UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Fortificación nutricional con harina sustituta de exoesqueleto de la Carachama (*Pseudorinelepis genibarbis*) en la producción de pan por el método directo.

Tesis presentada para optar el título profesional

de Ingeniero Agroindustrial:

Presentado por el:

Br. RIOS CORREA RISTER JUNIOR

Asesorado por:

Mg. Flores Flores José

Pucallpa - Perú

2023

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

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

En el auditorio blanco del Campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, en el distrito de yarinacocha provincia de Coronel Portillo ciudad capital de Pucallpa, a horas 11:00 am del día 10 de Agosto de 2023, se reunió el Jurado de Tesis, presidido por el **Dr. Boris Mirko Chávez Cabellos**, e integrado por el **Ing. MSc. Caleb Leandro Laguna** y el **Ing. MSc. Darwin Josué Estacio Albornoz** en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de la tesis titulada: **Fortificación nutricional con harina sustituta de exoesqueleto de la carachama (Pseudorinelepis genibarbis) en la producción de pan por el método directo**, cuya responsabilidad corresponde a la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: **Rister Junior, RIOS CORREA,** a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial**.

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

JURADO DE TESIS		NOTA
Presidente	Dr. Boris Mirko Chávez Cabellos	**26**
Miembro	Ing. MSc. Caleb Leandro Laguna	**26**
Miembro	Ing. MSc. Darwin Josué Estacio Albornoz	**20**
PROMEDIO		**24**

El Jurado después de deliberar y calificar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo se declara la sustentación como **APROBADO** asignándole un calificativo de **BUENO** asignando un calificativo de **24** puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

Siendo las 1:45 horas del mismo día se dio por terminado el acto firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.

..... Dr. Boris Mirko Chávez Cabellos MIEMBRO	..... Ing. MSc. Caleb Leandro Laguna PRESIDENTE	..... Ing. MSc. Darwin Josué Estacio Albornoz MIEMBRO

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA

N°011 - 2023

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

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

FORTIFICACIÓN NUTRICIONAL CON HARINA SUSTITUTA DE EXOESQUELETO DE LA CARACHAMA (PSEUDORINELEPIS GENIBARBIS) EN LA PRODUCCIÓN DE PAN POR EL MÉTODO DIRECTO.

Cuyo autor es : **RIOS CORREA, RISTER JUNIOR.**

Facultad : FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

Escuela Profesional : INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de **similitud de 15%.**

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

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

Fecha: 31/01/2024

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA - UCAYALI

Dr. Mariano Magdaleno Mendoza Carlos
DIRECTOR DE BIBLIOTECA CENTRAL

DEDICATORIA

Doy gracias a DIOS por cuidarme, protegerme, por darme sabiduría e inteligencia y por encaminarme en mi vida diaria.

También a mi madre Ulnarita Correa Rengifo por incentivarme a continuar día a día dando lo mejor de mi para lograr mis objetivos.

A mi Abuelita Enith Quevedo del Aguila que desde el cielo me ilumina para seguir adelante con mis proyectos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Intercultural de Amazonia, a los docentes que con su sabiduría me apoyaron en el proceso de formación profesional y que ahora pueda realizar de manera exitosa la elaboración de mi proyecto de tesis, que sin su ayuda no sería posible haber obtenido buenos resultados en mi investigación para poder obtener el título profesional en Ingeniería Agroindustrial, también a las personas que siempre están ahí para apoyarme incondicionalmente.

Quiero agradecer de manera especial al Mg. Flores Flores José, por haberme concedido su asesoría, paciencia y sabiduría durante el arduo tiempo que duro en culminar mi proyecto de tesis para poder obtener el título profesional.

Índice General

Pág.

RESUMEN 8
ABSTRACT 9
I. INTRODUCCIÓN 10
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 11
2.1. Antecedentes 11
2.2. Bases Teóricas 13
2.2.1. La carachama 13
a. Historia de la carachama 13
b. Carachama (Pseudorinelepis genibarbis) 14
c. Características de la carachama 14
d. Hábitat de la carachama 14
2.2.2. Trigo (*Triticum sativum*). 14
2.2.3. Criterios de calidad de la masa y pasta 15
a. Criterios de calidad para la masa 15
b. Principales características para la evaluación de la pasta 15
c. Métodos de control de calidad 15
2.2.4. Evaluación sensorial 16
a. Pruebas de aceptabilidad 17
b. Pruebas de grado de satisfacción. 17
III. MÉTODOS 18
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio 18
3.1.1. Ubicación 18
3.1.2. Descripción del área de estudio 18
3.2. Identificación y descripción del material experimental 18
3.2.1. Identificación del material experimental 18
3.2.2. Descripción del material experimental 18
3.3. Procedimientos 18
3.3.1. Proceso de preparación de la harina de exoesqueleto de la carachama 18
3.3.2. Proceso de elaboración de pan 19
3.3.3. Análisis químico proximal de la harina de exoesqueleto de la carachama 22
a. Determinación de proteínas. 22
b. Humedad de la harina 22
c. Determinación de ceniza total 22
d. Determinación de grasa total 23
e. Determinación de fibra total 23
3.3.4. Procedimiento para efectuar la evaluación sensorial del pan 23
3.3.5. Determinación de las características químicas del pan 23
3.4. Variables 23
3.4.1. Variable independiente 23

3.4.2. Variables dependientes....23
3.5. Población y muestra....24
3.5.1. Población....24
3.5.2. Muestra....24
3.6. Tratamientos....24
3.7. Recolección de datos....25
3.7.1. Fuentes de información....25
3.7.2. Unidad experimental y de medición....25
3.7.3. Tipo de muestreo....25
3.7.4. Técnicas para recolección de datos....25
3.8. Procesamiento de datos....25
IV. RESULTADOS Y DISCUSION....26
4.1. Características químico proximales de la harina del exoesqueleto de carachama....26
4.2. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de exoesqueleto de carachama en las características fisicoquímicas del pan....27
4.3. Efecto de los niveles de sustitución en el contenido de proteínas y cenizas de los panes....30
4.3.1. Efecto de los niveles de sustitución en el contenido proteico de los panes....30
4.3.2. Efecto de los niveles de sustitución en el contenido de cenizas de los panes....31
4.4. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de exoesqueleto de carachama en las características organolépticas del pan....32
4.4.1. Efecto en el color....32
4.4.2. Efecto en el olor....33
4.4.3. Efecto en el sabor....35
4.4.4. Efecto en la textura....36
4.4.5. Perfil sensorial de los panes según tratamiento....38
V. CONCLUSIONES....39
VI. RECOMENDACIONES....40
VII. BIBLIOGRAFIA....41
VIII. ANEXOS....44

Índice de Cuadros

Pág.

Cuadro 1. Pruebas sensoriales empleados en la industria de alimentos. 16
Cuadro 2. Operacionalización de variables. 24
Cuadro 3. Resultado de análisis para ensayo de harina de carachama. 26
Cuadro 4. Características fisicoquímicas y nutricionales de los panes sin sustitución. 27
Cuadro 5. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 5%. 28
Cuadro 6. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 10%. 28
Cuadro 7. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 15%. 29
Cuadro 8. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 20%. 29
Cuadro 9. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de proteína de los panes. 31
Cuadro 10. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de cenizas de los panes. 31
Cuadro 11. Prueba de Friedman para el atributo color. 32
Cuadro 12. Comparación múltiple medias LSD para el atributo color. 33
Cuadro 13. Prueba de Friedman para el atributo olor. 34
Cuadro 14. Comparación múltiple medias LSD para el atributo olor. 34
Cuadro 15. Prueba de Friedman para el atributo sabor. 35
Cuadro 16. Comparación múltiple medias LSD para el atributo sabor. 36
Cuadro 17. Prueba de Friedman para el atributo textura. 36
Cuadro 18. Comparación múltiple medias LSD para el atributo textura. 37

Índice de Figuras

Pág.

Figura 1. Flujo del proceso productivo.....20
Figura 2. Variación del contenido de proteínas y cenizas en los panes, según tratamiento.....30
Figura 3. Perfil sensorial de los panes según tratamiento. 38
Figura 4. Distribución de los promedios del atributo color para cada tratamiento. 54
Figura 5. Distribución de los promedios del atributo olor para cada tratamiento. 55
Figura 6. Distribución de los promedios del atributo sabor para cada tratamiento. 56
Figura 7. Distribución de los promedios del atributo textura para cada tratamiento. 57

RESUMEN

La carachama es un pez amazónico, cuyo mayor consumo es su bajo costo. Sin embargo, genera residuos (exoesqueleto) generando contaminación. El objetivo de la investigación fue conocer el contenido químico proximal del exoesqueleto de la carachama y el efecto que tiene como harina en la sustitución parcial de la harina de trigo en las características nutricionales y organolépticas del pan. Se planteó cuatro tratamientos (5, 10, 15 y 20%) y un tratamiento control (0%), se adoptó el Diseño Completamente al Azar para las características fisicoquímicas y el diseño en Bloque completo al Azar para las características sensoriales. Los resultados fueron analizados de forma paramétrica, y no paramétrica para la evaluación sensorial. La harina de exoesqueleto de carachama presentó buen contenido proteico: 31.03% que lo hace atractivo para aplicaciones agroindustriales. Los panes elaborados mediante sustitución parcial con la harina obtenida incrementaron su contenido proteico. La evaluación sensorial demostró la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos respecto a los atributos sensoriales de los panes. Los panes elaborados con el 5% de sustitución mediante sustitución de harina de trigo por harina obtenida del exoesqueleto de la carachama, incrementaron su contenido nutricional, desde 8.40% para el tratamiento control ST hasta un 9.21% para el tratamiento T1 (5% de sustitución). Además, no presentaron diferencia significativa con el tratamiento control, presentando ambos buena aceptabilidad, siendo AGRADABLE para los consumidores.

Palabras clave: Exoesqueleto; Carachama; Sustitución parcial; Característica nutricional.

ABSTRACT

The carachama is an Amazonian fish, whose greatest consumption is its low cost. However, it generates waste (exoskeleton) generating pollution. The objective of the research was to know the proximal chemical content of the exoskeleton of the carachama and the effect that it has as flour in the partial substitution of wheat flour in the nutritional and organoleptic characteristics of bread. Four treatments (5, 10, 15 and 20%) and a control treatment (0%) were proposed, the Completely Random Design was adopted for the physicochemical characteristics and the Complete Random Block design for the sensory characteristics. The results were analyzed parametrically, and non-parametrically for sensory evaluation. The carachama exoskeleton meal presented a good protein content: 31.03%, which makes it attractive for agro-industrial applications. The breads made by partial substitution with the flour obtained increased their protein content. The sensory evaluation demonstrated the existence of significant differences between the treatments regarding the sensory attributes of the breads. The breads made with 5% substitution by substituting wheat flour for flour obtained from the exoskeleton of the carachama, increased their nutritional content, from 8.40% for the ST control treatment to 9.21% for the T1 treatment (5% substitution). In addition, they did not present a significant difference with the control treatment, presenting both good acceptability, being PLEASANT for consumers.

Keywords: Exoskeleton; Carachama; Partial replacement; Nutritional characteristic.

I. INTRODUCCIÓN

La carachama es un pez netamente amazónico que, por su bajo costo, tiene importante preferencia en la amazonia, sin embargo, este consumo produce desechos básicamente en la eliminación de la coraza (exoesqueleto), generándose una gran cantidad de productos “inservibles” que termina en los basurales generando contaminación. Luego, se propuso aprovechar dichos residuos para ver la posibilidad de utilizarlo como complemento en la elaboración de un producto de consumo habitual como el pan.

En la región de Ucayali, el 54.3% de los niños menores de tres años tiene anemia. Asimismo, el 24.7% de los que no llegan a los cinco años sufren de desnutrición crónica, siendo el promedio nacional de 44.5%, segmentándose esta cifra en las poblaciones urbano marginales y rurales. (ENDES 2016), es en ese contexto que se justificó el estudio mediante el aprovechamiento de la harina de exoesqueleto de carachama, buscando incrementar la cadena de valor de la carachama (*Pseudorinelepis genibarbis*) específicamente al exoesqueleto, transformándola en un producto nuevo e innovador que posibilite su uso como materia prima de panificación.

Se planteó como objetivo, conocer el contenido químico proximal de la harina del exoesqueleto de carachama y el efecto que tiene en las características nutricionales y organolépticas del pan al sustituir parcialmente por harina de trigo; así también, la hipótesis de investigación fue que al sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de exoesqueleto de carachama se incrementaba el contenido proteico del pan fabricado por el método directo. Así también que el producto resultante sería aceptado por los consumidores.

Los resultados mostraron un porcentaje considerable de proteína presente en la harina de exoesqueleto de carachama. Luego se procedió a elaborar los panes con diferente porcentaje de sustitución, los que presentaron diferencias significativas, resultando el tratamiento con el 5% de sustitución el que no presentaba diferencias con el tratamiento testigo (0% de sustitución). Por tanto, los panes elaborados mediante la sustitución parcial de la harina de trigo por harina obtenida del exoesqueleto de carachama, incrementaron su contenido proteico y el tratamiento T1 (5% de sustitución) fue aceptadas por los consumidores.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

Freire (2019), en su tesis “Elaboración de panes con sustitución parcial de harina de trigo con fuentes alternativas de proteínas”, tuvo como objetivo estudiar el uso de fuentes alternativas como ingredientes en la formulación de pan. En la formulación de la masa, la harina de trigo se sustituyó por un 5 y 10% de proteína de guisante o proteína de insectos (*Alphitobius diaperinus y Tenebrio molitor).* Evaluó la textura, color de la corteza y miga, aw, proteínas, humedad, reología y análisis de imagen (porosidad). Los panes con sustitución de proteína de guisante son más duros que los demás panes, el pan control presentó mayor elasticidad. La corteza del pan control y los panes con sustitución de del 5% de proteínas de insectos y guisante tienen colores apagados y tonalidad amarilla. La miga de pan control y los panes con sustitución de proteína de guisante tienen una tendencia hacia los colores claros y los panes con sustitución de proteína de insectos a los colores grisáceos y apagados. Los panes presentaron una aw alta. A medida que se añadió la harina de insecto la proteína del pan aumentó. La humedad de las harinas estuvo entre 12,5 a 13,5%. La Tenacidad y Fuerza de la harina (10% guisante) fue mayor que los demás panes. La Extensibilidad y Punto de Rompimiento fueron mayores en la harina control que en el resto de panes. La sustitución de proteína produce panes menos porosos.

Poquioma (2016), en su tesis “Influencia de la sustitución parcial de Oxalis tuberosa "oca" por harina de trigo, para la elaboración de pan tipo francés” tuvo por objetivo determinar la influencia de la sustitución parcial de harina de Oxalis tuberosa "Oca" por harina de trigo para la elaboración de pan tipo francés; para lo cual se realizó la sustitución en cuatro niveles (10%, 15%, 20% y 25%) y la fermentación en tres tiempos (2, 3 y 4 horas); manejándose entonces 12 tratamientos con tres repeticiones y una muestra testigo de 100 % de harina de trigo. La harina de oca se obtuvo mediante secado a 60 ºC a 2,5 m/s de velocidad del aire, molido y tamizado. El pan se elaboró mediante el cumplimiento de un flujo grama estándar para pan tipo francés donde resalta el amasado, fermentación y horneado. Posteriormente se le sometió al producto a evaluación organoléptica y fisicoquímica. Se elaboró el pan resultando que el mejor tratamiento es con mezcla de 10 % de harina de oca y a 4 horas de fermentación caracterizando pH 5,32, acidez total 0,56%, solidos solubles 11,30 °Brix, humedad 15,26%, fibras 1,33%, cenizas 1,33%, grasa 18,07%, proteínas 30,84% y carbohidratos 34,50%; en lo cual se aprecia su contenido nutricional.

Agurto *et al* (2016), en la tesis “Sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz para la elaboración de pan” estudiaron una alternativa de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración del pan; por lo que se demostró en primer instante los aspectos generales de la materia prima. Se efectuó un estudio del proceso de obtención de la harina de arroz mediante pruebas experimentales; el cual contiene selección de la materia prima, obtención de las curvas de secado y caracterización de la harina de arroz. En el pan elaborado se evaluó la calidad química, nutritiva y sensorial. Se evaluaron sustituciones de 20, 25 y 30 % de harina de trigo por harina de arroz. A través de una prueba de preferencia se seleccionó el pan con 30% de harina de arroz como el más adecuado mediante análisis estadísticos. Se encontraron diferencias con el pan tradicional (100% harina de trigo) en el proceso de preparación y en la textura. Así mismo, a mayor nivel de arroz se encontró una textura harinosa. Cada porción de pan tiene un peso de 70 gramos que aporta cantidades adecuadas de calorías, proteína y sodio, aunque un poco menos en fibra que el pan de 100% trigo.

Medina (2015), en su tesis “Sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena para la elaboración de pan.” Planteó el uso de harina de Avena Sativa (harina de Avena) para la mejora del procesado de masas panarias. Para ello se evaluó la mejor combinación de harina de avena y harina de trigo con el fin de reducir los costes de las empresas de panificación, así como la incidencia del uso de dos pre-tratamientos en la harina de avena. El estudio de la fermentación, la variación de masa y de la textura mostraron que el 10% de sustitución por harina de avena fue el que mejor resultados obtuvo, llegando a superar el obtenido por panes donde se utiliza el 100% de harina de trigo. Los resultados obtenidos por los pre-tratamientos muestran que sí que influyeron en las variables del proceso evaluadas. Siendo el pre-tratamiento con calor que se le realiza a la harina de avena el que mejor resultados obtiene.

Obregón *et al* (2013), en el estudio “Evaluación sensorial y físico química de panes con sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum)* por harinas de maíz (*zea mays)* y papa (*solanum tuberosum)”* realizaron la evaluación sensorial y estudiaron la composición química y valor nutricional de pan fortificado con hierro, con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de papa y maíz en un 10%, obteniendo un pan de textura suave, agradable y de muy buena aceptabilidad, destinado a niños en edad escolar. El pan elaborado presenta contenidos de proteína 13,10%; extracto etéreo 9,80% y carbohidratos 50,32%, con un valor energético de 341,88 kcal/100 g; aporta 10,13 mg/100 g de hierro, satisfaciendo la cantidad diaria recomendada de hierro para niños en edad escolar.

Rodríguez (2012), en su estudio “Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termo mecánicas y de panificación de masas” Evaluó las propiedades termo mecánicas de la masa y las características físicas del pan elaborado con harina compuesta de quinoa trigo y papa-trigo. Los porcentajes de sustitución aplicados fueron de 10 y 20%, tanto para la harina de papa como para la de quinoa. Las propiedades funcionales de las harinas, se midieron mediante el índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad de agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH). Las propiedades termo mecánicas de las harinas compuestas, se estimaron empleando un Mixolab y las características físicas evaluadas en el producto final fueron peso, altura, ancho y volumen. Los resultados arrojaron que los mayores valores de IAA (4,48), ISA (7,45%) y PH (4,84) fueron para la harina de papa. La harina compuesta con quinoa presentó los menores valores de asentamiento y estabilidad de la cocción, lo cual, es un buen indicador de conservación del pan. Por el contrario, la harina compuesta de papa-trigo mostró los menores valores de estabilidad, torque mínimo y torque de pico y el mayor porcentaje de absorción de agua. La harina compuesta de papa-trigo, con un grado de sustitución de 10%, presentó los resultados de peso (133,86 g), ancho (6,01 cm) y volumen (491,67 g/cm3), más parecidos a la muestra control de harina de trigo.

Pascual y Zapata (2010), en la tesis “Sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha, usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan” evaluaron el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha de la variedad Óscar Blanco (provincia de Huaraz - Departamento de Ancash) en la elaboración del pan, para lo cual se planteó diez tratamientos que involucraron dos métodos de panificación (directo y esponja y masa) y cinco niveles de sustitución (al 5%, 10%, 15% y 20%), incluyendo el testigo sin sustitución. El arreglo factorial, con un diseño completamente al azar, reveló que el pan preferido se alcanzó con el método esponja y masa para un nivel de sustitución al 10%. Finalmente, el pan preferido mostró un valor de PER de 0,76.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La carachama

a. Historia de la carachama

La carachama, pez prehistórico por la coraza que presenta que lo defiende de sus depredadores, logró perpetuar su especie hasta la actualidad. Su alimentación consta de restos vegetales, crustáceos, detritus, y algas que están presentes en los lechos de cochas, lagunas, lagos y de los ríos, así como de madera que se encuentra en descomposición el agua (Loayza 2012).

b. Carachama

La carachama gigante o *Pseudorinelepis genibarbis,* es muy conocida por científicos y ecologistas, porque intervienen directamente en la degradación de materia orgánica debido a que son xilófagos, porque consumen termitas del agua (Loayza 2012).

c. Características de la carachama

Por ser una especie acuática prehistórica, es de aspecto tétrico, el cuerpo es de color gris oscuro y está protegido por una coraza dura, presenta escamas gruesas a excepción de la cabeza, presenta ojos negros y hundidos, la cabeza es achatada y triangular. Puede raspar con sus dientes en forma de cuchara los troncos de árboles que caen al agua.

d. Hábitat de la carachama

La carachama se encuentra en muchas cuencas hidrográficas de nuestro país, especialmente en la cuenca de los ríos Aguaytía, Pachitea, Urubamba, Pisqui, Purús, el Bajo Madre de Dios y el Amazonas. Puede alcanzar un tamaño de 50 a 60 cm; permanece mucho tiempo en zonas oscuras de los ríos, bajo las piedras, también, alojado en las “cochas” o partes pantanosas, tiene hábitos nocturnos y se mimetizan fácilmente con las piedras, son tímidos y huidizos.

2.2.2. Trigo (*Triticum sativum*).

Es un cereal de la familia de las gramíneas, una familia a la que pertenecen otros cereales tan importantes como alimentos: arroz, el maíz, la avena, el sorgo, etc. Este mismo autor indica que en cuanto al origen siempre ha existido una gran discusión sobre el origen del cultivo. La opinión más generalizada es que este cereal comenzó a cultivarse hace unos 10.000 años a partir de las especies silvestres recolectadas por los antiguos cazadores-recolectores del sudoeste asiático (Botanical-online 2021).

La mayoría de la producción del trigo mundial se destina a la alimentación, casi un 75 por ciento de esta producción se utiliza para la producción de harina de trigo. La mayor parte de esta harina, especialmente aquella procedente de las variedades de trigo blando, se destina a la producción de pan; las harinas que proceden de trigos duros tienen aplicación en la elaboración de pasteles, galletas o harinas caseras (Mirand y Montañéz 2008).

2.2.3. Criterios de calidad de la masa y pasta

a. Criterios de calidad para la masa

Según Guamatzi (2008), los criterios y características de calidad de la masa son:

- **Color**

  Depende de las características del tipo de trigo utilizado. Se debe a la presencia de un componente amarillo deseable y de un componente marrón no deseable. También puede desarrollar un componente rojo bajo ciertas condiciones de secado.

- **Aspecto**

  La presencia de agrietamientos, la superficie lisa entre otros, afectan la apariencia de la pasta y la aceptación del consumidor.

- **Características de textura**

  Capacidad del producto para retener una buena textura durante la cocción o después de la cocción. Es muy importante para los consumidores; también, para los productores de trigo, mejoradores y procesadores.

b. Principales características para la evaluación de la pasta

- **Firmeza**: Constituye el grado de resistencia cuando se da la primera mordedura.

- **Cohesividad**: Es la fuerza de las uniones internas que mantienen la estructura de la pasta.

- **Elasticidad**: Es la capacidad de recuperar la forma de la pasta luego de haber sufrido una deformación..

- **Adhesividad**: Fuerza de adhesión a otros materiales que presenta la pasta luego de la cocción.

c. Métodos de control de calidad

El análisis sensorial permite evaluar todas las características de textura de la pasta luego de haber sido sometidas a cocción. Los resultados de métodos químicos o instrumentales realizados deben compararse con el análisis sensorial (Guamatzi 2008).

2.2.4. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial permite variar el uso de materias primas alternativas para la innovación productos alimentarios. Es necesario realizar una evaluación sensorial a los nuevos productos, tanto para animales, como el ser humano. Actualmente, existe la necesidad de sustituir las fuentes tradicionales de alimentos; pues los actuales sistemas de producción tienen que abastecer a una población más grande y cada vez más exigente (Concha 2014).

Cuadro 1. Pruebas sensoriales empleados en la industria de alimentos.

Pruebas discriminativas	Prueba de diferenciación	Prueba de pares Prueba de dúos – tríos Prueba triangular Prueba de ordenación Prueba escalar de control
	Prueba de sensibilidad	Umbral de detección Umbral de reconocimiento
Pruebas descriptivas	Escala de atributos	Escala de categorías Escala estimación de la magnitud
	Análisis descriptivos	Perfil del sabor Perfil de textura
	Análisis cuantitativos	
Pruebas efectivas	Pruebas de preferencias	Prueba de preferencia pareada Prueba de preferencia ordenación
	Prueba de satisfacción	Escala hedónica verbal Escala hedónica Facial
	Prueba de Aceptación	

FUENTE: Concha (2014).

Según el informe de tesis de Medina (2013), “La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene ventaja que de la persona que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios 31 instrumentos de análisis, ósea sus cinco sentidos, los cuales son el medio con los que el ser humano percibe y detecta el mundo que lo rodea” El análisis sensorial es la disciplina que aprovecha la capacidad de los sentidos para reaccionar ante los estímulos fisicoquímicos de los alimentos, permitiendo medir, analizar e interpretar las reacciones del ser humano al percibir sus características. Estos Estímulos son comparados en el cerebro con estímulos almacenados durante experiencias previas, y son transformados posteriormente en conceptos que permiten al ser humano avaluar y emitir un juicio acerca de la calidad sensorial de un producto.

a. Pruebas de aceptabilidad

Según Concha (2014), manifiesta que en este tipo de pruebas se asume que el nivel de aceptabilidad del consumidos existe en un continuo, no necesariamente hay el mismo nivel de escala entre me gusta mucho y me gusta, que entre me disgusta mucho y me disgusta. Las respuestas están categorizadas en escalas desde gusta a no gusta, también se pueden evaluar otros atributos del alimento, por ejemplo: salado, dulce, espeso, aguado, etc. Para el análisis se asigna un valor numérico a cada escala. No se debe buscar otra alternativa o alternativas intermedias, se usa las que están dadas.

b. Pruebas de grado de satisfacción.

Cuando se pretende evaluar más de dos muestras a la vez, o se quiere obtener más información acerca de un producto que en la prueba anterior, se realiza este tipo de prueba. Para ello, se recurre a unas escalas hedónicas que serán los instrumentos para medir las sensaciones producidas por el producto en el juez afectivo, ya sean placenteras o desagradables (Alzandúa 1994).

III. MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

3.1.1. Ubicación

El trabajo de investigación se desarrolló en la panificadora UNIA, ubicado en el campus universitario de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. El análisis fisicoquímico fue hecho por servicio en la empresa Natura Analítica. Así también el análisis sensorial se realizó en el Laboratorio Postcosecha de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

3.1.2. Descripción del área de estudio

Según el plan curricular vigente de la Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el estudio forma parte del área de tecnología de productos alimentarios.

3.2. Identificación y descripción del material experimental

3.2.1. Identificación del material experimental

Se adquirió la materia prima (carachama) directamente de los extractores de peces, en el puerto ubicado en el distrito de Yarinacocha.

3.2.2. Descripción del material experimental

Los peces (carachama) adquiridos estaban vivos, de buen tamaño (25 cm), los que son consumidos por el poblador ucayalino en diferentes presentaciones.

3.3. Procedimientos

3.3.1. Proceso de preparación de la harina de exoesqueleto de la carachama

Para la obtención de la harina de exoesqueleto de carachama se procedió mediante un proceso secuencial, lo que consistió en:

- **Selección de la materia prima:**

  Los peces (carachama) fueron adquiridos directamente de los extractores en el puerto ubicado en el distrito de Yarinacocha, seleccionando aquellos cuyo tamaño en promedio tenga 25 cm.

- **Eviscerado**

  Se retiró manualmente las vísceras de los especímenes utilizando un cuchillo de acero inoxidable.

- **Pre lavado**

  Se realizó en un recipiente de 20 L de capacidad y chorro continuo de agua para eliminar impurezas como sangre, restos de tierra, arena, etc.

- **Cocción**

  Con la intención de facilitar la separación del exoesqueleto se sometió a un tratamiento térmico con agua en ebullición los especímenes, debido a que la separación en crudo es difícil de realizar además de que la carne se queda pegada al exoesqueleto.

- **Separación de exosqueleto**

  Se realizó de forma manual, siento utilizada básicamente la parte del torax y cola del espécimen y dejando de lado la cabeza.

- **Lavado**

  Una vez obtenido la muestra de materia prima (exoesqueleto) se realizó la inmersión de 10 litros de agua cruda, adición de hipoclorito para la desinfección de 200 ppm de hipoclorito al 5% con la finalidad de eliminar o disminuir, bacterias patógenas durante un periodo de 5 a 10 min.

- **Secado**

  El proceso de secado se realizó a temperatura ambiente durante 6 días, en un ritmo de 5 horas cada día, en horas específicas entre 10 am y 2 pm.

- **Molido**

  Una vez deshidratado sometimos a molienda con una maquina moledora a 5 micras, obteniéndose así la harina del exosqueleto de la carachama.

3.3.2. Proceso de elaboración de pan

La Figura 1 exhibe las etapas consideradas en el proceso de elaboración de pan.

- **Preparación y pesaje.**

  Etapa importante, porque si varían las cantidades de los ingredientes, se tendrá problemas durante el amasado. Para ello se utilizó un recipiente por cada ingrediente; el agua utilizada estuvo fría, 2°C. Se tuvo en consideración el peso del envase que se usó para el pesado, al final se verificó si se pesaron los insumos para necesarios para elaborar pan.

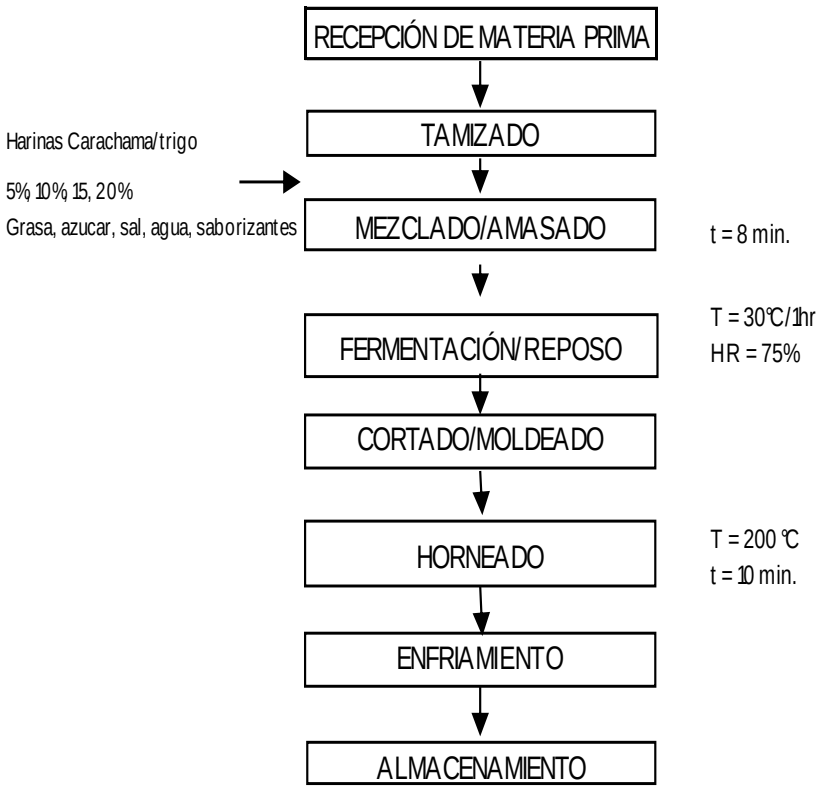


Figura 1. Flujo del proceso productivo.

- **Amasado**

  El inicio del desarrollo de la masa se da en esta etapa. Según el tipo de amasado, el amasijo adopta diferentes características. En esta etapa se mezclan los ingredientes homogéneamente, hidratar la harina, desarrollar la red de gluten mediante el proceso de sobado de la masa. Luego, primero se colocó los ingredientes líquidos, luego las harinas; la sal se agregó en el último momento de la primera velocidad del primer ciclo de amasado.

  Se amasó en primera velocidad hasta lograr una masa uniforme, 4-6 minutos, seguidamente se amasó en segunda velocidad para desarrollar el gluten, 3-4 minutos, posteriormente se incrementó 2-3 minutos el amasado en segunda velocidad en el sobado de la masa. Por ningún motivo la temperatura de la masa no superó los 29°C.

- **Fermentación**

  Esta etapa permite desarrollar las características organolépticas y la estructura de la masa. Los azúcares complejos se degradan anhídrido carbónico y alcoholes y se desarrollan las características de la fuerza inicial de la masa. Para ello se colocó la masa en un recipiente de fermentación con tapa, luego se llevó

el recipiente a un ambiente con temperatura controlada (24.5°C - 27°C. La temperatura de la masa por ningún motivo debe exceder los 29°C.

- **Manipulación**

  Luego de haber transcurrido la mitad del tiempo de fermentación se procede a manipular la masa. El objetivo de esta etapa es uniformizar la temperatura de la masa, expulsar los gases evitando la ruptura de la masa, así también, relajar la masa buscando que se fortalezca la masa durante la fermentación. Para ello se tomó los extremos de la masa y girarlo hacia el centro, presionándolo logrando así expulsar los gases.

- **División**

  El objetivo de esta etapa es dividir la masa según el requerimiento establecido. Para ello se colocó la masa en la mesa, vigilando la ausencia de corrientes de aire. Luego con la espátula panaria, se hizo cortes a la masa, acondicionada preliminarmente en forma longitudinalmente para el efecto.

- **Preformado**

  El objetivo de esta etapa fue, iniciar el establecimiento de la estructura interna del pan, y facilitar el proceso de formado. El preformado se realizó en bollos, en redonda o bola.

- **Descanso en mesa**

  Esta fase es muy significativa, pues la masa necesita relajarse porque el gluten se tensa debido a la división y preformado. El proceso dura de 5 a 40 minutos. Para ello se colocó la masa sobre la mesa de trabajo protegidos por una tela de panadero, vigilando a ausencia de corrientes de aire, solo así se evitará la formación de costra en las porciones de masa.

- **Formado**

  En esta etapa se logra dar la forma final del pan, a la vez establecer la estructura del pan. En esta fase se obtiene el aspecto físico definitivo del aspecto externo del pan, así como de su estructura.

- **Maduración**

  En esta etapa continúa el proceso fermentativo, es llamado también fermentación final; con ello se busca obtener el tamaño adecuado de la masa y seguir desarrollando el carácter del pan. Las porciones de masa fueron

colocadas sobre recipientes engrasados en orden con espacio adecuado para el desarrollo de la masa. Luego se colocó los recipientes en un coche, en todo momento se controló la temperatura, lo que se realizó la prueba visual y de tacto.

- **Corte**

  Se realizó para incrementar la posibilidad de aumentar el crecimiento de la masa al momento de hornear y tener una mejor apetencia del producto. En algunos pastones esta etapa es anterior a la maduración; mientras que, en otros casos, se realiza antes del horneado.

- **Horneado**

  En esta etapa se logra la cocción del pan, se desarrolla el color por efecto de la caramelización. Permite que los panes tengan las características externas y de la corteza. Los panes se colocaron en las bandejas y estos en coches los que fueron introducidos en el horno. El proceso de cocción se verifica mediante la observación del color y el tiempo.

- **Enfriamiento**

  Esta etapa se desarrolla para evitar la condensación del agua en la corteza, además de liberar el agua que hay dentro del pan. Este paso es necesario considerar, porque si el pan es cortado inmediatamente al sacarlo del horno, parecerá que está crudo. Los panes se enfriaron a temperatura ambiente.

3.3.3. Análisis químico proximal de la harina de exoesqueleto de la carachama

a. Determinación de proteínas.

Para determinar proteína se utilizó el método Kjeldhal, según la norma AOAC 960 – 52.

b. Humedad de la harina

La humedad se determinó, según el método establecido por la norma AOAC 44 – 40, 925.10/95.

c. Determinación de ceniza total

Se hizo uso del método gravimétrico AOAC 15-1990. El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo.

d. Determinación de grasa total

Se realizó mediante el método Hidrólisis Ácida-Soxhlet, norma A.O.A.C. 15 – 1990. El método comprende dos fases:

e. Determinación de fibra total

Método enzimático – gravimétrico (Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15 - 1990). El método es aplicable a muestras de harinas, pan y cereales.

3.3.4. Procedimiento para efectuar la evaluación sensorial del pan

Se determinó mediante treinta jueces semi entrenados, por escala hedónica y prueba de orden de preferencia. A cada juez se le proporcionó 4 muestras de pan, cada una de diferentes porcentajes de sustitución, así mismo se les proporcionó con las fichas de evaluación para ser llenadas pidiéndoles a los jueces evalúen las muestras según su preferencia para los atributos: color, olor, textura y sabor (Anzaldúa 1994).

3.3.5. Determinación de las características químicas del pan

Determinación de Proteínas

Determinado por el método Kjeldhal, según la norma AOAC 960 – 52.

Determinación de ceniza total (Potasio, sodio, calcio y magnesio):

Fue determinado por el método gravimétrico - norma AOAC 15-1990.

Determinación de fibras totales

Método enzimático – gravimétrico, norma A.O.A.C. 15 (1990).

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente

Porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de exoesqueleto de carachama.

Niveles: 0, 5, 10, 15, 20%

3.4.2. Variables dependientes

Características fisicoquímicas del pan: Proteínas

Características sensoriales del pan:

Color, olor, sabor, textura, apariencia general.

En el Cuadro 2 se muestra la operacionalización de variables.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo representada por la cantidad existente del pescado carachama en los mercados de expendio de la ciudad de Pucallpa. Al no tener registro de la cantidad de carachama capturado y expendido en los centros de abasto de la ciudad de Pucallpa, diarios, se ha considerado una población de tipo infinita.

Cuadro 2. Operacionalización de variables.

Variables	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
V.I. Porcentaje de adición harina de exoesqueleto de carachama.	Cantidad de harina de exoesqueleto de carachama que se añade a la formulación para elaborar pan.	Físico	% de harina de exoesqueleto de carachama 0 %, 5%, 10% 15%, 20%
V.D. Características fisicoquímicas del pan.	Parámetros que caracterizan un alimento desde el punto de vista nutricional.	Químicos	Proteína
Atributos sensoriales del pan	Parámetros subjetivos que definen la aceptación o rechazo de un producto.	Color, olor, sabor, textura. Apariencia general.	Puntaje 1 Me disgusta mucho 2 Me disgusta poco 3 No me gusta ni me disgusta 4 Me gusta poco 5 Me gusta mucho

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo representado por dos kg de harina del exoesqueleto de carachama, producido según los procedimientos propuestos, como: Separación del exoesqueleto de la carachama adquirido en los centros de abasto de la ciudad de Pucallpa, tratamiento térmico, secado, molienda, tamizado y envasado una cantidad aproximado de diez kg que se utilizaron para los análisis químicos proximales y niveles de sustitución. El muestreo fue no probalístico por conveniencia.

3.6. Tratamientos

ST : 100% de harina de trigo

T1 : 95% de harina de trigo + 5% de harina de exoesqueleto de carachama

T2 : 90% de harina de trigo + 10% de harina de exoesqueleto de carachama

T3 : 85% de harina de trigo + 15% de harina de exoesqueleto de carachama

T4 : 80% de harina de trigo + 20% de harina de exoesqueleto de carachama

3.7. Recolección de datos

3.7.1. Fuentes de información

Se utilizaron como fuentes de información primaria los resultados de la investigación, mientras que como información secundaria los resultados de investigaciones reportadas en papers y en los reportes de tesis de repositorios de instituciones académicas.

3.7.2. Unidad experimental y de medición

La unidad experimental fue los panes producidos con harina sustituta del exoesqueleto de la carachama con cuatro niveles de sustitución y un testigo, los cuales fueron sometidos a análisis fisicoquímico que permitió determinar la calidad nutricional del pan y realizar el análisis organoléptico que determinó el grado de aceptabilidad del pan.

Las unidades de medida fueron:

- Para el análisis físico químico: Unidades cuantitativas en porcentajes de: Cenizas, Fibra bruta, Humedad, Grasa y Proteína.
- Para las características organolépticas: Unidades cualitativas de los atributos color, olor, sabor, textura.

3.7.3. Tipo de muestreo

Se aplicó el muestreo no probabilístico, porque no se tienen registros de la producción total existente en los lugares de expendio del pescado carachama; además, el estudio se realizó en condiciones controladas

3.7.4. Técnicas para recolección de datos

Fichas de investigación o documentación (resumen). Fichas de registro bibliográfico, webgráfico).

Instrumento de recolección de información en laboratorio: Libreta de apuntes (laboratorio) y cartillas hedónicas

3.8. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados por computadora utilizando los programad Ms office: Word, Excel, y el procesamiento estadístico de resultados mediante el programa STATGRAPHICS Centurión XVII, de acuerdo con el diseño de investigación propuesto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Características químico proximales de la harina del exoesqueleto de carachama

La harina de pescado se utiliza en la agroindustria para elevar el contenido nutricional de los alimentos destinado para el consumo humado y el de los animales, el componente de mayor importancia es la proteína porque tiene aminoácidos esenciales altamente digeribles, que varía según el origen de la harina (García 2021). El uso de residuos de pescado como materia prima, podría permite la obtención de productos con buena "calidad proteica" tan similar a la obtenida a partir de especies enteras (García 2021).

En el caso de la cabeza de pescado (subproducto de bajo valor comercial), su procesamiento en harina es para fortificar premezclas usadas en panadería (García 2021). El componente de mayor importancia de la harina es la proteína; sin embargo, también aporta cantidades considerables de fósforo, selenio, zinc, cobre y hierro y vitaminas del grupo B (Fundación FEDNA, citado por García 2021). En el Cuadro 3 se muestra los resultados del análisis químico proximal para la harina que se obtuvo del exoesqueleto de la especie carachama.

Cuadro 3. Resultado de análisis para ensayo de harina de carachama.

Componente	Unidades	Método	Resultado
Humedad	%	Gravimétrico	0.98 ± 0.07
Cenizas	%	Gravimétricol	1.48 ± 0.09
Aceites y Grasas	%	Extracción por solvente-Gravimétrico	0.10 ± 0.01
Proteínas	%	Kjeldahl	31.03 ± 2.19
Fibra Bruta	%	Digestión Ácida/Alcalina	-
Carbohidratos	%	Indirecto	66.40 ± 2.21

Los componentes de mayor importancia es el contenido proteico (31.03%) que es el mayor aporte que hace la harina de exoesqueleto de carachama; las cenizas (1.48%) que contribuye con el contenido de minerales. Dichos valores es importante tener en cuenta, porque su aporte como complemento en algunos productos agroindustriales podría ser favorable, más aún considerando que es un recurso que no valorado actualmente.

En la literatura se reporta para la carachama un contenido de gua de 82.8%, carbohidratos 0.0%, proteína 14.7%, grasa 0.4%, cenizas 1.0%, calcio 140 mg/100 g, fósforo: 151 mg/100 g, hierro 1.20% (Reyes *et al*. 2017). El menor porcentaje proteico en la carachama comparado con lo determinado en el exoesqueleto se debe a que la humedad en el

exoesqueleto es mínimo (0.98%); sin embargo, la carachama no contiene carbohidratos; mientras que en la harina del exoesqueleto es alto, esto porque muchos polisacáridos forman parte del exoesqueleto (quitina).

La composición nutricional de los subproductos de pescado presenta un amplio rango en relación con las especies acuáticas y el tejido considerado en términos de proteínas. En el caso del *Thunnus albacares*, la piel contiene 32% de proteína (materia seca), y el índice de cenizas es cerca al 63 % (materia seca). En el *Salmo salar*, en la región de la cabeza, el contenido proteico es 13% (materia seca); mientras que la grasa es cercano al 22% (materia grasa) y el contenido de cenizas es el 4% (materia seca). En el esqueleto de tilapia, el contenido de proteínas alcanza el 50% (materia seca), la grasa es el 30% (materia seca) y las cenizas son el 15% (Sierra, citado por Gasco *et al*. 2020). La composición proximal del pescado y sus subproductos es afectado la especie, edad, género, salud, estado nutricional y época del año (Torris *et al*. citado por Pateiro 2020).

4.2. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de exoesqueleto de carachama en las características fisicoquímicas del pan

El Cuadro 4 muestra la composición fisicoquímica de los panes elaborados con el 100% de harina de trigo, sin sustitución con harina de exoesqueleto de carachama.

Cuadro 4. Características fisicoquímicas y nutricionales de los panes sin sustitución.

Componente	Unidades	Método	Resultado
Humedad	%	Gravimétrico	27.00 ± 0.25
Cenizas	%	Gravimétricol	1.50 ± 0.04
Aceites y Grasas	%	Extracción por solvente-Gravimétrico	0.20 ± 0.01
Proteínas	%	Kjeldahl	8.40 ± 0.17
Fibra Bruta	%	Digestión Ácida/Alcalina	0.60 ± 0.02
Carbohidratos	%	Indirecto	62.29 ± 0.22

Observamos que el aporte proteico (8.40%), dicho valor es cercano a lo reportado en la literatura para otros panes (Reyes *et al*. 2017), pan de labranza (9.6%), pan de molde (6.8%), pan francés fortificado con hierro (8.405); para el contenido de cenizas (1.50%) también es cercano a los valores reportados en otros trabajos (Reyes *et al*. 2017), pan de labranza (1.0%), pan de molde (0.7%), pan francés fortificado con hierro (1.5%).

En el Cuadro 5 se muestran los resultados del análisis químico proximal realizado a los panes elaborados con el 5% de sustitución de harina de exoesqueleto de carachama.

Cuadro 5. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 5%.

Componente	Unidades	Método	Resultado
Humedad	%	Gravimétrico	28.12 ± 0.08
Cenizas	%	Gravimétricol	2.70 ± 0.04
Aceites y grasas	%	Extracción por solvente-Gravimétrico	5.51 ± 0.05
Proteínas	%	Kjeldahl	9.17 ± 0.86
Fibra Bruta	%	Digestión Ácida/Alcalina	0.63 ± 0.03
Carbohidratos	%	Indirecto	53.86 ± 0.83

Observamos que el contenido de proteínas (9.17%) se ha incrementado en 9.17% comparado con el tratamiento ST (0% de sustitución) el incremento se debe a la contribución en el contenido de proteínas de la harina de exoesqueleto de carachama; respecto al contenido de cenizas (2.70%) observamos un alto incremento (80%) respecto a los panes elaborados pura de harina de trigo ST , del mismo modo, el aporte lo está haciendo la harina de exoesqueleto de carachama.

El Cuadro 6 muestra los resultados del análisis químico proximal de los panes elaborados con el 10 % de sustitución de harina de exoesqueleto de carachama.

Cuadro 6. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 10%.

Componente	Unidades	Método	Resultado
Humedad	%	Gravimétrico	29.20 ± 0.59
Cenizas	%	Gravimétricol	2.90 ± 0.12
Aceites y Grasas	%	Extracción por solvente-Gravimétrico	5.80 ± 0.14
Proteínas	%	Kjeldahl	10.01 ± 0.54
Fibra Bruta	%	Digestión Ácida/Alcalina	0.64 ± 0.04
Carbohidratos	%	Indirecto	51.45 ± 0.68

Observamos que el contenido de proteínas (10.01%) se ha incrementado en 19.17% comparado con el tratamiento ST (0% de sustitución); respecto al contenido de cenizas (2.90%) observamos un alto incremento (93.33%) respecto a los panes elaborados con pura harina de trigo ST, en ambos casos el incremento se debe a la contribución en el contenido proteico y de cenizas de la harina de exoesqueleto de carachama.

El Cuadro 7 visibiliza los resultados del análisis químico proximal de los panes elaborados con el 15 % de sustitución de harina de exoesqueleto de carachama. De sumo interés es el contenido proteico (contribución nutricional) y de cenizas (presencia de minerales) de los panes.

Cuadro 7. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 15%.

Componente	Unidades	Método	Resultado
Humedad	%	Gravimétrico	29.30 ± 0.80
Cenizas	%	Gravimétricol	3.10 ± 0.14
Aceites y Grasas	%	Extracción por solvente-Gravimétrico	5.85 ± 0.19
Proteínas	%	Kjeldahl	10.03 ± 0.46
Fibra Bruta	%	Digestión Ácida/Alcalina	0.60 ± 0.02
Carbohidratos	%	Indirecto	51.13 ± 1.10

Se observa que el contenido de proteínas (10.03%) se ha incrementado en 19.40% comparado con el tratamiento ST (0% de sustitución); respecto al contenido de cenizas (3.10%) también se ha incremento en (106.67%) respecto a los panes elaborados con pura harina de trigo ST, la contribución de la harina del exoesqueleto de carachama es de importancia la cantidad de proteína y de cenizas de los panes.

El Cuadro 8 muestra los resultados del análisis químico proximal de los panes elaborados con el 20 % de sustitución de harina de exoesqueleto de carachama.

Cuadro 8. Características fisicoquímicas y nutricionales - panes con sustitución del 20%.

Componente	Unidades	Método	Resultado
Humedad	%	Gravimétrico	30.02 ± 1.11
Cenizas	%	Gravimétricol	3.31 ± 0.11
Aceites y Grasas	%	Extracción por solvente-Gravimétrico	6.04 ± 0.30
Proteínas	%	Kjeldahl	10.65 ± 0.20
Fibra Bruta	%	Digestión Ácida/Alcalina	0.69 ± 0.04
Carbohidratos	%	Indirecto	49.29 ± 1.73

Observamos que el contenido de proteínas (10.65%) se vio incrementado en un 26.78% comparado con el tratamiento ST (0% de sustitución); en el caso del contenido de cenizas (3.31%) también tuvo un incremento considerable (120.67) respecto a los panes elaborados con pura harina de trigo ST, en ambos casos el incremento se debe a la contribución en el contenido de proteína y de cenizas de la harina de exoesqueleto de carachama.

En la Figura 2 se visibiliza la variación del contenido proteico y de cenizas de los panes elaborados mediante la sustitución parcial de harina de trigo con harina de exoesqueleto de carachama.

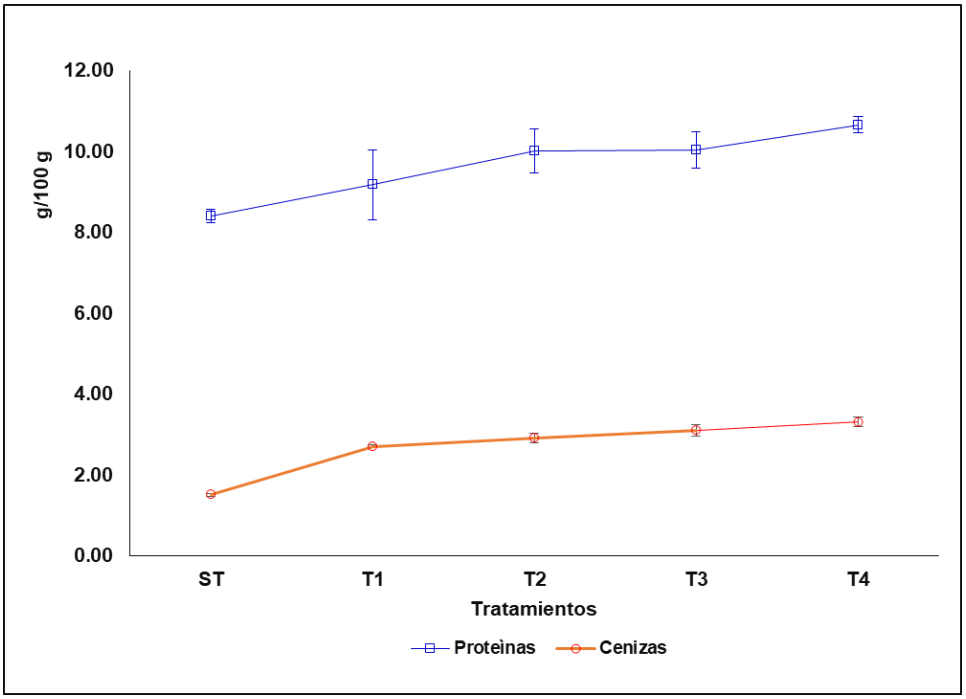


Figura 2. Variación del contenido de proteínas y cenizas en los panes, según tratamiento.

Observamos que cuando la sustitución es 5% (T1) las cenizas sufren el mayor incremento (pendiente del segmento); mientras que el mayor porcentaje de incremento para el contenido proteico se da para los tratamientos T1, T2 y T4; sin embargo, conforme se incrementa el porcentaje de sustitución con harina de exoesqueleto de carachama el contenido proteico de los panes se ve incrementado en mayor intensidad respecto al contenido de cenizas (orientación de los puntos en la Figura 1).

En estudios sobre fortificación de pan blanco con frijol germinado también se reporta un incremento en el contenido proteico conforme se incrementa el porcentaje de sustitución (Viswanathan y Ho 2014). También en panes enriquecidos con harina de quinua y chía se observó que el porcentaje aumenta a medida que se incrementa la sustitución (Arone 2016), lo mismo sucede con el contenido de cenizas, el cual se va incrementando conforme se aumenta el porcentaje de sustitución la sustitución (Arone 2016).

4.3. Efecto de los niveles de sustitución en el contenido de proteínas y cenizas de los panes

4.3.1. Efecto de los niveles de sustitución en el contenido proteico de los panes.

En el Cuadro 9 se reporta la comparación múltiple de medias de Tukey respecto al contenido de proteína de los panes elaborados mediante la sustitución de la harina de trigo por harina del exoesqueleto de carachama.

Cuadro 9. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de proteína de los panes.

Contraste	*Significación*	*Diferencia*
ST: 0% de sustitución – T1: 5% de sustitución		0.7733
ST: 0% de sustitución – T2: 10% de sustitución	*	1.6067
ST: 0% de sustitución – T3: 15% de sustitución	*	1.6300
ST: 0% de sustitución – T4: 20% de sustitución	*	2.2533

***** Denota una diferencia estadísticamente significativa.

El análisis de comparación se realizó teniendo el tratamiento control (ST). Observamos que no existe diferencia significativa (Pv > 0.05) entre el tratamiento control (ST) y el tratamiento T1, respecto al contenido proteico de los panes; para las demás comparaciones sí existe diferencia significativa (Pv < 0.05) entre el tratamiento control con los demás tratamientos, siendo mayor el contenido proteico conforme se incrementa el porcentaje de sustitución. Ello demuestra que la sustitución de la harina de trigo por la harina del exoesqueleto de carachama no hay diferencia hasta un 5% de sustitución; sin embargo, si incrementamos el porcentaje de sustitución el contenido proteico de los panes se ve afectado.

4.3.2. Efecto de los niveles de sustitución en el contenido de cenizas de los panes

En el Cuadro 10 se muestra la comparación múltiple de medias de Tukey respecto al contenido de proteína de los panes elaborados mediante la sustitución de la harina de trigo por harina del exoesqueleto de carachama.

Cuadro 10. Comparación múltiple de Tukey para el contenido de cenizas de los panes.

Contraste	**Significación**	**Diferencia**
ST; 0% de sustitución – T1: 5% de sustitución	*	1.2033
ST: 0% de sustitución – T2: 10% de sustitución	*	1.4033
ST: 0% de sustitución – T3: 15% de sustitución	*	1.5967
ST: 0% de sustitución – T4: 20% de sustitución	*	1.8133

***** Denota una diferencia estadísticamente significativa.

El análisis de comparación para el contenido de cenizas se realizó teniendo el tratamiento control (ST). Observamos la existencia de diferencia significativa (Pv < 0.05) entre el tratamiento control (ST) y los demás tratamientos, respecto al contenido de ceniza de los panes; siendo mayor el contenido de cenizas conforme se incrementa el porcentaje de sustitución. Esto demuestra que la sustitución de la

harina de trigo por la harina del exoesqueleto de carachama hay diferencia desde el 5% de sustitución; luego, la sustitución con harina de exoesqueleto de carachama afecta el contenido de ceniza de los panes.

El pan es uno de los alimentos presente en la mesa de casi la totalidad de hogares, actualmente se está incrementando el uso de harinas sucedáneas, para obtener productos con mejores propiedades nutricionales; por otro lado, también la tendencia es utilizar residuos orgánicos que permitan su total aprovechamiento, y así obtener mayores ganancias.

4.4. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de exoesqueleto de carachama en las características organolépticas del pan

La evaluación sensorial es una prueba subjetiva porque depende de las condiciones en las que se encuentra el panelista; además, como se evalúa cualidades se trata de datos no paramétricos, luego el análisis estadístico para todos los atributos sensoriales se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman.

4.4.1. Efecto en el color

En el Cuadro 11 se muestra el resultado de la prueba de Friedman para el atributo color de los panes que se elaboraron con diferentes niveles de sustitución con harina del exoesqueleto de carachama.

Cuadro 11. Prueba de Friedman para el atributo color.

Tratamientos	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
ST	30	4.3500
T1	30	4.3000
T2	30	2.8167
T3	30	2.0667
T4	30	1.4667
Estadístico = 90.7486		Pv = 0.00

Podemos observar la existencia de diferencia altamente significativa (Pv < 0.01) en el color de los panes, el cual se debe a la sustitución con harina de exoesqueleto de carachama realizado durante la formulación de los panes. También encontraron diferencia significativa en el color al elaborar panes con sustitución parcial de harina pre cocida de ñuña y tarwi (Matos-Chamorro y Muñoz-Alegre 2010).

Del mismo modo al evaluar la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan de molde encontraron diferencia significativa en el color (Velásquez y Obando 2017).

En el Cuadro 12 se muestra la prueba de comparación múltiple de medias Diferencia Mínima Significativa (LSD) para el atributo color. Observamos que cada tratamiento (nivel de sustitución) difiere de los demás tratamientos de modo significativo (Pv < 0.05), variando desde la puntuación 1.4 (“me desagrada mucho”) para el tratamiento 4, hasta la puntuación 4.35 (“me agrada”) para el tratamiento ST (0% de sustitución).

Cuadro 12. Comparación múltiple medias LSD para el atributo color.

Tratamiento	Casos	Media [1]
T4	30	1.7000 ± 0.5960 [a]
T3	30	2.2667 ± 0.7849 [b]
T2	30	2.7667 ± 0.5683 [c]
T1	30	4.0333 ± 0.7184 [d]
ST	30	4.0667 ± 0.7397 [d]

Los valores representan la media ± SD, para n = 30.
Letras diferentes indican diferencia significativa.

También se observa que cuando se ve incrementando el porcentaje de sustitución con harina de exoesqueleto de carachama el rechazo de los panes por su color aumenta (menores puntajes), esto se debe a que el color de la harina del exoesqueleto de carachama es oscuro, que se acentúa más durante el horneado.

4.4.2. Efecto en el olor

En el Cuadro 13 se muestra el resultado de la prueba de Friedman para el atributo olor de los panes que se elaboraron con diferentes niveles de sustitución con harina del exoesqueleto de carachama.

Podemos observar la existencia de diferencia altamente significativa (Pv < 0.01) en el olor de los panes según el tratamiento, el cual se debe a la sustitución con harina de exoesqueleto de carachama realizado durante la formulación de los panes.

Cuadro 13. Prueba de Friedman para el atributo olor.

Tratamientos	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
T4	30	1.8667
T3	30	2.2000
T2	30	2.5167
T1	30	4.1833
ST	30	4.2333
Estadístico = 70.1958		Pv = 0.00

También al evaluar la influencia de sustituir parcialmente de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan encontraron diferencia significativa en el olor (Velásquez y Obando 2017). Así también al evaluar la sustitución de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cascara de huevo en forma parcial en la elaboración de pan, demostraron que las sustituciones parciales con harina de cáscara de huevo, influyen sobre el atributo olor (Aquipucho y Quispe 2019).

En el Cuadro 14 se muestra la prueba de comparación múltiple de medias Diferencia Mínima Significativa (LSD) para el atributo olor de los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución con harina de exoesqueleto de carachama.

Cuadro 14. Comparación múltiple medias LSD para el atributo olor.

Tratamiento	Casos	Media [1]
T4	30	2.3000 ± 0.8769 [a]
T3	30	2.5667 ± 0.8584 [a, b]
T2	30	2.8333 ± 0.9855 [b]
T1	30	4.0667 ± 0.6915 [c]
ST	30	4.1000 ± 0.7120 [c]

Los valores representan la media ± SD, para n = 30.
Letras diferentes indican diferencia significativa.

Se observa la formación tres grupos homogéneos, el primero formado por los tratamientos T4 (20% de sustitución) y T3 (15% de sustitución) entre los cuales no hay diferencia significativa, el segundo grupo formado por los tratamientos T3 (15% de sustitución) y T2 (10% de sustitución) entre ellos no hay diferencia significativa. Por último un tercer grupo formado por los tratamientos T1 (5% de sustitución) y ST

(0% de sustitución) entre los cuales no hay diferencia estadística significativa. Luego, cuanto menor es el porcentaje de sustitución mayor es la puntuación realizada por los panelistas al atributo olor de los panes, siendo la puntuación mayor a 4 (“me agrada”).

4.4.3. Efecto en el sabor

En el Cuadro 15 se muestra el resultado de la prueba de Friedman para el atributo sabor de los panes que se elaboraron con diferentes niveles de sustitución con harina del exoesqueleto de carachama.

Observamos la existencia de diferencia altamente significativa (Pv < 0.01) en el atributo sabor de los panes; es decir, la sustitución de harina de trigo por harina de exoesqueleto de carachama realizado durante la formulación de los panes influye en el sabor de los panes.

Cuadro 15. Prueba de Friedman para el atributo sabor.

Tratamientos	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
T4	30	1.8167
T3	30	2.0667
T2	30	2.5000
T1	30	4.3167
ST	30	4.3000
Estadístico = 81.2220		Pv = 0.00

También al sustituir parcialmente la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cascara de huevo en la elaboración de pan demostraron que las diferentes sustituciones parciales de harina de trigo por harina de cáscara de huevo, influyen sobre el atributo sabor (Aquipucho y Quispe 2019). Así mismo, al evaluar la influencia de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan de molde encontraron diferencia significativa en el sabor (Velásquez y Obando 2017).

En el Cuadro 16 se muestra la prueba de comparación múltiple de medias Diferencia Mínima Significativa (LSD) para el atributo sabor de los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución con harina de exoesqueleto de carachama.

Cuadro 16. Comparación múltiple medias LSD para el atributo sabor.

Tratamiento	Casos	Media [1]
T4	30	1.9000 ± 0.8030 [a]
T3	30	2.2000 ± 0.9613 [a]
T2	30	2.7000 ± 0.7022 [b]
T1	30	4.0000 ± 0.7428 [c]
ST	30	4.0333 ± 0.7649 [c]

Los valores representan la media ± SD, para n = 30.
Letras diferentes indican diferencia significativa.

Observamos la formación de tres grupos homogéneos, el primero formado por los tratamientos T4 (20% de sustitución) y T3 (15% de sustitución) entre los cuales no hay diferencia significativa, el segundo grupo formado por el tratamiento T2 (10% de sustitución), por último, un tercer grupo formado por los tratamientos T1 (5% de sustitución) y ST (0% de sustitución) entre los cuales no hay diferencia estadística significativa. Luego, cuanto menor es el porcentaje de sustitución mayor es la puntuación realizada por los panelistas al atributo sabor de los panes, siendo la puntuación mayor a 4 (“me agrada”).

4.4.4. Efecto en la textura

En el Cuadro 17 se muestra el resultado de la prueba de Friedman para el atributo textura de los panes que se elaboraron con diferentes niveles de sustitución con harina del exoesqueleto de carachama.

Cuadro 17. Prueba de Friedman para el atributo textura.

Tratamientos	Tamaño de Muestra	Rango Promedio
T4	30	1.7333
T3	30	2.2333
T2	30	2.4500
T1	30	4.2333
ST	30	4.3500
Estadístico = 80.8385		Pv = 0.00

Se observa que existe diferencia estadística altamente significativa (Pv < 0.01) en el atributo textura de los panes según el nivel de sustitución con harina de exoesqueleto de carachama realizado durante la formulación de los panes.

También encontraron diferencia significativa en la textura cuando elaboraron panes con sustitución parcial de harina pre cocida de ñuña y tarwi (Matos-Chamorro y Muñoz-Alegre 2010). Asimismo, Aquipucho y Quispe (2019) también lograron demostrar que las sustituciones parciales de harina de trigo por harina de cáscara de huevo en la elaboración de pan, ejercen un efecto en el atributo textura (Aquipucho y Quispe 2019). Por otro lado, en la literatura se reporta que cuanto mayor es el contenido de polvo de cáscara de huevo que se agrega en la formulación, la textura del pan disminuye, porque la granulometría de la harina es perceptible cuando se mastica (Bradauskiene *et al*. citado por Aquipucho y Quispe (2019), esto podría estar ocurriendo en el estudio, porque los panelistas mencionaban la presencia de cierta granulometría cuando evaluaban los panes con mayor porcentaje de sustitución.

En el Cuadro 18 se muestra la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD) para el atributo textura de los panes elaborados con diferentes niveles de sustitución con harina de exoesqueleto de carachama.

Cuadro 18. Comparación múltiple medias LSD para el atributo textura.

Tratamiento	Casos	Media [1]
T4	30	2.1000 ± 0.7588 [a]
T3	30	2.6000 ± 1.0700 [b]
T2	30	2.7333 ± 0.4498 [b]
T1	30	4.0667 ± 0.6915 [c]
ST	30	4.1333 ± 0.6288 [c]

Los valores representan la media ± SD, para n = 30.
Letras diferentes indican diferencia significativa.

Se observa la formación de tres grupos homogéneos, el primero formado únicamente por el tratamiento T4 (20% de sustitución), el segundo grupo formado por los tratamientos T3 (15% de sustitución) y T2 (10% de sustitución) entre ellos no hay diferencia significativa, por último, un tercer grupo formado por los tratamientos T1 (5% de sustitución) y ST (0% de sustitución) entre los cuales no hay diferencia estadística significativa. Luego, cuanto mayor es el porcentaje de sustitución menor es la puntuación realizada por los panelistas al atributo sabor de los panes; la mayor puntuación 4 (“me agrada”) fue para los tratamientos T2 y ST.

En estudios realizados al elaborar panes sustituyendo con harina de cáscara de huevo observaron que la granulometría es detectada al masticar (Bradauskiene *et al*. citado por Aquipucho y Quispe (2019), luego dicho fenómeno estaría ocurriendo con los panes en la investigación, porque las partículas de la harina del exoesqueleto de carachama es bien dura, por lo que los panelistas mencionaban la presencia de granulometría en los tratamientos con mayor porcentaje de sustitución.

4.4.5. Perfil sensorial de los panes según tratamiento.

En la Figura 3 se muestra el perfil sensorial de los panes según los tratamientos propuestos.

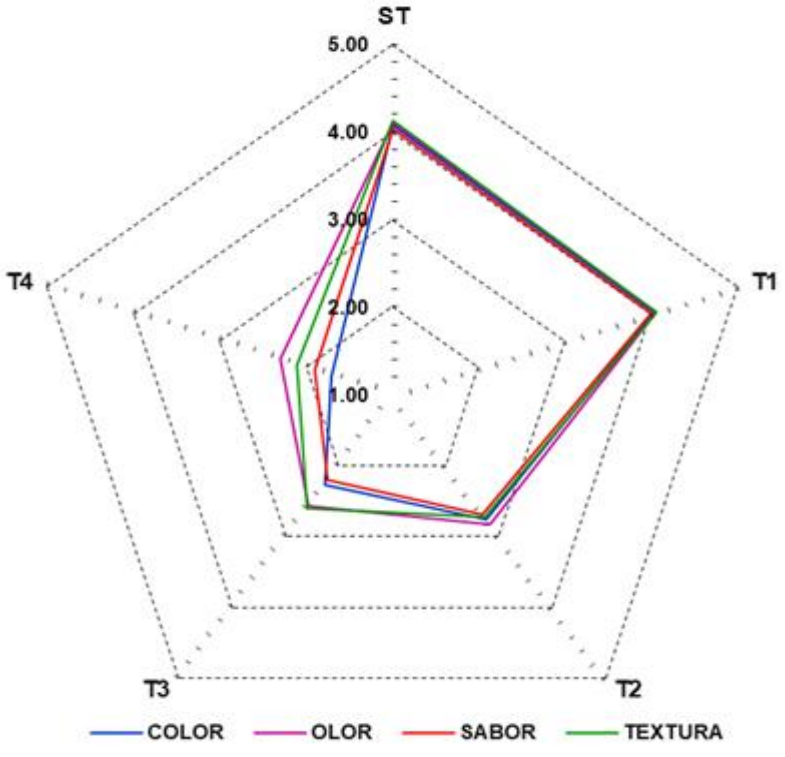


Figura 2. Perfil sensorial de los panes según tratamiento.

Se observa que los tratamientos ST y T1 son los que presentan mejores cualidades sensoriales, corroborando los resultados de los análisis no paramétricos de los atributos sensoriales.

El consumo y procesamiento de pescado genera gran cantidad de residuo que no son utilizados. Tanto el pescado, así como sus residuos son altamente nutritivos, pero por su composición se deterioran rápidamente. Luego, es necesario realizar propuestas de aprovechamiento agroindustrial de los residuos de pescado porque es un recurso

sostenible, además es una alternativa para la alimentación humana, porque permitirá generar beneficios nutricionales, así como sociales, económicos y ambientales.

V. CONCLUSIONES

- La harina de exoesqueleto de carachama es una excelente fuente de proteína (31.03%), que puede ser aprovechado directamente como complemento proteico para productos alimentarios, así mismo por su bajo contenido de grasas, se podría utilizar en dietas que eviten la generación de triglicéridos y colesterol.

- De acuerdo a los resultados la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de exoesqueleto de carachama, se pudo comprobar que esta tiene un efecto en el contenido de proteína en todos los tratamientos; alcanzando un 9.17% con la sustitución al 5% (T1), comprobándose que se incrementa en 9.21% respecto de la muestra sin sustitución (ST).

- La evaluación sensorial de los panes demostró que existen diferencias significativas en las características organolépticas de los panes elaborados mediante sustitución parcial con harina de exoesqueleto de carachama, siendo del tratamiento T1 (5% de sustitución) el que no presentaba diferencias con el control.

- Los panes elaborados con sustitución de harina de trigo por harina obtenida del exoesqueleto de la carachama, incrementaron su contenido nutricional, desde 8.40% para el tratamiento control ST hasta un 9.21% para el tratamiento T1 (5% de sustitución). Además, presentaron buenas características sensoriales, superiores al puntaje 4 (Me agrada).

VI. RECOMENDACIONES.

- Desarrollar investigaciones que mejoren el proceso de obtención de la harina de exoesqueleto de carachama, mejorando la granulometría del producto, toda vez que esa cualidad fue uno de los determinantes para el incremento del porcentaje de sustitución.

- Realizar investigaciones sobre el aprovechamiento de la harina de exoesqueleto de carachama como complemento en otros productos de consumo tradicional (tamales), sustituyendo parte del maíz que se utiliza como materia prima, logrando mejorar su contenido nutricional.

- Se hace necesario desarrollar más investigaciones sobre la harina de exoesqueleto de carachama, como fibra dietética, minerales benéficos y metales pesados., lo que daría mayores luces para su aprovechamiento agroindustrial.

VII. BIBLIOGRAFIA

Agurto, K; Mero E; Vásquez G. 2016. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz para la elaboración de pan. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia, S.A. España. 220p. 1994.

AOAC. 2004. Métodos Oficiales de Análisis de Alimentos. 24. Mundi-Prensa. Madrid. España.

Aquipucho, MKM; Quispe, GME. 2019. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de cáscara de huevo en la elaboración de pan para aumentar el contenido de calcio en el organismo, Arequipa 2019. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Ingeniería de Procesos. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Consultado feb. 21 de 2023. Disponible en https://pure.unsa.edu.pe/en/projects/sustitucion-parcial-de-la-harina-de-trigo-triticum-aestivum-por-h-2

Arone, PHD. 2015. Evaluación de las propiedades físicas, químicas y organolépticas del pan tipo molde enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y chía (*Salvia hispanica* L.). Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional José María Arguedas. Consultado ene. 28 de 2023. Disponible en http://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/210

Botanical. 2021. en línea. Blog botánico, Obtenido de https://www.botanical-online.com/ 23 de agosto del 2021.

Concha, G. 2014. Factores que influyen en la evaluación sensorial requerimientos para la evaluación sensorial métodos de evaluación sensorial. [Suficiencia profesional] Ingeniería de procesos. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa

Freire, V. 2019. Elaboración de panes con sustitución parcial de harina de trigo con fuentes alternativas de proteínas. [Tesis]. Máster universitario en gestión de la seguridad y calidad alimentaria. Universitat Politécnica de València.

Guamatzi. 2008. Elaboración y evaluación de fideos de arroz. Acribia. México

García, BAV. 2021. Propuesta de utilización de harina de cabeza de pescado para fortificar alimentos de consumo popular altos en carbohidratos. [En línea]. 1ra edición. ITCA Editores. El Salvador. 52 p. Consultado mar. 28 de 2023. Disponible en https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/11/02.pdf

Gasco, L; Acuti, G; Bani, P; Dalle Zotte, A; Danieli, PP; De Angelis, A; Fortina, R; Marino, R; Parisi, G; Piccolo, G; Pinotti, L; Prandini, A; Schiavone, A; Terova, G; Tulli, F; Roncarati, A. 2020. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. *Italian Journal of Animal Science*, 19(1): 360 – 372.

Loayza, D. 2012. Contenido quimico-bromatologico del tejido muscular de Panaqué sp. "carachama" procedente de la localidad de San Francisco – Ayacucho. [Tesis]. Biologo con especialidad en Pesquería. Ayacucho - Perú. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

Matos-Chamorro, A; Muñoz-Alegre, KI. 2010. Elaboración de Pan con Sustitución Parcial de Harina Pre Cocida de Ñuña (*Phaseoleus vulgaris* L.) y Tarwi (*Lupinus mutabilis*). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1): 31 – 35.

Medina, C. 2015. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena para la elaboración de pan. [Tesis]. Grado en ingeniería agroalimentaria y del medio rural. Universitat Politécnica de València.

Medina, P. 2013. Evaluación Sensorial de pan de Pulque. [Tesis], Universidad Autonoma Agraria Antonio narro, Coahuila, México.

Mirand, G; Montañez, A. 2008. Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos de tuberculos de camote del cerro. ME Revista Iberoamericana de tecnologia postcosecha, 22. 2008.

Obregón, A; Contreras, E; Muñoz, AM; Ayquipa, R; Fernández, W. 2013. Evaluación sensorial y físico química de panes con sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum)* por harinas de maíz (*Zea mays)* y papa (*Solanum tuberosum).* Ciencia e Investigación 2013; 16(2): 73-76

Pascual, G; Zapata, J. 2010. 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, Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Industrias Alimentarias, Lima – Perú.

Pateiro, M; Munekata, PES; Domínguez, R; Wang, M; Barba, FJ; Bermúdez, R; Lorenzo, JM. 2020. Nutritional Profiling and the Value of Processing By-Products from Gilthead Sea Bream (Sparus aurata). *Marine Drugs*, 18(2): 101.

Poquioma, C. 2016. Influencia de la sustitución parcial de oxiiiis tuberosa "oca" por harina de trigo, para la elaboración de pan tipo francés. [Tesis]. Título profesional de ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Reyes, GM; Gómez-Sánchez, PI; Espinoza, BC. 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma edición. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima-Perú. 142 p.

Rodríguez, E. 2012. Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termo mecánicas y de panificación de masas. Rev. U.D.C.A Act & Div. Scientia 15(1): 199 - 207, 2012.

Velásquez, PM; Obando, MLE. 2017. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soja en la elaboración de pan de molde. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Santa. Consultado abr. 14 de 2023. Disponible en http://repositorio.uns.edu.pe/ bitstream/handle/UNS/2995/42937.pdf

Viswanathan, K; Ho, P. 2014. Fortificación de pan plano blanco con germinados frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*). *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 13(1): 27 – 34.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento de análisis químico proximal de la harina de exoesqueleto de la carachama

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

Para determinar proteína se utilizó el método Kjeldhal, según la norma AOAC 960 – 52. El método consiste en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico en caliente y titulación del nitrógeno resultante (amoniaco): comprende tres fases:

- Digestión: Se digiere la muestra con H_2SO_4, concentrado usando $CuSO_4$, como catalizador de igual forma K_2SO_4, para convertir el N_2en NH_4.

- Destilación: Consistió en adicionar NaOH, al 8%, para liberar el amoniaco que es recogido en solución de Ácido bórico al 4%.

- Titulación: Se tituló con H_2SO_4, al 0.025 N, para determinar el amoniaco retenido por el ácido bórico, se calcula el contenido de Nitrógeno de la muestra a partir de la cantidad de amoniaco producido. El resultado se expresa en mg. de nitrógeno, según la fórmula:

$$mg\ N = N \times V \times 14$$

Donde:

N= Normalidad del ácido de valoración
V= Volumen de ácido consumido
14 = Peso atómico del nitrógeno.

Para pasar ha contenido de proteínas se corrigió por el factor adecuado según la naturaleza de la muestra. (6.25 por defecto).

Periódicamente realizar un ensayo en blanco y restarlo del resultado.

$$\%\ Proteínas = P2/P0 \times 100 \times F$$

Donde:

P2 = Nitrógeno (mg).
P0 = Peso de la muestra (mg).
F = Factor proteínico (6.25 por defecto)

HUMEDAD DE LA HARINA

La humedad se determinó, según el método establecido por la norma AOAC 44 – 40, 925.10/95.

Para lo cual se utilizó una capsula de porcelana de 40 -70 mm de diámetro y altura no mayor de 60 mm. Luego se añadió 5 gramos de harina de harina de carachama en la capsula de porcelana y dejó por 5 horas a entre 98 -100°C y durante una hora a 130°C en una estufa de vacío.

DETERMINACIÓN DE CENIZA

Se hizo uso del método gravimétrico AOAC 15-1990. El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo. Cuyo procedimiento fue el siguiente:

- Efectuar el análisis en triplicado
- Pesar 0.1 mg en una cápsula previamente calcinada y tarada (Mo) 2 gramos de muestra homogeneizada (M1).
- Pre calcinar previamente la muestra en placa calefactora, evitando que se inflame, luego colocar en la mufla e incinerar a 550 °C por 8 horas, hasta cenizas blancas grisáceas. Pre enfriar en la mufla apagada y si no se logran cenizas blancas o grisáceas, humedecerlas con agua destilada, secar en el baño de agua y someter nuevamente a incineración.
- Dejar enfriar en desecador y pesar (M2)
- Mezclar cuidadosamente y completamente la muestra con la arena, mediante la varilla de vidrio.

$$\%\, Ceniza = \frac{(M_2 - M_0)}{(M_1 - M_0)} x100$$

Donde:

M2: masa en gramos de la cápsula con las cenizas

M1: masa en gramos de la cápsula con la muestra

M0: masa en gramos de la cápsula vacía

DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL

Se realizó mediante el método Hidrólisis Ácida-Soxhlet, norma A.O.A.C. 15 – 1990. El método comprende dos fases:

Preparación de la muestra:

Se pesó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml entre 2 a 5 gramos de muestra, previamente homogeneizada, adicionar 10 ml de agua y 10 ml de ácido clorhídrico más algunas perlas de ebullición.

- Se conectó al sistema refrigerante, calentar por 45 minutos, agitando a intervalos de 10 minutos.
- Se preparó una suspensión que contenga 3 gramos de celite en 20 ml de agua.
- Una vez terminado el calentamiento, se adicionó 1 gramo de celite y agitar.
- Se procedió a filtrar al vacío por medio de un embudo Buchner con papel filtro, adicionados de la suspensión de celite preparada previamente.
- Se secó el papel filtro con la celite y la grasa adsorbida en estufa a 103 ± 2°C por 1 hora y extraer la grasa por Soxhlet.

Determinación por Soxhlet

- Se incorporó la muestra hidrolizada y seca a un dedal de celulosa o envolver en papel filtro.
- Se colocó el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz previamente tarado.
- Se extrajo la muestra con solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/s.
- Cuando se completó la extracción se eliminó el solvente en rotavapor o evaporando con precaución bajo campana, hasta que se evapore todo el éter.
- Se secó el matraz en estufa a 103 ± 2°C por 30 min, enfriar en desecador y pesar.

Los resultados se expresan haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\%\, Grasa = \frac{(M_2 - M_1)}{(M)} x100$$

Donde:
M: peso de la muestra

M1: tara del matraz solo

M2: peso matraz con grasa.

DETERMINACIÓN DE FIBRA BRUTA

Método gravimétrico (Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15 - 1990). El método es aplicable a muestras de harinas, pan y cereales.

Reactivos

Solución de H_2SO_4 0.255N. Solución de NaOH 0.313N, libre de carbonato de sodio. Alcohol etílico al 95% (V/V). Éter de petróleo. Solución de HCl al 1% (V/V).

Materiales y equipo.

Matraz de bola fondo plano, 600 ml, cuello esmerilado. Unidad de condensación para el matraz. Matraz Kitazato de un litro. Embudo Buchner. Crisol de filtración. Conos de hule. Papel filtro Whatman No. 541. Pizeta de 500 mL. Desecador. Horno de laboratorio. Mufla.

Método

- Pesar 2 a 3 gramos de la muestra desengrasada y seca. Colocar en el matraz y adicione 200ml de la solución de ácido sulfúrico en ebullición. Colocar en el condensador y llevar a ebullición en un minuto; adicionar antiespumante. Dejar hervir por 30 min, manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover las partículas adheridas a las paredes.
- Instalar el embudo Buchner con el papel filtro y precalentar con agua hirviendo. Simultáneamente y al término del tiempo de ebullición, retirar el matraz, dejar reposar por un minuto y filtrar usando succión; la filtración se debe realizar en menos de 10 min. Lavar el papel filtro con agua hirviendo.
- Transferir el residuo al matraz con ayuda de una pizeta conteniendo 200 mL de solución de NaOH en ebullición y dejar hervir por 30 min como en paso 2. Luego precalentar el crisol de filtración con agua hirviendo y filtrar cuidadosamente después de dejar reposar el hidrolizado por 1 min.
- Lavar el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo, para terminar con tres lavados con éter de petróleo. Colocar el crisol en el horno a 105°C por 12 horas y enfriar en desecador. Seguidamente pesar los crisoles con el residuo y colocar en la mufla a 550°C por 3 horas, dejar enfriar en un desecador y pesar nuevamente.

Cálculos

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

$$Fibra\ cruda\ (\%) = \frac{(A - B)}{C} x100$$

Anexo 2. Análisis estadístico para el contenido de proteína y ceniza de los panes.

Cuadro 19. Análisis de varianza para el contenido proteico de los panes.

Fuente	***S.C.***	***g.l.***	***C.M.***	***Fc***	***Pv***
Modelo	9.2039	4	2.3010	8.81	0.0026
% de Sustitución	9.2039	4	2.3010	8.81	0.0026
Error Experimental	2.6116	10	0.2612		
Total	11.8155	14			

Cuadro 20. Análisis de varianza para el contenido de ceniza de los panes.

Fuente	***S.C.***	***g.l.***	***C.M.***	***Fc***	***Pv***
Modelo	6.0445	4	1.5111	152.54	0.0000
% de Sustitución	6.0445	4	1.5111	152.54	0.0000
Error Experimental	0.0991	10	0.0099		
Total	11.8155	14			

Cuadro 21. Verificación de varianza para el contenido proteico,

	Prueba	***Valor-P***
Levene's	0.504151	0.733997

Cuadro 22. Verificación de varianza para el contenido de cenizas.

	Prueba	***Valor-P***
Levene's	0.856618	0.521633

Anexo 3. Resultados de la evaluación del atributo COLOR de los panes.

Resultados de la evaluación del atributo COLOR					
Panelista	**ST**	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_4**
1	4	4	3	2	1
2	3	3	3	2	1
3	5	4	2	2	2
4	4	4	4	2	1
5	3	3	3	4	1
6	4	5	2	4	1
7	4	4	3	2	2
8	4	3	2	2	2
9	5	4	2	1	3
10	5	4	4	3	1
11	3	3	3	2	2
12	5	3	3	3	2
13	5	4	2	2	1
14	3	4	3	2	2
15	4	5	2	3	3
16	4	4	3	2	2
17	5	5	2	3	2
18	4	4	2	3	1
19	4	4	3	1	2
20	4	5	3	2	1
21	3	5	2	2	2
22	4	3	3	2	2
23	3	4	3	1	2
24	5	4	3	2	2
25	4	4	3	1	2
26	4	5	3	3	1
27	5	5	3	3	2
28	3	3	3	2	2
29	4	5	3	2	2
30	5	4	3	3	1
Promedio	**4.07**	**4.03**	**2.77**	**2.27**	**1.70**

Anexo 4. Resultados de la evaluación del atributo OLOR de los panes.

Resultados de la evaluación del atributo OLOR					
Panelista	**ST**	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_4**
1	4	4	3	2	1
2	3	3	3	2	1
3	5	4	2	2	2
4	4	4	4	2	1
5	3	3	3	4	1
6	4	4	2	4	1
7	4	4	3	2	2
8	4	3	2	2	2
9	5	4	2	1	3
10	5	4	4	3	1
11	3	3	3	2	2
12	5	3	3	3	2
13	5	4	2	2	1
14	3	4	3	2	2
15	4	5	2	3	3
16	4	4	3	2	2
17	5	5	2	3	2
18	4	4	2	3	1
19	4	4	3	1	2
20	4	5	3	2	1
21	3	5	2	2	2
22	4	3	3	2	2
23	3	4	3	1	2
24	5	4	3	2	2
25	4	4	3	1	2
26	4	5	3	3	1
27	5	5	3	3	2
28	3	4	3	2	2
29	4	5	3	2	2
30	5	4	3	3	1
Promedio	**4.07**	**4.03**	**2.77**	**2.27**	**1.70**

Anexo 5. Resultados de la evaluación del atributo SABOR de los panes.

Resultados de la evaluación del atributo SABOR					
Panelista	**ST**	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_4**
1	5	3	2	1	2
2	4	4	4	3	1
3	5	5	3	2	1
4	4	4	3	3	1
5	3	4	2	2	2
6	4	4	3	2	2
7	5	4	2	3	3
8	4	4	3	2	1
9	4	5	2	3	1
10	4	3	2	3	1
11	4	3	3	1	1
12	4	5	3	3	2
13	5	4	2	3	3
14	4	5	3	3	2
15	3	4	3	1	2
16	3	5	2	1	1
17	3	4	3	3	3
18	4	3	2	3	3
19	5	3	2	1	2
20	3	4	2	2	2
21	5	5	4	1	1
22	3	4	2	2	3
23	3	3	2	1	1
24	5	4	4	2	1
25	4	5	3	4	2
26	5	3	3	3	3
27	4	3	3	2	3
28	5	5	4	1	2
29	3	4	3	4	3
30	4	4	2	1	2
Promedio	**4.03**	**4.00**	**2.70**	**2.20**	**1.90**

Anexo 6. Resultados de la evaluación del atributo TEXTURA de los panes.

Resultados de la evaluación del atributo TEXTURA					
Panelista	**ST**	**T_1**	**T_2**	**T_3**	**T_4**
1	4	3	3	3	2
2	4	4	2	3	1
3	3	5	3	2	2
4	4	4	3	5	2
5	5	5	2	5	2
6	4	4	3	1	2
7	4	3	2	2	3
8	5	4	3	3	4
9	4	4	3	2	2
10	5	5	2	2	2
11	4	4	3	3	3
12	5	5	3	2	2
13	4	4	2	3	3
14	5	5	3	2	2
15	4	4	2	3	2
16	4	4	3	1	1
17	3	3	3	2	2
18	3	3	3	2	3
19	4	4	3	1	1
20	4	4	3	2	2
21	4	4	2	3	3
22	5	5	3	3	1
23	4	3	3	2	1
24	3	4	3	4	2
25	4	4	3	3	1
26	4	4	3	2	2
27	5	5	2	4	2
28	4	4	3	3	2
29	5	3	3	1	3
30	4	5	3	4	3
Promedio	4.13	4.07	2.73	2.60	2.10

Anexo 7. Análisis estadístico complementario para el atributo color de los panes.

Cuadro 23. Resumen estadístico para el color de los panes.

Tratamiento	*Recuento*	*Promedio*	*Desviación Estándar*	*Error Estándar*	*Mínimo*	*Máximo*
ST	30	4.0667	0.7397	0.1350	3.0	5.0
T1	30	4.0333	0.7184	0.1312	3.0	5.0
T2	30	2.7667	0.5683	0.1038	2.0	4.0
T3	30	2.2667	0.7849	0.14330	1.0	4.0
T4	30	1.7000	0.5960	0.1088	1.0	3.0
Total	150	2.9667	1.1667	0.0953	1.0	5.0

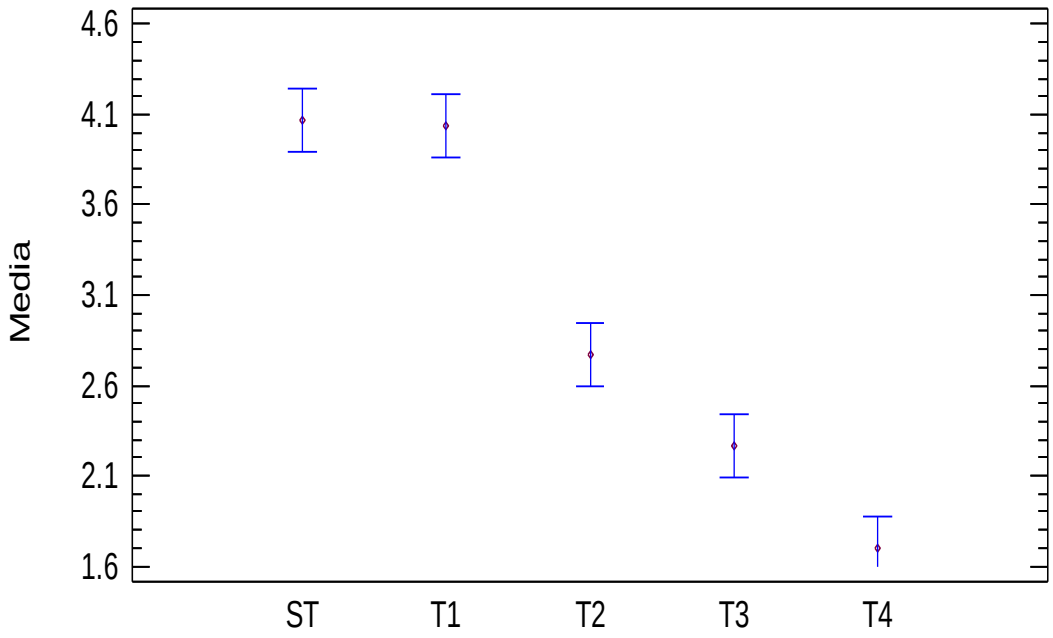


Figura 3. Distribución de los promedios del atributo color para cada tratamiento.

Anexo 8. Análisis estadístico complementario para el atributo olor de los panes.

Cuadro 24. Resumen estadístico para el olor de los panes.

Tratamiento	*Recuento*	*Promedio*	*Desviación Estándar*	*Error Estándar*	*Mínimo*	*Máximo*
ST	30	4.1000	0.7120	0.1300	3.0	5.0
T1	30	4.0667	0.6915	0.1262	3.0	5.0
T2	30	2.8333	0.9855	0.1799	1.0	5.0
T3	30	2.5667	0.8584	0.1567	1.0	4.0
T4	30	2.3000	0.8769	0.1601	1.0	4.0
Total	150	3.1733	1.1218	0.0916	1.0	5.0

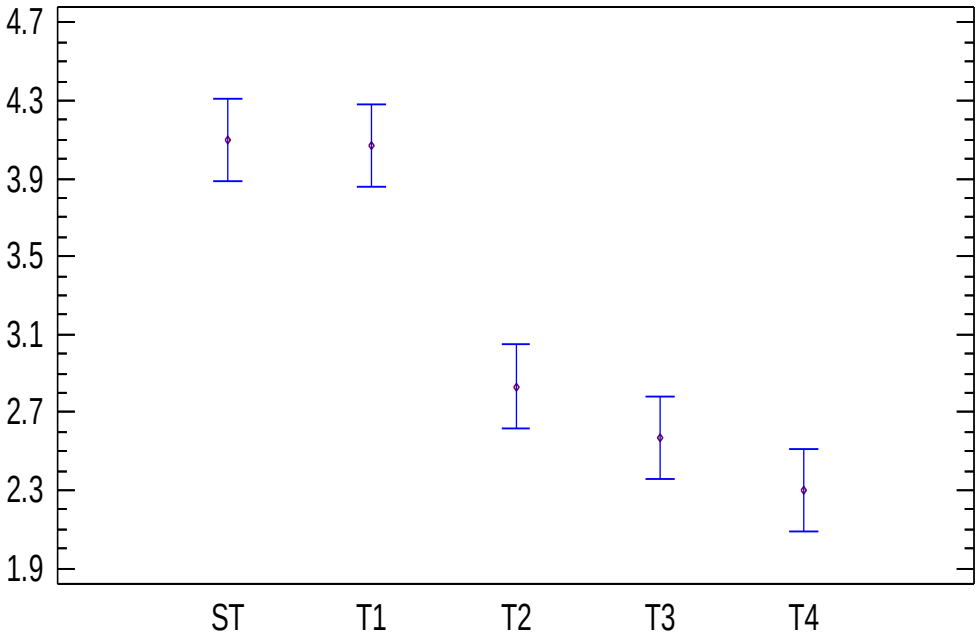


Figura 4. Distribución de los promedios del atributo olor para cada tratamiento.

Anexo 9. Análisis estadístico complementario para el atributo sabor de los panes.

Cuadro 25. Resumen estadístico para el sabor de los panes.

Tratamiento	*Recuento*	*Promedio*	*Desviación Estándar*	*Error Estándar*	*Mínimo*	*Máximo*
ST	30	4.0333	0.7649	0.1396	3.0	5.0
T1	30	4.0000	0.7428	0.1356	3.0	5.0
T2	30	2.7000	0.7022	0.1282	2.0	4.0
T3	30	2.2000	0.9613	0.1755	1.0	4.0
T4	30	1.9000	0.8030	0.1466	1.0	3.0
Total	150	2.9667	1.1952	0.0976	1.0	5.0

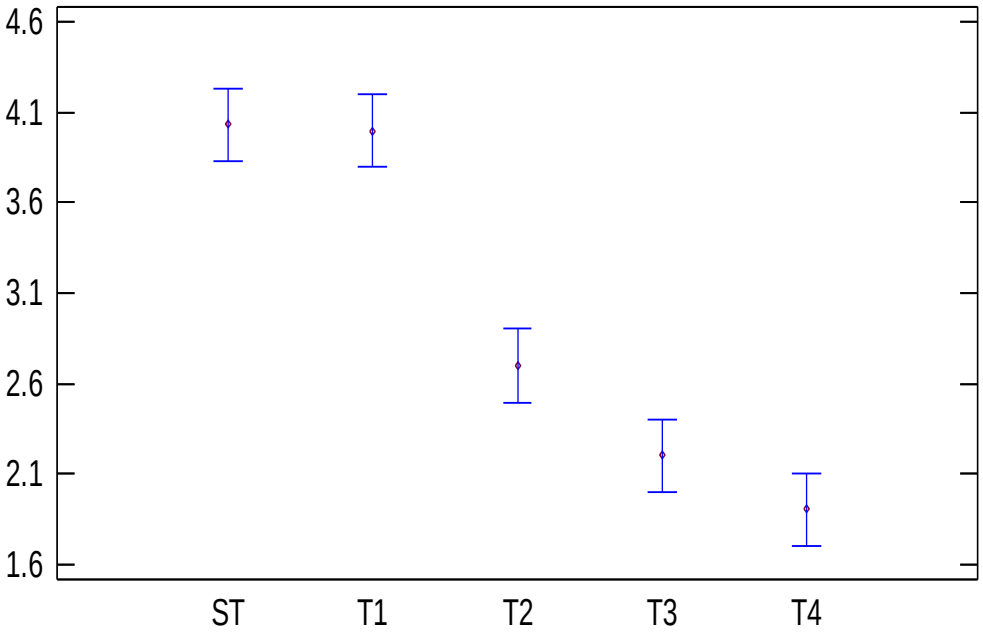


Figura 5. Distribución de los promedios del atributo sabor para cada tratamiento.

Anexo 10. Análisis estadístico complementario para el atributo textura de los panes.

Cuadro 26. Resumen estadístico para la textura de los panes.

Tratamiento	*Recuento*	*Promedio*	*Desviación Estándar*	*Error Estándar*	*Mínimo*	*Máximo*
ST	30	4.1333	0.6288	0.1148	3.0	5.0
T1	30	4.0667	0.6915	0.1262	3.0	5.0
T2	30	2.7333	0.44978	0.0821	2.0	3.0
T3	30	2.6000	1.0700	0.1953	1.0	5.0
T4	30	2.1000	0.7588	0.1385	1.0	4.0
Total	150	3.1267	1.1070	0.0904	1.0	5.0

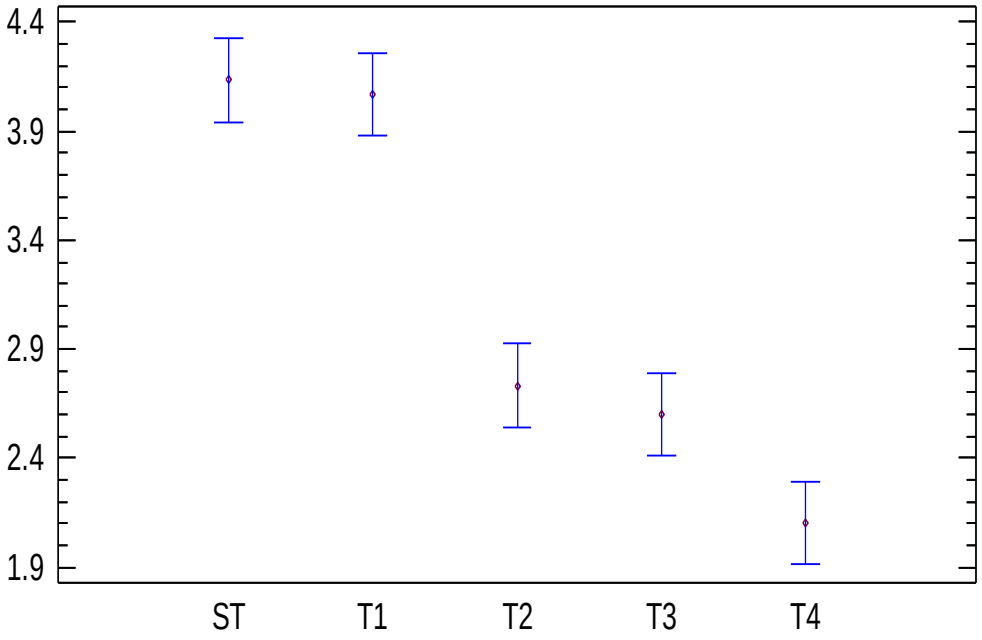


Figura 6. Distribución de los promedios del atributo textura para cada tratamiento.

Anexo 11. Registros fotográficos de la investigación.







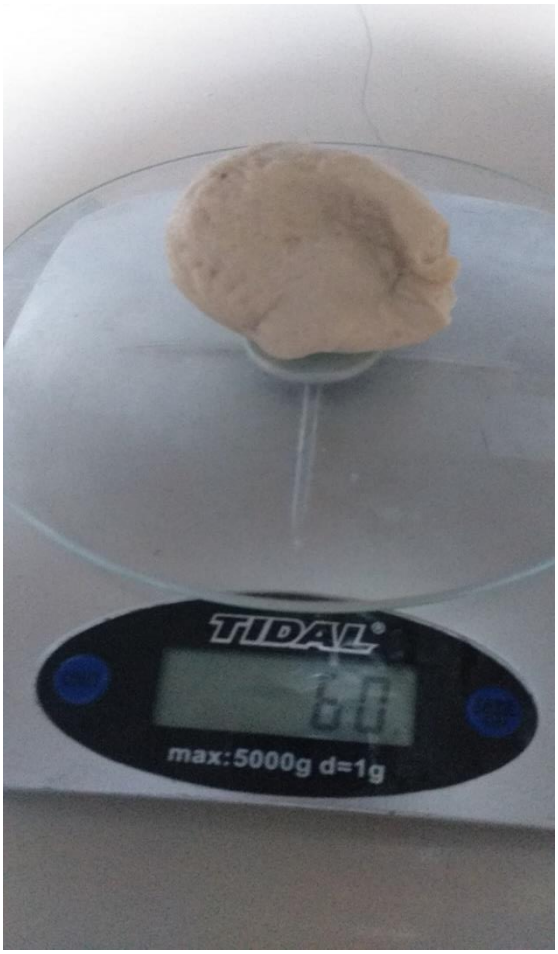
Consumo de chilcano de carachama para la recolección del exoesqueleto de carachama.







Preparación y pesado de los insumos para la elaboración de panes.







Proceso de elaboración de los panes.







Proceso de horneado de los panes.







Evaluación sensorial de los panes.