 0.16
Carbohidratos	g/100g muestra	61.54 ± 0.19

¹ El valor representa de tres repeticiones.

Proteína cruda= 5,85 x N

² b.h= base húmeda, b.s.= base seca

El contenido de humedad del fruto es de 80.2%, este resultado es semejante con lo registrado por Perez (1995) para las semillas de *Erythrina costaricensis*, una humedad de 80%. Arango Bedoya et al. (2012) extrajeron un extracto proteico a partir de harina de chachafruto y señalaron un contenido de humedad de 80.37%. Por otro lado, estudios efectuados por Mejía Leudo et al. (1998) muestran una alta dispersión para el porcentaje de humedad de 90%. Silva et al. (2015) trabajaron en la elaboración de maffins enriquecidos con harina de pajuro y analizaron dos muestras de *Erythrina edulis* provenientes de Cajamarca y Ancash, determinaron que la humedad está comprendida entre 90.13 a 90.47% en base húmeda. La diferencia del porcentaje de humedad evidencia diversos manejos de post cosecha previa al almacenamiento, así como, también el periodo y condiciones de almacenaje. El contenido de humedad en base seca es de 10.8% lo cual se encuentra dentro del rango de los siguientes autores Silva et al. (2015); Natalia y Casta (2014) quienes reportan humedad en base seca de 9.5 a 11%. Ozola, Straumite, Galoburda, y Klava (2012) mencionan que una de las características más importantes para la calidad de la harina es la humedad y no debe superar el 15%, de lo contrario el agua libre contribuye al desarrollo de microorganismos y a la actividad de las enzimas.

El contenido de ceniza, expresado en base seca para el pajuro variedad *Erythrina edulis* fue de 2.90%, este registro es inferior al reporte de Umaña, Alvarez, Lopera, y Gallardo (2013) quienes realizaron un estudio sobre las propiedades químicas, térmicas y estructurales de las harinas de chachafruto, reportando el contenido de ceniza 3,71%, Carvajal, Dumar, Castaño, Carlos, y Aguirre (2013) reporta el contenido de ceniza 1.55%, y similar a lo indicado por Silva et al. (2015) que admiten un porcentaje de 2.69 a 2.72%, también Arango Bedoya et al. (2012) manifiesta un porcentaje de 2.8% de ceniza.

El contenido de proteína cruda expresada en base seca fue de 21.3% para el pajuro variedad *edulis*. Este porcentaje no muestra una diferencia notable para la variedad *edulis*

respecto a otras variedades, tal como describen los siguientes autores: Perez (1995) compara tres métodos para la purificación de lectinas de *Erythrina costaricensis*, y encontraron 21.2% de proteína, Jyothirmayi et al. (2006) trabajaron la extractabilidad del nitrógeno y propiedades funcionales de harina desgrasada de pajuro variedad *Erythrina variegata*, determinando que la proteína está comprendida entre 26.5- 30%. El pajuro registra un contenido de proteína de 18.5-25% (Acero Duarte, 2000; Umaña, Alvarez, Lopera, & Gallardo, 2013). Vargas Cuba (2013) realizó un estudio con el objetivo de determinar la viabilidad de las semillas de *Erythrina edulis* “basul”, encontró aproximadamente 21 a 23 % de proteína. Asimismo, en la semilla del “pajuro” encontró los siguientes aminoácidos: treonina, alanina y fenilalanina en cantidad abundante; valina, prolina, ácido aspártico, lisina e histidina en cantidad moderada; poca cantidad de tirosina, triptófano; y además trazas de metionina. Además de que contienen valores elevados de fósforo, hierro, azufre, sodio, potasio, cobre, manganeso, magnesio y calcio; Silva et al. (2015) evaluaron frutos de pajuro de dos regiones, manifestando un contenido de proteína cruda promedio de Cajamarca $21.7 \pm 0.04\%$ y de Ancash $24.2 \pm 0.03\%$, Escamilo Cárdenas (2012) menciona que el pajuro sobresale por su alta concentración de proteínas que alcanza a 25% y almidón 33%, y recalca que es de fácil digestibilidad, que puede constituirse en una alternativa para combatir la desnutrición en la población infantil y las madres gestantes. La dispersión del porcentaje de proteína de las semillas del pajuro evidencia el lugar de procedencia y también manejos de post cosecha. El porcentaje de proteína mostrado en la tabla 7 se encuentra dentro de lo reportado por los autores mencionados.

El contenido de proteína cruda expresado en base seca, comparada con otras legumbres no muestra una diferencia notable, Ugwuona y Suwaba (2013) determino el porcentaje de proteína cruda en los granos de frejol Jack (28,8%); Rehman, Paterson, Hussain, Anjum Murtaza, y Mehmood (2007) determinó la composición proximal de harina de arveja, señalando el contenido de proteína de 26.18 %. Romanchik-Cerpovicz, Abbott, y Dent (2011)

evaluó las propiedades químicas de la harina de soya, determinando un contenido de proteína de 28.3%. La quinoa blanca (*Chenopodium quinoa Willd.*) registra de 10 a 18 % de proteína (Swieca, Seczyk, Gawlik-Dziki, & Dariusz, 2014). Mohammed, Ahmed, y Senge, (2012) estudiaron la sustitución parcial de la harina de trigo con harina de garbanzo, reportando un contenido de proteína de 25.4%. El resultado de contenido de proteína es un poco menor a las legumbres mencionadas, debido a la aplicación del proceso de secado y cocción para la obtención de harina.

Acero Duarte (2000) realizó análisis proximal de alimentos andinos promisorios en distintos laboratorios, indicando que el chachafruto contiene grasa cruda aproximadamente el 1% y carbohidratos fluctúa entre 42 y 55 %; Ruiz Montiel et al. (2012) menciona 1.5% de grasa, y Zavaleta et al. (2010) reporta grasa cruda el 1%, siendo estos datos similares a lo encontrado en tabla 7. Hernández et al. (2011) trabajaron con harina de hojas, fruto y cáscara del pajuro como suplemento en la alimentación de truchas arco iris, reportan niveles de fibra cruda 2.9%, carbohidratos 21%, de grasa 3%. Perez (1995) compara tres métodos para la purificación de lectinas de *Erythrina costaricensis*, quienes encontraron: lípidos 12.7%, estos resultados son diferentes porque trabajan con la hojas del pajuro y con la otra variedad diferente al mostrado en la tabla 7.

El contenido de fibra y carbohidrato se encuentra dentro de los parámetros de diferentes autores mencionados a continuación. Umaña, Alvarez, Lopera, y Gallardo (2013) desarrollaron un estudio con el objetivo de caracterizar harinas alternativas vegetales libres de gluten como; Lenteja, Fríjol, Garbanzo, Chachafruto, Plátano, Corteza de piña, Pimentón, Ahuyama, Brócoli y Champiñón. Reportaron la composición bromatológica de la harinas de pajuro en base seca: fibra 1.2% y carbohidratos 73,40 +/-0,17%. Carvajal, Dumar, Castaño, Carlos, & Aguirre (2013) realizaron un estudio sobre las propiedades químicas, térmicas y estructurales de las harinas de chachafruto, el análisis proximal para la harina presentó: fibra 0.5% y carbohidratos

65%. Félix y Días (2005) realizaron el análisis bromatológico de diferentes partes del chachafruto reportando un contenido de fibra en la harina con todo cáscara de 3 a 8% y en las hojas contenido de fibra cruda de 9%. Pérez (2007) elaboraron miso de pajuro, reportando fibra cruda de 1.4%.

4.4 Análisis estadístico de la caracterización fisicoquímica de pan molde blanco con sustitución parcial de harina de pajuro (*Erythrina edulis*)

El diseño experimental genera once corridas experimentales (Tabla 4), los resultados medios y la desviación estándar de las once combinaciones se calculan en la misma tabla. Con fines comparativos se empleó las combinaciones de 10, 15, 20 % de harina de pajuro y 0 % que fue la muestra patrón o control original. El valor del error de cada modelo se basó en tres repeticiones. Cada modelo creado a partir de la respuesta se demostró que era significativa con P valores que va desde $p < 0,05$ a $p < 0,0000$. La falta de ajuste para el modelo volumen con la variable independiente harina de trigo es insignificante, con valor $p > 0,254$; siendo estos resultados similar a lo reportado por (O'Shea, Röbke, Arendt, & Gallagher, 2015). En la tabla 8 se presenta en análisis del ANOVA para el color, volumen y porosidad.

Tabla 8. Análisis de varianza de la influencia de la harina de trigo y pajuro en el color, volumen y porosidad del pan molde blanco

Fuente de variación	Color						Volumen		Porosidad	
	L*		a*		b*		SS	P	SS	P
	SS ³	P ⁴	SS	P	SS	P				
Harina de Trigo	10.76	0.03	2.26	0.02	2.10	0.03	380.03	0.254028	41836.9	0.045634
Harina de pajuro	26.64	0.00	2.27	0.02	21.80	0.00	1865.05	0.031406	48535.5	0.035191
Interacciones	0.024	0.915443	0.45677	0.158951	0.09769	0.635217	768.18	0.123102	277538.2	0.000644
R²	87		80		84		86		85	
R²ajustado	75		72		74		65		71	

³ SS = Suma de cuadrados

⁴ Probabilidad

Según el análisis de varianza (Tabla 8) muestra que las variables fueron significativas, la harina de trigo fue significativo para color y porosidad, muestra que la harina de pajuro fue significativo para color, porosidad. La harina de pajuro tiene la mayor suma de cuadrados a comparación de la harina de trigo, indicando que influye en mayor porcentaje en las variables dependientes (color, volumen y porosidad) (Montgomery, 2004).

En la tabla 8 se obtuvieron valores de R^2 mayores de 0.84 para los modelos de regresión de las variables color ($R^2=84$), volumen ($R^2=86$), Porosidad ($R^2=85$). El coeficiente R^2 es definida como la relación de la variación total (Sin, Yusof, Abdul Hamid, & Abd. Rahman 2006). Además, señala un valor de R^2 superior a 0.8 indicando que el modelo de regresión describe adecuadamente la variación de la variable respuesta (Saito R., 2009).

Mendenhall W. (1997) señala que un alto valor R^2 no implica necesariamente que el modelo de regresión sea adecuado, al agregar una variable al modelo siempre ocasiona un aumento del valor R^2 , el valor es igual a la unidad cuando el número de término sea igual número del ensayo experimental (Montgomery, 2004). Por ello, es útil el estudio del R^2_{ajust} el cual no siempre aumenta cuando se le añade más variables. Næs, Mosleth, y Cornell (1998) indica que si se agrega variables innecesarias o no significativas el $R^2_{ajustado}$ disminuye. Por lo tanto el R^2 y $R^2_{ajustado}$ indican que en el modelo hay términos no significativos y cuando estos modelos son más cercanos puede considerarse satisfactorio (Milliken & Dallas E., 2009), indicando que el diseño podría explicar los efectos de las variables independientes sobre las propiedades físicas (variables dependientes) del pan molde. Como se muestra en la tabla 8, que existe relevancia significativa en la sustitución de harina de pajuro para el color, porosidad y no teniendo efecto significativo la harina de trigo para el volumen, pero si la harina de pajuro. Por lo tanto el aumento de la sustitución tuvo un impacto positivo en las propiedades físicas del pan de molde. Por lo tanto, la presencia de harina precocida de pajuro es más vital para el mejoramiento nutricional y mejorar el volumen.

4.5 Influencia de la harina de pajuro en el color del pan molde

Los resultados del color de la miga fueron examinados en la tabla 9, la L* parámetro se evaluó como linealmente relevante para la sustitución de la harina y en la Figura 10, 11 se presentan los resultados de la determinación del color en los panes, la luminosidad (L*) disminuyó a medida que el porcentaje de sustitución disminuye, cuando el máximo fue de 15 y 20 %, mientras que en 10 % se obtuvo resultados muy cercanos al 100 % de harina de trigo. Mientras al 10, 15 y 20% de harina de pajuro se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), (ver anexo II A). Por lo tanto, se observa que los valores no son uniformes en comparación con el patrón (100% de harina de trigo). Lo que indica la variación de color en el pan molde con harina precocida de pajuro, que se acrecienta a medida que el porcentaje de sustitución va aumentando. Esto se puede asociar con la menor cantidad de alvéolos ya que Scanlon y Zghal (2001), en su estudio sobre las propiedades y estructura de la miga del pan, señalan que en la miga las regiones con más fina estructura alveolar reflejan más la luz, mientras que un tamaño de alvéolo más grande refleja menos luz. En la figura 10 se presenta los diferentes colores de los 11 tratamientos y figura 11 presenta la medición del color del pan para L*, a*, b*.

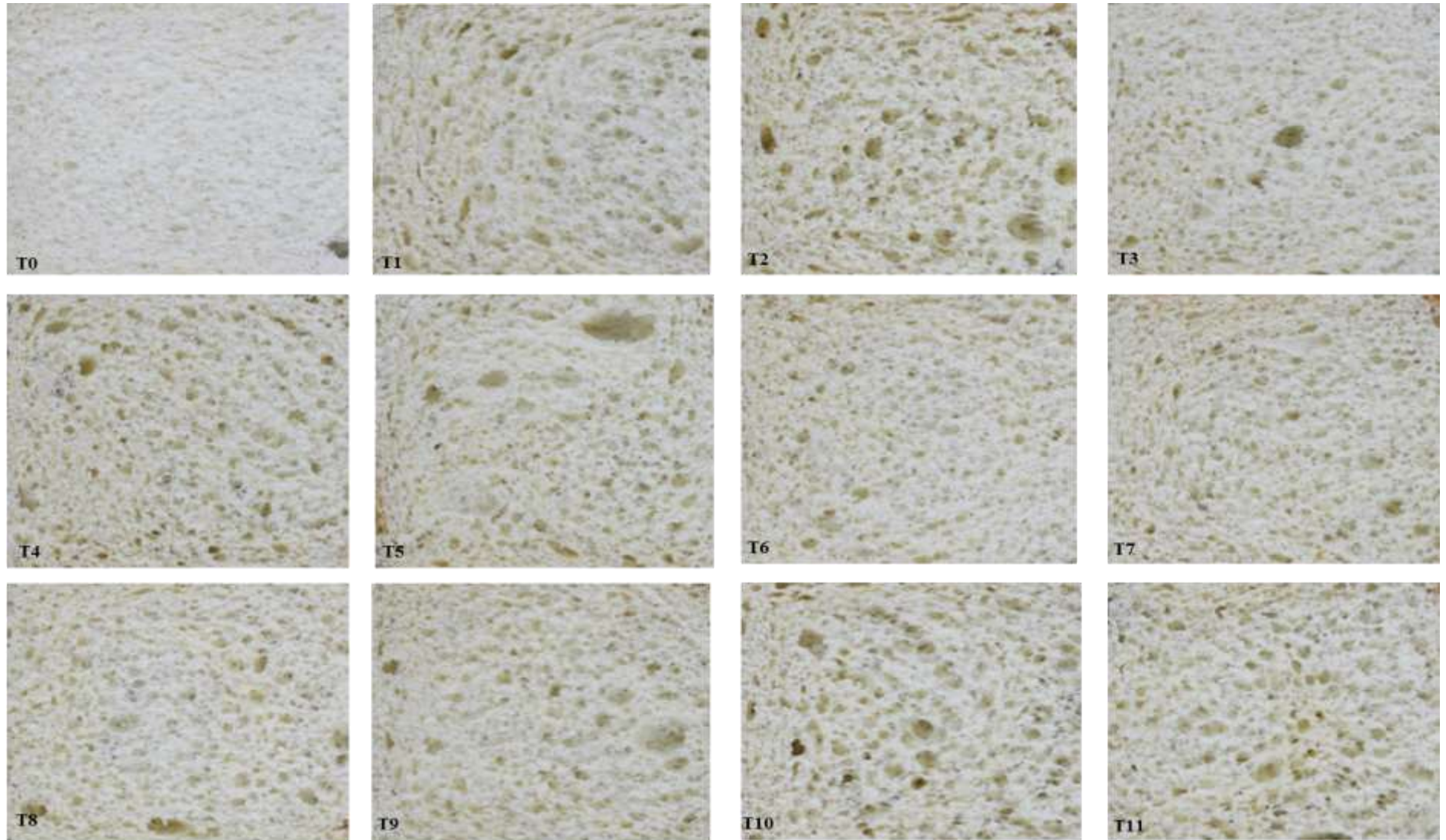


Figura 10. Imagen fotográfica de la variación de color del pan molde de los diferentes tratamientos con harina de trigo (HT) y harían de pajuro (HP). Donde T0 = 100% de HT, T1 = 75% de HT y 10% HP, T2 = 75%HT y 20% HP, T3 = 85% HT y 10% Hp, T4 = 85% HT y 20% HP, T5 = 72.9% HT y 15% de HP, T6 = 87.1% HT y 15% de HP, T7 = 80% HT y 7.9% de HP, T8 = 80% HT y 22.1% de HP, T9 = 80% HT y 15% de HP, T10 = 80% HT y 15% de HP, T11 = 80% HT y 15% de HP .

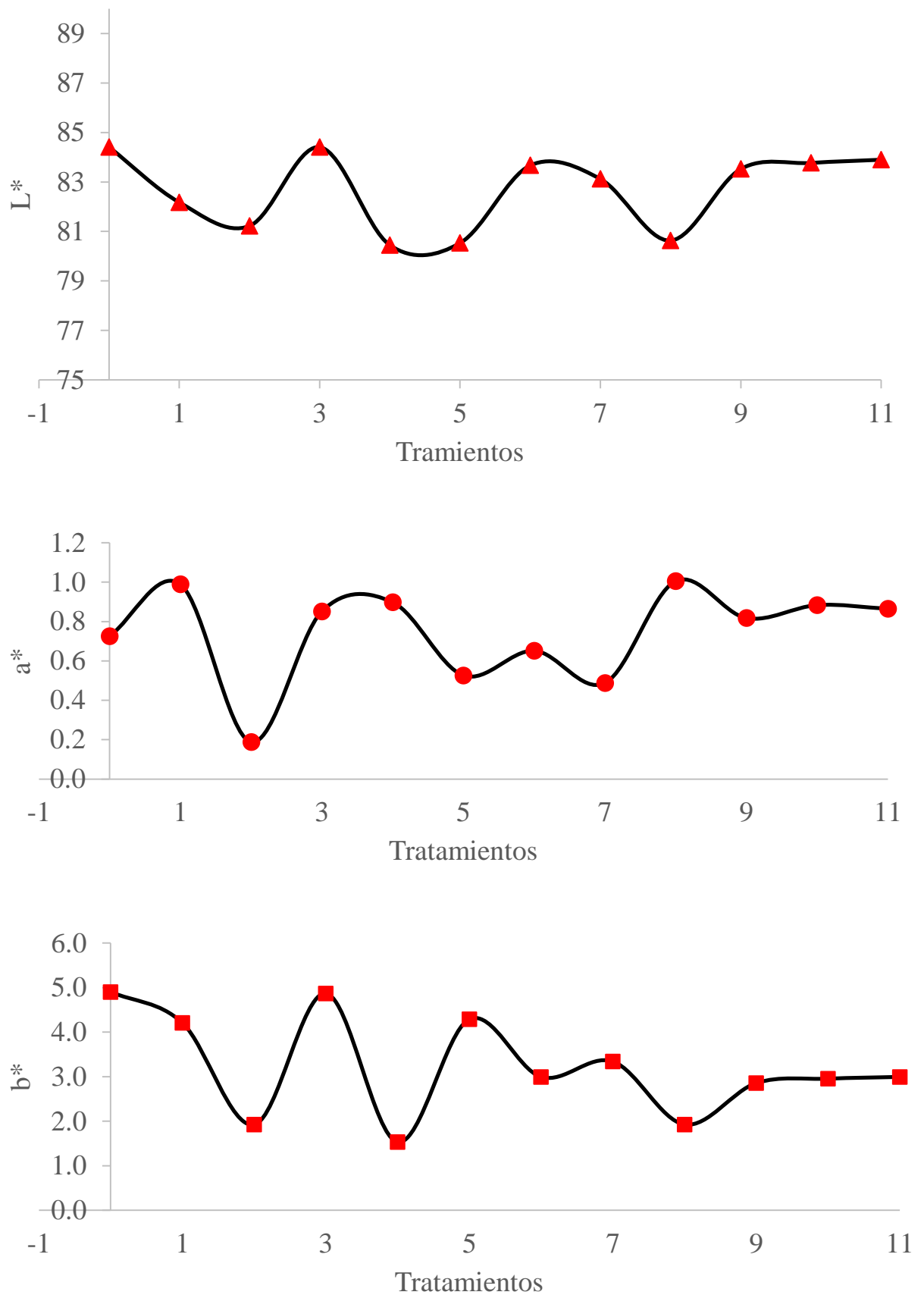


Figura 11. La medición del color del pan molde blanco con sustitución parcial de harina de pajuro (L*= Luminosidad, a*= color de rojo a verde, b*= color de amarillo a azul).

Tabla 9. Efecto del nivel de sustitución de la harina de pajuro en el color de los panes de molde

Tratamientos	L*	a*	b*
0	84.409	0.726	4.903
1	82.176	0.989	4.207
2	81.222	0.188	1.922
3	84.406	0.852	4.870
4	80.448	0.898	1.531
5	80.530	0.526	4.290
6	83.668	0.652	2.994
7	83.119	0.488	3.341
8	80.633	1.005	1.926
9	83.524	0.817	2.857
10	83.7690	0.8833	2.9547
11	83.8990	0.8647	2.9950

Se observó un aumento en la tonalidad roja (a^*) con la incorporación de harina de pajuro en la miga del pan molde. Evidenciando un aumento de la tonalidad amarilla (b^*) en la miga de los panes, al aumentar la proporción de harina de pajuro. Con respecto al índice cambio de color, hay una mínima tendencia al oscurecimiento a medida que aumenta la proporción de harina de pajuro y la miga del pan molde no se ve afectada. Siendo estos resultados congruentes con Cueto, Pérez, Borneo, & Ribotta (2011).

En la zona clara, la L^* no se vio tan afectada por la proporción de harina de pajuro, No se encontraron diferencias significativas en los parámetros a^* y b^* en la zona clara, aunque se observó un incremento en la tonalidad roja en la miga del pan con la adición de harina de pajuro. Los panes de molde complementados con harina de pajuro muestran coloraciones de miga ligeramente plomos amarillos, a medida que hubo mayor cantidad de incorporación de pajuro el color amarillo oscuro se hizo más notorio, esto se ve

reflejado por las siguientes investigaciones. Manickavasagan et al. (2013) realizaron un estudio con el objetivo de comparar la aceptabilidad con respecto a textura, color y propiedades sensoriales cuando el arroz blanco se reemplazó con arroz integral a los 5 niveles de sustitución (0% (control), 25%, 50%, 75% y 100%). La luminosidad (L) valor para el producto de arroz integral 0% fue la más alta, mientras que el más bajo fue el valor de los 75% y el 100% de productos de arroz integral, con diferencias significativas entre los 25% y 50% productos, el Valor L y b varió 76 a 83 y de 13,5 a 15,0 para los productos reformulados y control. Moraes Crizel, Rubira Silva, & Myriam de las Mercedes, (2011) elaboraron un pan sin gluten enriquecido con *Spirulina platensis*, señalando que al aumentar la concentración aumenta el oscurecimiento. Al aumentar la *S. platensis* disminuye el valor C y que el matiz está más cerca al ángulo 90 que indica amarillo, pero cuando más se acerca a 180 esta tiende a verde.

Además, Popov-Raljić, Mastilović, Lalić-Petronijević, & Popov Vladimir S. (2009) realizaron un estudio de la calidad del color del pan a diferentes concentraciones de centeno y cebada (CIE, CIEL*a*b*, ANLAB y Hunter), señalaron que inmediatamente después de la producción, el valor de la luz psicométrica de muestras de pan de la dieta era $L = 62,38$, y después de 3 días de almacenamiento era $L = 62,96$. En los tiempos correspondientes, las acciones de los componentes de pigmentos verdes, es decir, del tono psicométrica fueron $a = -9,59$ y $b = -29,00$, mientras que los valores respectivos de croma psicométrica (proporción de pigmentos amarillos) fueron $b = 38,36$ y $25,08$. Marcin, Jarosław, Monika, & Agnieszka (2016) realizaron la aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la optimización de tamaño de partículas de fibra de avena y la sustitución de harina en pan de trigo. Los resultados obtenidos en este estudio indican que un tamaño menor de fibra dietética, cuando se añade a productos de panadería, se traduce en un aumento de la L^* valor de parámetro. El valor a^* se vio

afectada negativamente por el aumento de tamaño de partícula y así como también en el valor b^* . En la figura 12 se presenta la superficie de respuesta y diagrama de contorno para el análisis de color.

En la superficie de respuesta y diagrama de contorno de la figura 12 se puede observar la interacción de las variables independientes (harina de trigo y pajuro), indicando que los valores L^* y a^* se ven afectados positivamente por la harina de pajuro y trigo, indicando que existe un color aceptable en el producto; en el valor b^* se observa que la harina de trigo y pajuro no influyen significativamente en el color del pan molde. Este hallazgo es contrario a la observación de Marcin, Jarosław, Monika, y Agnieszka (2016) quienes trabajaron la aplicación de la metodología superficie respuesta en la optimización de tamaño de partículas de fibra de avena y la sustitución de harina en pan molde. Y congruente con Popov-Raljic et al. (2009) quienes realizaron un estudio de tres muestras (pan de cebada, centeno, grano entero y pan de dieta), donde L^* , b^* disminuyen con el aumento del porcentaje de sustitución (color menos claro y menos amarillo) y a^* aumenta cuando mayor es la sustitución (color más enrojecido).

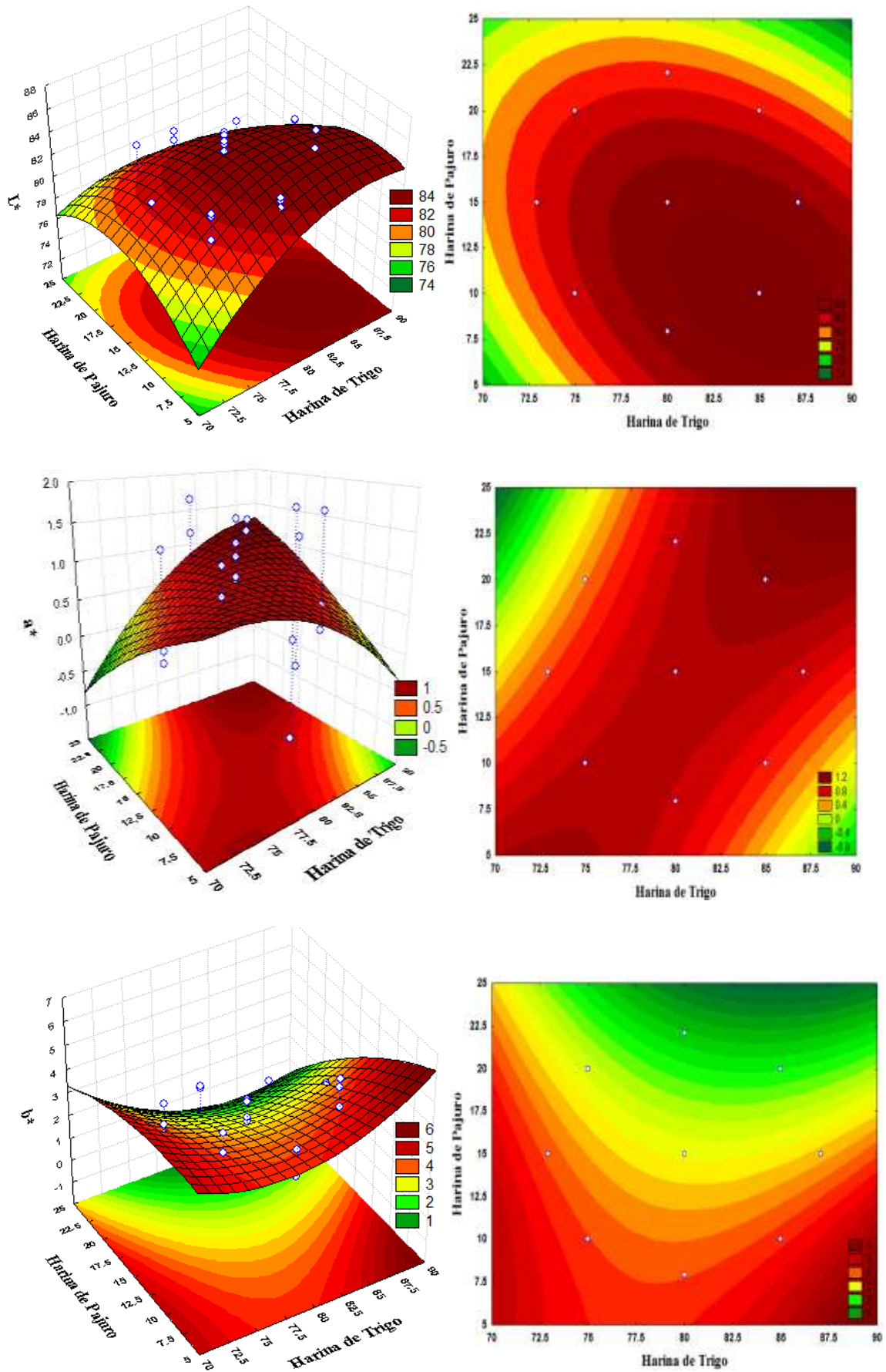


Figura 12. Gráfico de superficie respuesta y diagrama de contorno del análisis de color (L^* = Luminosidad, a^* = color de rojo a verde, b^* = color de amarillo a azul) del pan molde con harina de pajuro.

4.6 Influencia de la harina de pajuro en el volumen del pan molde

El volumen del pan molde se evaluó después de tres horas de salir del horno y después de haberse enfriado (Purna, Miller, Seib, & Graybosch, 2011). Los resultados del volumen promedio del pan molde con sustitución se muestran en la tabla 10 y 13, indicando que una significancia ($P \leq 0,036$), el volumen del pan depende del porcentaje de sustitución (10, 15 y 20 %), para mejor detalles ver Anexo II B.

Tabla 10. Resultado del volumen del pan molde blanco y su promedio de las tres repeticiones.

Tratamientos	Volumen (cm3)			Promedio
	1	2	3	
0	400	370	390	386.67
1	350	350	370	356.67
2	370	345	340	351.67
3	410	405	390	401.67
4	350	375	340	355.00
5	360	345	345	350.00
6	350	320	345	338.33
7	355	340	385	360.00
8	380	330	330	346.67
9	395	350	340	361.67
10	370	340	365	358.33
11	350	350	360	353.33

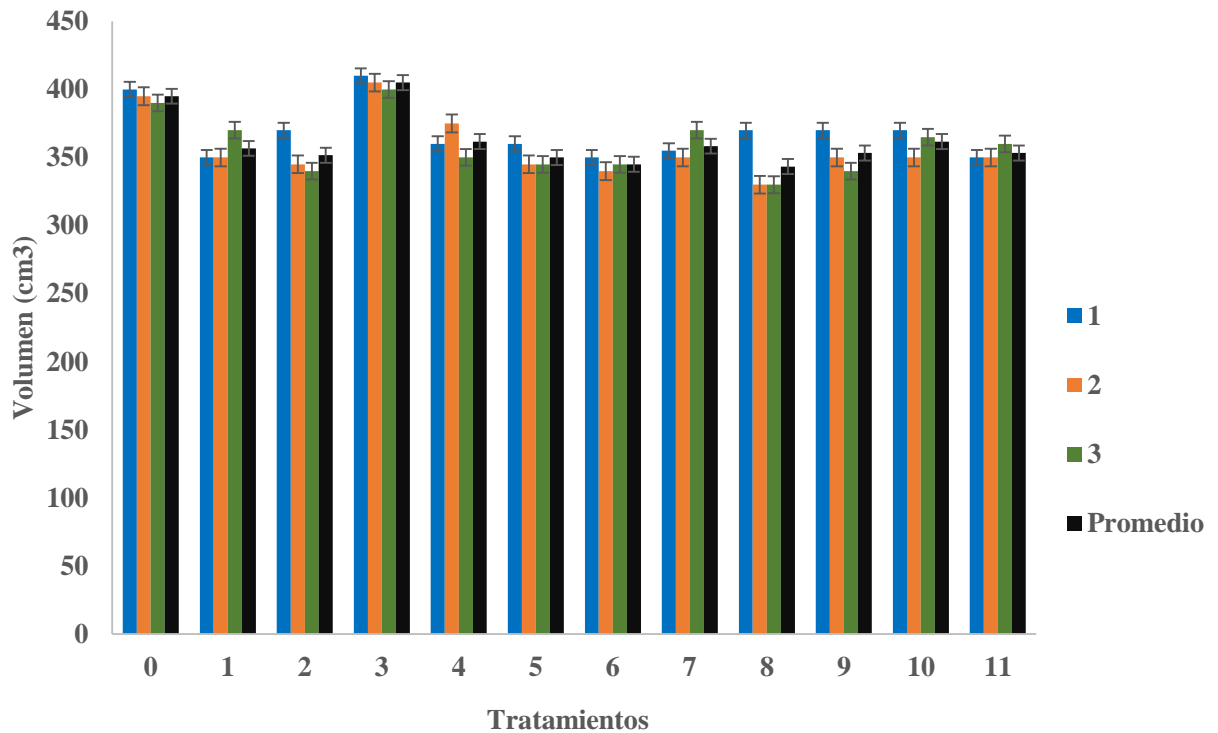


Figura 13. Volumen de pan molde a diferentes concentraciones de harina de pajuro en sus tres repeticiones (1^{ra} corrida, 2^{da} corrida, 3^{ra} corrida y promedio) y su promedio.

Los resultados obtenidos en la tabla 10 muestran que el volumen no varía en forma significativa (tratamiento 3 y 9) entre los diversos tratamientos con incorporación de harina de pajuro precocida, señalando también que una ligera diferencia a favor de los panes con incorporación de 10 % y 15 %, así mismo, la variación en relación con el control (100% trigo), pero el que tuvo mayor volumen es el tratamiento 3 con 10% de harina de pajuro. El efecto de la harina de pajuro precocida se ve influenciado en el volumen del producto, porque va disminuyendo a medida que aumentan los porcentajes de incorporación.

Los resultados son semejantes a los encontrados por Cobo, Quiroz, y Santacruz (2013) quienes realizaron un estudio de la elaboración de pan molde con sustitución de harina de zanahoria blanca, reportando un volumen de 231 a 354 cm³, además, indican que el volumen disminuye a medida que la sustitución va aumentando. Zavaleta et al. (2010) trabajaron la sustitución de harina de trigo por harina y pasta de pajuro (10,15, 20

y 25%), señalando que en el T5 (10%) se obtuvo el mayor volumen (187,56 cm), valor que fue disminuyendo conforme se aumentó el porcentaje de pasta de pajuro. Siendo el de 10% el que tuvo mejor volumen al realizar la comparación de medias entre el testigo (100% harina de trigo). Doxastakis, Zafiriadis, Irakli, Marlani, & Tananaki (2002) realizaron una sustitución de Lupino, Soya y Altramuz en la elaboración de pan molde, señalando que la mejor sustitución fue el de 10% (mejor volumen, color y porosidad).

Pescador-Piedra et al. (2014) mencionan que el volumen se ve afectado a medida que se aumenta la concentración de enzimas (volumen varia de 580 cm³ a 466 cm³). Pascual Chagman y Zapata Huamán (2010) evaluaron el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha de la variedad Óscar Blanco en la elaboración del pan, respecto del volumen promedio de los panes por el método directo es de 194 cm y el método esponja 198 cm. Además, señalan que al aumentarse el nivel de sustitución, disminuye la cantidad de gluten y la fuerza para crear una matriz elástica y extensible, disminuyendo el volumen de pan. Finalmente, señalan que se puede apreciar mayores niveles de volumen y volumen específico con el método esponja respecto del método directo. Conforti y Davis (2006) estudiaron el efecto de harina de linaza (15%) y harina de soja (5% y 10%) en la calidad del pan, reportando la cantidad de soja tuvo un efecto suavizante sobre la firmeza de la miga y al aumentar la concentración disminuye el volumen. Lazaridou, Duta, Papageorgiou, Belc, y Biliaderis (2007) recomiendan el uso de hidrocoloides al 1% (xantano y pectina) para aumentar el volumen o mantener el volumen a la muestra patrón.

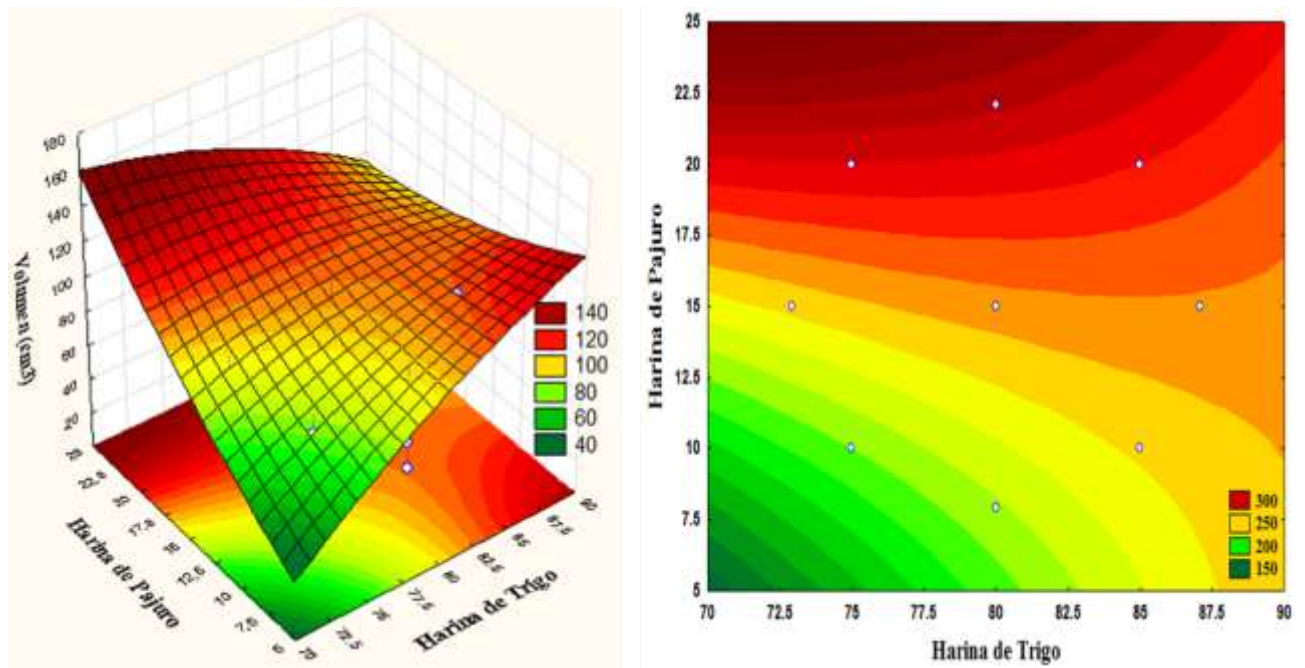


Figura 14. Gráfica de superficie respuesta y diagrama de contorno del volumen del pan molde con sustitución de harina de pajuro.

Se presenta un gráfico tridimensional de contorno de la superficie respuesta, señalando la influencia de la harina de trigo y pajuro en el volumen del pan molde. La figura 14 muestra que la harina de pajuro influye significativamente en el volumen y la harina de trigo no influye significativamente. Señalando que se debe trabajar de 10 a 14 % de sustitución para obtener un mejor volumen tal como se muestra en la tabla 10, que al tener 85 % de harina de trigo y 10 % de harina de pajuro se obtuvo un mejor volumen comparado con el 0% de harina de pajuro, siendo estos resultados congruentes con Saxena & Singh (2014) quien trabajo con el contenido de enzimas, indicando que el volumen aumenta hasta encontrar su punto óptimo con la sustitución.

Mohammed et al. (2012) menciona que la hipótesis de disminución del volumen por la harina de legumbres, es que suprime la cantidad de vapor generado en la fermentación, como resultado de su alta capacidad de absorción de agua, lo que conduce a la reducción de volumen de la barra y una mayor firmeza de la miga.

4.7 Influencia de la harina de pajuro en la porosidad del pan molde

El análisis de imagen digital se realizó por triplicado, mostrando que el número de poros y el diámetro de cada uno fueron influenciados por el porcentaje de sustitución (Figura 18 y 11), los poros del pan molde con harina de pajuro se caracteriza por tener paredes delgadas y están cerca uno del otro que forman una red (Figura 15,16, 17); cuando mayor es el porcentaje de sustitución el área de los poros es más afectado. La variación de los poros van desde 0.095 a 0.16 cm y el número de poros varia de 797.3 a 1104 (significancia de $P \leq 0,006$), esta variación puede ser mejorado con gomas según (Sin et al., 2006), (ver Anexo II C).

La figura 19 representa la medida de los 11 tratamientos más la muestra con 0 % de sustitución, indicando los valores de los puntos característicos en el porcentaje de mayor sustitución. El número de poros disminuye a medida que se va incrementando el nivel de sustitución (1104 a 797.3 unidades), el porcentaje de área ocupada y diámetro de los poros aumenta a medida que la sustitución es mayor (15.5 a 20.7% y 0.01 a 0.214 cm). La figura 15, 16, 17, 18 y 19 muestra que la variación de los poros afecta en el volumen, cuanto más grandes son los poros menor es el volumen del pan. Estos valores están de acuerdo con los resultados de Baravalle, Delrieux, & Gómez, (2015) y Angioloni & Collar, (2011) quienes mencionan el número de poros disminuye a medida que los niveles de sustitución aumenta y el área de los poros aumenta al igual que porcentaje de área ocupada. La diagrama de contorno señala que cuando mayor es la sustitución mayor será los poros y menor el número (Anexo II B).

Tabla 11. Variación de número de poros y sus áreas respectivas por la sustitución parcial de harina de pajuro.

Tratamientos	N° de poros	Total del área	% de área	Diámetro de poro (cm)
0	1104.0	10045.7	15.5	0.096
1	934.0	11403.0	17.6	0.125
2	826.3	11509.3	17.8	0.144
3	994.3	13225.3	17.4	0.113
4	944.0	13153.3	20.3	0.154
5	913.0	12544.7	19.4	0.137
6	951.7	12085.3	18.7	0.134
7	953.0	10971.3	16.9	0.115
8	810.3	13447.0	20.7	0.173
9	850.3	12092.3	18.7	0.143
10	797.3	12692.3	19.6	0.160
11	877.7	11549.7	17.8	0.133

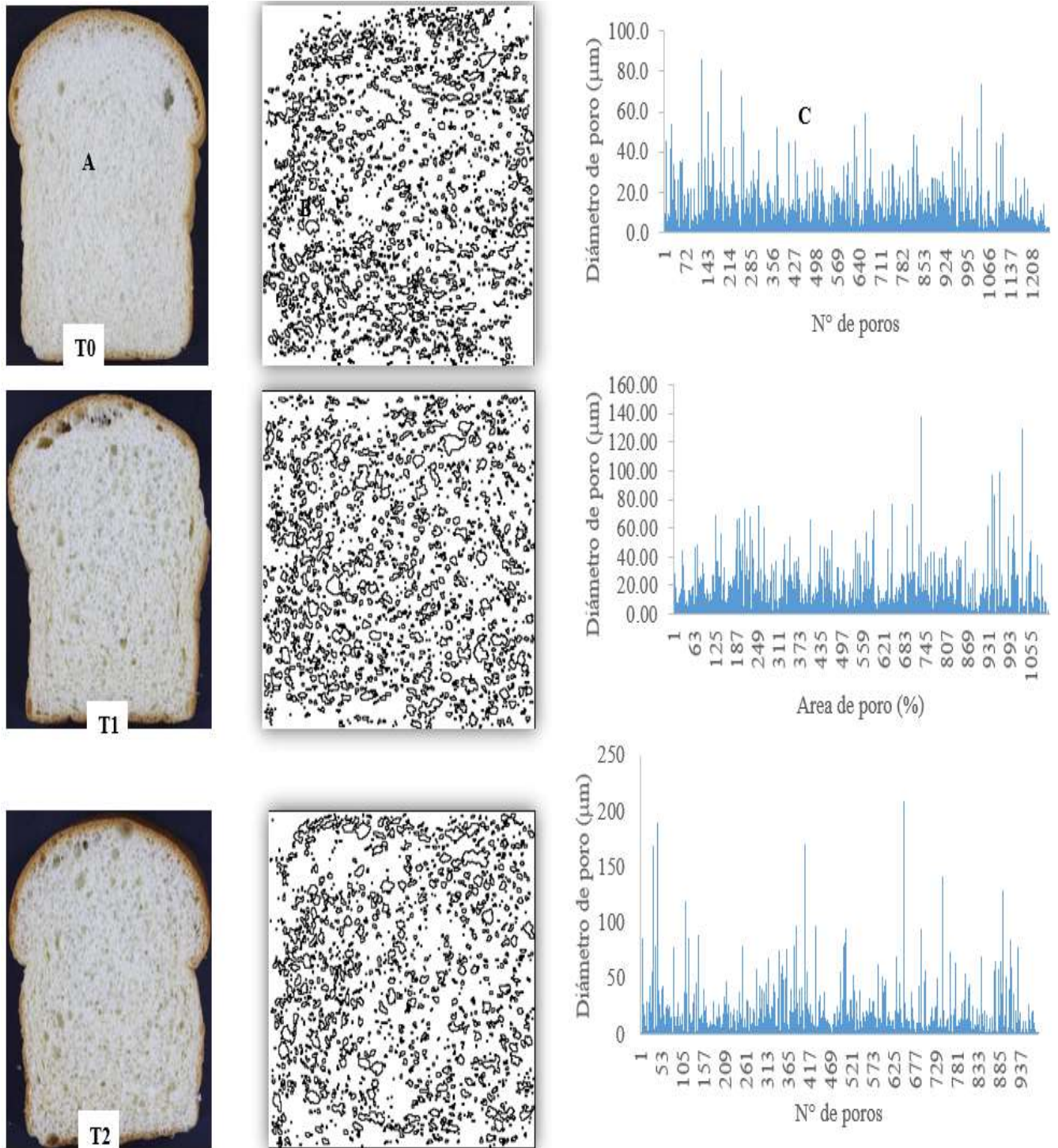


Figura 15. A: imágenes escaneadas del tratamiento 0, 1, 2 utilizados en el análisis de imágenes, B: Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. C: Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.

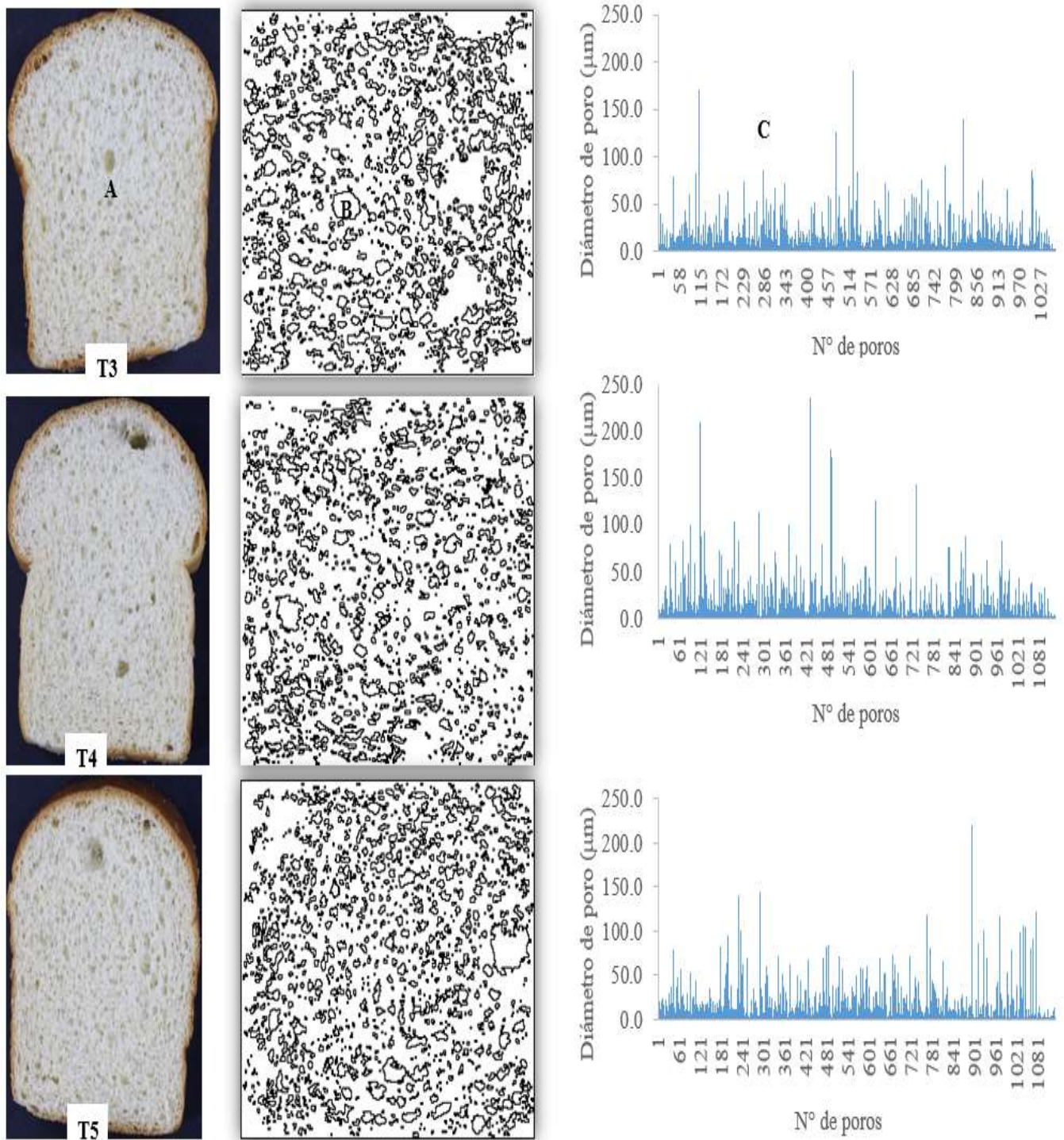


Figura 16. A: imágenes escaneadas del tratamiento 3, 4, 5 utilizados en el análisis de imágenes, **B:** Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. **C:** Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.

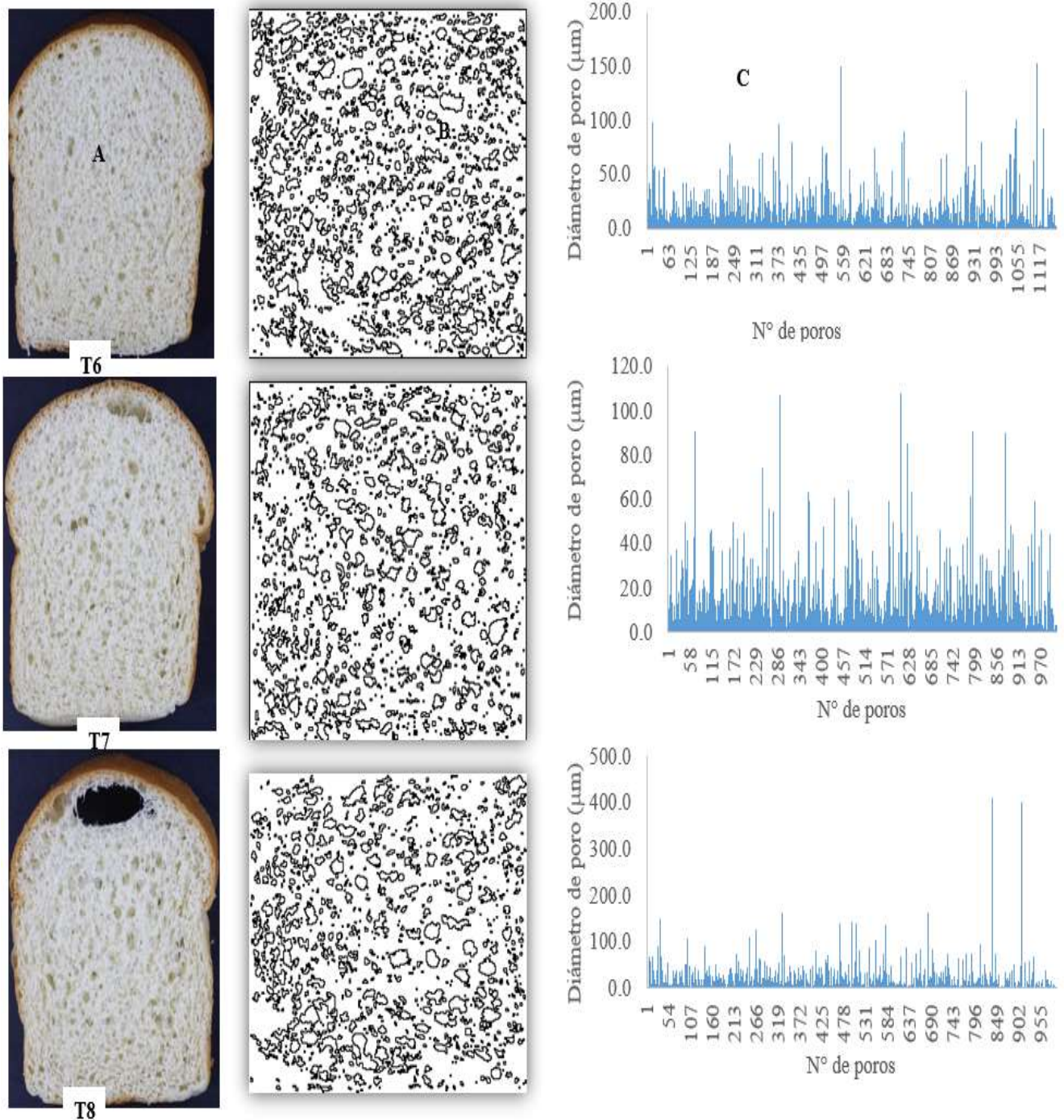


Figura 17. A: imágenes escaneadas del tratamiento 6, 7, 8 utilizados en el análisis de imágenes, B: Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. C: Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.

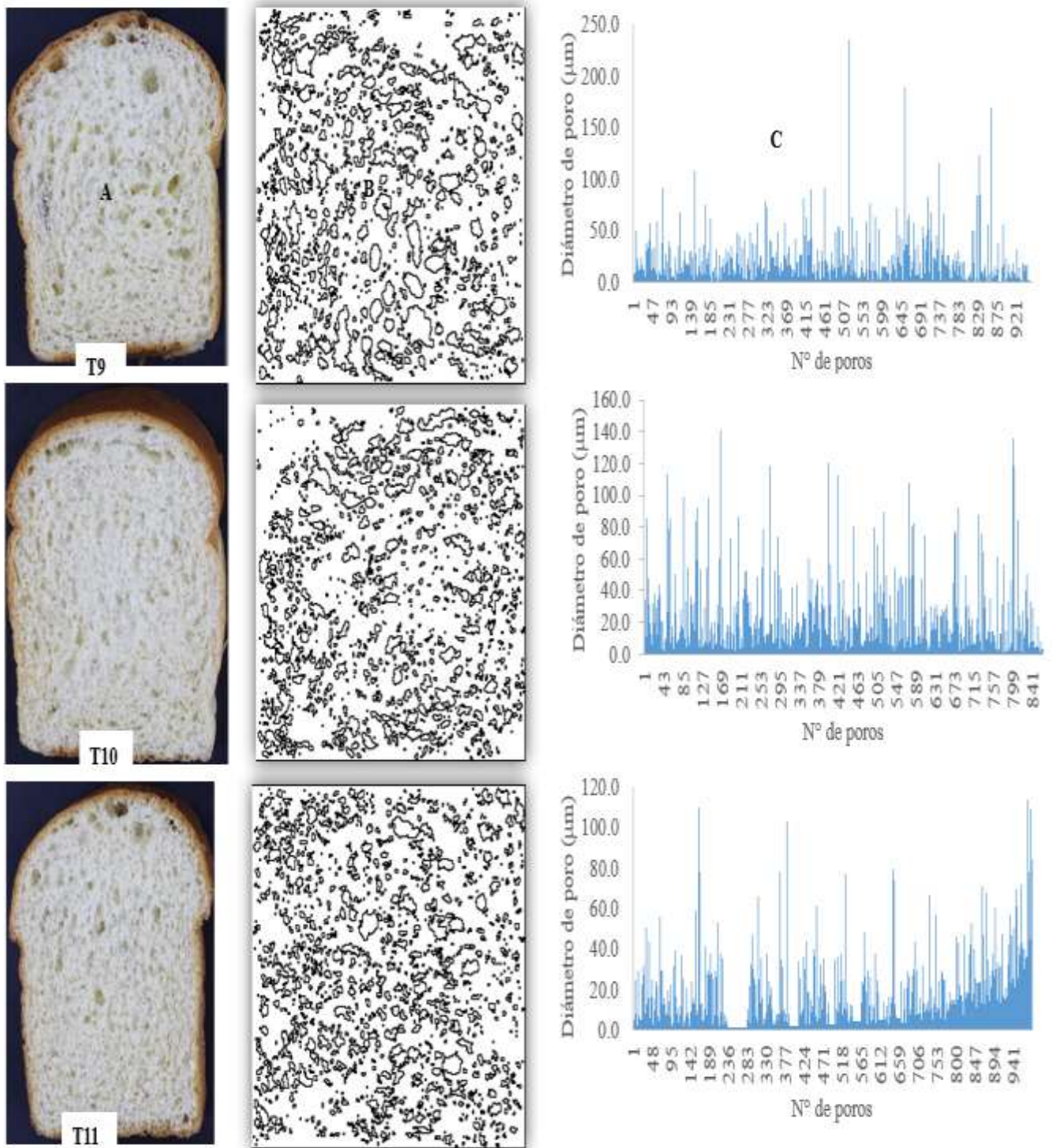


Figura 18. A: imágenes escaneadas del tratamiento 9, 10, 11 utilizados en el análisis de imágenes, B: Ilustración de contraste obtenida por el software Imagen J utiliza el contraste de la imagen escaneada para encontrar los bordes de los poros y definir las regiones que representan vacíos antes de medir sus áreas. C: Distribuciones de los números y diámetro del poro obtenidos utilizando el análisis de imágenes en pan molde utilizando diferentes concentraciones de harina precocida de pajuro.

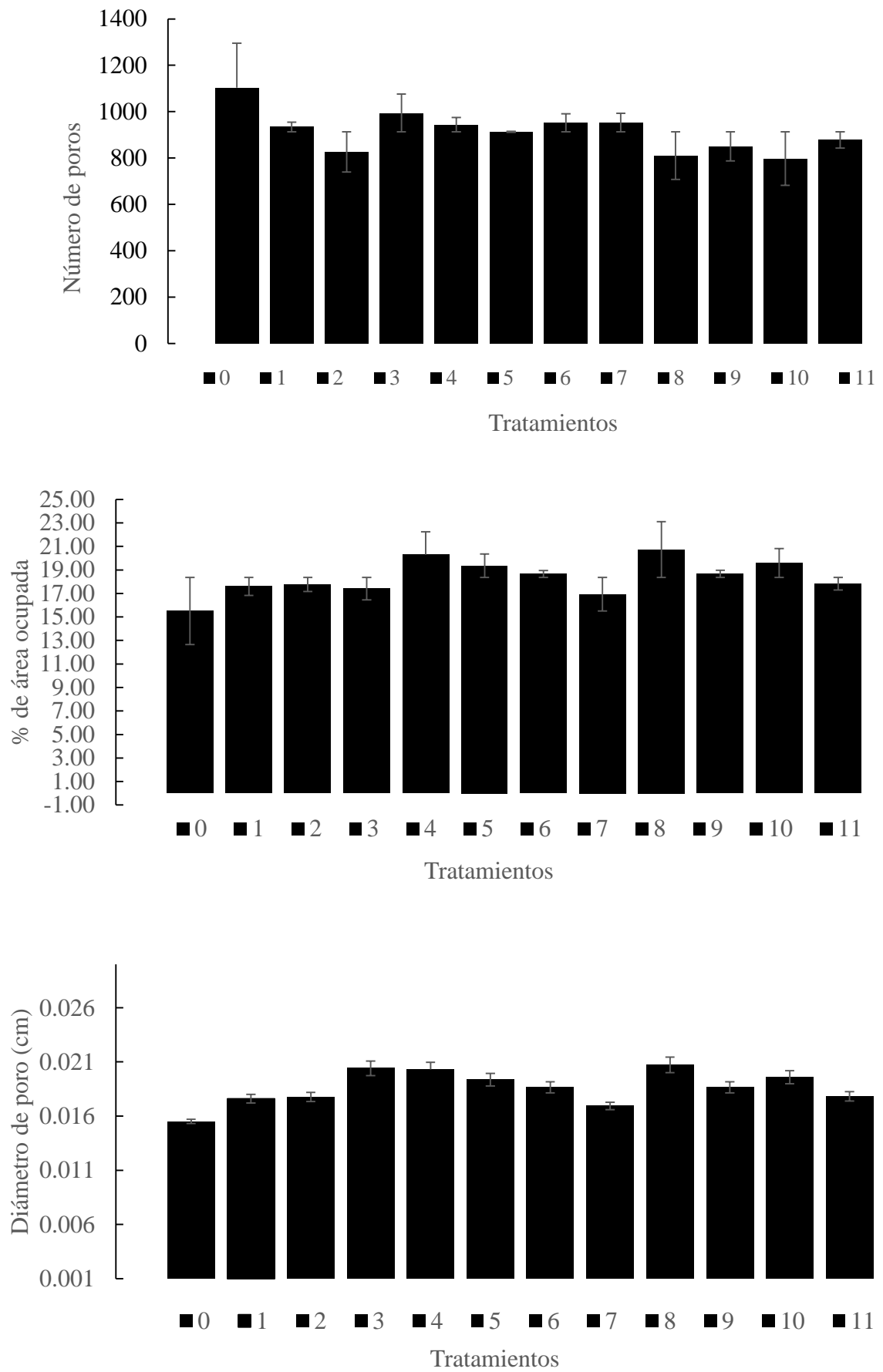


Figura 19. Número de poros por cada tratamiento, porcentaje de área ocupada por los poros y promedio de área de cada poro.

La disminución de la cantidad de poros en la figura 15, 16, 17, 18 y 19 refleja una pérdida de estabilidad en la sustitución de 15 y 20%, seguido de una recuperación parcial de la forma mostrada por el ligero aumento de la concentración de harina de pajuro (10% de sustitución) y dando una variación en el diámetro y número de poros. Estos valores fueron significativamente diferentes de los encontrados por Shehzad et al. (2010) que miden una porosidad desde 0.67 a 21 cm, teniendo en cuenta el error experimental debido a la repetibilidad fue de $\pm 5\%$. Bellido, Scanlon, Page, y Hallgrimsson (2006) reportan una porosidad inicial de alrededor de 0,076 y 0,1 cm con una incertidumbre que varía entre 1% y 9%. Zúñiga y Le-Bail (2009) realizaron una evaluación de la conductividad térmica como una función de la porosidad en la masa de pan durante la prueba, reportando que el diámetro de la porosidad inicio con $0,06 \pm 0,02 \text{ m}^3$ y finalizó con $0,78 \pm 0,03 \text{ m}^3$ que es equivalente a cuatro veces de volumen de porosidad inicial de la masa. Además, señalan que a medida que aumenta el tiempo de fermentación el diámetro del poro aumenta y el número de poros disminuye. Chen, Östlund, Nordstierna, y Swenson (2013) realizaron un mapeo de la porosidad de la miga del pan por calorimetría diferencial de barrido y de Resonancia Magnética Nuclear, reportando el pan con mayor porcentaje de fibra obtuvo poros más grandes en la escala, con un radio de 15 nm y ocupando un 70% de la miga del pan, a comparación de los panes en alto contenido de azúcar. Además, indican que los panes óptimos tuvieron 15 a 100 nm de radio por poro. Y siendo congruente con Van Dyck et al. (2014) quienes realizaron un estudio de la caracterización de los patrones estructurales en pan molde y evaluado por tomografía computarizada de rayos X, indicando que al aumentar la concentración de salvado u otras harinas sustitutas el volumen disminuye y los números de poros aumentarían, dando así un aumento de grosor en la pared celular o miga.

Por lo tanto, se concluye que los tratamientos que tuvieron mayor aceptación son el 3 y 7 con un 10 y 7.9 % de sustitución seguido por 5, 9, 10 y 11 que tuvieron el 15 % de harina de pajuro, y los tratamientos más afectados fueron los que tenían 20 % de sustitución.

4.8 Evaluación sensorial del pan molde por el método de Perfil Flash

Las sesiones de evaluación duraron entre 30 y 60 minutos, de acuerdo a Valere y Ares (2014) y mediante la técnica de Perfil Flash los evaluadores generaron tres atributos sensoriales. Profesionales de la industria de la panificación (Productos Unión) generaron rápidamente los tres atributos sensoriales, su buen conocimiento de este tipo de productos hizo este paso fácil. En la primera sesión los doce panelistas le dieron una puntaje de 4 a 9 (Me disgusta levemente a Me gusta extremadamente) a los atributo de sabor, textura y aceptabilidad, en la segunda y tercera sesión los panelistas compararon sus resultados y tomaron una decisión de que el tratamiento con 10% es el mejor y seguido por el de 15%. En la figura 21 se muestra el análisis factorial múltiple de los panes de molde y sus atributos respectivamente, lo cual revela que 83.25 % de la variación de los datos se encuentra en los dos primeros ejes. Dicho porcentaje es congruente a lo reportado por Ramírez-Rivera et al. (2010) quienes trabajaron la correlación entre el perfil descriptivo y cuantitativo y Perfil Flash de hamburguesas de pescado barrilete negro (*Euthynnus lineatus*), reportando que obtuvo un 83.23 % de la variación de los datos que se encuentra en los dos primeros ejes; es mayor y menor que N. Lassoued, Delarue, Launay, y Michon (2008), Ramírez Rivera, Paz Gamboa, y Nogueira Terrones (2011) quienes reportan 56, 90.52 % respectivamente.

La figura 22 muestra el primer y segundo componente principal del perfil flash que representa, respectivamente, 53.11 % y 29.23 % de la varianza total del conjunto de datos, este valor es superior a lo mencionado por Rason et al. (2006) quien reportó valores de

8.6 y 15.8% respectivamente. En primer lugar, llama la atención que el pan molde con 10% de harina de pajuro tuvo una mayor puntuación y es percibido como el más diferente de los demás productos horneados según los panelistas, los panes que siguen con la puntuación o más aceptables son los tratamientos 5 (10%), 0 (100%), 1 (10%) y 7 (7.9%), dichos porcentajes son similares a lo reportado por Lassoued et al. (2008) quienes trabajaron 15 masas de trigo a diferentes concentraciones y evaluando las correlaciones entre la caracterización instrumental y sensorial con el perfil flash, muestran el primer y segundo componente principal del mapa que representa el perfil flash, respectivamente 56 % y 18 % de la varianza total del conjunto de datos, con 10 % de concentración de sacarosa y 10 % de aceite de colza. A continuación, se presenta el ANOVA de los resultados del Perfil Flash. La tabla 12 presenta los resultados del análisis de varianza para sabor, textura y aceptabilidad.

Tabla 12. Nivel de significancia de ANOVAs llevadas a cabo en cada atributo del perfil flash

Fuente de variación	Sabor		Textura		Aceptabilidad	
	SS	P	SS	P	SS	P
Harina de Trigo	20.3489	0.230313	33.11	0.378707	5.476	0.450625
Harina de pajuro	401.8369	0.016978	511.565	0.047814	699.411	0.008934
R²	86.5		86		86.5	
R²_{ajustado}	73.19		52.9		63.04	

Los resultados del ANOVA de la evaluación sensorial revelan que la variable independiente (harina de pajuro) es la que influye más en la evaluación sensorial con un promedio de $p < 0,037$ y con una suma de cuadrados mayor que la harina de trigo. El efecto significativo para sabor es $p < 0.016$, textura $p < 0.047$ y aceptabilidad $p < 0.008$, este efecto concuerda con los datos reportado por Conforti & Davis (2006) y Rehman,

Paterson, Hussain, Anjum Murtaza, y Mehmood (2007) quienes aplicaron la misma técnica sensorial para la descripción del pan molde con dos grupos de panelistas (un grupo semientrenados y el otro sin entrenar) donde el poder del segundo grupo fueron mayores al del primer grupo (personas semientrenadas). Según Delarue et al. (2015) los consumidores sin entrenar no son forzados a usar los mismos términos como con las personas semientrenadas. En general el modelo de perfil flash fue altamente significativo para las propiedades sensoriales con coeficiente satisfactorio de determinación, R^2 con 86.5 y $R^2_{ajustado}$ con un rango de 0,54 hasta 0, 63 %; Además el coeficiente de variación para cada parámetro sensorial está dentro del intervalo aceptable y las pruebas de la falta de ajuste no dio lugar a un valor de F significativa, lo que indica que el modelo es suficientemente exacto para la predicción de los aspectos sensoriales, éstos resultados son congruentes con los reportes de Pourfarzad, Haddad Khodaparts, Karimi, y Ali Mortazavi (2012) y Kittisuban, Ritthiruangdej, y Suphantharika (2014) quienes trabajaron la optimización en el mejoramiento nutricional del pan molde. A continuación se presenta la superficie respuesta de sabor, textura y aceptabilidad figura 20.

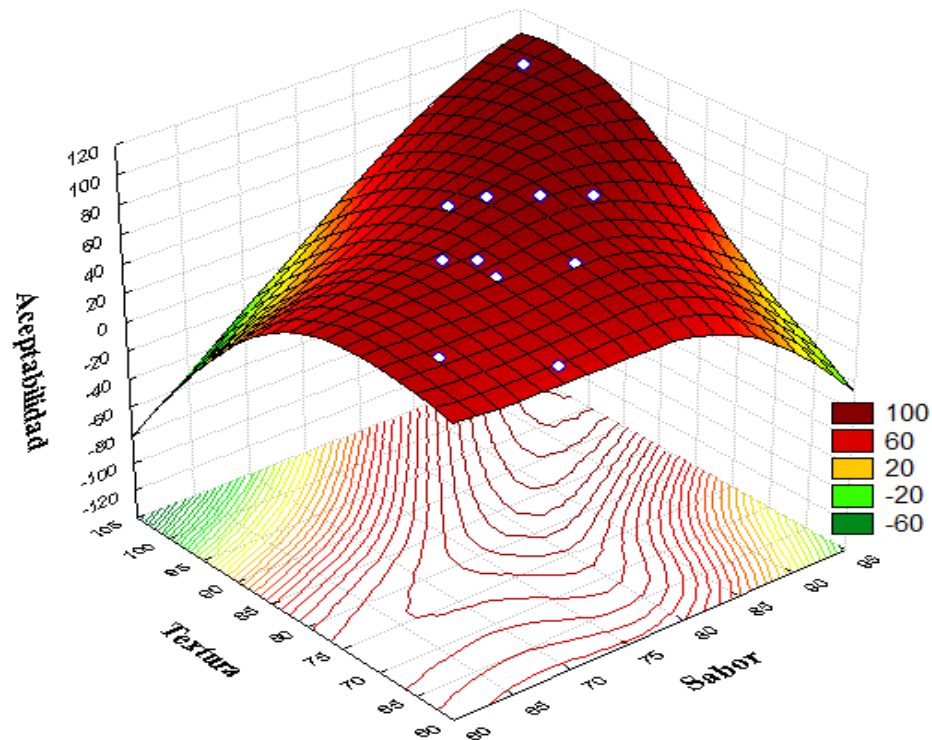


Figura 20. Influencia de la harina de pajuero en la Aceptabilidad, textura y sabor.

A través del análisis de los números no paramétricos la figura 20 presenta la superficie respuesta de la evaluación sensorial (Aceptabilidad, Textura y sabor), indicando que la harina de pajuero influyó significativamente en las evaluaciones por los consumidores, sin embargo la harina de trigo (tratamiento patrón) no fue significativa con $p < 0,05$. En la tabla 13 se observa que el sabor tuvo una puntuación de 64 a 92, textura una puntuación de 62 a 100 y aceptabilidad de 61 a 101, comparando los resultados en la tabla 13 y 14, la que tuvo mejor puntuación y más aceptable fue el tratamiento número tres con 92, 100 y 101 y solo aceptabilidad por las personas sin entrenar 111; señalando que la mejor sustitución es 10%. Este resultado es similar al reportado por Yáñez et al. (1981), Amaranthus, El, & Directo (2010) y Mastromatteo, Danza, Guida, & Nobile (2012) quienes trabajaron la sustitución de harina de trigo y reportando que la mejor sustitución es 10% con respecto a legumbres. Además Delarue et al. (2015); Heenan, Hamid, Dufour, Harvey, y Delahunty (2009) realizaron un estudio

sobre la percepción del consumidor en la frescura de productos horneados, señalando que los panes son aceptables y considerados frescos cuando presentan una corteza marrón oscura y dorada.

Tabla 13. Puntuación calculada de la evaluación sensorial mediante la técnica de perfil flash en la empresa panificadora (productos Unión).

Tratamientos	Sabor	Textura	Aceptabilidad
0	90	87	94
1	79	85	84
2	70	62	61
3	92	100	101
4	74	76	69
5	81	81	90
6	78	72	77
7	85	80	82
8	64	68	68
9	72	80	75
10	73	77	80
11	77	87	78

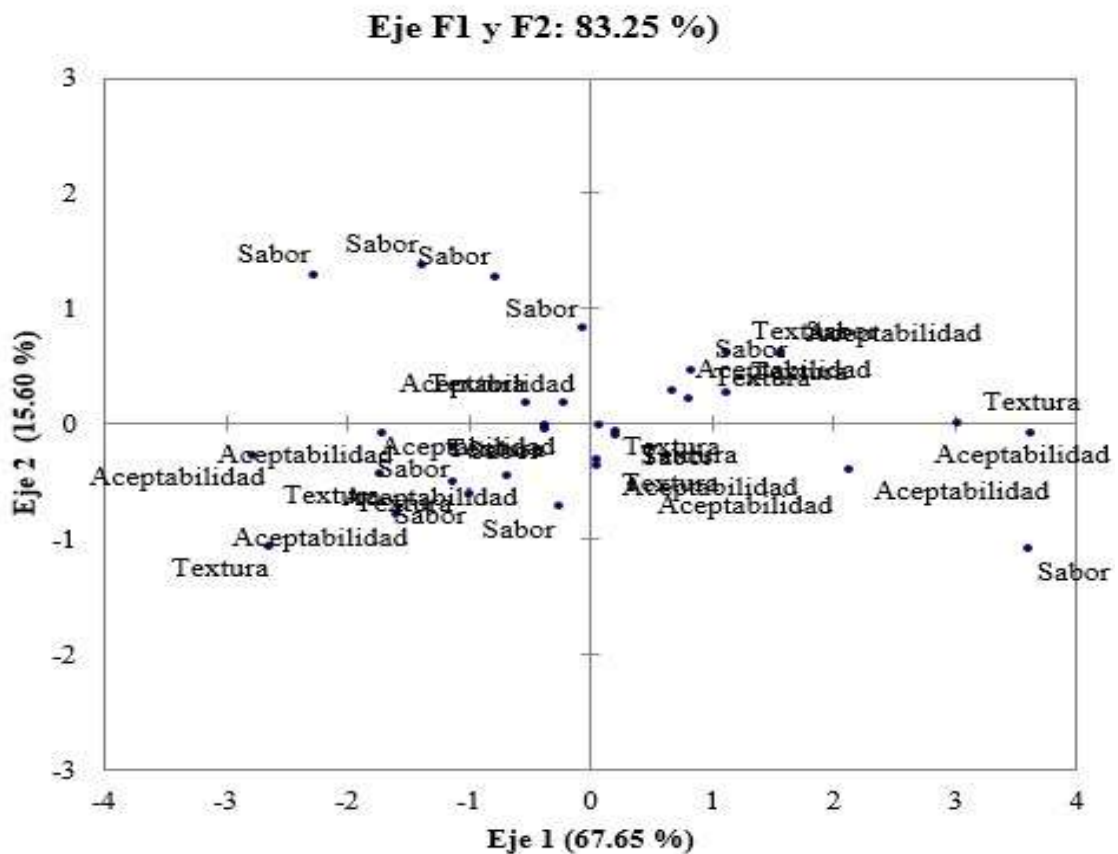
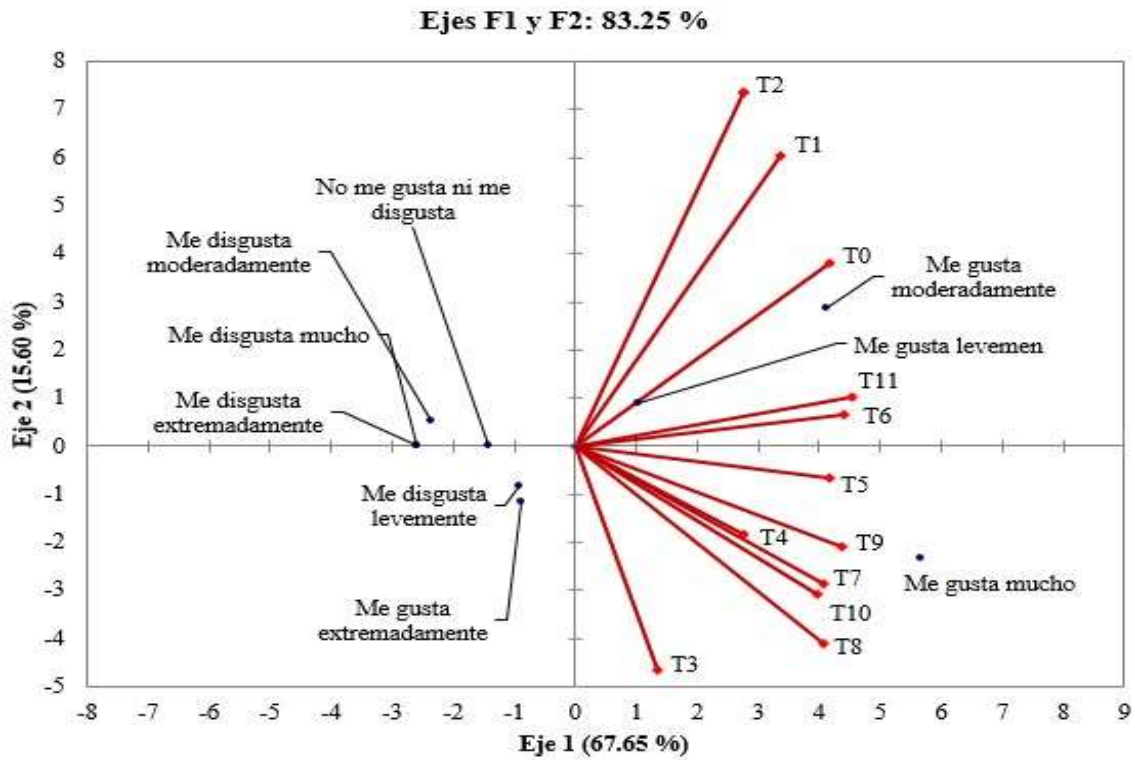


Figura 21. Análisis factorial múltiple del perfil flash del pan molde y sus atributos realizado por trabajadores del área de panificación de la empresa Productos Unión (Donde: F1 = harina trigo, F2 = harina de pajuero).

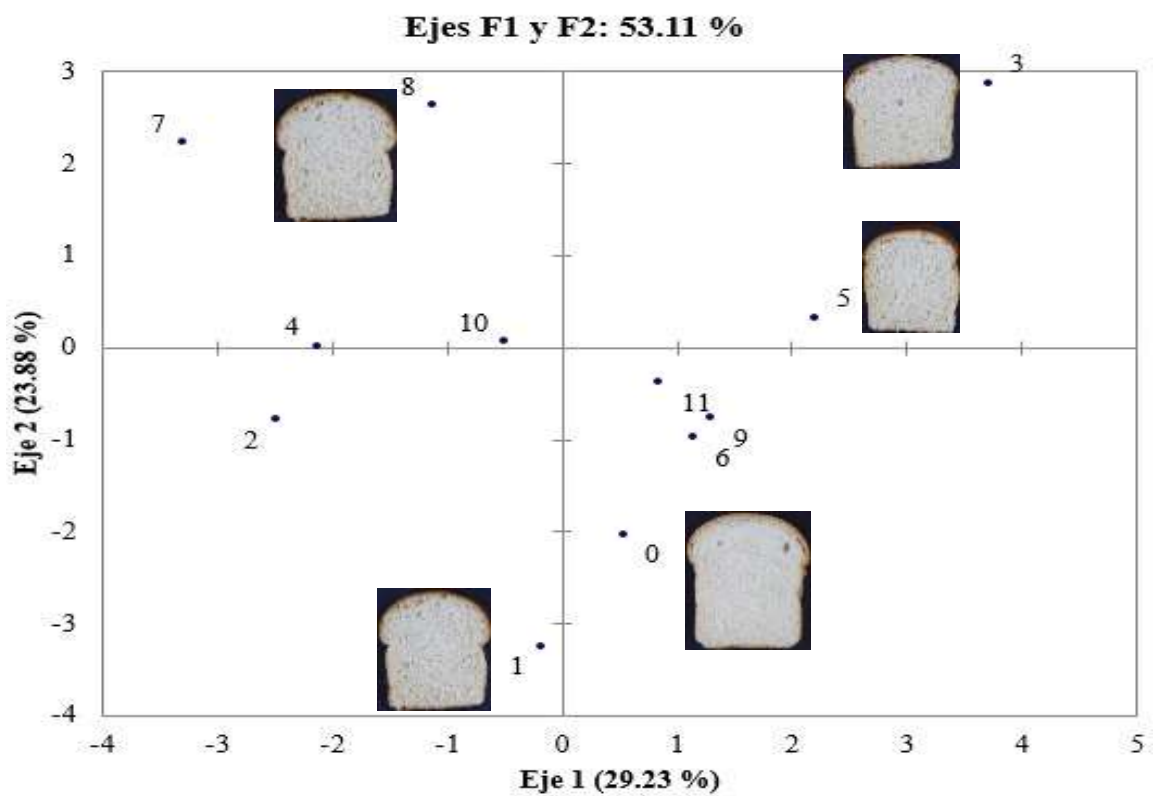
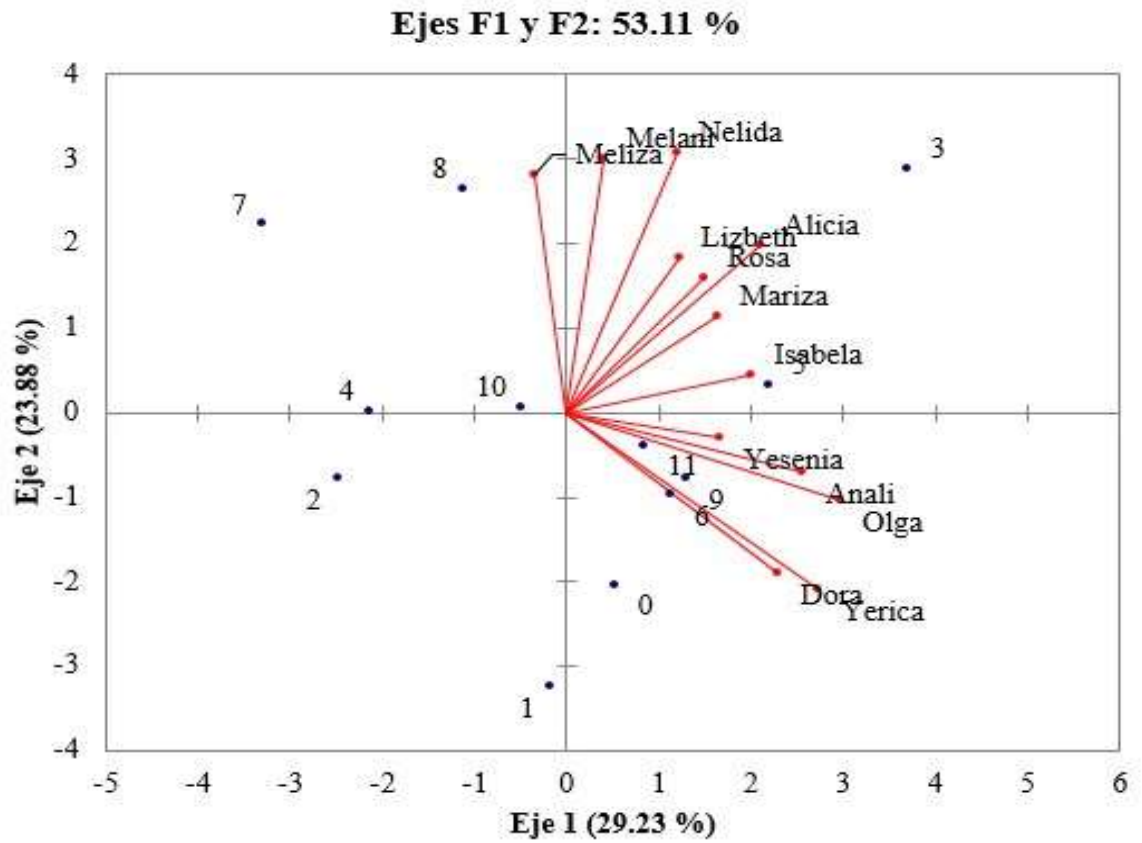


Figura 22. Análisis factorial múltiple del perfil flash del pan molde y su atributo sensorial realizados por consumidores sin entrenar (Donde: F1 = harina trigo, F2 = harina de pajuero).

La clasificación de los tratamientos en las dos evaluaciones es igual a la clasificación efectuada mediante la técnica del perfil descriptivo cuantitativo, debido a que los tratamientos en la figura 21 señala que 2, 1, 0, 11, 6 forman el primer grupo con los atributos me gusta levemente y me gusta moderadamente oponiéndose a los tratamientos 5, 4, 9, 7, 10, 8, 3 forman el segundo grupo con el atributo me gusta mucho, pero el atributo 3 es el que se encuentra más alejado de los demás marcando la diferencia con una puntuación más alta (Tabla 13); esta ubicación de tratamientos en los cuadrantes muestra una diferencia notable por Ramírez-Rivera et al. (2010) reportando en el primer cuadrante los tratamientos 4-5 y el segundo cuadrante 2-3, esta diferencia es porque trabajaron con una ANOVA de 5 variables dependientes (glutamato, cebolla en polvo, galleta, aceite y leche), llegando a tener solo 5 tratamientos. Sin embargo, la figura 21 B (con replica) muestra en el primer cuadrante que hubo una mejor puntuación en la textura, seguido por aceptabilidad y sabor. Segundo cuadrante una mejor puntuación de aceptabilidad, seguido de sabor y textura. En el tercer cuadrante se encontró mayor puntuación la aceptabilidad seguida de textura y sabor. Y el cuarto cuadrante señala una mayor puntuación sabor seguido de textura y aceptabilidad. Siendo estos tres atributos congruentes con Dairou y Sieffermann (2002) y J. Delarue y Sieffermann (2004).

En la figura 22 los tratamientos 3, 5 representan el primer grupo recibiendo un puntaje 111 y 101 de aceptabilidad; los tratamientos 11, 9, 6, 0 forman el segundo grupo con una puntuación de 92, 95, 94 y 90; los tratamientos 4, 10, 7, 8 establecen tercer grupo con niveles de 81, 82, 89 y 88; y los tratamientos 2, 1 constituyen el cuarto grupo con una calificación de 87 y 82 tabla 14. Desde el punto de vista generalizado análisis factorial y la técnica perfil flash, se puede observar que en las dos evaluaciones presentan porcentajes 83.25 % y 53.11 % respectivamente a cada pericia sensorial, dichos resultados

son similares y pueden ser comprobables (Ramírez-Rivera et al., 2010; N. Lassoued et al., 2008).

Tabla 14. Puntuación calculada de la evaluación sensorial en el atributo aceptabilidad mediante la técnica de perfil flash con personas sin entrenar.

Tratamientos	Códigos	Total de puntuación
0	200	92
1	201	87
2	202	82
3	203	111
4	204	81
5	208	101
6	209	94
7	218	82
8	220	89
9	223	95
10	226	88
11	225	90

4.8.1 Correlación del método en la variable aceptabilidad de las personas semientrenadas y sin entrenar.

Existe una similitud entre la evaluación sensorial de las personas sin entrenar y semi-entrenadas de una industria panificadora (Tabla 15). La Figura de correlación mostrada en Anexos II-D muestra que los dos primeros ejes principales representan el 100 % de la variación total de los datos, siendo superior a lo obtenido por la sustitución sin combinación de resultados (Figura 22 y 21). Sin embargo, estos resultados son superiores a la combinación del método análisis descriptivo cuantitativo y el perfil flash, realizados por Rivera et al. (2010), J. Delarue y Sieffermann (2004) quien reporta 84.79 % y 60.1 %. Además señala que las personas sin entrenar se encuentran en el primer

cuadrante oponiéndose a las personas de la empresa panificadora (Productos Unión) que se ubican en el segundo cuadrante, esta combinación también señala que el tratamiento 9, 11, 5, 3 (7.9, 10% de sustitución) se ubican en el primer cuadrante oponiéndose al tratamiento 0 (100% harina de trigo), el tratamiento 1, 10, 4, 7 se ubican en el tercer cuadrante oponiéndose a los tratamientos 2, 8 y 6; Los tratamientos 9, 11, 5 reciben el mejor puntaje con una sustitución de 15 % y teniendo con mayor puntuación el tratamiento 3 con 10 % de sustitución, siendo esta mejor que el tratamiento 100% de harina de trigo (Tabla 15 y 14).

Tabla 15. Correlación de personas semientrenadas y sin entrenar

Tratamientos	Semientrenadas	Sin entrenar
0	94	92
1	84	87
2	61	82
3	101	111
4	69	81
5	90	101
6	77	94
7	82	82
8	68	89
9	75	95
10	80	88
11	78	90

4.9 Análisis del pan molde

El análisis proteico del pan molde con harina de pajuro (10%) y harina de trigo (85%) fue de 10.97% y de la muestra patrón 9.5%; aumentando un 1.47%, siendo este resultado menor a lo reportado por Zavaleta et al. (2010) quien realizó la sustitución de harina de trigo por harina de pajuro y pasta de pajuro, reportando un aumento de 1.47%

de proteína en el pan molde. Pérez (1998) realizó el enriquecimiento del pan con torta de soya, reportando un aumento de 18.55 a 24.19% de proteína (incremento de 5.64% de proteína). Ugwuona y Suwaba (2013) trabajaron los efectos de la sustitución de la harina de trigo con harina de haba Jack desgrasada y frijol Jack en la calidad del pan, reportando un aumento de 1.21% (9,49 a 10,79%). Rizzello, Calasso, Campanella, Angelis, y Gobbetti (2014) su estudio tuvo como objetivo investigar la adición de harinas de leguminosas (garbanzos, lentejas y frijoles) en pan de harina de trigo, reportando un aumento de 7.15 ± 0.20 a $11.92 \pm 0.15\%$, mejorando un 4.77%. Esta diferencia se observa porque las leguminosas tienen diferentes concentraciones de proteína y depende de los niveles de concentración que se está sustituyendo (Ugwuona & Suwaba, 2013). Los resultados encontrados son superiores a lo mostrado en el cuadro nutricional de las diferentes marcas de panes de molde (panes blancos): Bimbo (5 y 6 %), Pic (5%); el tratamiento que tuvo 100% harina de trigo es similar a lo reportado por el pan unión (9.50) e inferior al pan que tiene 10% de harina de pajuro.

5 CONCLUSIONES

En el análisis proximal del pajuro presentan un contenido de proteína de 21.3 %, humedad en base seca 11.8 %, ceniza 2.9%, fibra 0.94, grasa 1.52 % y carbohidratos 61.54%.

El contenido de harina de pajuro en la formulación del pan molde tiende a disminuir la luminosidad, aumentando la tonalidad rojiza y amarillenta. Sin embargo la incorporación al 10% de harina sucedánea y 85% de harina de trigo mostró un resultado parecido al 0% de harían de pajuro, seguido de los tratamientos 5, 7 y 9 que tuvieron una sustitución de 10 y 15 %.

Se presentó un ligero aumento del volumen en el pan molde con 10 % de harina de pajuro y 85 % de harina de trigo, y un volumen parecido al tratamientos con 15 % de sustitución; indicando que la sustitución no afecta significativamente el volumen del pan molde.

Existe una distribución significativa del tamaño y el número de poros en el pan molde, que abarca de 0.09 a 0.17 cm de área y de 1104 a 797.3 de cantidad de poros en los 11 tratamientos. La harina precocida del pajuro tiene efecto positivo en la elaboración de panes de molde. Por lo tanto, las características físicas del pan molde con harina de pajuro, están reflejadas en la pérdida del volumen, incrementando el color y porosidad.

Mediante el análisis factorial múltiple se pudo determinar la fuerte correlación entre las personas semientrenadas (empresa panificadora) y sin entrenar, y por ende, en el espacio sensorial el comportamiento de las combinaciones de harina de trigo y pajuro fueron muy cercanos y significativamente similares en la aceptabilidad. Además se pudo observar que los panes con mayor aceptación con respecto a las combinaciones evaluadas fueron los tratamientos 3 y 5 con una sustitución de 10 y 15% (puntuación de 111 y 101), seguido por los tratamientos 11, 9, 6, 0 con una puntuación de 92, 95, 94 y 90 respectivamente.

El pan elaborado con 100% de harina de trigo obtuvo un 9.50% de proteína, al sustituir con 10% el pan molde mejora en su contenido proteico en 1.47%, haciendo un total de 10.97 %.

Los resultados de investigación mostraron que es posible tecnológicamente diversificar el uso del pajuro en forma de harina para la industria de la panificación, mejorando el valor nutricional específicamente en cuanto al contenido de proteína, cenizas y carbohidratos.

6 RECOMENDACIONES

La complementación de harina de pajuro debe ser optimizada, ya que es importante mezclar un porcentaje exacto de estas con la harina de trigo, para trabajar con una mezcla homogénea y así obtener un producto final con características internas y externas óptimas.

Realizar con el alveograma a la masa del producto para determinar las propiedades de elasticidad, viscosidad y plasticidad.

Evaluar la calidad nutritiva y biológica de los panes de molde con pajuro precocido.

Evaluar otros parámetros de calidad en la determinación del tiempo de vida útil sensorial del pan de molde complementados con harina de pajuro, como por ejemplo la textura (firmeza) y la acidez.

Determinar el costo mínimo de la formulación óptima del pan molde con harina de pajuro.

Realizar estudios de biodisponibilidad de las proteínas.

7 REFERENCIAS

- AACC. (200AD). Approved methods of the AACC. *American Association of Cereal Chemists*, 10, 2.
- Acero Duarte, L. E. (2007). *Guía para el cultivo y aprovechamiento del Chachafruto o Balú (Erythrina edulis) Triana ex Micheli Ver detalle de producto . Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú : Erythrina edulis Triana ex Micheli.* (A. Bello, Ed.) (Segunda ed). Colombia: CAB, Ciencia y tecnología.
- Acero Duarte, L. E., & Rique. (2000). *Guía para el cultivo y aprovechamiento del “Chachafruto” o “Balú” Erythrina edulis Triana ex Micheli* (CONIF). Colombia.
- Alayo Zumarán, O. R., & Alva Yglesias, L. A. (2011). Optimización de las propiedades físicas , nutritivas y sensoriales del pan elaborado con harina de espárrago , kiwicha y trigo. *Ciencia Y Tecnología*, 23–34.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable.* OMS y PNUMA (1st ed.). México, México: Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.
- Alvarado Gómez, T., Cervantes Hernández, M., Velázquez López, J., Rivera Ramírez, E. D. J., Cabrera, R. S., & Ramón Canual, L. G. (2010). Caracterización sensorial del queso fresco “cuajada” en tres localidades de Oaxaca , México : diferencias en la percepción sensorial. *Revista Venezolana de Tecnología de Alimentos*, 1(2), 127–140.
- Amaral, A. C., Jakovcevski, M., McGaughy, J. A. ., Calderwood, S. K., Mokler, D. J., Rushmore, R. J., ... Rosene, D. L. (2015). Prenatal protein malnutrition decreases KCNJ3 and 2DG activity in rat prefrontal cortex. *Neuroscience*, 286, 79–86. <http://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.11.005>
- American Association of Cereal Chemists (AACC). (2012). *Approved methods of the association of cereal chemists AACC.* St. Paul (21st ed.). U.S.A.: The Ass.
- Angioloni, A., & Collar, C. (2011). High legume-wheat matrices: an alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. *European Food Research and Technology*, 234(2), 273–284. <http://doi.org/10.1007/s00217->

- AOAC International. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, USA: Association of Analytical Communities.
- Arango Bedoya, O., Bolaños Patiño, V., Ricaurte García, D., Caicedo, M., & Guerrero, Y. (2012). Obtención de un extracto proteico a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*). *Universidad de Nariño*, 14(2), 161–167.
- Araujo Abanto, A. V. (2005). *Estudio taxonómico e histológico de seis especies del género Erythrina L. (Fabaceae)*. *Cybertesis UNMSM*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Araujo Abanto, V. A. (2005). *Estudio taxonómico e histológico de seis especies del género Erythrina L (Fabacea)*. Universidad Nacional Mayor de San marcos.
- Argote-Vega, F. E., & Villada-Castillo, H. (2012). Evaluación sensorial de pasteles a partir de harina de chachafruto (*Erythrina edulis triana*). *Vitae*, 19(1), S243–S245.
- Asegehegn, T. W., Schreiber, M., & Krautz, H. J. (2011). Investigation of bubble behavior in fluidized beds with and without immersed horizontal tubes using a digital image analysis technique. *Powder Technology*, 210(3), 248–260. <http://doi.org/10.1016/j.powtec.2011.03.025>
- Auxiliadora, M., Galán, E., Ortiz, P., & Ortiz, R. (2013). Digital image analysis and EDX SEM as combined techniques to evaluate salt damp on walls. *Construction and Building Materials*, 45, 95–105. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.067>
- Baravalle, R. G., Delrieux, C. A., & Gómez, J. C. (2015). Multifractal characterisation and classification of bread crumb digital images. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2015(1), 9. <http://doi.org/10.1186/s13640-015-0063-8>
- Barrera Marin, N. (1998). *Arbol de chachafruto Erythrina edulis T*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Bellido, G. G., Scanlon, M. G., Page, J. H., & Hallgrimsson, B. (2006). The bubble size distribution in wheat flour dough. *Food Research International*, 39(10), 1058–1066. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.07.020>
- Ben Halima, N., Borchani, M., Fendri, I., Khemakhem, B., Gosset, D., Baril, P., ... Abdelkafi, S. (2015). Optimised amylases extraction from oat seeds and its impact

- on bread properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 1213–1221. <http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.10.018>
- Best, R. L., & Appleton, K. M. (2013). The consumption of protein-rich foods in older adults: An exploratory focus group study. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 45(6), 751–755. <http://doi.org/10.1016/j.jneb.2013.03.008>
- Bhat, R., & Karim, A. A. (2009). Exploring the Nutritional Potential of Wild and Underutilized Legumes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(4), 305–331. <http://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00084.x>
- Bietz, A., & Wall, S. (1980). Identity of High Molecular Weight Gliadin and Ethanol-Soluble Glutenin Subunits of Wheat: Relation to Gluten Structure! *Cereal Chemistry*, 57(6), 415–421.
- Brevis, J. C., Morris, C. F., Manthey, F., & Dubcovsky, J. (2010). Effect of the grain protein content locus Gpc-B1 on bread and pasta quality. *Journal of Cereal Science*, 51(3), 357–365. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.02.004>
- Calaveras, J. (1996). *Tratado de Panificación y Bollería*. (V. A. Madrid, Ed.) (1st ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Cámara de Comercio de Lima. (2015, March). Más de 150 mil niños sufren desnutrición crónica en el Perú. *Perú 21*. Lima.
- Carvajal, E. N. Á., Dumar, V., Castaño, Q., Carlos, J., & Aguirre, L. (2013). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto (*Erythrina edulis triana ex micheli*). *Ingeniería Agroindustrial. Universidad de La Gran Colombia, Armenia*, 18(2).
- Cary, R. S., & Hervé, D. (2006). Efecto de leguminosas nativas en terrenos en descanso sobre la microbiota del suelo durante un cultivo de papa (Altiplano central boliviano) Effects of native legumes from fallow land on soil microbiota during potato crop in central Bolivian Altiplano. *Ecología*, 41(3), 154–166.
- Cauvain, S., Young, L., & Hall, A. (2000). *Baking problems solved*. New York: Woodhead Publishing.
- Cecilia, O., & Lagos, T. (2009). Desarrollo y evaluación física-química y sensorial de un pan usando salvado de trigo y harina integral Desarrollo y evaluación física-química y sensorial de un pan usando salvado de trigo y harina integral. *Zamorano*.

- Ceroni Stuva, A. (2003). Composición florística y vegetación de la cuenca La Gallega, Morropón, Piura. *Departamento Académico de Biología*, 2(1).
- Cerron, A. F., Hurtado, A. B., Osorio, O. M., & Buchely, M. (2010). Estudio de la formación de la harina de papa de la variedad parda pastura (*Solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. *Universidad de Nariño*, 2, 105–111.
- Chau, C., Cheung, P. C., & Wong, Y. (1997). Effects of Cooking on Content of Amino Acids and Antinutrients in Three Chinese Indigenous Legume Seeds. *J Sci Food Agric*, 75, 447–452. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199712\)75:4<447::AID-JSFA896>3.0.CO;2-5](http://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199712)75:4<447::AID-JSFA896>3.0.CO;2-5)
- Cheftel, J. C., Cug, J. L., & Lorient, D. (1985). *Amino acids, peptides, and proteins* (Marcel Dek). New York: Food chemistry.
- Cheftel, J. C., Jean-Louis, C., & Lorient, D. (1989). *Proteínas Alimentarias* (ACRIBIA, S). Zaragoza.
- Chen, G., Östlund, Å., Nordstierna, L., & Swenson, J. (2013). A Porosimetric Mapping of Breadcrumb Structures by Differential Scanning Calorimetry and Nuclear Magnetic Resonance. *Food Biophysics*, 8(3), 209–215. <http://doi.org/10.1007/s11483-013-9297-0>
- Cobo, G., Qriroz, M., & Santacruz, S. (2013). Sustitución parcial de trigo (*Triticum aestivum*) por zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* B.) en la elaboración de pan. *Avances En Ciencias E Ingenierías*, 5(2).
- Codex Alimentarius. (2007). *Cereales, Legumbres, Leguminosas y Productos Proteínicos Vegetales* (Organizaci). Roma: Codex Alimentarius.
- Conforti, F. D., & Davis, S. F. (2006). The effect of soya flour and flaxseed as a partial replacement for bread flour in yeast bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(s2), 95–101. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01410.x>
- Cueto, D., Pérez, E., Borneo, R., & Ribotta, P. (2011). Efecto de la adición de harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sobre las características sensoriales , reológicas y físicas de tortas y panquecas. *Rev. Fac. Agron*, 37(2), 64–74.
- Dairou, V., & Sieffermann, J.-M. (2002a). A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the flash profile. *Journal of Food*

- Science*, 67(2), 826–834. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10685.x>
- Dairou, V., & Sieffermann, M. (2002b). A Comparison of 14 Jams Characterized by Conventional Profile and a Quick Original Method , the Flash Profile. *Sensory and Nutritive Qualities of Food A*, 67(2), 826–834.
- Dalarue, J. J., Lawlor, B., & Rogeaux, M. (2015). *Rapid Sensory Profiling Techniques and Related Methods*. London: Woodhead Publishing.
- Danza, A., Mastromatteo, M., Cozzolino, F., Lecce, L., Lampignano, V., Laverse, J., & Del Nobile, M. A. (2014). Processing and characterization of durum wheat bread enriched with antioxidant from yellow pepper flour. *LWT - Food Science and Technology*, 59(1), 479–485. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.001>
- De la Cruz Quispe, W. H. (2009). *Complementación proteica de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de quinua (Chenopodium quinoa) y suero en pan molde y tiempo de vida útil*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- de Villiers, O. T., & Laubscher, E. W. (1995). Use of the SDSS test to predict the protein content and bread volume of wheat cultivars. *South African Journal of Plant and Soil*, 12(4), 140–142. <http://doi.org/10.1080/02571862.1995.10634353>
- Delarue, J. J., Lawlor, B., & Rogeaux, M. (2015). *Rapid Sensory Profiling Techniques and Related Methods, Applications in New Product Development and Consumer Research*. Amsterdam.
- Delarue, J., & Sieffermann, J. M. (2004). Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*, 15(4), 383–392. [http://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00085-5](http://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00085-5)
- Dirección General De Salud Ambiental. (2011). Norma Sanitaria para la Fabricación , Elaboración y Expendio de Productos de Panificación , Galletería y Pastelería RM N ° 1020-2010 / MINSA . Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú. *Ministerio de Salud*.
- Doxastakis, G., Zafiriadis, I., Irakli, M., Marlani, H., & Tananaki, C. (2002). Lupin , soya and triticale addition to wheat flour doughs and their effect on rheological properties. *Food Chemistry*, 77, 219–227.
- Drake, S. L., Lopetcharat, K., Clark, S., Kwak, H. S., Lee, S. Y., & Drake, M. a. (2009).

- Mapping differences in consumer perception of sharp cheddar cheese in the united states. *Journal of Food Science*, 74(6). <http://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01219.x>
- EasyRGB. (2015). Color calculator. EasyRGB.
- Edwards, W. P. (2007). *The Science of Bakery Products*. Essex: Royal Society of Chemistry.
- Eleazu, C., Eleazu, K., Aniedu, C., Amajor, J., Ikpeama, A., & Ebenzer, I. (2014). Effect of partial replacement of wheat flour with high quality cassava flour on the chemical composition, antioxidant activity, sensory quality, and microbial quality of bread. *Preventive Nutrition and Food Science*, 19(2), 115–123. <http://doi.org/10.3746/pnf.2014.19.2.115>
- Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., ... Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, 59(1), 41–47. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.010>
- Escamilo Cárdenas, S. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *UNMSM*, 16, 97–104.
- Escott-Stump Sylvia, M., & RD, L. (2010). *Nutrición, Diagnóstico y tratamiento* (6th ed.). Madrid: Wolters Kuwer.
- FAO. (2015). Perspectivas de cosechas y situación alimentaria. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación*, 1(1), 1–46.
- Félix, S. D., & Días, F. E. (2005). Pequeño manual práctico del chachafruto. In *Combatir el hambre en tu localidad*. Colombia: Parque eco turistico, ciudad de felix.
- Feoli, A. M., Siqueira, I. R., Almeida, L., Tramontina, A. C., Vanzella, C., Sbaraini, S., ... Gonçalves, C. a. (2006). Effects of protein malnutrition on oxidative status in rat brain. *Nutrition*, 22(2), 160–165. <http://doi.org/10.1016/j.nut.2005.06.007>
- Fernado Pérez, L. (1998). *Enriquecimiento del pan, por sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por torta de soya (Glycine max)*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Ficco, D. B. M., Simone, V., Colecchia, S. A., Pecorella, I., Platani, C., Nigro, F., ... Vita,

- P. De. (2014). Genetic Variability in Anthocyanin Composition and Nutritional Properties of Blue, Pure, and Bread (*Triticum aestivum* L.) and Durum (*Triticum turgidum* L. ssp. *turgidum* convar. *durum*) Whears. *Agricultura and Food Chemistry*, 42, 8686–8695. <http://doi.org/10.1021/jf5003683>
- Fik, M., Surówka, K., Maciejaszek, I., Macura, M., & Michalczyk, M. (2012). Quality and shelf life of calcium-enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 418–424. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.006>
- Georgopoulos, T., Larsson, H., & Eliasson, A. C. (2004). A comparison of the rheological properties of wheat flour dough and its gluten prepared by ultracentrifugation. *Food Hydrocolloids*, 18(1), 143–151. [http://doi.org/10.1016/S0268-005X\(03\)00059-6](http://doi.org/10.1016/S0268-005X(03)00059-6)
- Gimeno Montoya, M. T. (2013). *Mejora de las características tecnológicas y de los perfiles sensorial y nutricional de un producto de panificación mediante la formulación con aceite de oliva virgen*. Universidad de Lleida.
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., & Fernández, E. (2008). Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. *LWT - Food Science and Technology*, 41(9), 1701–1709. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.024>
- Gómez Zuluaga, A. (2012). *Caracterización con marcadores moleculares rams (random amplified microsatellites) de algunas especies del género erythrina presentes en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Graveland, A., Bosveld, P., Lichtendonk, W. J., Moonen, H. H. E., & Scheepstra, A. (1982). Extraction and fractionation of wheat flour proteins. *Journal of Sci. Food Agric.*, 33(1982), 1117–1128. <http://doi.org/10.1002/jsfa.2740300112>
- Gregorio Roa, J. (2010). Evaluación de impacto ambiental de un proyecto agroforestal. Caso: siembra de 150.000 árboles de *Erythrina edulis*. *Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 216(5 2).
- Guàrdia, M. D., Aguiar, A. P. S., Claret, A., Arnau, J., & Guerrero, L. (2010). Sensory characterization of dry-cured ham using free-choice profiling. *Food Quality and Preference*, 21(1), 148–155. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.08.014>
- Güzel, D., & Sayar, S. (2012). Effect of cooking methods on selected physicochemical and nutritional properties of barlotto bean, chickpea, faba bean, and white kidney bean. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 89–95.

<http://doi.org/10.1007/s13197-011-0260-0>

- Hager, A. S., & Arendt, E. K. (2013). Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 195–203. <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.12.021>
- Harinder, K., Kaur, B., & Sharma, S. (1999). Studies on the baking properties of wheat: Pigeonpea flour blends. *Plant Foods for Human Nutrition*, 54(3), 217–226. <http://doi.org/10.1023/A:1008158208549>
- Hathorn, C. S., Biswas, M. A., Gichuhi, P. N., & Bovell-Benjamin, A. C. (2008). Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers. *LWT - Food Science and Technology*, 41(5), 803–815. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.06.020>
- Heenan, S. P., Hamid, N., Dufour, J.-P., Harvey, W., & Delahunty, C. M. (2009). Consumer freshness perceptions of breads, biscuits and cakes. *Food Quality and Preference*, 20(5), 380–390. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.02.008>
- Henley, E. C., Taylor, J. R. N., & Obukosia, S. D. (2010). *The importance of dietary protein in human health: Combating protein deficiency in sub-Saharan Africa through transgenic biofortified sorghum*. *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 60). Elsevier Inc. [http://doi.org/10.1016/S1043-4526\(10\)60002-2](http://doi.org/10.1016/S1043-4526(10)60002-2)
- Hernadéz Bermejo, & J., L. (1994). *Neglected Crops. 1492 from a different perspective* (26th ed.). FAO.
- Hernández, J., Castillo, M., Garay, V., Mora, A., Caamaño, J., & Urbina, A. (2011). Efecto de la harina de chachafruto (*Erythrina edulis triana ex micheli*) como suplemento en la alimentación de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Agricultura Andina*, 18, 12–28.
- Hicsasmaz, Z., & Clayton, J. T. (1992). Characterization of the Pore Structure of Starch Based Food Materials. *Food Structure*, 11(2).
- Hobbs, D. A., Ashouri, A., George, T. W., Lovegrove, J. A., & Methven, L. (2014). The consumer acceptance of novel vegetable-enriched bread products as a potential

- vehicle to increase vegetable consumption. *Food Research International*, 58, 15–22. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.038>
- Hui, Y. (2006). *Bakery products: science and technology*. (H. Corke, I. Ley, W.-K. Nip, & N. Cross, Eds.) (1st ed.). Oxford: Blackwell.
- Husson, F., Le Dien, S., & Pagès, J. (2001). Which value can be granted to sensory profiles given by consumers? Methodology and results. *Food Quality and Preference*, 12(5-7), 291–296. [http://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00014-3](http://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00014-3)
- Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI). (2015). Indicadores de Resultados de los Programas Estratégicos , 2007-2014. *Instituto Nacional de Estadística E Informática*, 124.
- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Sayyar Khan, M. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331–335. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011>
- Johnson, C., Birch, G. G., & MacDougall, D. B. (1994). The effect of the sweetness inhibitor 2(-4-methoxyphenoxy)propanoic acid (sodium salt) (Na-PMP) on the taste of bitter-sweet stimuli. *Chemical Senses*, 19(4), 349–358.
- Jyothirmayi, T., Prabhakara Rao, P. G., & Walde, S. G. (2006). Nitrogen extractability and functional properties of defatted Erythrina variegata flour. *Food Chemistry*, 96(2), 242–247. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.023>
- Kaneko, C. (2013). *Bread a Baker's Book of Techniques and recipes* (2nd ed.). Canada.
- Karathanos, V. T., & Saravacos, G. D. (1992). Porosity and Pore Size Distribution of Starch Materials. *Food Engineering*, 18(1993), 259–280.
- Kass, D. L. (2000). Erythrina Species - Pantropical Multipurpose Tree Legumes. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación*.
- Kassama, L. S., Ngadi, M. O., & Raghavan, G. S. V. (2003). Structural and Instrumental Textural Properties of Meat Patties Containing Soy Protein. *International Journal of Food Properties*, 6(3), 519–529. <http://doi.org/10.1081/JFP-120021456>
- Kazemzadeh, M., Peighambaroust, S. H., & Najafi, N. (2013). Effect of organic and nitrogen fertilizers on physicochemical properties and bread-making quality of wheat (*Triticum aestivum* cv . Alvand). *Food Science and Technology*.

- Kilcast, D. (2010). *Sensory analysis for food and beverage quality control: a practical guide*. *Acta Alimentaria* (Vol. 39). New York: CRC Press. <http://doi.org/10.1556/AAlim.39.2010.4.10>
- Kittisuban, P., Ritthiruangdej, P., & Suphantharika, M. (2014). Optimization of hydroxypropylmethylcellulose, yeast β -glucan, and whey protein levels based on physical properties of gluten-free rice bread using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 57(2), 738–748. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.045>
- Koletta, P., Irakli, M., Papageorgiou, M., & Skendi, A. (2014). Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 60(3), 561–568. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.08.003>
- Krantz, D. H. (1975). Color measurement and color theory: Representation theorem for Grassmann structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 12(3), 283–303. [http://doi.org/10.1016/0022-2496\(75\)90026-7](http://doi.org/10.1016/0022-2496(75)90026-7)
- Lassoued, N., Babin, P., & Della, G. (2007). Granulometry of bread crumb grain: Contributions of 2D and 3D image analysis at different scale. *Food Research International*, 40, 1087–1097. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.06.004>
- Lassoued, N., Delarue, J., Launay, B., & Michon, C. (2008). Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 133–143. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.08.014>
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., & Biliaderis, C. G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1033–1047. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032>
- Lelièvre, M., Chollet, S., Abdi, H., & Valentin, D. (2008). What is the validity of the sorting task for describing beers? A study using trained and untrained assessors. *Food Quality and Preference*, 19(8), 697–703. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2008.05.001>
- León, K., Mery, D., Pedreschi, F., & León, J. (2006). Color measurement in $L^*a^*b^*$ units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084–1091.

<http://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.006>

- Levin, N., Dor, E. Ben, & Singer, A. (2005). International Journal of Remote A digital camera as a tool to measure colour indices and related properties of sandy soils in semi - arid environments. *International Journal of Remote Sensing*, 26(October 2014), 37–41. <http://doi.org/10.1080/01431160500099444>
- Li, Z., Deng, C., Li, H., Liu, C., & Bian, K. (2015). Characteristics of remixed fermentation dough and its influence on the quality of steamed bread. *Food Chemistry*, 179, 257–262. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.009>
- López, C., Frederic, O., Isayama, V., Carlos, O., & Guzmán, A. (1988). *Los cactus de los alrededores de la ciudad de lima y su conservación. Universidad Nacional Agraria la Molina*. Lima.
- López-Velázquez, J., Gómez-Alvarado, T., Hernández-Cervantes, M., Santiago-Cabrera, R., Ramón-Canual, G., Juárez-Barrientos, J. M., ... Ramírez-Rivera, E. de J. (2012). Mapas externos de preferencias de jueces entrenados y consumidores: comparación del desempeño y determinación de la preferencia. *Tecnociencia Chihuahua*, VI(1), 9–21.
- Lozano, E. C., & Alicia Zapater, M. (2010). El género *Erythrina* (leguminosae) en Argentina. *DARWINIANA*, 48(2), 179–200.
- Lucisano, M., & Pompei, C. (1981). *Baking properties of lupin flour*. Londres: Lebensmittel-Wissenschaft+ Technologie= Food science+ technology.
- Luz Fernandez, M., & Berry, J. W. (2007). Rheological properties of flour and sensory characteristics of bread made from germinated chickpea. *International Journal of Food Science & Technology*, 24(1), 103–110. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb00623.x>
- M. Yousseff, S. A., Salem, A., Hamid, A., & Abdel-Rahman, Y. (1976). Supplementation of bread with soybean and chickpea flours. *J. Fd. Technol*, 11, 599–605. <http://doi.org/10.1111/j.13.65-2621.1976.tb00762.x-i1>
- Manickavasagan, A., Reicks, M., Singh, V., Sawsana, A., Intisar, A. M., & Lakshmy, R. (2013). Acceptability of a reformulated grain-based food: Implications for increasing whole grain consumption. *Food Science and Human Wellness*, 2(3-4), 105–112. <http://doi.org/10.1016/j.fshw.2013.06.002>

- Marcin, K., Jarosław, W., Monika, P., & Agnieszka, W. (2016a). Application of the response surface methodology in optimizing oat fiber particle size and flour replacement in wheat bread rolls. *CyTA- Journal of Food*, 6337(January), 18–26. <http://doi.org/10.1080/19476337.2015.1036309>
- Marcin, K., Jarosław, W., Monika, P., & Agnieszka, W. (2016b). Application of the response surface methodology in optimizing oat fiber particle size and flour replacement in wheat bread rolls. *CyTA - Journal of Food*. <http://doi.org/10.1080/19476337.2015.1036309>
- Marshall, W. E. (2005). Amino Acids, Peptides, and Proteins. *Functional Foods*, (1), 242–260.
- Marti, A., Ulrici, A., Foca, G., Quaglia, L., & Pagani, M. A. (2015). Characterization of common wheat flours (*Triticum aestivum* L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and gluten peak test indices. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 95–103. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.029>
- Mastromatteo, M., Danza, A., Guida, M., & Nobile, M. A. Del. (2012). Original article Formulation optimisation of vegetable flour-loaded functional bread Part I: screening of vegetable flours and structuring agents. *International Journal of Food Science & Technology*, 1–8. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02975.x>
- Mazzucchelli, R., & Guinard, J.-X. (1998). Comparison of Monadic and Simultaneous Sample Presentation Modes in a Descriptive Analysis of Milk Chocolate. *Journal of Sensory Studies*, 14(530), 235–248. <http://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1999.tb00114.x>
- Mejía Leudo, M., A, A. I., & Marin, N. B. (1998). Estudios preliminares sobre desarrollo y manejo de la semilla de chachafruto, *erythrina edulis* t. *Agronomica*, 57–68.
- Mendenhall W, S. T. (1997). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (4th ed.). México: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.
- Milliken, G. A., & Dallas E., J. (2009). *Analysis of Messy Data* (2nd ed.). United States: CRC Press.
- Millis, R. M., & Offiah, G. U. (2007). Dietary protein deficiency in pregnant mice and offspring. *Life Sciences*, 80(13), 1184–1188. <http://doi.org/10.1016/j.lfs.2006.12.007>

- Mirrahimi, A., Agarwal, A., Chiavaroli, L., Mejia, S. B., Sacks, F. M., Di Buono, M., ... Jenkins, D. J. a. (2014). Effect of dietary pulse intake on established therapeutic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Canadian Medical Association Journal*, 186(8), 252–262. <http://doi.org/10.1503/cmaj.131727/-/DC1>
- Mohammed, I., Ahmed, A. R., & Senge, B. (2012a). Dough rheology and bread quality of wheat – chickpea flour blends. *Industrial Crops & Products*, 36(1), 196–202. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.006>
- Mohammed, I., Ahmed, A. R., & Senge, B. (2012b). Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 36(1), 196–202. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.006>
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. Limusa Wiley. Arizona: Limusa Wiley.
- Moraes Crizel, T., Rubira Silva, C., & Myriam de las Mercedes, S.-M. (2011). *Pão sem glúten enriquecido com a microalga Spirulina platensis*. <http://doi.org/10.4260/BJFT2011140400037>
- Moussaoui, K. a., & Varela, P. (2010). Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1088–1099. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.09.005>
- Moyano, M. J., Meléndez-Martínez, A. J., Alba, J., & Heredia, F. J. (2008). A comprehensive study on the colour of virgin olive oils and its relationship with their chlorophylls and carotenoids indexes (I): CIEXYZ non-uniform colour space. *Food Research International*, 41(5), 505–512. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.03.007>
- Næs, T., Mosleth, E., & Cornell, J. (1998). A comparison of methods for analyzing data from a three component mixture experiment in the presence of variation created by two process variables. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 41, 221–235.
- Naranjo, J. F. (2011). Artículos originales de investigación Nutritional characterization and ruminal degradation kinetics of some forages with potential for ruminants supplementation in the highland tropics of Colombia * Resumen. *Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*, 6(1), 9–19.

- Narpinder, Singh, K., K.S., H., & Kaur, B. (1992). *Studies on the improvent of functional and baking porperties of wheat-chickpea flour blends. Food science and Tecnology* (15th ed., Vol. 15). India: Punjab Agriculture University.
- Natalia, J., & Castañeda, D. (2014). *Microestructura y Propiedades funcionales de harinas de hachafruto (Erythrina edulis) y Quinoa (Chenopodium Quinoa W): Potenciales extensores cárnicos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia.*
- Ngapo, T. M., Martin, J. F., & Dransfield, E. (2004). Consumer choices of pork chops: results from three panels in France. *Food Quality and Preference*, 15(4), 349–359. [http://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00082-X](http://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00082-X)
- Nicoletti, I., Martini, D., De Rossi, A., Taddei, F., D'Egidio, M. G., & Corradini, D. (2013). Identification and quantification of soluble free, soluble conjugated, and insoluble bound phenolic acids in durum wheat (triticum turgidum L. var. durum) and derived products by RP-HPLC on a semimicro separation scale. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(48), 11800–11807. <http://doi.org/10.1021/jf403568c>
- O'Shea, N., Rößle, C., Arendt, E., & Gallagher, E. (2015). Modelling the effects of orange pomace using response surface design for gluten-free bread baking. *Food Chemistry*, 166, 223–230. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.157>
- Ortega, M., Sanchez, C., Chacon, E., Rendon, J. L., Estrada, R., Masso, F., ... Zenteno, E. (1990). Purification and characterization of a lectin from Erythrina americana by affinity chromatography. *Elsevier Scientific Publishers Ireland Ltd.*, 72, 133–140.
- Ozola, L., Straumite, E., Galoburda, R., & Klava, D. (2012). Application of Extruded Maize Flour in Gluten-free Bread Formulations. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 64(4), 883–888.
- Paraskevopoulou, A., Chrysanthou, A., & Koutidou, M. (2012). Characterisation of volatile compounds of lupin protein isolate-enriched wheat flour bread. *Food Research International*, 48(2), 568–577. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.05.028>
- Pascual Chagman, G., & Zapata Huamán, J. (2010a). Sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum L.) por harina de kiwicha (Amaranthus caudatus L.) usando

- el metodo esponja y masa, en la elaboración de pan. *Rev Soc Quím Perú*, 76(4), 377–388.
- Pascual Chagman, G., & Zapata Huamán, J. (2010b). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. *Rev Soc Quím Perú*, 76(4), 377–388.
- Pasini, G., Greco, F., Cremonini, M. a., Brandolini, A., Consonni, R., & Gussoni, M. (2015). Structural and Nutritional Properties of Pasta from *Triticum monococcum* and *Triticum durum* Species. A Combined ¹H NMR, MRI, and Digestibility Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(20), 5072–5082. <http://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01993>
- Paucar Menacho, L. (2013). Guía de práctica de tecnología de aceites y grasas. *Universidad Nacional Del Santa*, 1–44.
- Perez, G. (1995). Purification and characterization of a lectin from the seeds of *Erythrina costaricensis*. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 27(8), 857–863. [http://doi.org/10.1016/1357-2725\(95\)00039-R](http://doi.org/10.1016/1357-2725(95)00039-R)
- Pérez, M. M., Yebra, a., Melgosa, M., Bououd, N., Asselman, a., & Boucetta, a. (2003). Caracterización colorimétrica y clasificación del aceite de oliva virgen de la cuenca mediterránea hispano-marroquí. *Grasas Y Aceites*, 54(4), 392–396.
- Pérez, O. (2007). Manual del Miso de Chachafruto. *CIESAM*, p. 105. Perú.
- Perez-Hidalgo, Maria a. Guerra-Hernandez, E., & Belen, G.-V. (1997). Dietary Fiber in Three Raw Legumes and Processing Effect on Chick Peas by an Enzymatic-Gravimetric Method. *Food Composition and Analysis*, 72, 66–72. <http://doi.org/DOI: 10.1006/jfca.1997.0522>
- Peruano, E. (2012, July). Consumo de pan aumentaría 3%. *Diario El Peruano*. Lima.
- Pescador-Piedra, J. C., Garrido-Castro, A., Chanona-Pérez, J., Farrera-Rebollo, R., Gutiérrez-López, G., & Calderón- Domíngue, G. (2014). Effect of the Addition of Mixtures of Glucose Oxidase , Peroxidase and Xylanase on Rheological and Breadmaking Properties of Wheat Flour. *International Journal of Food Properties*, (November 2014), 37–41. <http://doi.org/10.1080/10942910802036723>
- Pollard, N. J., Stoddard, F. L., Popineau, Y., Wrigley, C. W., & MacRitchie, F. (2002).

- Lupin flours as additives: Dough mixing, breadmaking, emulsifying, and foaming. *Cereal Chemistry*, 79(5), 662–669. <http://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.5.662>
- Pongjaruvat, W., Methacanon, P., Seetapan, N., Fuongfuchat, A., & Gamonpilas, C. (2014). Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. *Food Hydrocolloids*, 36, 143–150. <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.09.004>
- Popov-Raljić, J. V., Mastilović, J. S., Lalić-Petronijević, J. G., & Popov Vladimir S. (2009). Investigations of Bread Production with Postponed Staling. *Sensors*, 9, 8613–8623. <http://doi.org/10.3390/s91108613>
- Pourfarzad, A., Haddad Khodaparts, M. H., Karimi, M., & Ali Mortazavi, S. (2012). Optimization of a novel improver gel formulation for Barbari flat bread using response surface methodology. *J Food Sci Technol*. <http://doi.org/10.1007/s13197-012-0778-9>
- Previtali, M. A., Mastromatteo, M., De Vita, P., Ficco, D. B. M., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2014). Effect of the lentil flour and hydrocolloids on baking characteristics of wholemeal durum wheat bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(11), 2382–2390. <http://doi.org/10.1111/ijfs.12559>
- Purna, S. K. G., Miller, R. A., Seib, P. A., & Graybosch, R. A. (2011). Volume, texture, and molecular mechanism behind the collapse of bread made with different levels of hard waxy wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 54, 37–43. <http://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.02.008>
- Purwanti, N., van der Goot, A. J., Boom, R., & Vereijken, J. (2010). New directions towards structure formation and stability of protein-rich foods from globular proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 21(2), 85–94. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.10.009>
- Quaglia, G. (1991). *Ciencia y Tecnología de la panificación*. (M. Nevado, Ed.). Zaragoza: Acriba S.A.
- Ramírez Rivera, E. D. J., Paz Gamboa, E., & Nogueira Terrones, H. (2011). Caracterización sensorial y análisis de las preferencias de los consumidores de frituras tipo chips de malanga (Colocasia esculenta). *Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 2(2), 277–292.

- Ramírez-rivera, E. D. J., Ramón-canul, L. G., Camacho-Escobar, M. A., Reyes-Borques, V., Rodríguez-dela Torre, M., & Shaín Mercado, A. J. (2010). Correlación entre el perfil descriptivo y cuantitativo y perfil flash de hamburguesas de pescado barrilete negro (*Euthynnus lineatus*). *Nacameh*, 4, 15. [http://doi.org/ISSN: 2007-0373](http://doi.org/ISSN:2007-0373)
- Rason, J., Léger, L., Dufour, E., & Lebecque, A. (2006). Relations between the know-how of small-scale facilities and the sensory diversity of traditional dry sausages from the Massif Central in France. *European Food Research and Technology*, 222(5-6), 580–589. <http://doi.org/10.1007/s00217-005-0146-3>
- Rehman, S., Paterson, A., Hussain, S., Anjum Murtaza, M., & Mehmood, S. (2007). Influence of partial substitution of wheat flour with vetch (*Lathyrus sativus* L.) flour on quality characteristics of doughnuts. *LWT*, 40, 73–82. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.09.015>
- Ribotta, P. D., Arnulphi, S. A., León, A. E., & Añón, M. (2005). Effect of soybean addition on the Rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), 1889–1896. <http://doi.org/10.1002/jsfa.2191>
- Rivera, E. D. J. R., Guadalupe, L., Canul, R., González, H., Jorge, A., Mercado, S., ... Liébana, C. M. (2010). Caracterización sensorial del camarón ahumado (*Litopenaeus vannamei*) mediante la técnica perfil flash. *Universidad Del Mar, Laboratorio de Análisis Y Tecnología de Alimentos, Campus Puerto Ángel, Oaxaca, México*, 27–34.
- Rizzello, C. G., Calasso, M., Campanella, D., Angelis, M. De, & Gobbetti, M. (2014). International Journal of Food Microbiology Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International Journal of Food Microbiology*, 180, 78–87. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.04.005>
- Roa, J. G. (2004). Evaluación de impacto ambiental de un proyecto agroforestal. Caso: Siembra de 150.000 árboles de *Erythrina edulis*, municipio Andrés Bello, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geografica Venezolana*, 45(2), 247–277.
- Roca Rey, B. (2014). Pajuro (Estrategía Regional Forestal del cusco). *RPP*. Perú: RPP.
- Romanchik-Cerpovicz, J. E., Abbott, A. E., & Dent, L. A. (2011). Sensory Evaluation

- Ratings and Moisture Contents Show that Soy Is Acceptable as a Partial Replacement for All-Purpose Wheat Flour in Peanut Butter Graham Crackers. *Est Ringht. American Dietetic Association*, 111(12), 1912–1916. <http://doi.org/10.1016/j.jada.2011.09.007>
- Rosales Méndez, M. (1999). Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. *FAO - Animal Production and Health Paper*, 201–258.
- Rosell, C. M., Brites, C. M., & Gularte, M. (2007). *De tales harinas, tales panes. Arroz* (Literatura). Córdoba.
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito de Barber, C. (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1), 75–81. [http://doi.org/10.1016/S0268-005X\(00\)00054-0](http://doi.org/10.1016/S0268-005X(00)00054-0)
- Różyło, R., & Laskowski, J. (2011). Predicting Bread Quality (Bread Loaf Volume and Crumb Texture). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 61(1), 61–67. <http://doi.org/10.2478/v10222-011-0006-8>
- Ruiz Montiel, C., Martínez, H., Rández, M., Nápoles, R. J., & Ríos Reyes, A. V. (2012). Primer reporte de *specularius impressithorax* (pic) (coleoptera: bruchidae) alimentándose de semillas de *erythrina americana* miller en los estados de veracruz y morelos, méxico. *Acta Zoológica Mexicana*, (2004), 635–639.
- Sabadinis, D., Makri, E., & Doxastakis, G. (2006). Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagne. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(6), 1938–1944. <http://doi.org/10.1002/jsfa.2567>
- Sadowska, J., Błaszczak, W., Fornal, J., Vidal-Valverde, C., & Frias, J. (2003). Changes of wheat dough and bread quality and structure as a result of germinated pea flour addition. *European Food Research and Technology*, 216(1), 46–50. <http://doi.org/10.1007/s00217-002-0617-8>
- Sahin, S., & Gülüm Sumnu, S. (2006). *Physical Properties of foods* (1st ed.). United States: Springer.
- Sahin, S., & Gülüm Sumnu, S. (2009). *Propiedades físicas de los alimentos*. Zaragoza: Acriba S.A.
- Saito R., Z. A. (2009). *Optimización de los parámetros de extracción acuosa de la goma extraída de semillas de zapote*. Universidad Peruana Unión.

- Sajilata, R. S. S., & Kulkarni, P. R. (2006). Resistant Starch — A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(Figure 2).
- Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., & Haros, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 679–685. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>
- Sapers, G. M., Gorny, J. R., & Yousef, A. E. (2014). *Microbiology of Fruits and Vegetables. Igarss 2014*. New York: CRC Taylor & Francis. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Saxena, R., & Singh, R. (2014). Contemporaneous Production of Amylase and Protease through CCD Response Surface Methodology by Newly Isolated Bacillus megaterium Strain B69. *Hindawi Publishing Corporation, 2014*, 12. <http://doi.org/10.1155/2014/601046>
- Scanlon, M. G., & Zghal, M. C. (2001). Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, 34(10), 841–864. [http://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00109-0](http://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00109-0)
- Schlich, P., & McEwan, J. A. (1992). Cartographie des préférences: un outil statistique pour l'industrie agro-alimentaire. *Sciences Des Aliments*, 12, 339–355.
- Schroth, A. (2015, May). Un hogar peruano compra pan envasado 8 veces al año. *La Republica-Economia*. Lima.
- Séménou, M., Courcoux, P., Cardinal, M., Nicod, H., & Ouisse, A. (2007). Preference study using a latent class approach. Analysis of European preferences for smoked salmon. *Food Quality and Preference*, 18(5), 720–728. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.12.001>
- Shehzad, A., Chiron, H., Valle, G. Della, Kansou, K., Ndiaye, A., & Réguerre, A. L. (2010). Porosity and stability of bread dough during proofing determined by video image analysis for different compositions and mixing conditions. *Food Research International*, 43(8), 1999–2005. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.019>
- Silva, S., Crisóstomo, O., Alvarez, E., & Mendoza, G. (2015). Evaluación de propiedades provee la harina de pajuro (*Erythrina edulis*) a las redes estructurales de Muffins. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 77–88.
- Sin, H. N., Yusof, S., Abdul Hamid, N. S., & Abd. Rahman, R. (2006). Optimization of

- hot water extraction for sapodilla juice using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 352–358. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.005>
- Steffolani, E., Martinez, M. M., León, A. E., & Gómez, M. (2015). Effect of pre-hydration of chia (*Salvia hispanica* L.), seeds and flour on the quality of wheat flour breads. *LWT - Food Science and Technology*, 61(2), 401–406. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.056>
- Swieca, M., Seczyk, Ł., Gawlik-Dziki, U., & Dariusz, D. (2014). Bread enriched with quinoa leaves – The influence of protein – phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chemistry*, 162, 54–62. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.044>
- Takhtajan, A. (2009). *Flowering Plaants*. <http://doi.org/10.1007/978-1-4020-9609-9>
- Tarea, S., Cuvelier, G., & Sieffermann, J. M. (2007). Sensory evaluation of the texture of 49 commercial apple and pear purees. *Journal of Food Quality*, 30(6), 1121–1131. <http://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00174.x>
- Tejero, F. (2003). *Aprender a hacer pan es fácil* (Montagud E). Barcelona: Montagud Editores. <http://doi.org/84-7212-089-9>
- Thompson, J. L., M.a., D., Lopetscharat, K., & Yates, M. D. (2004). Preference Mapping of Commercial Chocolate Milks. *Journal of Food Science*, 69(9), 406–413.
- Tirapegui, J., Baldi, M., & Ribeiro, S. L. (1996). Efect of protein deficiency on plasma inslin-like growth factor-I (IGF-I) level and protein and proteoglycan synthesis rates in skeletal muscle and brone. *Nutrition Research*, 16(5), 866–879.
- Ugwuona, F. U., & Suwaba, S. (2013). Effects of Defatted Jack Bean Flour and Jack Bean Protein Concentrate on Physicochemical and Sensory Properties of Bread. *Nigerian Food Journal*, 31(2), 25–32. [http://doi.org/10.1016/S0189-7241\(15\)30073-4](http://doi.org/10.1016/S0189-7241(15)30073-4)
- Umaña, J., Alvarez, C., Lopera, S., & Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten. *Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia*, 22(29), 33–46.
- Valere, P., & Ares, G. (2014). *Novel Techniques in Sensory Characterization and consumer profiling*. New York: CRC Press.

- Van Dyck, T., Verboven, P., Herremans, E., Defraeye, T., Van Campenhout, L., Wevers, M., ... Nicolai, B. (2014). Characterisation of structural patterns in bread as evaluated by X-ray computer tomography. *Journal of Food Engineering*, *123*, 67–77. <http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.017>
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, *48*(2), 893–908. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.037>
- Vargas Cuba, F. (2013). *Características poblacionales y etnobotánicas de Erythrina edulis “basul” en el valle de torobanba del distrito de San Miguel*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Humanga.
- Villarino, C. B. J., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., & Johnson, S. (2015). Optimization of formulation and process of Australian sweet lupin (ASL)-wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, *61*(2), 359–367. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.029>
- Williams, A., & Langron, S. (1984). The use of free choice profiling for the evaluation of commercial ports. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *35*(5), 558–568.
- Williamsa, P. C., Nakoul, H., & Singh, K. B. (1983). Relationship Between Cooking Time and Some Physical Characteristics in Chickpeas (*Cicer arietinum* L .). *J. Sci. Food Agric.*, *34*, 492–496. <http://doi.org/10.1002 / jsfa.2740340510>
- Wolfe, A. R., Arroyo, C., Tedders, S. H., Li, Y., Dai, Q., & Zhang, J. (2011). Dietary protein and protein-rich food in relation to severely depressed mood: A 10year follow-up of a national cohort. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, *35*(1), 232–238. <http://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2010.11.011>
- Worch, T., Lê, S., & Punter, P. (2010). How reliable are the consumers? Comparison of sensory profiles from consumers and experts. *Food Quality and Preference*, *21*(3), 309–318. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.06.001>
- Yáñez, E., Ballest, D., Wuth, H., Orrego, W., Gattás, V., & Estay, S. (1981). Potato flour as partial replacement of wheat flour in bread : baking studies and nutritional value of bread containing graded levels of potato flour. *J. Fd Technol*, (16), 291–298. <http://doi.org/0022-1163/81/0600-0291>

Zavaleta, W., Millones, C., Torres M., E. V., & Vásquez C., E. R. (2010). Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L .) con harina y pasta de pajuro (*Erythrina edulis* Triana) para la elaboración de pan enriquecido pajuro (*Erythrina edulis* Triana) for enriched bread making. *Microbiología*, 3(1), 75–85.

Zúñiga, R., & Le-Bail, A. (2009). Assessment of thermal conductivity as a function of porosity in bread dough during proving. *Food and Bioproducts Processing*, 87(1), 17–22. <http://doi.org/10.1016/j.fbp.2008.04.002>

ANEXOS

I. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS PROXIMAL

A. Determinación de ceniza

32.1.05

AOAC Official Method 923.03 Ash of Flour Direct Method Final Action

Weigh 3–5 g well-mixed sample into shallow, relatively broad ashing dish that has been ignited, cooled in desiccator, and weighed soon after reaching room temperature. Ignite in furnace at ca 550° (dull red) until light gray ash results, or to constant weight. Cool in desiccator and weigh soon after reaching room temperature. Reignited CaO is satisfactory drying agent for desiccator.

Reference: JAOAC **7**, 132(1923).

B. Determinación de humedad

32.1.03

AOAC Official Method 925.10 Solids (Total) and Moisture in Flour Air Oven Method Final Action

[Results closely approximate those obtained by **925.09B** (*see* 32.1.02)].

In cooled and weighed dish (provided with cover), **925.09A(a)** (*see* 32.1.02), previously heated to $130 \pm 3^\circ$, accurately weigh ca 2 g well-mixed sample. Uncover sample, and dry dish, cover, and contents 1 h in oven provided with opening for ventilation and maintained at $130 \pm 3^\circ$. (1 h drying period begins when oven temperature is actually 130° .) Cover dish while still in oven, transfer to desiccator, and weigh soon after reaching room temperature. Report flour residue as total solids and loss in weight as moisture (indirect method).

References: JAOAC **8**, 665(1925); **9**, 40(1926).

C. Determinación de grasa cruda

Crude Fat

AACC International Method **30-25.01**
Page 1 of 2

Crude Fat in Wheat, Corn, and Soy Flour, Feeds, and Mixed Feeds

First approval April 13, 1961; Reapproval November 3, 1999

Objective

Dried sample is exhaustively extracted by Soxhlet or continuous (Goldfish) extraction, utilizing petroleum ether as solvent. Solvent is evaporated, and residue is dried to constant weight at 100°. Residue is expressed as % crude fat or ether extract. This method is applicable to flours of grains (wheat, corn, soybean, etc.) and mixed feeds that have not been heat-treated, baked, or expanded.

Apparatus

1. Extractor.
2. Filter paper.
3. Extraction thimbles 22 × 80 mm.
4. Cotton, free from ether extract, or Pyrex glass wool.
5. Vacuum oven or vacuum desiccator for nonoxidative drying of sample.

Reagent

Petroleum ether, redistilled, boiling point 30–60°. *Caution.* See Note.

Procedure

1. Weigh 2–5 g (depending on fat content) of sample that has been previously dried in vacuum oven at 95–100°, under pressure not to exceed 100 mm Hg (about 5 hr). Vacuum desiccator over concentrated H₂SO₄ for about 24 hr, under pressure not exceeding 10 mm Hg, can also be used to dry sample.
2. Quantitatively transfer sample to extractor and extract with petroleum ether for 4 hr at condensation rate of 5–6 drops/sec to 16 hr at 2–3 drops/sec rate.
3. Remove ether from collection flask or beaker at low temperature (below autoignition temperature of solvent used) volatilization before oven drying.
4. Dry fat remaining in previously dried and tared fat beaker or flask in oven at 100° for 30 min. Desiccate and cool.
5. Weigh, and repeat step 4 to constant weight.

Calculation

$$\text{Crude fat or ether extract, \%} = \frac{\text{weight of extract} - \text{blank}}{\text{weight of sample}} \times 100$$

Note

Caution. Petroleum ether is an extremely flammable solvent. Do not let vapors concentrate to a flammable level in the work area, since it is nearly impossible to eliminate all chance of sparks from static electricity even though

CRUDE FAT IN SOY FLOURS

(Final Approval, 4-13-51)
Issued December 1942

Definition

This method det. substances extd. by pet. ether under conditions of test.

Scope

Applicable to high-fat, low-fat, and defatted soy flours.

Apparatus

1. Butt-type extn. app., Fig. 1.



Fig. 1. Butt-type apparatus for oil extraction.

2. Filter paper, S&S No. 597, Reeve Angel No. 211, Whatman No. 2, or equiv., 150-mm.
3. Absorbent cotton, free of pet. ether ext.
4. Air-tight sample containers of convenient size.

Reagent

Pet. ether.

Crude Fat in Soy Flours (continued)

Procedure

Preparation of sample:

Mix sample thoroly in closed container by turning container manually or mechanically. Reduce sample to suitable size and store in air-tight container.

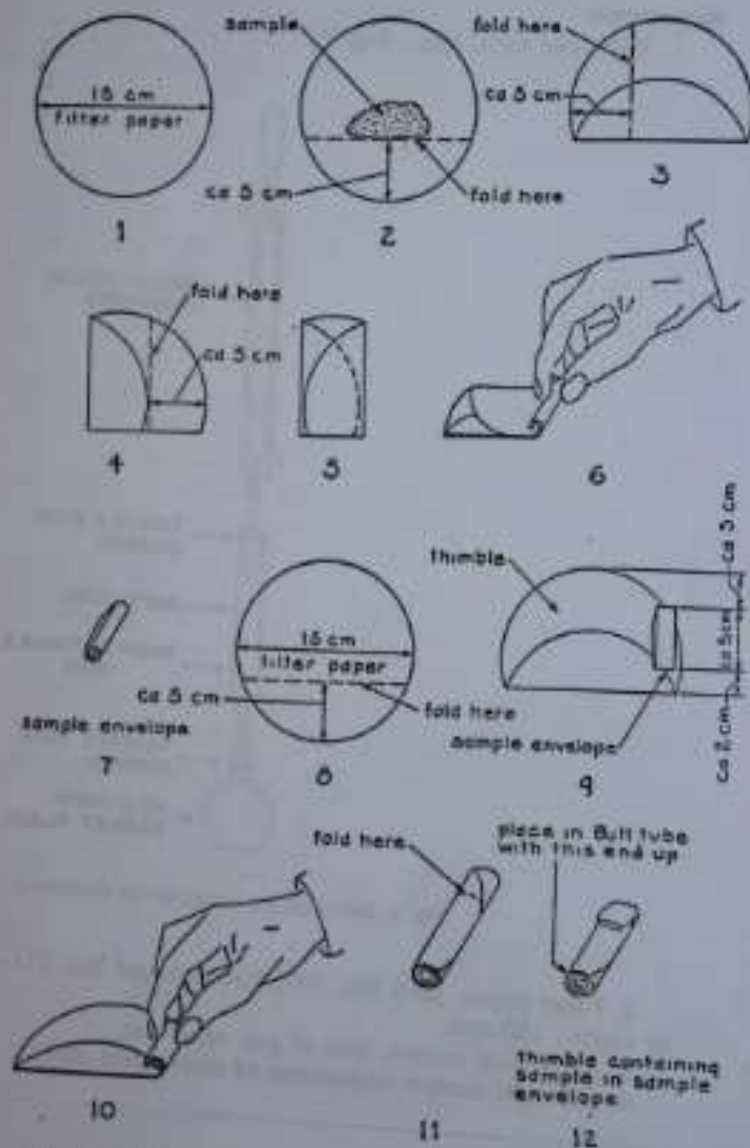


Fig. 2. Method of folding filter paper for use in Buti-type extraction apparatus.

D. Determinación de fibra cruda

Fiber

AACC International Method **32-10.01**

Page 1 of 4

Crude Fiber in Flours, Feeds, and Feedstuffs

First approval October 28, 1981; Reapproval November 3, 1999

Objective

To determine crude fiber in flours, feeds, and feedstuffs. Crude fiber is the loss on ignition of the dried residue remaining after digestion of the sample with 1.25% H_2SO_4 and 1.25% NaOH solutions under specific conditions. This method utilizes the Oklahoma State filter screen or the Modified California State Buchner funnel for filtration and uses prepared ceramic fiber as a filtration aid instead of asbestos. This method is applicable to grains, meals, flours, feeds, and fiber-bearing material from which fat can be extracted to leave workable residue.

Apparatus

1. Laboratory mill, with 1-mm screen.
2. Digestion apparatus with condenser to fit 600-ml beaker and hot plate adjustable to temperature that will bring 200 ml water at 25° to rolling boil in 15 ± 2 min.
3. Ashing dishes. Silica, Vitreosil 70×15 mm; or porcelain.
4. Desiccator with efficient desiccant such as 4–8 mesh Drierite ($CaCl_2$ is not satisfactory).
5. Filtering device with no. 200 type 304 or 316 stainless-steel screen, easily washed free of digested residue. Either Oklahoma State filter screen (see Fig. 1) or Modified California plastic Büchner (see Fig. 2; consisting of 2-piece polypropylene plastic funnel), 70 mm, without no. 200 screen. Seal screen to filtering surface of funnel, using small tip soldering iron.
6. Suction filter to accommodate filtering devices. Attach suction flask to trap in line with aspirator or other source of vacuum with valve to break vacuum.
7. Liquid preheater for preheating water, 1.25% H_2SO_4 , and 1.25% NaOH solutions to boiling point of water. Convenient system, shown in Fig. 3, consists of sheet copper tank with three coils of about 10 mm (3/8 in.) outside diameter copper tubing, 3.8 m long. Solder inlets and outlets where tubing passes through tank walls. Connect to reflux condenser and fill with water. Keep water boiling with two 750-W thermostatically controlled hot plates. Use Tygon for inlet leads to reservoirs of water, acid, and alkali; use gum rubber tubing for outlets. Capacity of preheater is adequate for 60 analyses in 8 hr.
8. Small cup with attached handle for measuring bumping chips to give uniformity to samples.

Reagents

1. H_2SO_4 solution, $0.255 \pm 0.005N$, containing 1.25 g $H_2SO_4/100$ ml. Concentration must be checked by titration.
2. NaOH solution, $0.313 \pm 0.005N$, containing 1.25 g NaOH/100 ml free, or nearly so, from Na_2CO_3 . Concentration must be checked by titration.

E. Determinación de proteína cruda

Nitrogen 3.50h. AACC Method 46-13
Page 1 of 2

CRUDE PROTEIN—MICRO-KJELDAHL METHOD
Final approval 10-8-76; reviewed 10-27-82; revised 10-8-86; reviewed 10-26-94

Scope
Not applicable to compounds with N-N, NO, or NO₂ linkage.

Apparatus

1. Digestion rack. Use any rack or support with gas or electric heaters that will boil digestion mixture vigorously enough to distill acid into neck of flask.
2. Distillation apparatus. Use one-piece distillation apparatus and steam generator recommended by Committee on Microchemical Apparatus, Division of Analytical Chemistry, American Chemical Society (Refs. 2,3,4), or similar apparatus. Acidify water in generator with H₃PO₄.
3. Digestion flasks, 30-ml; regular Kjeldahl or Soltys type (Refs. 2,3,4).

Reagents

1. Methyl red-methylene blue indicator. Mix 2 parts 0.2% alcohol methyl red solution with 1 part 0.2% alcohol methylene blue solution.
2. Methyl red-bromocresol green indicator. Mix 5 parts 0.2% alcohol bromocresol green solution with 1 part 0.2% alcohol methyl red solution.
3. NaOH-sodium thiosulfate solution. Dissolve 50 g NaOH and 5 g Na₂S₂O₃·5H₂O in water, and dilute to 100 ml.
4. Boric acid solution. Dissolve 4 g H₃BO₃ in 100 ml water.
5. Standard HCl solution, 0.02N (Method 70-20). Other recognized standardization methods may be used. (See Note 1.)

Procedure

1. Weigh 10- to 30-mg sample on micro or semimicro balance and transfer to digestion flask. Weigh sample either in charging tube or on piece of cigaret paper. (For samples less than 10 mg, weigh on micro balance and use half specified quantities of reagents except when cigaret paper is used.)
2. To sample add 1.30 ± 0.05 g K₂SO₄, 40 ± 5 mg HgO, and 2.0 ml H₂SO₄. Add boiling chips that pass No. 10 sieve and digest 4 hours (hr) (1 hr if sample is known to contain only amines, amides, or other easily digestible materials) at vigorous boil, with acid condensing well up into neck of flask. Cool, add minimum quantity of water required to dissolve solids (approximately 5 ml), and place thin film of petroleum jelly on lip of flask.
3. Transfer digest, including boiling chips, to distillation apparatus. (See Note 2.) (To condition apparatus after periods of disuse, pass steam through it for several minutes [min]. Completeness of transfer of digestion mixture can be tested by addition of 1 drop methyl orange indicator to final rinse.) Place 125-ml Erlenmeyer flask, containing 5 ml 4% H₃BO₃ solution and 4 drops indicator (reagent 1 or 2), under condenser with tip extending below surface. Add 8 ml

Crude Protein—Micro-Kjeldahl Method (continued)

NaOH-sodium thiosulfate solution (reagent 3) to still and steam-distill until about 15 ml of distillate collects.

4. Dilute contents of receiver to 50 ml with water and titrate ammonia with 0.02N HCl. Choose as end point gray color or first appearance of red.

5. Make blank determination, using same quantity of reagents and same digestion period as for determination, and rinsing digestion flask in same manner.

Calculation

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{3 \times (\text{ml HCl in determination} - \text{ml blank}) \times \text{normality} \times \text{equivalent weight N} \times 100}{\text{weight of sample (mg)}}$$

$\swarrow 0.005$
 $\swarrow 0.05$
 $\rightarrow 0.05N$
 $\rightarrow 1400.67$

Notes

1. Rodkey (Ref. 2) has successfully applied tris (hydroxymethyl) aminomethane as a convenient primary standard for direct standardization of acid solutions.

2. Digest transfer can be avoided by using a Kontes-type digestion flask modified with a male standard-taper joint compatible to both digestion rack and distillation apparatus. It is designed with a useful foam trap.

References

1. Association of Official Analytical Chemists: 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Sec. 960.52, p. 342.
2. Rodkey, F. L. 1964. Tris (hydroxymethyl) aminomethane as a standard for Kjeldahl nitrogen analysis. Clin. Chem. 10:606.
3. Sejermark, A. (Chairman). 1951. Committee for the standardization of microchemical apparatus, Division of Analytical Chemistry, American Chemical Society. Recommended specifications for microchemical apparatus. Micro-Kjeldahl nitrogen. Anal. Chem. 23:523.
4. Willits, C. O., and Ogg, C. L. 1949. Report on standardization of microchemical methods. Carbon, hydrogen, and nitrogen. J. Assoc. Off. Agric. Chem. 32:561.
5. Willits, C. O., and Ogg, C. L. 1950. Report on standardization of microchemical methods. Micro-Kjeldahl nitrogen determination. J. Assoc. Off. Agric. Chem. 33:179.

II. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS

A. Resultados del color

De estos resultados se reportaron la variación del color de L*, a* y b*, dando los gráficos en estadística v7 y excel. En las tablas del análisis de varianza se presenta el color de L*, a* y b*.

L*					
Factor	Ss	df	MS	F	p
Blocks	0.2924	2	0.14622	0.07192	0.930800
(1)Harina de Trigo(L)	13.0228	1	13.02278	6.40504	0.018047
Harina de Trigo(Q)	10.7608	1	10.76081	5.29253	0.030038
(2)Harina de Pajuro(L)	26.6371	1	26.63713	13.10103	0.001307
Harina de Pajuro(Q)	13.9798	1	13.97978	6.87573	0.014664
1L by 2L	6.7695	1	6.76951	3.32947	0.080022
Error	50.8302	25	2.03321		
Total SS	116.7375	32			

Tabla del análisis de varianza del valor a*

a*					
Factor	Ss	df	MS	F	p
Blocks	1.37622	2	0.688112	1.448368	0.253999
(1)Harina de Trigo(L)	0.21070	1	0.210702	0.443495	0.511539
Harina de Trigo(Q)	0.23229	1	0.232293	0.488941	0.490855
(2)Harina de Pajuro(L)	0.00019	1	0.000186	0.000390	0.984391
Harina de Pajuro(Q)	0.02491	1	0.024912	0.052436	0.820740
1L by 2L	0.53721	1	0.537210	1.130743	0.297781
Error	11.87737	25	0.475095		
Total SS	14.23427	32			

Tabla de análisis de varianza del valor a*

a*					
Factor	Ss	df	MS	F	p
Blocks	0.92873	2	0.46437	0.75614	0.479910
(1)Harina de Trigo(L)	0.91395	1	0.91395	1.48822	0.233877
Harina de Trigo(Q)	2.10115	1	2.10115	3.42138	0.076214
(2)Harina de Pajuro(L)	21.80417	1	21.80417	35.50452	0.000003
Harina de Pajuro(Q)	0.39309	1	0.39309	0.64009	0.431217
1L by 2L	0.83266	1	0.83266	1.35585	0.255250
Error	15.35309	25	0.61412		
Total SS	43.14826	32			

Estadísticamente a un nivel de significancia del 0.05 las repeticiones de las muestras analizadas en el color no presentan diferencia significativa, pero si existen diferencia significativa en luminosidad L* y en el valor a* también no existe diferencia significativa.

B. Resultados del volumen

De esta figura se mencionó que la harina de pajuro es el que influye más en el volumen del pan molde.

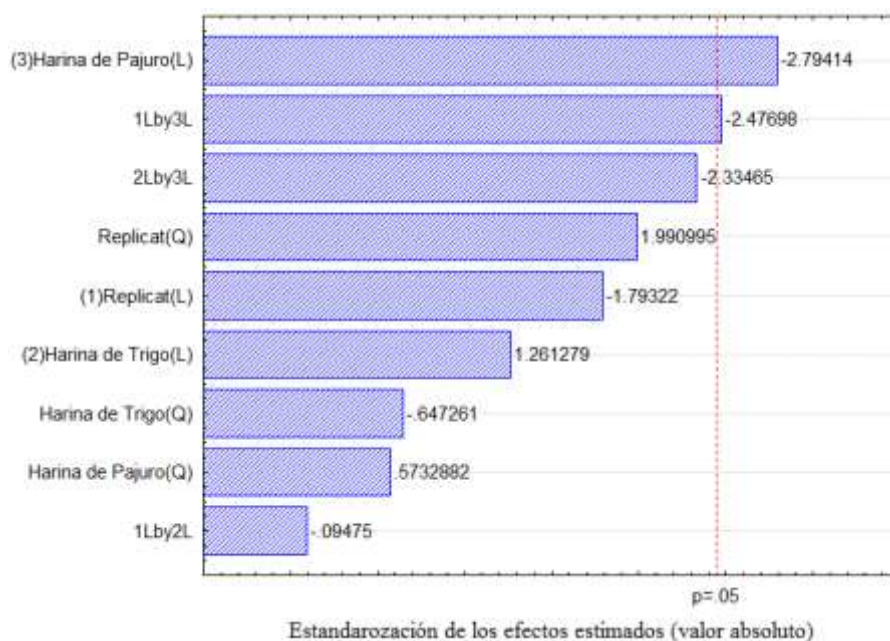


Gráfico de Pareto de los efectos estandarizados del volumen del pan molde

Tabla de análisis de varianza del volumen del pan molde

Factor	Ss	df	MS	F	P
Blocks	1715.15	2	857.576	2.247044	0.126638
(1)Harina de Trigo(L)	380.03	1	380.031	0.995767	0.327898
Harina de Trigo(Q)	100.08	1	100.082	0.262237	0.613082
(2)Harina de Pajuro(L)	1865.05	1	1865.052	4.886861	0.036437
Harina de Pajuro(Q)	78.51	1	78.513	0.205722	0.654054
1L by 2L	1302.08	1	1302.083	3.411755	0.076603
Error	9541.15	25	381.646		
Total SS	15056.06	32			

Estadísticamente a un nivel de significancia de 0.05 la harina de pajuro presenta significancia, mientras que la harina de trigo no presenta significancia. Así también la interacción no presenta significancia.

C. Resultados de porosidad

De estos datos se reportaron el número de poros, el porcentaje de área que ocupa los poros y su diámetro promedio de los poros en cada pan o tratamiento.

Tabla 16. Análisis de varianza del porcentaje que ocupa el área de los poros

Factor	% de área de poros				
	Ss	df	MS	F	P
Blocks	22.9792	2	11.48958	3.833958	0.035297
(1)Harina de Trigo(L)	0.6802	1	0.68020	0.226974	0.637914
Harina de Trigo(Q)	0.0005	1	0.00049	0.000162	0.989944
(2)Harina de Pajuro(L)	26.5828	1	26.58280	8.870418	0.006361
Harina de Pajuro(Q)	0.1476	1	0.14764	0.049267	0.826147
1L by 2L	5.5692	1	5.56922	1.858393	0.184963
Error	74.9198	25	2.99679		
Total SS	130.8879	32			

Numero de poros					
Factor	Ss	df	MS	F	p
Blocks	295112.9	2	147556.5	13.43412	0.000109
(1)Harina de Trigo(L)	20303.0	1	20303.0	1.84846	0.186099
Harina de Trigo(Q)	41836.9	1	41836.9	3.80899	0.062267
(2)Harina de Pajuro(L)	48535.5	1	48535.5	4.41886	0.045783
Harina de Pajuro(Q)	10054.0	1	10054.0	0.91535	0.347859
1L by 2L	2465.3	1	2465.3	0.22445	0.639779
Error	274592.8	25	10983.7		
Total SS	684607.6	32			

Estadísticamente a un nivel de significancia de 0.05 todos los valores evaluados no presentan diferencia significativa, pero si la harina de pajuro y las repeticiones y también no existe diferencia significativa en las interacciones.

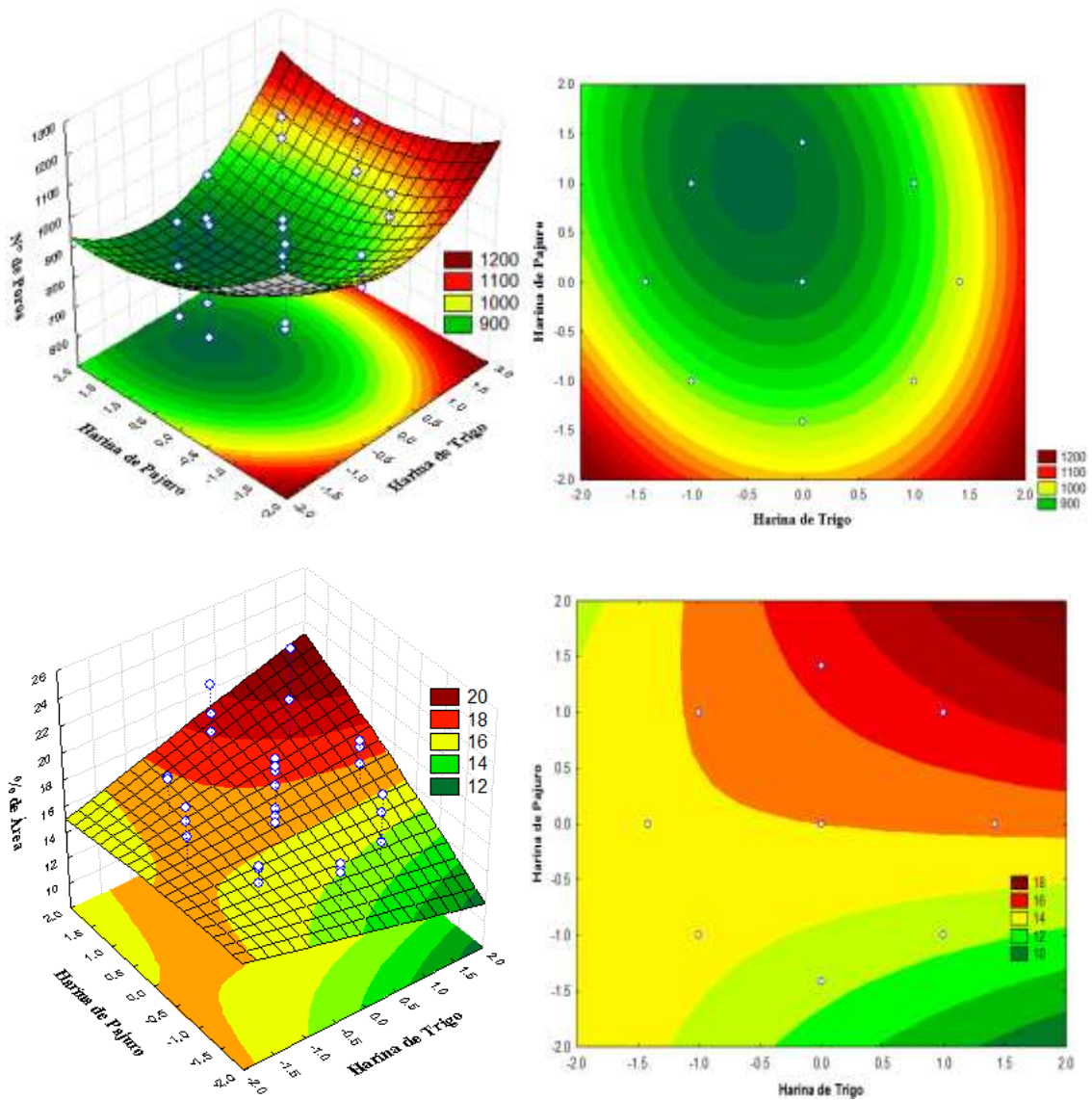


Figura de la representación gráfica de superficie respuesta y diagrama de contorno de áreas y números de poros.

De acuerdo a la cuadrática obtenida por la superficie respuesta indicada en la figura, se calcula el área más ocupada por los poros y el número máximo de poros en los tratamientos. Indicando el mayor número de poros tiene el -1 (10%) y el que es ocupado por mayor área de poros es el 1 (20%).

D. Resultados de evaluación sensorial de las personas semientrenadas y personas consumidoras (sin entrenar)

De estas tablas se reportaron la variación de los números con respecto a la característica sensorial, dado esta puntuación por los panelistas.

Tabla 17. Resultados del análisis de varianza del perfil flash de Productos Unión

Productos Unión					
Factor	Ss	df	MS	F	p
(1)Harina de trigo(L)	5.476	1	5.4756	0.067888	0.804828
Harina de trigo(Q)	44.013	1	44.0130	0.545687	0.493280
(2)Harina de pajuro(L)	699.411	1	699.4108	8.671505	0.032080
Harina de pajuro(Q)	12.015	1	12.0150	0.148965	0.715403
1L by 2L	20.250	1	20.2500	0.251066	0.637601
Error	403.281	5	80.6562		
Total SS	1204.545	10			

Tabla 18. Resultados del análisis de varianza del perfil flash de Productos Unión

Huaycan					
Factor	ss	df	MS	F	p
(1)Harina de trigo(L)	223.4835	1	223.4835	3.873217	0.106189
Harina de trigo(Q)	6.1338	1	6.1338	0.106306	0.757593
(2)Harina de pajuro(L)	6.1821	1	6.1821	0.107142	0.756682
Harina de pajuro(Q)	1.1842	1	1.1842	0.020524	0.891678
1L by 2L	289.0000	1	289.0000	5.008690	0.075403
Error	288.4986	5	57.6997		
Total SS	816.9091	10			

Las repeticiones y interacción estadísticamente con un nivel de significancia 0.05 de las muestras analizadas no presentan una variación, pero si en el harina de pajuro.

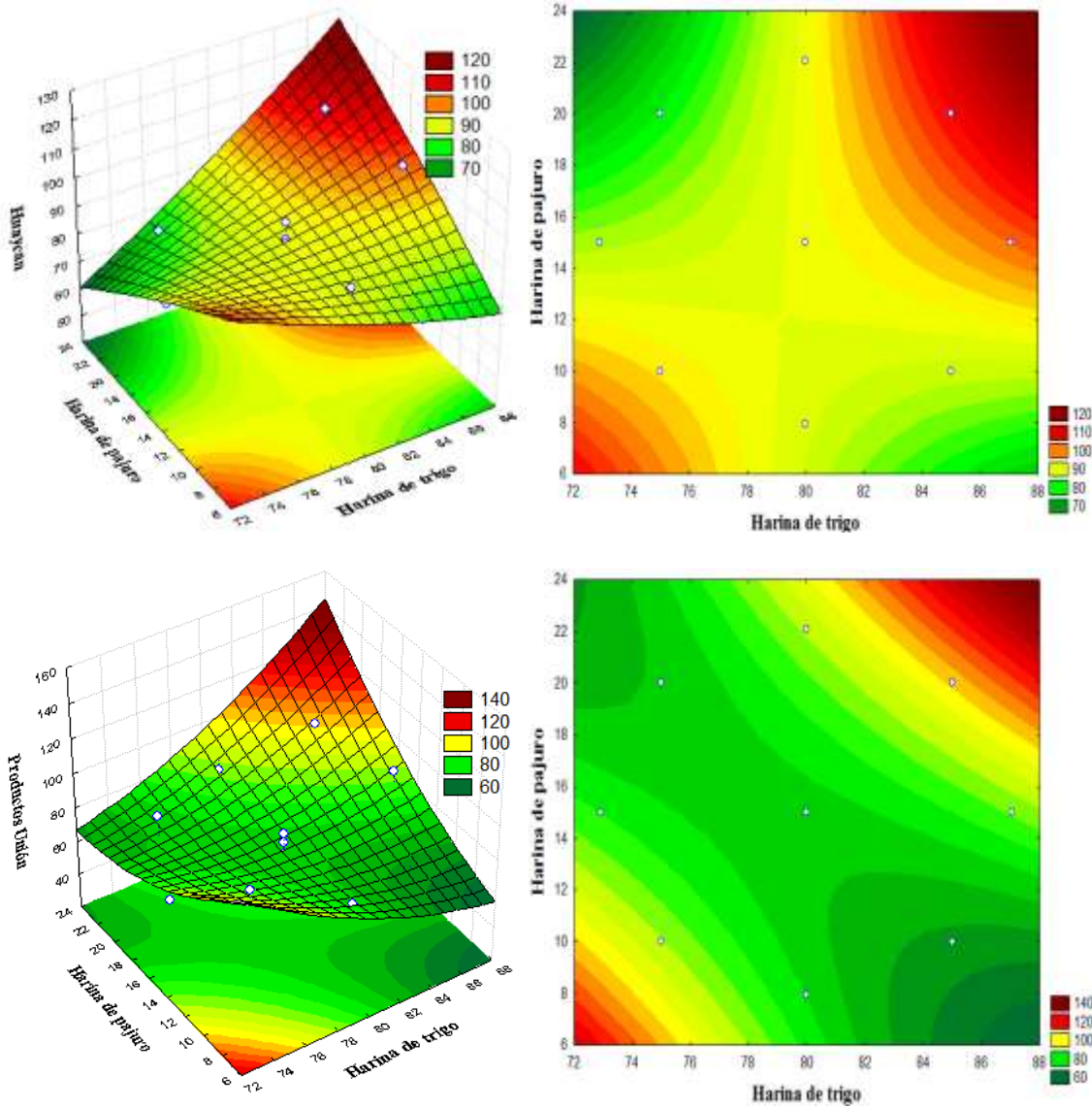


Figura de la gráfica de superficie respuesta y diagrama de contorno de aceptabilidad de la interacción de las personas semientrenadas y sin entrenar.

La grafica de contorno como la superficie de respuesta señala que tanto la harina de pajuero como la harina de trigo no influyen en la aceptabilidad. Pero si en un mínimo de significancia la harina de pajuero.

E. Encuesta de perfil flash

Pan de pajuro

Nombre

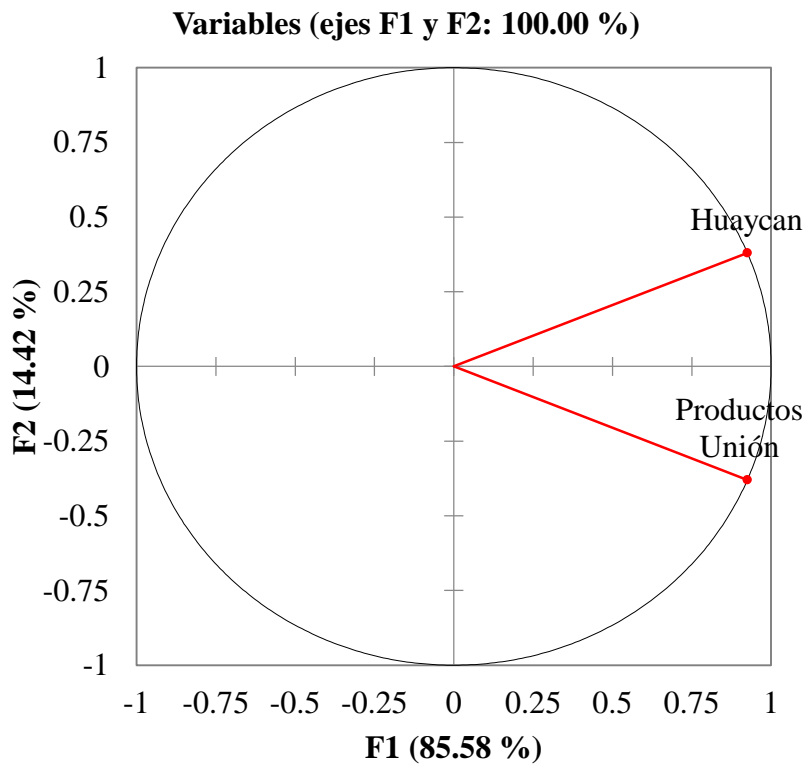
Edad → → → Código (.....)

Atributos sensoriales (.....)

Me disgusta → → → → Me gusta

Extremadamente → → → Extremadamente

De estos gráficos se reportó la correlación de los dos grupos de personas evaluadas.



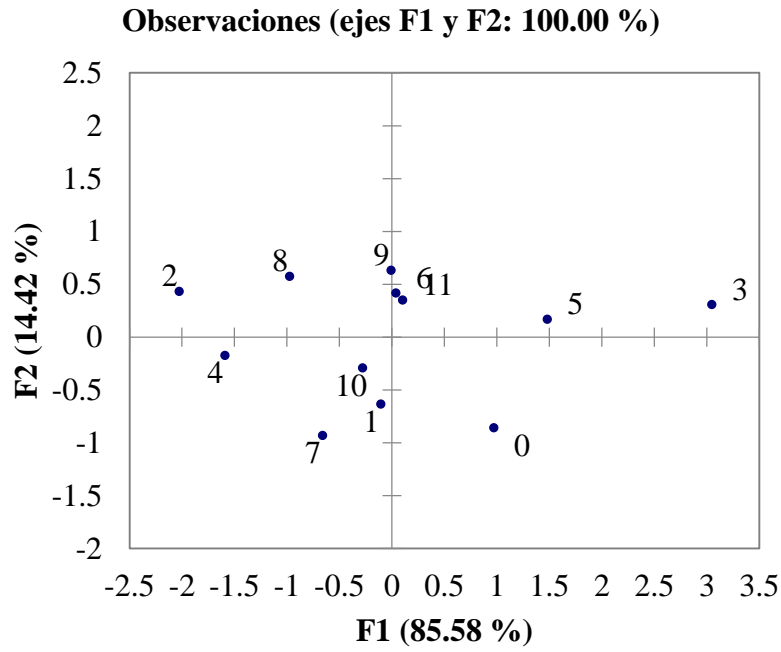


Figura de la comparación de la caracterización sensorial de la técnica perfil flash del pan molde y su atributo sensorial (aceptabilidad) realizados por consumidores del distrito Huaycán y la empresa panificadora (productos unión).



Imagen del sistema de adquisición de imágenes para en análisis de color