

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO  
(*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) EN  
EL VOLUMEN Y CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PAN  
FRANCÉS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:

CUTIPA HINOSTROZA, Tatiana

AYACUCHO – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A mi querida Madre Aldegunda por ayudarme a alcanzar mis metas, por ser mi inspiración, enseñarme a no darme por vencida, sus inagotables palabras de aliento y siempre Confiar en mí.

A mi familia, tíos y primos que siempre estuvieron presentes en los pasos que realicé, con sus incontables consejos y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis familiares y grandes amigos, por su apoyo y empujé en toda actividad en la cual emprendí.

Un agradecimiento especial al Ing. Antonio J. Matos Alejandro, por su apoyo incondicional como asesor en este trabajo.

Un agradecimiento a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, sobre todo a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por haber hecho de cada clase un nuevo aprendizaje en mi formación profesional y haber sembrado más amor hacia mi carrera.

A mi alma mater, la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por brindarme los ambientes y los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

PAGINA

### II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Antecedentes                                   | 1  |
| 2.1.1 Internacionales                              | 1  |
| 2.1.2 Nacionales                                   | 3  |
| 2.1.3 Regional                                     | 4  |
| 2.2 Trigo  | 5  |
| 2.2.1 Definición                                   | 5  |
| 2.2.2 Composición fisicoquímica del grano de trigo | 5  |
| 2.2.3 Harina de trigo                              | 6  |
| 2.3 Cushuro  | 7  |
| 2.3.1 Definición                                   | 7  |
| 2.3.2 Hábitat                                      | 7  |
| 2.3.3 Reproducción                                 | 8  |
| 2.3.4 Taxonomía                                    | 8  |
| 2.3.5 Variedades                                   | 9  |
| 2.3.6 Composición                                  | 9  |
| 2.3.7 Toxicidad.                                   | 10 |
| 2.3.8 El valor biológico                           | 11 |
| 2.3.9 Propiedades benéficas del cushuro            | 13 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.10 El cushuro en la alimentación           | 15 |
| 2.4.11 El cushuro en la Industria Alimentaria  | 16 |
| 2.4 El pan francés                             | 16 |
| 2.4.1 Elaboración del pan francés              | 16 |
| 2.4.1.1 Materia prima                          | 16 |
| 2.4.1.2 Insumos.                               | 17 |
| 2.4.1.3 Proceso de elaboración del pan francés | 20 |
| 2.4.2 Características microbiológicas          | 24 |
| 2.4.3 Caracterización visual del pan.          | 26 |
| 2.5 Evaluación sensorial                       | 26 |
| 2.5.2 Pruebas discriminativas                  | 28 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS                      |    |
| 3.1 Lugar de ejecución                         | 29 |
| 3.2 Materia prima                              | 29 |
| 3.3 Insumos, materiales, equipos y reactivos   | 29 |
| 3.3.1 Insumos                                  | 29 |
| 3.3.2 Materiales                               | 30 |
| 3.3.3 Equipos                                  | 30 |
| 3.3.4 Reactivos                                | 31 |
| 3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL                   | 31 |
| 3.4.1 Obtención de la harina de cushuro        | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 3.4.2 Caracterización proximal de la harina de cushuro                                     | 32 |
| 3.4.3 Elaboración del pan francés  | 33 |
| 3.5 Métodos de análisis del pan  | 37 |
| 3.5.1 Análisis de volumen del pan  | 37 |
| 3.5.1 Análisis proximal del pan  | 37 |
| 3.5.2 Diseño estadístico   | 39 |
| 3.5.3 Análisis sensorial   | 39 |
| 3.5.4 Análisis fisicoquímico del pan   | 40 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN   |    |
| 4.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CUSHURO  | 41 |
| 4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA HARINA DE<br>CUSHURO                                | 42 |
| 4.3 ANÁLISIS DE VOLUMEN DEL PAN  | 44 |
| 4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN   | 46 |
| 4.4.1 Evaluación del color del pan francés   | 46 |
| 4.4.2 Evaluación del olor del pan francés  | 47 |
| 4.4.3 Evaluación del sabor del pan francés   | 49 |
| 4.4.4 Evaluación de la textura del pan francés   | 51 |
| 4.4.5 Evaluación de la apariencia general del pan francés                                  | 53 |
| 4.6 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL<br>PAN FRANCÉS CON MAYOR ACEPTACIÓN | 55 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

58

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Composición del grano de trigo en porcentaje de agua.          | 5  |
| <b>Tabla 2.</b> Composición química en 100 g de harina de trigo                | 6  |
| <b>Tabla 3</b> Análisis químico bromatológico (seco)                           | 10 |
| <b>Tabla 4</b> Composición química en 100 g de harina de trigo                 | 17 |
| <b>Tabla 5</b> Características fisicoquímicas del pan común                    | 24 |
| <b>Tabla 6</b> Características microbiológicas del pan.                        | 25 |
| <b>Tabla 7.</b> Tratamientos considerados en la elaboración del pan<br>frances | 34 |
| <b>Tabla 8</b> Composición química proximal de la harina de cushuro.           | 42 |
| <b>Tabla 9</b> Análisis de varianza para el volumen del pan                    | 44 |
| <b>Tabla 10</b> Prueba de comparación de Duncan para el volumen.               | 45 |
| <b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza del color en el pan.                     | 46 |
| <b>Tabla 16</b> Prueba de comparación de Duncan para el color.                 | 46 |
| <b>Tabla 13</b> Análisis de varianza del olor del pan.                         | 48 |
| <b>Tabla 14</b> Prueba de comparación de Duncan para el olor                   | 48 |
| <b>Tabla 11</b> Análisis de varianza del sabor en el pan.                      | 49 |
| <b>Tabla 12</b> Prueba de comparación de Duncan para el sabor.                 | 50 |
| <b>Tabla 17</b> Análisis de varianza de la textura del pan.                    | 51 |
| <b>Tabla 18</b> Prueba de comparación de Duncan para textura.                  | 52 |
| <b>Tabla 19</b> Análisis de varianza de la apariencia en del pan.              | 53 |
| <b>Tabla 20</b> Prueba de comparación de Duncan para la apariencia.            | 54 |
| <b>Tabla 21</b> Análisis fisicoquímico del pan francés.                        | 56 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de cushuro  | 33 |
| <b>Figura 2</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan francés de cushuro   | 38 |
| <b>Figura 3</b> Diagrama de flujo definitivo de elaboración de pan frances de cushuro.   | 70 |
| <b>Figura 4</b> (a) Pesado de masa sustituida, (b) y (c) fermentación de la masa a diferentes porcentajes de sustitución.  | 77 |
| <b>Figura 5</b> (a), (b) y (c) horneado de pan a diferentes porcentajes de sustitución, (d) horneado de los panes a diferentes sustituciones y (e) enfriado del pan francés. | 77 |
| <b>Figura 6</b> Panes a (a) sin sustitución, (b) al 5% de sustitución (c) 10 % de sustitución, (d) 15 % de sustitución y (e) 20% de sustitución.                             | 78 |
| <b>Figura 7</b> (a) Molido de muestra y (b) molido de catalizador.   | 79 |
| <b>Figura 8</b> Muestra en digestión por 24 horas.   | 79 |
| <b>Figura 9</b> Muestar en destilador micro Kjeldal  | 80 |
| <b>Figura 11</b> Pesado de pan sustituido y pesado de balón.   | 81 |
| <b>Figura 12</b> (a) Armado del extractor de soxhlet, y (c) grasa obtenida del pan sustituido.   | 81 |
| <b>Figura 13</b> (a) Pesado de muestras de pan sustituido y (b) muestras en el secador.  | 82 |
| <b>Figura 14</b> Pesado de crisoles, muestra en la mufla y obtención de ceniza del pan.  | 83 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 15.</b> Determinación de fibra de la muestra de pan sustituido.                              | 84 |
| <b>Figura 16</b> Prueba organoléptica del pan sustituido en el laboratorio de tecnología de alimentos. | 85 |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo central determinar la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro, teniendo como parámetro el volumen, proteína y características organolépticas del pan, con la finalidad de ofrecer variedad en su consumo y al mismo tiempo un producto de buena calidad.

Durante la investigación se procedió a la elaboración de harina de cushuro, obteniendo un rendimiento del 5%; se desarrollaron cuatro tratamientos con sustitución del 5,10,15 y 20% de harina de trigo por harina de cushuro; se obtuvieron diferentes volúmenes, proteínas y características organolépticas, las cuales fueron procesadas estadísticamente con el programa SSPP V. 23 a un nivel de significancia del 5%, mostrando sólo diferencias significativas con las interacciones.

Se creó un análisis sensorial y una caracterización proximal del pan más adecuado para el panel de jueces. Se analizaron el color, el olor, el sabor, el aspecto general y la textura con la ayuda de 15 jueces entrenados que puntuaron cada característica en una escala hedónica; los datos se procesaron estadísticamente mediante el diseño de bloques totalmente aleatorizados (CRBD).

De acuerdo a los resultados obtenidos la sustitución al 5% de harina de trigo por harina de cushuro, resulta que en volumen obtiene 279,348 cm<sup>3</sup>, presenta una diferencia significativa con respecto al patrón y las sustituciones al 10%, 15% y 20%, las características organolépticas (color, olor, sabor, textura y apariencia general) fueron aceptados por los jueces presentando diferencias significativas con respecto al patrón y los demás tratamientos de 10%, 15% y 20%.

De la sustitución realizada se determina la composición fisicoquímica del pan con mayor aceptabilidad observando que contiene 20,05% humedad, 15,6 % proteína, 3,7% grasa, 60,05 % carbohidrato, 0,9% fibra y 1,85% ceniza.

## I. INTRODUCCIÓN

El pan es un alimento común en muchos lugares del mundo. El pan y otros productos de panadería fabricados con harina de trigo se consumen mucho hoy en día; sin embargo, la harina de trigo tiene un valor nutritivo bajo. Esto se debe a la distinta composición química del trigo (Isserliyska, et al., 2010).

Actualmente se están desarrollando diversos productos alimenticios destinados a los niños. Estos productos se distinguen principalmente por estar enriquecidos y ser nutritivos. Entre estos productos, podemos encontrar productos de panadería que se elaboran sustituyendo la harina de trigo por harina de tubérculos, cereales o granos nativos, lo que aumenta el valor nutricional de los productos (Obregón, et al., 2013).

Por ello, la sustitución del pan por las cianobacterias se observa en las colonias de *Nostoc sp.*, generalmente gelatinosas y esféricas, que se reúnen en forma de rosario, formando tricomas simples, y que flotan libremente en el borde de las superficies de lagunas, charcos, puquios y otros diversos ambientes húmedos altoandinos. El pan fue reemplazado por las cianobacterias debido a su capacidad de (Llanos, 2009).

La harina de cushuro se utiliza en lugar de la harina de trigo para estudiar el volumen del pan y sus cualidades organolépticas; determinar si este nuevo producto puede o no crear oportunidades de empleo para las personas que se dedican a la producción de esta alga (cushuro); generar crecimiento económico para los departamentos donde crece el cushuro; y ayudar indirectamente al mantenimiento de las lagunas, la reducción de la contaminación y la restauración del ecosistema natural en nuestros Andes.

La industria alimenticia tiene un compromiso con la sociedad de investigar y desarrollar nuevos productos alimenticios que sean rentables y más nutritivos.

En consecuencia, a continuación se exponen los objetivos generales de este proyecto de estudio:

Evaluar la influencia de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) en el volumen y características organolépticas del pan francés.

Como objetivos específicos los siguientes:

- a. Determinar la composición de la harina de cushuro.
- b. Evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro en el volumen del pan
- c. Evaluar la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro en el color, olor, sabor, textura y apariencia general.
- d. Determinar las características fisicoquímicas con mayor aceptación.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Internacionales

Arias y Tanya (2015), desarrollaron la investigación "Evaluación del efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum spp*) por harina de banano (*musa acuminata*) grado de madurez 3 sobre las características de masa y pan", Se observó una disminución de la resistencia de la masa cuando se sustituyó parcialmente la harina de trigo por harina de plátano. Esto se atribuyó a un debilitamiento de la red de gluten y a una menor hinchazón de los gránulos de almidón. Se utilizó harina de plátano en lugar de harina de trigo, lo que se tradujo en una reducción del peso, el volumen y la altura del pan. El número de alvéolos mostró una relación directamente proporcional al porcentaje de sustitución por harina de plátano. El resultado fue una miga menos compacta a medida que aumentaba el grado de sustitución. Los panes elaborados con un sustituto de la harina de plátano del 10% pudieron satisfacer los requisitos sensoriales.

Jorge (2015) creó el proyecto de investigación "Sustitución de trigo en panificación", en el que se investigó el comportamiento de masas y panes al sustituir la harina de trigo en diferentes porcentajes (5% y 10%) por diferentes

alternativas (salmón y merluza). Esta investigación fue escrita y presentada en un artículo para la revista Food Science & Technology. El examen del proceso de fermentación reveló que la incorporación de pescado sometido a tratamiento térmico en forma de harina provocaba mayores aumentos de la altura de la masa durante el proceso de fermentación, que alcanzaba alturas comparables a las del control. La incorporación de pescado a las distintas formulaciones dio lugar a un aumento de la capacidad de los panes para retener agua durante la cocción, siendo la mejora más pronunciada cuando el pescado se incluía en forma de pasta y no se sometía previamente a ningún tipo de tratamiento térmico. A pesar de que tuvo un efecto perjudicial sobre la mayoría de las métricas el primer día, el análisis de textura consiguió retrasar los efectos del envejecimiento del pan y mejorar el pan de control los días siguientes. En cuanto al examen sensorial de los panes, la inclusión de pescado tuvo un impacto perjudicial en los parámetros analizados, especialmente en términos de sabor y aroma. En consecuencia, los consumidores rechazaron en mayor medida los panes que contenían salmón en su formulación.

Martínez (2017), desarrolló la investigación “Evaluación de las características físicas y nutricionales de un pan con incorporación de harina de frijol variedad *Icta chortí smn*”, Según los resultados, los productos elaborados con harina de alubias germinada tenían un mayor contenido en proteínas, pero también menores niveles de fibra bruta, extracto libre de nitrógeno y hierro que los elaborados con harina de alubias cocida. Según los resultados, los productos elaborados con harina de alubias germinada contenían una mayor cantidad de proteínas y, al mismo tiempo, un menor contenido de fibra bruta, extracto libre de nitrógeno y hierro. Sin embargo, al tener en cuenta la humedad de la harina como covariable, no se observaron diferencias significativas en la concentración de ácido fítico entre los cuatro tratamientos, a pesar de que la relación molar fue menor en el tratamiento

con judías germinadas. En cuanto a la evaluación sensorial, la incorporación de judías disminuyó drásticamente la aceptabilidad del pan, siendo el tratamiento de judías germinadas 65:20 el menos afectado por el cambio.

### **2.1.2 Nacionales**

Pacheco (2016), desarrolló la investigación "Elaboración de panes sin gluten utilizando harina de quinua (*chenopodium quinoa willd*) y almidón de papa (*Solanum tuberosum*)". Se elaboró panes libres de gluten a partir de harina de quinua, con una formulación de pan libre de gluten que tiene una composición de 33,04% de harina de quinua, 20% de almidón de papa y 46,96% de agua. Concluyendo que el pan obtenido presentó un contenido de humedad de 40,78%, 7,71% de proteína, 5,65% de grasa, 1,04% de fibra bruta, 2,07% de cenizas y 43,33% de carbohidratos.

Guillermo y Concepción (2016) realizaron el estudio "Influencia de la sustitución de harina de trigo por harina de yuca en la elaboración de pan", en el cual utilizaron yuca en tres niveles de sustitución (12%, 15% y 18%) con respecto a la harina total en la elaboración de pan francés para determinar su influencia en el producto obtenido. El examen sensorial de los atributos color, sabor, textura y aceptabilidad les llevó a la conclusión de que el pan de tipo francés fabricado con harina de trigo y sustitución parcial por harina de mandioca era el que mejor funcionaba a niveles de sustitución del 12%. Las características químicas y físicas del pan fueron las siguientes: contenido de humedad de 22,40%; contenido de grasa de 1,03%; contenido de cenizas de 2,10%; contenido de carbohidratos de 62,15%; contenido de fibra de 1,40%. Dado que el Tratamiento T1 (que contenía un 12% de harina de mandioca) presentó el mayor número de características organolépticas y fisicoquímicas positivas, así como el mayor número de diferencias



estadísticamente significativas, la preparación del pan francés con una sustitución del 12% de harina de mandioca fue la más satisfactoria.

Palacín (2018), desarrolló la investigación “Elaboración de pan con harina de arroz y gel extraído del nostoc para el consumo de población celiaca”. Se determinó que el tratamiento con una proporción gel:harina de 1:3, una temperatura de cocción de 160°C y un periodo de fermentación de 30 minutos era el más popular entre los consumidores.

### **2.1.3 Regional**

Cisneros (2018), desarrolló la investigación “Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de pituca (*colocasia esculenta*) en la calidad del pan francés. Los panes se fabricaron utilizando una sustitución, y las harinas que se utilizaron como sustitución se describieron antes de ser combinadas con harina de pituca en proporciones de 10% y 20%, respectivamente, para elaborar los panes. Era apropiado para su uso en alimentación humana y ofrecía un color adecuado a los productos acabados gracias a su adecuada composición fisicoquímica, que incluía humedad del 9,38%, cenizas del 3,30%, grasa del 1,05%, proteínas del 8,15%, carbohidratos del 78,12% y fibra del 0,90%. La composición fisicoquímica de la harina de pituca morada incluye niveles de humedad del 9,85%, cenizas del 3,85%, grasa del 0,9%, proteínas del 8,24%, carbohidratos del 77,16% y fibra del 1,05%. Aunque esta harina es segura para el consumo humano, el producto final tiene un color oscuro debido a ello. Se determinó que el fideo que contenía una sustitución parcial del 20% de harina de pituca precocida era más preferido por los panelistas y era superior al fideo que se vende comercialmente.

## 2.2 Trigo

### 2.2.1 Definición

El trigo es un grano maduro que conserva toda su integridad nutricional y está seco. Se clasifica como miembro del género *Triticum* y puede encontrarse en una de las tres especies: *vulgare*, *compactum* o *durum*. Esta interpretación procede de Scade (1999). Según Belderok et al. (2000), esta planta es un cereal que se cultiva en estado silvestre, también pertenece al género *Triticum* y es una planta muy cultivada en todo el mundo. Según Forero (2000), es uno de los tres cereales que se producen a nivel mundial en mayor volumen, junto con el maíz y el arroz, y ha sido uno de los alimentos más ingeridos por los seres humanos en la civilización occidental desde la antigüedad. Es un ingrediente clave en la producción de harina, harina integral, sémola, cerveza y muchos otros alimentos y bebidas.

### 2.2.2 Composición fisicoquímica del grano de trigo

Según Kamal (2009), las características del grano de trigo pueden cambiar en función del año de cosecha, las condiciones de crecimiento y la localidad.

La siguiente tabla ofrece un análisis de los componentes químicos que integran el grano de trigo desde la perspectiva de su valor nutritivo:

**Tabla1**

*El contenido de agua de los granos de trigo expresado en porcentaje.*

| <b>Composición</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|--------------------|-----------------------|
| Agua               | 14                    |
| Proteína           | 12                    |
| Grasa              | 3                     |
| Carbohidratos      | 55                    |
| Fibra              | 2,5                   |
| Ceniza             | 2                     |

*Nota.* Fuente: Palmer (1989).

### 2.2.3 Harina de trigo

Según Quaglia (2011), la harina de trigo tiene la capacidad de conferir al pan cualidades texturales y físicas distintivas. Esto se debe al hecho de que la harina de trigo, cuando se mezcla con agua en las condiciones adecuadas, es capaz de producir estructuras elásticas. Por ello, la masa es capaz de retener el gas, lo que da lugar a un producto de baja densidad, sólido y con una estructura celular uniforme y lisa, si nos atenemos a la información presentada en NMX-F-406 (2008). El pan elaborado con harina de trigo requiere que ocurran tres cosas antes de poder fabricarse: la formación de gluten, el esponjamiento de la mezcla por la incorporación de gas y la coagulación del material cuando se cuece en un horno. Estas tres cosas son necesarias para la fabricación del pan.

**Tabla 2**

*La composición química de cien gramos de harina de trigo*

| <b>Componente</b> | <b>Unidades</b> | <b>Cantidad</b> |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Energía           | Kcal            | 259,00          |
| Agua              | G               | 10,80           |
| Proteína          | G               | 10,50           |
| Grasa             | G               | 2,00            |
| Carbohidratos     | G               | 74,80           |
| Fibra             | G               | 1,50            |
| Ceniza            | G               | 0,40            |
| Calcio            | Mg              | 36,00           |
| Fosforo           | Mg              | 108,00          |
| Hierro            | Mg              | 5,50            |
| Tiamina           | Mg              | 0,50            |
| Riboflavina       | Mg              | 0,40            |
| Niacina           | Mg              | 4,80            |

*Nota. Fuente: Collazos et al (2009).*

Según Reque (2011), la harina de trigo está formada por componentes necesarios para el desarrollo de la masa (proteína y gluten). Esto se debe a que cuando la harina y el agua se mezclan en determinadas proporciones, producen una masa consistente y tenaz, con ligazón entre ellas. Esta masa ofrece cierta resistencia en nuestras manos, lo que nos permite darle la forma deseada. También resiste la presión de los gases producidos por la fermentación, necesaria para obtener el levantamiento de la masa y un desarrollo adecuado del volumen. Ambos efectos son necesarios para obtener el resultado deseado.

Según Calaveras (2004), el gluten está formado por dos proteínas insolubles en agua: la gliadina y la glutenina. La gliadina es responsable de la tenacidad de la masa, mientras que la glutenina es responsable de su extensibilidad y elasticidad. Cuando se amasa la harina, las proteínas que contiene se combinan para producir gluten, que es el responsable de dar a la masa su estructura. Estas proteínas también son responsables de las cualidades reológicas de la masa.

## **2.3 Cushuro**

### **2.3.1 Definición**

Gonzáles (2006) define un alga perteneciente al género *Nostoc sphaericum* como aquella que posee células vegetativas de forma esférica, cilíndrica o discoidal, dispuestas en filamentos simples y flexibles. Las células vegetativas tienen el aspecto de masas globulares macroscópicas de material gelatinoso que van del verde azulado al amarillo violáceo y pueden alcanzar un tamaño de hasta cinco centímetros de diámetro. En la región altoandina de Perú, la gente la llama de distintas maneras, como “cushuro”, “murmunta”, “llullucha”, “crespito”, etc.

### **2.3.2 Hábitat**

El cushuro, también conocido como *Nostoc sphaericum*, es un tipo de alga nativa de Perú. Puede encontrarse en diversos hábitats acuáticos, como lagos,

manantiales y otras masas de agua. Estudios biológicos y químicos han revelado que es una excelente fuente de hierro y proteínas (Alvarado y Rodríguez, 2017). Según González (2006), el Cushuro (*Nostoc sphaericum*) es cosmopolita, vive en diversos ambientes acuáticos, rocas húmedas y suelos húmedos. Se encuentra en lugares altos por encima de los 3000 metros sobre el nivel del mar, donde hay lagunas de aguas cristalinas puras, ricas en nitrógeno, lo que favorece el crecimiento de las algas. Crece especialmente durante la estación lluviosa, formando colonias gelatinosas esféricas.

Según Rubio (2017), el cushuro se caracteriza por tener talos de tonalidades que van del verde azulado al parduzco y de aspecto membranoso y folioso. La formación de colonias esféricas es un rasgo definitorio de su patrón de desarrollo. Según Aldave (2015), el cushuro contiene un treinta por ciento de proteínas, el doble que la quinoa y la kiwicha, que solo contienen un quince por ciento cada una. Asimismo, debido a que esta alga contiene todos los aminoácidos esenciales, consumirla es comparable a comer carne en cuanto a la cantidad de proteínas que aporta.

### **2.3.3 Reproducción**

González (2006) explica que este proceso está orquestado por hormosporas conocidas como akinetos y/o heteroquistes.

Según Parra (2017), las cianobacterias son capaces de reproducirse asexualmente, lo que puede ocurrir por fisión binaria (en la que se dividen por la mitad), fragmentación de colonias o endosporas.

### **2.3.4 Taxonomía**

Según Aldave (2015), nos muestra la siguiente taxonomía:

- ✓ **División** : Cyanophyita.
- ✓ **Clase** : Nostocphyceae.
- ✓ **Orden** : Hormogonales.

- ✓ **Sub orden** : Heterocytineae.
- ✓ **Familia** : Nostocaceae.
- ✓ **Género** : Nostoc Sphaericum.
- ✓ **Nombres comunes:** Cushuro, Llayta, Llullucha y Murmunta.

### 2.3.5 Variedades

Según Aldave (2015), define cinco variedades de cushuro.

- ✓ *Nostoc sphaericum.*
- ✓ *Nostoc commune.*
- ✓ *Nostoc pruniforme.*
- ✓ *Nostoc parmelioides.*
- ✓ *Nostoc verrucosum.*

### 2.3.6 Composición

El alga Cushuro contiene carbohidratos, proteínas, lípidos, hierro, fósforo y calcio se encuentra en su composición con más del 90% de agua; es de fácil consumo en las zonas alto andinas del país. Debemos apreciar y dar mayor importancia a un recurso como lo es el *Nostoc sphaericum* (Cushuro). (Lock & Pérez, 2015)

Según González (2006), la especie Cushuro revela que entre el 30 y el 35% de las proteínas, además de lípidos, fosfato y calcio, está constituido por masa fresca. Esto se suma al hecho de que la masa fresca también contiene calcio. Este producto tiene el potencial de ser un componente alimenticio sobresaliente debido a las características nutritivas que se describieron, y tiene un bajo costo de adquisición.

Según Aldave (2015), el cushuro seco tiene más proteínas asimilables que la carne, además de diversas vitaminas y minerales. Entre ellos, destacan los siguientes nutrientes: proteínas (35%), hidratos de carbono (45%), lípidos (7%), vitaminas A y B12, y minerales como el calcio y el magnesio, entre otros.

La composición bromatológica del Cushuro se presenta en la tabla siguiente..

**Tabla 3**

*Análisis químico bromatológico (seco)*

| <b>Composición química nutricional</b> | <b>Unidades</b> |
|--|-----------------|
| Proteína                               | 30-35           |
| Carbohidratos                          | 50              |
| Lípidos                                | 17              |
| Polisacáridos:                         |                 |
| Ácido galacturónico y                  |                 |
| Ácido glucónico                        | 30              |
| Ramosa                                 | 25              |
| Galactosa y glucosa                    | 35              |

*Nota. Fuente: Gonzáles (2006).*

Según González (2006), la especie Cushuro revela que entre el 30 y el 35% de las proteínas, además de lípidos, fosfato y calcio, está constituido por masa fresca. Esto se suma al hecho de que la masa fresca también contiene calcio. Este producto tiene el potencial de ser un componente alimenticio sobresaliente debido a las características nutritivas que se describieron, y tiene un bajo costo de adquisición.

Según Aldave (2015), el cushuro seco tiene más proteínas asimilables que la carne, además de diversas vitaminas y minerales. Entre ellos, destacan los siguientes nutrientes: proteínas (35%), hidratos de carbono (45%), lípidos (7%), vitaminas A y B12, y minerales como el calcio y el magnesio, entre otros.

### **2.3.7 Toxicidad.**

La capacidad de producir toxinas no es una característica exclusiva de determinados tipos de cianobacterias y, a pesar de que actualmente se están investigando los factores ambientales que favorecen el crecimiento de las cianobacterias, aún no se conoce del todo la función fisiológica y bioquímica de

las toxinas producidas por las cianobacterias. Según Moncayo (2014), se sabe que ciertas especies de cianobacterias contienen microcistinas y neurotoxinas; sin embargo, existen cepas de cianobacterias inocuas que aún no han sido descubiertas.

### **2.3.8 El valor biológico**

Según Suárez et al (2006), el valor biológico de una proteína depende principalmente de la proporción de aminoácidos esenciales que contenga. Una vez conocido, es posible predecir su comportamiento en el organismo; todo lo que se requiere para ello es un patrón de comparación aceptable. Una vez conocido, es posible predecir su comportamiento en el organismo.

Según Ishihara et al. (2017), la capacidad de resistir a la luz UV se debe a la presencia de un aminoácido glucosilado conocido como 13-O -galactosil-galactosil-porfirina-334. Se descubrió que este aminoácido glicosilado es el responsable de la capacidad de resistir la radiación UV (-Gal-P334). Este compuesto representa el 86,5% del total en el Cushuro, y le sigue la proteína hexosil-shinorina, que contiene.

Según estudios citados en Salas (2014), la digestibilidad del cushuro puede alcanzar hasta el 49,53%, mientras que su valor biológico de proteína puede llegar hasta el 77,79%. Las proteínas, los lípidos y los hidratos de carbono representan en conjunto aproximadamente el 90% del peso seco. Algunas especies proporcionan fuentes de los aminoácidos esenciales arginina, aspartato y glutamato para la dieta animal.

Los aminoácidos que se pueden encontrar en el cushuro contienen el 44% de los aminoácidos necesarios para el ser humano.



**Tabla 4**

*La cantidad de aminoácidos esenciales que contiene el cushuro, así como la cantidad de aminoácidos necesarios que se consumen.*

| <b>Aminoácidos<br/>esenciales</b>          | <b>Contenido<br/>(mg/g prot.)</b> | <b>Recomendaciones<br/>(mg/g prot.)</b> |
|--|-----------------------------------|---|
| Histidina                                  | 1,3                               | 15                                      |
| Isoleucina                                 | 19,2                              | 30                                      |
| Leucina                                    | 26,4                              | 59                                      |
| Lisina                                     | 26,5                              | 45                                      |
| Metionina + Cisteína                       | 27,4                              | 22                                      |
| Fenilalanina + tirosina                    | 11,4                              | 38                                      |
| Treonina                                   | 0,07                              | 23                                      |
| Triptófano                                 | ND                                | 6                                       |
| Valina                                     | 35,1                              | 39                                      |
| <b>Total de aminoácidos<br/>esenciales</b> | <b>147</b>                        | <b>27</b>                               |

*Nota.* Galetovic et al. (2017), calculado en base a un contenido de 30% de proteínas de cushuro deshidrato.

Galetovic (2017) en su estudio encuentra que por cada 100 g de producto hay aminoácidos tales como la valina, arginina, serina.

Según Jurado et al. (2014), ciertas especies proporcionan un aporte de los aminoácidos arginina, aspartamo y glutamato. Los aminoácidos que se pueden encontrar en el cushuro constituyen el 44% de los aminoácidos esenciales.

Los hidrocoloides, a menudo conocidos como gomas, son polímeros hidrófilos de origen vegetal que pueden encontrarse en el cushuro. Entre las propiedades que aportan a los productos alimenticios están la viscosidad (incluyendo la gelificación

y espesamiento) y la retención de agua, además de la emulsión, estabilización. (Pottí, 2007).

Cuando se disemina en agua, el polisacárido cushuro se hincha y, para gelificarse, sólo requiere un poco de agitación. Sin embargo, Moreno (2013) señala en su investigación sobre el efecto de las gomas y los hidrocoloides en emulsión que los hidrocoloides de algas desarrollan estructuras helicoidales al reaccionar entre sí para formar una red tridimensional. Esto se descubrió mientras Moreno investigaba el efecto de las gomas y los hidrocoloides en emulsión. La agitación térmica se produce siempre que las temperaturas son superiores al punto de fusión del gel, y esto interrumpe la creación del gel impidiendo que se solidifique.

La extracción de hidrocoloides de *Nostoc commune* y *Nostoc sphaericum* se caracterizó por espectroscopia infrarroja, presentando zonas características en los grupos carboxilo y glucosa.

El uso del hidrocoloide obtenido de *Nostoc* en la industria alimentaria estará en función de las propiedades físicas y químicas. (Li, 2017)

El hidrocoloide hidrolizado es gomoso al tacto, tiene una estructura porosa y esponjosa, y representa el 0,81% del alga en estado fresco. Tiene un tinte blanco con características verde claro que indican la existencia de pigmentos que no se han podido eliminar.

Otras características destacables de estos polímeros, según Mota et al. (2013), son la presencia de desoxihexosas (22%), que aumentan la hidrofobicidad del polímero, y de dos ácidos urónicos, glucurónico y galacturónico, que confieren una alta afinidad por moléculas con carga positiva (como los cationes metálicos).

**Tabla 5***Gomas e hidrocoloides de uso industrial*

| <b>Categoría</b>           | <b>Nombre Común</b>   | <b>Origen</b>  |
|----------------------------|---|--|
| Exudados<br>Gomosos        | Goma Arábica  | Acacia Senegal   |
|                            | Goma Tragacanta   | Astragalus sp.   |
|                            | Goma Karaya   | Sterculia urens  |
|                            | Goma ghatti   | Anogeinssus latifolia  |
| Semillas                   | Algarrobo   | Caeratonía silliquia   |
|                            | Guar  | Cyamomopsis tetragonolobus   |
|                            | Almidones   | Agrocultivos   |
| Algas                      | Agar  | Gelidium o Gracalaria sp   |
|                            | Alginatos   | Laminaria sp.  |
|                            | Carraginosos Furcelaran                                     | Chondrus crispas   |
| Plantas terrestres         | Pectinas  | Furcelaria fastigiata  |
|                            | Gelatina  | Pyrus malus L.   |
| Animal                     |   | Bos Taurus   |
| Fermentación<br>microbiana | Xantán  | Xanthomonas campestris   |
|                            | Gelán   |  |
| Modificados                | Derivados de celulosa<br>almidones, pectinas y<br>alginatos | Por modificación química,<br>genética o enzimática de un<br>hidrocoloide natural |

FUENTE: (Beltrán, 2013).

Dado que la mayoría de los procedimientos de calentamiento implican un rango de temperaturas y que las diferentes fuentes de hidrocoloides tienen diferentes respuestas a la temperatura, la viscosidad a la temperatura del hidrocoloide es importante en la industria alimentaria. Según (Moreno, 2013), algunos polisacáridos hidrosolubles se vuelven menos viscosos al aumentar la temperatura.

Existe potencial para la extracción de hidrocoloides a partir de *Nostoc sphaericum*. La cantidad de hidrocoloide que pudo extraerse de las algas una vez liofilizadas fue del 0,81%, y el porcentaje de humedad de las algas fue del 4,56%.

### **2.3.9 Propiedades benéficas del cushuro**

Se han identificado algunas propiedades curativas, como la capacidad de la sustancia para evitar la creación de colesterol y tumores malignos debido a la presencia de nostocarbolina en ella (Ponce, 2014).

Según Rubio (2018), el calcio que contiene el cushuro (*nostoc sphaerium*) interactúa con el fósforo para crear y fortalecer el sistema óseo, lo que a su vez ayuda a prevenir la osteoporosis. Además, el cushuro (*nostoc sphaerium*) ayuda a mantener la salud del sistema nervioso debido a los altos niveles de vitaminas B1, B2, B5 y B8 que contiene. Las proteínas que contiene también fortalecen los músculos y contribuyen al buen funcionamiento del corazón y las neuronas. Se interrumpe el flujo menstrual, se reducen las molestias oculares y testiculares, se evita la gota y no aumenta el peso corporal. Además, alivia los síntomas de la anemia y corrige el estreñimiento. También ayuda a mejorar la coagulación de la sangre.

### **2.3.10 El cushuro en la alimentación**

Los investigadores Villavicencio et al. (2009) evaluaron la efectividad del *nostoc sphaericum* en niños de uno a tres años de edad del distrito de Amarilis 2007 en la provincia y departamento de Huánuco. Descubrieron que el consumo de alimentos complementarios a base de *nostoc* mejora el estado nutricional de los niños.

Según Rubio (2018), cuando se prueban, no tienen sabor perceptible; como resultado, cuando se combinan con cualquier producto alimenticio, toman el sabor

de ese producto y, por lo tanto, se pueden utilizar en cualquier producto como ingrediente.

#### **2.4.11 El cushuro en la Industria Alimentaria**

Según Mendoza (2015), que presenta diez formas diferentes de monosacáridos, es una rica fuente de hidratos de carbono, y se utiliza en la formulación de caramelos, enjuagues bucales y otros productos.

Dado que esta alga crece de forma natural, su alto rendimiento como gelificante permite además considerarla como una sustancia de alto valor nutricional para la industria alimentaria y perfecciona su disposición (Jurado, 2014). Además, el crecimiento natural de esta alga la hace apta para su uso en diversas aplicaciones.

### **2.4 El pan francés**

Según Tejero (2008), Madrid & Callejo (2005), la «Reglamentación Técnico Sanitaria para la Fabricación, Circulación y Comercio del Pan y Panes Especiales» A continuación se ofrece una definición de cada tipo de pan y del pan en general:

#### **2.4.1 Elaboración del pan francés**

##### **2.4.1.1 Materia prima**

a. **Harina de trigo.** - Según la NMX-F-406, la harina de trigo tiene la capacidad de proporcionar características físicas y de textura distintivas al pan. Esto se debe al hecho de que la harina de trigo crea estructuras elásticas cuando se mezcla con agua en las condiciones adecuadas (1982).

El pan elaborado con harina de trigo requiere que ocurran tres cosas antes de poder fabricarse: la formación de gluten, el esponjamiento de la mezcla por la incorporación de gas y la coagulación del material cuando se cuece en un horno. Estas tres cosas son necesarias para la fabricación del pan. Según la Norma Técnica 205.027 del Gobierno Peruano (NTP).

La composición química en 100 g de harina de trigo se indica en la tabla 6.

**Tabla 6**

*Composición química en 100 g de harina de trigo.*

| <b>COMPONENTE</b> | <b>UNIDADES</b> | <b>CANTIDAD</b> |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Energía           | Kcal            | 259,00          |
| Agua              | G               | 10,80           |
| Proteína          | G               | 10,50           |
| Grasa             | G               | 2,00            |
| Carbohidratos     | G               | 74,80           |
| Fibra             | G               | 1,50            |
| Ceniza            | G               | 0,40            |
| Calcio            | Mg              | 36,00           |
| Fósforo           | Mg              | 108,00          |
| Hierro            | Mg              | 5,50            |
| Tiamina           | Mg              | 0,50            |
| Riboflavina       | Mg              | 0,40            |
| Niacina           | Mg              | 4,80            |

*Nota. Fuente: Collazos et al (1993).*

#### **2.4.1.2 Insumos.**

**a. El agua.** – Según Calvel (1994), el agua que utilizamos debe ser potable y estar en buenas condiciones higiénicas. La cantidad de agua que debe añadirse a la harina depende de diversos factores, entre ellos el tipo de consistencia que debe conseguirse, y aunque es un tercio de la cantidad total de harina que debe utilizarse, también hay que añadir agua. El agua controla:

- La temperatura de la masa.
- En la fermentación.
- Hace factible las propiedades de plasticidad y extensibilidad de la masa.
- El sabor y la frescura.

- Hidrata los almidones.
  - El sabor del pan (Calvel, 1994).
- b. Azúcar rubia.** - Según Tejero (2003), hay 373 calorías en cien gramos de azúcar moreno. Las funciones del azúcar son:
- Sirve de alimento a la levadura.
  - Mejora el sabor del pan.
  - Mejora el color del pan.
  - Ayuda a la conservación y aumenta el valor nutritivo
  - Aumenta el rango de conservación.
  - Acentúa las características organolépticas
  - Evita la pérdida de agua (Tejero, 2003).
- c. Sal yodada.** - Es un mineral, y su función es garantizar que las personas no sufran una cantidad insuficiente de yodo. Funciones de la sal en panadería:
- Mejora el sabor.
  - Resalta el sabor de otros ingredientes.
  - Controla la actividad de la levadura.
  - Fortalece el gluten de las harinas débiles.
  - Tiene una acción bactericida sobre microbios indeseables
  - Favorece a la coloración superficial del pan
  - Obtención de masa más compacta (Calvel, 1994), (Tejero, 2003).
- d. La levadura.** – Tejero (2003), son organismos, unicelulares y microscópicos. Tienen un amplio alcance y se utilizan en entornos comerciales. El azúcar es la principal fuente de nutrición de la levadura, concretamente la sacarosa, la maltosa y la glucosa.

Para sobrevivir y prosperar, necesita temperaturas adecuadas, como cualquier otro ser vivo. Las temperaturas extremadamente bajas inhiben su actividad,

mientras que las temperaturas extremadamente altas aceleran el proceso de fermentación y aceleran la producción de sustancias químicas que confieren al pan un olor y un sabor desagradables (Tejero, 2003).

- Los azúcares contenidos en la harina sufren una transformación que da lugar a la producción de gas carbónico, alcohol y una serie de compuestos aromáticos. La fermentación es el proceso que permite aumentar el volumen de la masa, acondicionarla y aumentar su valor nutritivo (Humanes, 1994). Este proceso es el que se denomina “el que permite el aumento de volumen de la masa” (Tejero 1995).

**e. La manteca.** - La elasticidad y la sensación en boca del pan aumentan cuando se incorpora mantequilla a la masa durante la cocción. La incorporación de mantequilla da lugar a la formación de una fina capa entre las partículas de almidón y la red de gluten. Debido a ello, la superficie hidrófila de las proteínas se convierte en una superficie más lipofílica, que une las distintas mallas de gluten y aumenta la capacidad de estiramiento (Humanes, 1994). La mantequilla cumple las siguientes funciones:

- Mejora el sabor y aroma.
- Mejora el volumen.
- Mejora la conservación.
- Mejora la apariencia.
- Proporciona una textura más fina y suave a la miga
- Retarda el endurecimiento del pan.
- Mantiene fresco el pan.

**f. Mejorador de masa.** - Humanes (1994), (1994), El mejorante mejora la calidad del producto, y su efecto puede apreciarse en cada fase de la producción,



incluyendo el amasado, la fermentación y el horneado. El resultado final es un producto acabado de mayor volumen, color y textura.

#### **2.4.1.3 Proceso de elaboración del pan francés**

El proceso de preparación consta de las etapas que se enumeran a continuación, según Quaglia (2006):

**a. Amasado.** - El amasado, el primer paso del proceso de horneado, puede hacerse a mano o con una máquina. Este paso garantiza que los ingredientes crudos se mezclen y se forme la masa (Calvel, 1983).

La calidad total del pan viene determinada no sólo por el contenido de harina de trigo, sino también por los parámetros de amasado: tiempo, velocidad de amasado y cantidad de agua utilizada. La cantidad de trabajo que se transfiere a la masa debe ser superior a una cantidad crítica mínima, y la intensidad del amasado debe ser superior a un nivel crítico mínimo, que varía en función del tipo de harina y de la amasadora que se utilice. Además, la cantidad de trabajo que se transfiere a la masa debe ser superior a un nivel crítico mínimo.

El proceso de mezclado y amasado provoca un aumento de la temperatura de la masa. Este aumento de la temperatura se debe principalmente a dos factores: el calor producido por la hidratación de la harina cuando empieza a absorber agua y el calor producido por la fricción de la masa cuando se trabaja durante el proceso de amasado (Inti, 2006).

**b. División y pesado.** - Su trabajo consiste en garantizar que cada pieza tenga la cantidad adecuada de peso. Las divisoras volumétricas continuas suelen utilizarse en panaderías grandes con producciones por hora de entre mil y cinco mil piezas.

**c. Boleado.** – Según Calaveras (1996), el objetivo del redondeo es producir una capa seca en las piezas individuales para conseguir un formado suave en el que no haya desgarros en la masa como resultado de presionar demasiado fuerte sobre los rodillos de la formadora. Esto se consigue produciendo una capa seca en las piezas individuales durante el proceso de redondeado. Esto se consigue produciendo una capa seca en las piezas individuales antes del redondeado.

Callejo (2002), (2002), “El proceso de redondeo busca conseguir una configuración aproximadamente esférica de las piezas, así como un exterior liso y seco de las pastas, que facilite su manipulación en los procesos posteriores.”

**d. Reposo.** - El objetivo de este paso es dar a la masa la oportunidad de descansar para que pueda recuperarse de la desgasificación que experimentó durante el proceso de dividir y dar forma a la masa. Este paso puede completarse cuando la temperatura esté a temperatura ambiente.

**e. Formado.** - Según Calvel (1983), el moldeado es el proceso por el cual un panadero da a un trozo de masa pesada la forma necesaria para el tipo de pan que va a preparar.

**f. Fermentación.** - Una fermentación alcohólica es el proceso en el que las levaduras convierten los carbohidratos fermentables en etanol, dióxido de carbono y algunos otros subproductos. Este proceso lo llevan a cabo las levaduras. La creación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante la fermentación tiene dos propósitos: en primer lugar, hacer que la masa sea más esponjosa cuando el CO<sub>2</sub> es absorbido por la masa; en segundo lugar, mejorar el sabor del pan haciendo que los componentes de la harina experimenten cambios químicos que aumentan el sabor del pan. Según Bernabé (2009), la creación de gas como subproducto de la fermentación se produce siempre que haya un sustrato disponible para que la levadura continúe su crecimiento.

En realidad, existen múltiples etapas: la prefermentación, que corresponde al proceso de elaboración de la masa madre; la fermentación de la masa, que dura desde el final del amasado hasta la división de la masa en piezas; la fermentación intermedia, que es el periodo de reposo que se da a la masa en las cámaras de las bolsas después del moldeado y antes del formado; y la fermentación final, que es el periodo de reposo que se da a las piezas individuales desde el momento del formado hasta la cocción del pan. En total, el proceso puede (Cherl-Ho, 2004), (Mills, 2004, Mills, 2004). (Cherl-Ho,2004), (Mills, 2004) (Mills, 2004).

La fermentación es una fase esencial en la elaboración del pan, ya que determina la calidad de diversos aspectos del producto acabado, entre ellos su volumen, que es una de esas características (Tejero, 2002).

#### **Enzimas que provienen de fermentación:**

- **Proteasas:** Son la fuente de péptidos y aminoácidos, ambos capaces de ser digeridos por las levaduras. Éstos pueden oxidarse a ácidos o reducirse a alcoholes para producir ésteres, que luego pueden utilizarse para obtener sustancias químicas que contribuyen al olor y sabor generales del producto acabado. A través de un proceso denominado reacción de Maillard, los aminoácidos también contribuyen al aroma y sabor del pan.
- **Oxidoreductasas** Intervienen en los sistemas de óxido-reducción de las proteínas del gluten y son responsables no sólo de la calidad del pan, sino también de la blancura de la miga.
- **Fitasas** Se activan a lo largo del proceso de fermentación y convierten el fósforo orgánico que se encuentra en el ácido fítico en una forma inorgánica de fósforo que puede ser absorbida por el organismo pero que no quelante de metales (Benedito, 1991).

**g. Horneado.** - El proceso real de horneado es la última fase en la creación de los productos de panadería, y también es el paso que se considera más crucial.

La masa de pan se convierte en un producto ligero, poroso, de fácil digestión y muy apetecible como resultado de la acción del calor durante el proceso de cocción (Mesas y Alegre, 2002).

A continuación, se indican los principales cambios que tienen lugar durante la cocción:

- Cuando la masa entra en el horno calentado, entra en contacto con la atmósfera caliente de la cámara de cocción, lo que provoca la formación de una película visible en la superficie del horno. Tras esto, se desarrolla elasticidad en el horno, lo que se traduce en un aumento del volumen de la masa de hasta un treinta por ciento.
- El horno produce un material elástico como resultado de una cadena de reacciones químicas, una de las cuales es consecuencia directa del calor aplicado a los gases de la cámara.
- A medida que avanza la cocción, el aumento de presión provocado por la expansión del gas en la masa disminuye gradualmente, el sistema de almidón vuelve a su estado original, las condiciones que provocaban la tensión interna se relajan y se produce una reducción de la presión (Calaveras, 2004).
- La elasticidad presente al principio del ciclo de horneado vuelve a su nivel normal, y la corteza adquiere gradualmente un color marrón dorado. Esto va acompañado de una variedad de fragancias y texturas agradables.
- Los trozos de masa sufren una serie de cambios físicos, químicos y biológicos durante el proceso de horneado. Estos cambios permiten obtener un producto comestible con atributos organolépticos y nutricionales superiores. Tanto

la temperatura del horno como el tiempo necesario para cocer el pan cambian en función del tamaño y la variedad de la hogaza.

**Tabla 7**

*Características fisicoquímicas del pan común.*

| ESPECIFICACIONES                    | TIPO DE COMÚN |      |
|-------------------------------------|---------------|------|
|                                     | Mín.          | Máx. |
| Humedad % (1) (en producto final)   | 23            | 35   |
| Proteína (N*6.26) % (2)             | 9             |      |
| Mejorantes de la fabricación % (2)  |               | BPF  |
| Grado de acidez (ml NaOH 0,1 N) (3) | 2.0           | 5.0  |
| Azúcares % (2)                      |               | 3.0  |
| Sal % (2)                           |               | 2.5  |
| Grasa % (2)                         | 0             | 3.5  |
| Tiempo de rotación (horas)          |               | 1.2  |

(1) porcentajes de masa/masa (con un tiempo máximo de 1 hora de salida del horno)

(2) Referida a materia seca

(3) Cantidad de ml NaOH para neutralizar un peso de 5g de miga en solución

*Nota. Fuente: R.M. N° 1020-2010/MINSA-Perú.*

- A las altas temperaturas a las que se somete el exterior de la masa, el almidón se descompone en dextrinas, mono- y disacáridos. Se produce un pardeamiento adicional que no necesita enzimas y que contribuye al sabor y el color de la corteza. (Calaveras, 2004).

#### **2.4.2 Características microbiológicas**

En la tabla 8 se indican las características microbiológicas que debe cumplir el pan en todas sus clases..

**Tabla 8***Características microbiológicas del pan.*

Productos que no requieren refrigeración, con o sin relleno y/o cobertura (pan, galletas, panes enriquecidos o fortificados, tostadas, bizcochos, panetón, queques, obleas, pre-pizzas, otros).

| Agente microbiano            | Categoría | Clase | N | c | Límite por g.   |                 |
|------------------------------|-----------|-------|---|---|-----------------|-----------------|
|                              |           |       |   |   | M               | M               |
| Mohos                        | 2         | 3     | 5 | 2 | 10 <sup>2</sup> | 10 <sup>3</sup> |
| Escherichia coli (*)         | 6         | 3     | 5 | 1 | 3               | 20              |
| Staphylococcus aureus (*)    | 8         | 3     | 5 | 1 | 10              | 10 <sup>2</sup> |
| Clostridium perfringens (**) | 8         | 3     | 5 | 1 | 10              | 10 <sup>2</sup> |
| Salmonella sp. (*)           | 10        | 2     | 5 | 0 | Ausencia/25g    | ....            |
| Bacillus cereus (***)        | 8         | 3     | 5 | 1 | 10 <sup>2</sup> | 10 <sup>4</sup> |

(\*) Para productos con relleno

(\*\*) Adicionalmente para productos con rellenos de carne y/o vegetales

(\*\*\*) Para aquellos elaborados con harina de arroz y/o maíz

Productos que requieren refrigeración con o sin relleno Y/o cobertura (pasteles, tortas, tartas, empanadas, pizzas, otros).

| Agente microbiano           | Categoría | Clase | n | c | Límite por g    |                 |
|-----------------------------|-----------|-------|---|---|-----------------|-----------------|
|                             |           |       |   |   | M               | M               |
| Mohos                       | 3         | 3     | 5 | 1 | 10 <sup>2</sup> | 10 <sup>3</sup> |
| Escherichia coli            | 6         | 3     | 5 | 1 | 10              | 20              |
| Staphylococcus aureus       | 8         | 3     | 5 | 1 | 10              | 10 <sup>2</sup> |
| Clostridium perfringens (*) | 8         | 3     | 5 | 1 | 10              | 10 <sup>2</sup> |
| Salmonella sp.              | 10        | 2     | 5 | 0 | Ausencia/25g    | ....            |
| Bacillus cereus (**)        | 8         | 3     | 5 | 1 | 10 <sup>2</sup> | 10 <sup>4</sup> |

(\*) Para aquellos productos con carne, embutidos y otros derivados cárnicos, y/o vegetales

(\*\*) Para aquellos elaborados con harina de arroz y/o maíz.

*Nota. Fuente: R.M. N° 1020-2010/MINSA-Perú*

### **2.4.3 Caracterización visual del pan.**

Para dicha caracterización se toman criterios tanto como de inclusión y de exclusión:

#### **a. Criterios de inclusión**

- Textura: Suave o sedosa
- Sabor: Semisalado.
- Aroma: Trigo tostado.
- Color: Blanco crema o crema-blanco, amarillo.

#### **b. Criterios de exclusión**

- Textura: Duro no crocante y áspera.
- Sabor: Sin sal y Salado.
- Aroma: Trigo lacteado.
- Color: ceniza o gris.

**Fuente:** Bustos y Marapara (2016).

### **2.5 Evaluación sensorial**

Dado que la evaluación o el análisis sensorial no pueden realizarse con aparatos de medición, el análisis sensorial es una disciplina científica que se utiliza para evocar reacciones a las cualidades de los alimentos percibidas por los sentidos de la vista, el olfato, el gusto y el tacto. A continuación, estas reacciones pueden medirse, analizarse e interpretarse. Las respuestas de los sentidos pueden evocarse, medirse, analizarse e interpretarse con ayuda del campo científico conocido como análisis sensorial. Su instrumento son las personas que han recibido una formación amplia y completa (Ordoez, 2009). Se analizan con más detalle las siguientes características:

**a. Sabor.** - Según Chavara (2016), las papilas gustativas de la lengua son capaces de distinguir entre cinco sabores distintos: dulce, salado, amargo, ácido y umami. Aunque todas las papilas son capaces de percibir sabores, distintas partes de la lengua reconocen mejor unos sabores que otros.

El sabor del pan es mucho más que sus componentes volátiles. El sabor del pan puede verse afectado por una serie de factores, como los microorganismos empleados en la fermentación, la cantidad de ceniza en el trigo y la temperatura a la que tiene lugar la fermentación. (Paredes, 2016)

**b. Color.** - La cualidad de la sensación inducida en la retina de un observador por las ondas luminosas se denomina color. Es consecuencia de la interacción de la luz con la retina, por un lado, y de un componente físico, por otro, que depende de las propiedades de la luz (Bota & De Castro, 2002).

Según Chavarra (2016), varios componentes que están presentes en los alimentos, ya sea de forma natural o como resultado de su procesamiento, son responsables de impartir esta cualidad, que se considera una de las más difíciles de describir y caracterizar. En general, se acepta que los productos vegetales incluyen una mayor cantidad de estos compuestos. Estos compuestos también pueden producirse como subproducto secundario de actividades enzimáticas, como la reacción de Maillard o la caramelización de azúcares, pero son más frecuentes en los productos vegetales.

**c. Olor.** - El olor del pan es otro componente que determina si los consumidores aceptarán o no un producto. Aunque se ha aislado un enorme número de sustancias químicas volátiles relacionadas con el olor del pan, solo un puñado de estas moléculas tiene una influencia significativa en el olor general del pan (Paredes, 2016).

**d. Textura.** - Es uno de los rasgos más distintivos de platos importantes desde el punto de vista de las preferencias de los consumidores. Para evaluar



esta propiedad se utilizan investigaciones reológicas, que se centran en el análisis de características como la viscosidad, el espesor, la dureza o la rigidez. Debido a que el almacenamiento puede provocar que algunos alimentos alteren tanto su aspecto como su textura, las evaluaciones reológicas se utilizan para predecir la capacidad de un alimento para mantener su vida útil (Chavarra, 2016).

La textura es un aspecto crucial a la hora de definir la calidad sensorial de los panes leudados, y tiene un impacto significativo en las decisiones que toman los consumidores con respecto a sus compras de pan. La cantidad de agua que se añade a la masa y la posibilidad de utilizar harinas especiales en el proceso de fabricación tienen una correlación entre sí; no obstante, la cantidad y la calidad de la proteína son los factores más esenciales para determinar la textura de la miga de pan (Paredes, 2016).

### **2.5.2 Pruebas discriminativas**

son aquellas en las que no es necesario conocer la sensación subjetiva que un alimento provoca en una persona, sino determinar si existe o no diferencia entre dos o más muestras y, en algunas situaciones, la cuantía o significación de esa diferencia. son aquellas en las que no es necesario conocer la sensación subjetiva que un alimento provoca en una persona, sino determinar si existe o no diferencia entre dos (Anzaldúa 2005).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de ejecución**

Se realizó en los laboratorios de tecnología de alimentos, análisis de alimentos, centro experimental de jugos y conservas, panificadora de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

#### **3.2 Materia prima**

Se utilizó harina de trigo fuerte y cushuro se adquirió de la comunidad campesina de Alcamenca – Víctor Fajardo - Ayacucho, obteniéndose la harina de cushuro.

#### **3.3 Insumos, materiales, equipos y reactivos**

##### **3.3.1 Insumos**

- ✓ Azúcar rubia (marca paramonga)
- ✓ Manteca vegetal (marca famosa)
- ✓ Sal yodada (marca)

- ✓ Levadura fresca (marca Fleischmann)
- ✓ Mejorador de pan (marca Honora)
- ✓ Agua

### **3.3.2 Materiales**

- ✓ Crisol de porcelana
- ✓ Balón de Kjeldahl
- ✓ Probetas de 250 ml
- ✓ Erlenmeyer de 250 ml
- ✓ Pipeta con embolo
- ✓ Desecador
- ✓ Matraz de Kitasato
- ✓ Luna de reloj
- ✓ Vaso de precipitado
- ✓ Placas Petri
- ✓ Papel de aluminio
- ✓ Balón de digestión
- ✓ Colador
- ✓ Tinas de plástico
- ✓ Cuchara metálica
- ✓ Cuchillo

### **3.3.3 Equipos**

- ✓ Equipo para extraer grasa (marca ELECTROMANTLE)
- ✓ Equipo Kjeldahl (Extractor de proteína marca LABCONCO)
- ✓ Balanza analítica (marca OHAUS, con capacidad de 200 g)
- ✓ Mufla (marca MEMMERT, con temperatura máxima de 700 °C)

- ✓ Estufa (marca BIONET, con temperatura máxima de 200 °C)
- ✓ Amasadora – sobadora marca Nacional, modelo k 25, capacidad 25 kg.
- ✓ Horno marca ANLIN AN 660/D, cap. un coche de 18 bandejas
- ✓ Balanza tipo reloj.
- ✓ Divisora cap. corte 30 unidades

### 3.3.4 Reactivos

- ✓ Hidróxido de sodio 0,1 N (NaOH)
- ✓ Fenolftaleína (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>) al 1%
- ✓ Ácido sulfúrico 98% (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- ✓ Ácido clorhídrico (HCL)
- ✓ Hidróxido de sodio 80% (NaOH)
- ✓ Catalizadores (SO<sub>4</sub>Cu y SO<sub>4</sub>K<sub>2</sub>)  
Catalizador de proteína (SO<sub>4</sub>Cu y SO<sub>4</sub>K<sub>2</sub>)
- ✓ N – Hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) –

## 3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 3.4.1 Obtención de la harina de cushuro

Para obtener la harina de cushuro, se utilizó el diagrama de flujo que se representa en la Figura 01.

- a. Recepción del cushuro.** - Se recibió en estado fresco, con las características adecuadas de forma ovoide y lisas. Se utilizó 10 Kg de cushuro de la variedad *Nostoc sphaericum*.
- b. Selección.** - Las algas se seleccionaron por su tamaño (0,005 m de diámetro), homogeneidad y buen estado general en mallas de 0,005 m de diámetro.

- c. Lavado.** - Para eliminar los contaminantes (como la suciedad y la paja, entre otros), en el proceso de lavado se utilizó un recipiente de plástico de 10 litros lleno de agua potable con 15 ppm de cloro. Esto se hizo a mano.
- d. Secado.** - Se dejó secar a la temperatura de 60°C durante 6 horas en un secador.
- e. Molienda.** - Se utilizó una máquina para triturarlo, lo que redujo el tamaño de las partículas.
- f. Tamizado.** – Se realizó en un tamiz de harina por un tamiz de 0,125 mm para conseguir que la harina se separe en pequeñas partículas.
- g. Envasado.** - La muestra fue envasada en bolsas de papel Kraft.
- h. Producto final.** - Era posible adquirir harina de cushuro, que tenía un aspecto casi negro como la brea.

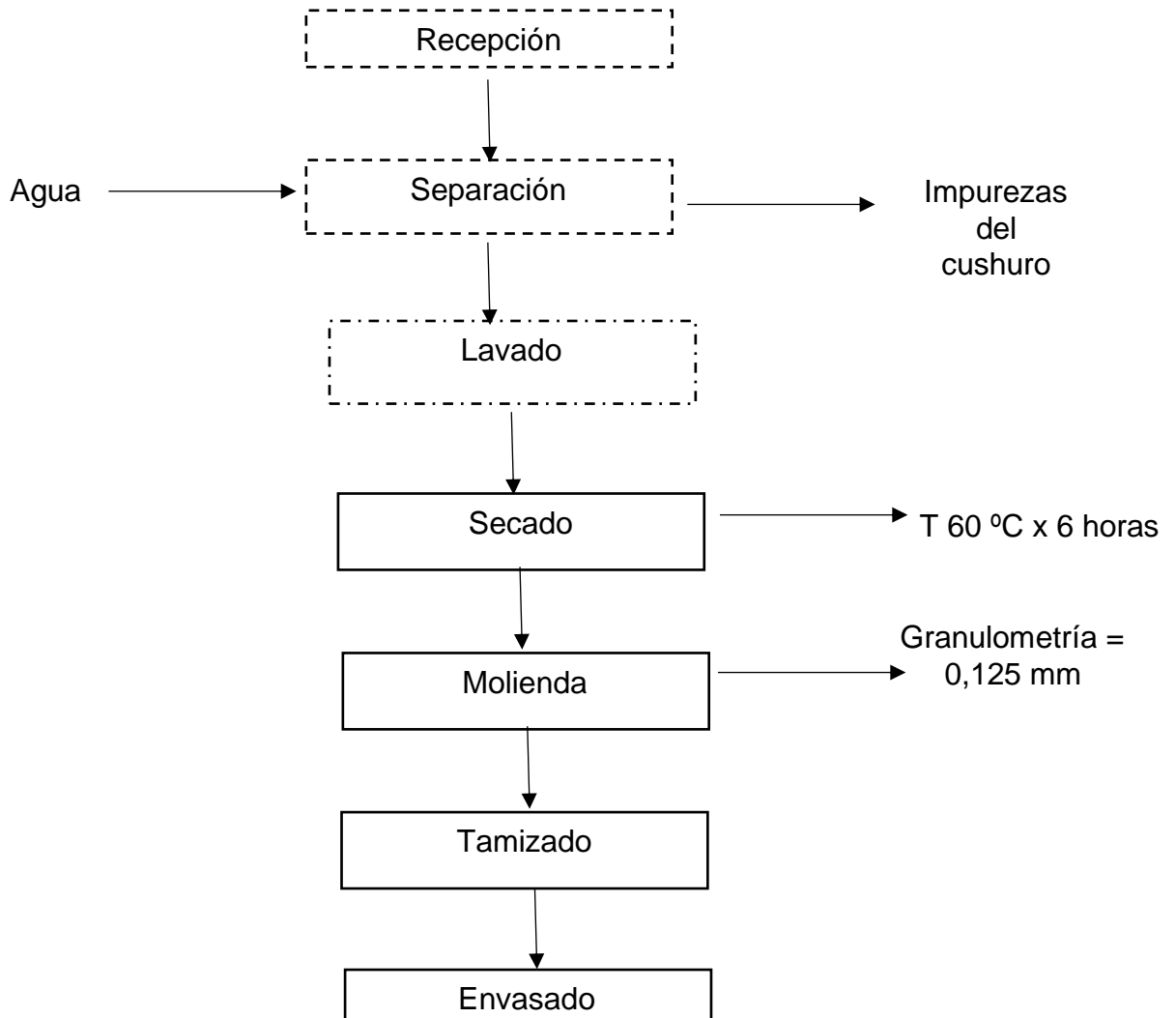
#### **3.4.2 Caracterización proximal de la harina de cushuro**

A continuación se presentan los procedimientos que se llevaron a cabo de acuerdo con las recomendaciones de la AOAC (AOAC, 2005) para caracterizar la harina de cushuro:

- a. Humedad.** - Método 950.46 (AOAC, 2005).
- b. Ceniza.** - Método 942.05 (AOAC, 2005).
- c. Proteína.** - Método 984.13 (AOAC, 2005).
- d. Grasa.** - Método 2003.05 (AOAC, 2005).
- e. Fibra.** - Método 962.09 (AOAC, 2005).
- f. Carbohidratos.** - Se determinó por diferencia respecto a los otros componentes.

**Figura 1**

*Diagrama de flujo del proceso de obtención de harina de cushuro*



### **3.4.3 Elaboración del pan francés**

Para adquirir el pan francés, se tuvo en cuenta el diagrama de flujo que se representa en la figura 02.

- a. Recepción.** - Para garantizar la fiabilidad tanto de la seguridad del producto como de su calidad, la obtención de las materias primas se llevó a cabo sin alterarlas ni introducir contaminantes en la cadena de suministro. Se

elaboraron combinando harina de trigo y harina de cushuro en cantidades que correspondían a las proporciones prescritas de sustitución de harina de trigo por harina de cushuro.

**b. Dosificación y pesado de ingredientes.** - Se utilizó una balanza para pesar todos los materiales sólidos, y un recipiente equipado con una báscula graduada para medir con precisión el contenido líquido.

**Mezclado – amasado.** - Mezclar la harina de cushuro y la harina de trigo en una batidora y, a continuación, añadir a la mezcla una cantidad considerable de agua, sal, azúcar y mejorantes de la masa. Después, se mezcló la levadura activa.

**Formulación:** En este punto del proceso de producción, se introdujeron en el pan los insumos que finalmente se incorporarán a su formulación.

**Tabla 9**

*Tratamientos considerados en la elaboración del pan francés.*

| <b>Insumos</b>        | <b>Patrón</b> | <b>T1</b><br><b>5%</b> | <b>T2</b><br><b>10%</b> | <b>T3</b><br><b>15%</b> | <b>T4</b><br><b>20%</b> |
|-----------------------|---------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Harina de trigo(g)    | 1000          | 950                    | 900                     | 850                     | 800                     |
| Harina de cushuro (g) | -             | 50                     | 100                     | 150                     | 200                     |
| Mejorador de masa (g) | 10            | 10                     | 10                      | 10                      | 10                      |
| Levadura fresca (g)   | 15            | 15                     | 15                      | 15                      | 15                      |
| Manteca (g)           | 30            | 30                     | 30                      | 30                      | 30                      |
| Sal (g)               | 15            | 15                     | 15                      | 15                      | 15                      |
| Azúcar (g)            | 25            | 25                     | 25                      | 25                      | 25                      |
| Agua (ml)             | 500           | 500                    | 500                     | 500                     | 500                     |

*Nota.*

T1: Tratamiento con sustitución parcial de 5% de harina de cushuro y 95 % de harina de trigo.

T2: Tratamiento con sustitución parcial de 10% de harina de cushuro y 90 % de harina de trigo.

T3: Tratamiento con sustitución parcial de 15% de harina de cushuro y 85 % de harina de trigo.

T4: Tratamiento con sustitución parcial de 20% de harina de cushuro y 80 % de harina de trigo.

El proceso de mezcla comenzó lentamente al principio, añadiendo ingredientes como agua, harina y otros ingredientes de uno en uno hasta obtener la consistencia adecuada.

El amasado tiene dos finalidades.

El amasado tiene la finalidad de conseguir la consistencia deseada con características de una masa elástica harina, agua, sal, levadura y mejoradores de masa.

**c. Primera fermentación.** - La creación de dióxido de carbono requiere una temperatura de treinta grados centígrados y contribuye a aumentar el volumen de la masa.

**d. Boleado.** - Este paso se creó mecánicamente, dividiendo la masa elástica de aproximadamente 1000 g en 30 partes para su desarrollo.

**e. Cortado.** - En este punto del proceso, la masa se segmentaba y, a continuación, se cortaba en unidades de peso similar. A continuación, la masa segmentada se separaba en bollos, a los que se daba la forma y las dimensiones típicas del pan francés.

**f. Segunda fermentación.** - El tiempo de fermentación del pan era el paso más importante del proceso, después de amasar la masa durante una media hora y colocarla en las bandejas del carro. El resultado final era un pan con las cualidades que se buscaban.

Como resultado, se dejaba fermentar durante un periodo de tiempo, lo que provocaba que las piezas subieran, el volumen aumentara y el aroma se hiciera más marcado. La cantidad de levadura utilizada en el proceso de fermentación, así como las condiciones ambientales de humedad y temperatura, influyen en la duración del proceso. La temperatura no debe superar los 30 grados Celsius, ya



que la temperatura ideal para el crecimiento de la levadura es de 27 grados Celsius. Era importante dejar fermentar la masa durante una hora y media completa para seguir el modelo que se producía.

Mediante la acción de las diastasas, los azúcares de la masa se convierten en alcohol y gas carbónico, proporcionando así al producto final el volumen y las cualidades organolépticas necesarias. El objetivo de esta etapa es maximizar los efectos de la levadura convirtiendo los azúcares de la masa en estas sustancias.

**g. Horneado.** - A continuación, las masas se introdujeron en un horno ANLIN modelo MAX 1000 a una temperatura de 150 grados centígrados. Tanto el tiempo de cocción como la temperatura a la que se realiza son variables que vienen determinadas por el nivel de habilidad del panadero profesional.

Hornear el pan le da más brillo y color, además de aumentar su volumen. Diez minutos fue el tiempo total de horneado.

La fuerza del gas de dióxido de carbono que se crea como resultado del calor que lo expande hace que se produzca un crecimiento de la masa. Además, se produce la liberación y gelatinización del almidón que se solidifica, así como la caramelización de los azúcares, que da el color a la corteza. En esta fase del proceso es donde la masa se transforma en pan por la acción del calor.

**h. Enfriado.** - Tras sacar el vehículo del horno y dejarlo enfriar durante diez minutos, se colocó en un lugar impoluto y fresco a temperatura ambiente para su conservación.

La figura 2 es una representación de un diagrama de flujo cualitativo directo del proceso de producción del pan francés.

### **3.5 Métodos de análisis del pan**

#### **3.5.1 Análisis de volumen del pan**

El volumen se midió utilizando un cilindro vacío, y después de verter en él las semillas y medir la altura resultante, se vació el cilindro vertiendo las semillas en otro recipiente, momento en el que finalizó la medición del volumen. A continuación, se utilizó el cilindro para medir el volumen. Después, se colocó la unidad de pan dentro del cilindro, se volvieron a aplicar todas las semillas y se determinó la distancia de desplazamiento de las semillas haciendo uso de las marcas. De acuerdo con (Aquipucho, 2019).

Según Velásquez Maricruz (2017), el volumen del producto se evaluó mediante el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste), el cual se realizó una hora después del horneado.

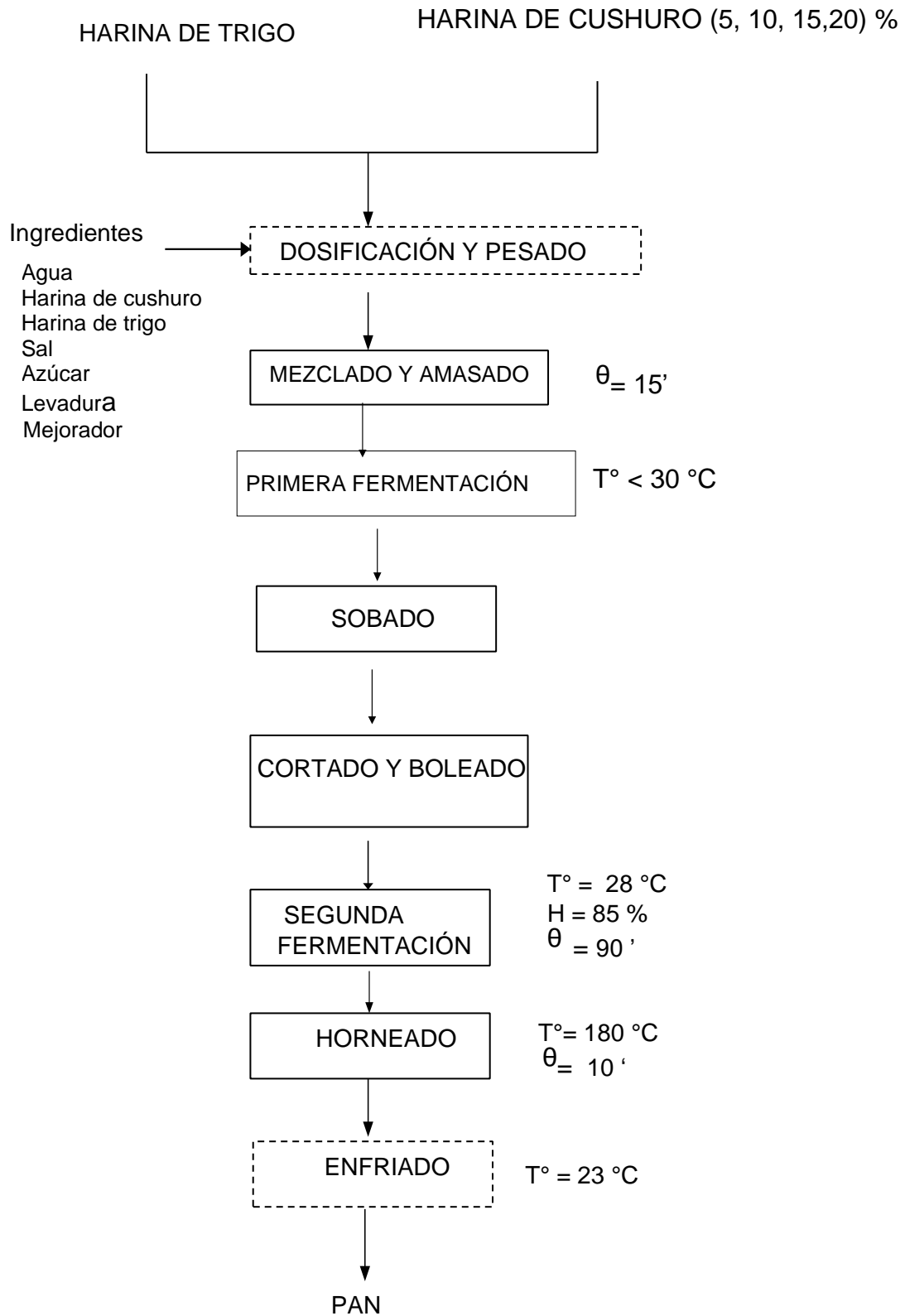
El proceso consistió en llenar por completo un molde rectangular con quinua dejándola caer desde una altura constante con la ayuda de un embudo. Para asegurarse de que la quinua se distribuía uniformemente, se eliminaba el exceso con una regla, dejando una superficie plana a ras del molde. Tras vaciar el molde transfiriendo la quinua a otro recipiente, se colocó un trozo de pan entero en el molde y se volvió a añadir la quinua, empezando desde la misma altura, hasta llenarlo por completo. A continuación, el excedente se colocó en una probeta para poder determinar su volumen (Montufar, 2015).

#### **3.5.1 Análisis proximal del pan**

Se llevaron a cabo los procedimientos descritos en la sección anterior (3.4.2).

**Figura2**

*Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pan francés de cushuro*



### 3.5.2 Diseño estadístico

Para obtener el pan utilizando cushuro como sustituto y realizar el análisis de sus propiedades fisicoquímicas, se utilizó como diseño estadístico un diseño completamente aleatorizado (DCA). Este diseño se implementó con la ayuda del software "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS), versión 23. Los resultados de este diseño estadístico se evaluaron estadísticamente mediante un análisis de varianza, y luego se sometieron a una prueba de comparación de Duncan:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Respuesta observada en el  $i$ -ésimo tratamiento,  $j$ -ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media general (factor constante). Es un parámetro.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento en la u.e. Es un parámetro único.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición (u.e.) sujeto al  $i$ -ésimo tratamiento. Error experimental (factor aleatorio) y es el efecto no controlado.

Para la evaluación de las características fisicoquímicas en el pan se evaluaron cuatro tratamientos (5, 10, 15, 20, %) con tres repeticiones.

### 3.5.3 Análisis sensorial

Los tratamientos objeto de esta investigación se sometieron a una evaluación sensorial en forma de prueba de preferencia. En esta prueba se utilizó la escala hedónica de 5 puntos, y 15 panelistas semientrenados participaron en la evaluación. Se pidió a los panelistas que calificaran los tratamientos en función de su color, olor, sabor, textura y aspectos generales.

El diseño de bloques completamente aleatorizados fue el método de análisis estadístico que se aplicó a los resultados de la evaluación sensorial (DBC), con

un nivel de significación del 5%. A continuación, los resultados se sometieron a la prueba de comparación de Duncan para poder determinar cuál de los tratamientos tiene un mayor nivel de aceptabilidad entre los panelistas. El modelo aritmético se formula del siguiente modo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + E_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Es la respuesta en el i-ésimo panelista, para el j-ésimo tratamiento

$\mu$  = Promedio global para todas las observaciones

$\beta_i$  = Efecto del i-ésimo panelista

$T_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Error aleatorio

#### **3.5.4 Análisis fisicoquímico del pan**

Al realizar el examen fisicoquímico de la barra de pan, fue necesario tener en cuenta las recomendaciones presentadas en la sección 3.4.2.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE CUSHURO**

Utilizamos el cushuro que era de color marrón y pesaba 10 kilos. Tenía el aspecto de las uvas y era translúcido, gelatinoso y esférico. Su diámetro oscilaba entre 10 y 25 milímetros. Procedía de la región de Víctor Fajardo.

Previo selección, clasificación y limpieza, el cushuro obtenido fue sometido al secado a temperatura ambiente por 24 horas, obteniendo un rendimiento de 5% de cushuro seco, para luego ser molida y transformada en harina la que presentó una coloración verde oscuro.

Con respecto a la humedad del cushuro se observó que presentó 96,94 % de humedad, estos resultados están dentro del reporte de análisis proximal del cushuro (masa fresca) en las diferentes regiones del Perú (Chili & Terrazas, 2010). Según Chili y Terrazas (2010), el contenido de humedad inicial de las muestras de cushuro (*Nostoc sphaericum*) fue del 98,61% durante el secado se observó la contracción del volumen total de las esferas con el cambio en la estructura del tejido debido a la pérdida de humedad. Esto fue así porque la pérdida de humedad

hizo que cambiara la estructura del tejido. Esto se observó junto con el cambio en la composición química de las muestras.

Este proceso tuvo lugar durante el secado del alga *Gracilaria chilensis* porque el producto de la superficie del alga empezó a solidificarse. Dado que la mayor parte de la *Gracilaria chilensis* se compone de fibra y carbohidratos, este procedimiento era necesario (Casp y April, 1999).

Según (Algamar, 2012), para adquirir un kilogramo de alga seca se requieren cuatro kilos de alga fresca; esto permite requerir menos espacio para su traslado, no perder ninguna propiedad del alga y recuperar su peso original al rehidratarla nuevamente.

El secado solar, el secado de tejidos y la liofilización son los tres métodos de secado de algas que más se han investigado y utilizado en la práctica (Chan, et. al. 1997).

Lo más fácil para secar las algas es tenderlas sobre una lona en el suelo. Sin embargo, el sol sólo secará las algas que estén expuestas a él, por lo que el resto permanecerá húmedo.

#### **4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA HARINA DE CUSHURO**

En la Tabla 10 se presentan los componentes químicos aproximados del cushuro.

**Tabla 10**

*Composición química proximal de la harina de cushuro.*

| <b>Componentes</b> | <b>Valor teórico (%) *</b> | <b>Valor experimental (%)</b> |
|--------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Contenido de agua  | 10                         | 9,0                           |
| Proteína           | 29,0                       | 28,5                          |
| Grasa              | 0,50                       | 0,20                          |
| Ceniza             | 8,5                        | 8,3                           |
| Carbohidratos      | 46,9                       | 46,8                          |

Fuente: Aldave, 2006 \*.

Según González (2006), la especie cushuro se compone de masa fresca, que es más del 95% agua. La masa fresca también contiene lípidos, fosfato y calcio, así como un 30-35% del contenido proteico total de la especie. Este producto tiene el potencial de ser un componente bueno y rentable de las comidas debido a las propiedades nutritivas que se comentaron.

Del mismo modo, el cojín seco tiene una mayor proporción de proteínas digeribles que la carne, además de una serie de vitaminas y minerales. Estos incluyen, entre otros, los siguientes: proteínas (35%), hidratos de carbono (45%), lípidos (7%), vitaminas A y B12, así como los minerales calcio y magnesio, etc. (Aldave, 2006).

El contenido de agua del cushuro fresco es más del 95 % este valor es descrito por Aldave (2006). El material seco es de 9 % según (Aldave, 2006).

El contenido de proteínas en el cushuro seco evaluado fue de 28, 5 %, el cual difiere del 0,5%, debido a los distintos sitios de crecimiento del cushuro (Ocaña, 2016).

Se encontró que el contenido de lípidos del cushuro seco es de 0,20%, valor que difiere del reportado por Aldave (2006), quien reporta un valor de 0,5%, y también del valor reportado por Ocaa (2016), quien reporta valores de 7% para cushuro fresco. Estas diferencias pueden ser el resultado de factores climáticos, minerales y pisos ecológicos. La fibra acuosa es la sustancia que se utiliza en la construcción del cushuro.

El contenido en cenizas era del 8,3%, significativamente superior al 0,2% mencionado por Aldave (2006). Los estudios sobre la dieta humana han demostrado que los déficits de calcio en nuestra dieta están causados por un bajo consumo de bienes que contienen calcio, por lo que el calcio que se encuentra en el cushuro es particularmente significativo desde el punto de vista nutricional (Hazard, 2010).



El contenido de carbohidratos es de 46,8%, mientras que Aldave (2006), reporta 46,9%. Los carbohidratos en forma de azúcares se encuentran en el cushuro.

### 4.3 ANÁLISIS DE VOLUMEN DEL PAN

La adición de harina de cushuro influye en la variación, y la tabla adjunta ilustra los resultados del pan francés elaborado con distintas concentraciones de harina de cushuro. El volumen es un parámetro importante en el pan, y la adición de harina de cushuro influye en la variación. Los datos para el análisis se muestran en el anexo 02.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para el volumen del pan.*

| <b>Origen</b>    | <b>suma de cuadrados</b> | <b>Gl</b> | <b>Media cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------|-------------|
| Volumen          | 1136594,797              | 1         | 1136594,797             | 4222,311 | 0,000       |
| Tratamiento      | 231244,368               | 4         | 57811,092               | 214,761  | 0,000       |
| Error            | 5383,756                 | 25        | 269,188                 |          |             |
| Total, corregido | 236628,125               | 24        |                         |          |             |

Los resultados permiten concluir, con un grado de confianza del 5%, que existen variaciones significativas entre los volúmenes de cada uno de los tratamientos; para comparar las medias de los volúmenes se utilizó la prueba de Duncan.

Por lo que se que se muestran en la tabla 12, los resultados de la prueba de Duncan, dando los siguientes resultados en la prueba estadística realizada mostramos lo siguiente:

**Tabla 12**

*Prueba de comparación de Duncan para el volumen (cm<sup>3</sup>).*

| Tratamientos | N | Subconjunto |         |         |         |         |
|--------------|---|-------------|---------|---------|---------|---------|
|              |   | 1           | 2       | 3       | 4       | 5       |
| 4            | 5 | 88,894      |         |         |         |         |
| 3            | 5 |             | 126,668 |         |         |         |
| 2            | 5 |             |         | 220,602 |         |         |
| 1            | 5 |             |         |         | 279,348 |         |
| 0            | 5 |             |         |         |         | 350,600 |
| Sig.         |   | 1,000       | 1,000   | 1,000   | 1,000   | 1,000   |

Los resultados presentados en la tabla anterior confirman que existen diferencias significativas entre los tratamientos

Las formulaciones T1 y T2 con un 5% y un 10% de sustitución, respectivamente, produjeron los mayores valores de volumen. Estas formulaciones también produjeron los mayores valores de volumen. La adición de la harina de cushuro (*Nostoc Sphaericum*), si influye significativamente en la disminución del volumen del pan. A mayor concentración de harina de cushuro, menor será el volumen del producto final. Esto se debe a la acción de los hidrocoloides que se encuentran en el cushuro, el hidrocoloide tratara de absorber la mayor cantidad de agua para rehidratarse y formar un gel. Según Moreno (2013), que el polisacárido del cushuro al dispersarse en agua se hincha y requiere una ligera agitación para su gelificación.

El gel del cushuro no permite que la masa del pan retenga CO<sub>2</sub> e interfieren las propiedades del gluten, por lo que no hay incremento del volumen al momento de la fermentación. Según (Quaglia, 1991), para lograr volúmenes esperados, se requiere el proceso de fermentación, que genera diminutas burbujas de CO<sub>2</sub>, en la masa, incrementa su volumen y la hace ligera y porosa al pan. La harina de

Cushuro al no tener buena cantidad de gluten no posee la calidad de ser panificable, por ello el pan resultó afectado en el volumen.

#### 4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PAN

##### 4.4.1 Evaluación del color del pan francés

Los resultados del análisis de la varianza para el color del pan se presentan en la tabla 13, y los datos asociados pueden consultarse en el Anexo 06..

**Tabla 13**

*Análisis de varianza del color en el pan.*

| <b>Origen</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>GI</b> | <b>Media cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|---------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------|-------------|
| Tratamientos  | 36,875                   | 3         | 12,292                  | 24,721   | 0,000       |
| Error         | 17,900                   | 36        | 0,497                   |          |             |
| Total         | 397,000                  | 40        |                         |          |             |
| Total         | 54,775                   | 39        |                         |          |             |

Podemos concluir, basándonos en el resultado anterior, que existen diferencias significativas entre los tratamientos al nivel de significación del 5%; se realizó la prueba de Duncan para la comparación de medias.

**Tabla 14**

*Prueba de comparación de Duncan para el color.*

| <b>Tratamientos</b> | <b>N</b> | <b>Subconjunto</b> |          |          |
|---------------------|----------|--------------------|----------|----------|
|                     |          | <b>1</b>           | <b>2</b> | <b>3</b> |
| 4                   | 15       | 1,9000             |          |          |
| 3                   | 15       | 2,1000             |          |          |
| 2                   | 15       |                    | 3,5000   |          |
| 1                   | 15       |                    |          | 4,2000   |
| Sig.                |          | 0,530              | 1,000    | 1,000    |

Tejero (2002) sostiene que la actividad de la beta-amilasa es la responsable del color de la corteza.

Los resultados que se presentan en la tabla anterior demuestran la existencia de diferencias sustanciales, siendo el tratamiento 1 con un 5% de sustitución el que obtiene la mayor puntuación en comparación con los demás tratamientos. Tanto el tipo de cushuro utilizado como las condiciones de secado (la temperatura óptima es de 27 grados centígrados) son factores que determinan el color del pan. Las ondas luminosas con longitudes de onda comprendidas entre 380 y 760 nanómetros producen una sensación en la retina del observador que se denomina color. La luz incide en la retina, donde interactúa con un componente físico cuya presencia viene determinada por las características de la luz. El resultado final de esta interacción es el color, que vemos como un espectro de colores. Anzaldúa (1994) afirma que el color de un plato es indicativo de lo bien cocinado que está. La presentación de un alimento se considera una propiedad visual; no es sólo una característica de su aspecto, sino que también puede influir en su calidad. Anzaldúa sostiene que el color es el factor más importante para determinar la calidad de los alimentos.

El hecho de que el proceso de horneado provoque cambios de color es indicativo de un proceso complejo que suele denominarse pardeamiento o reacción de Maillard. Esto plantea la posibilidad de que el proceso de horneado sea la raíz del problema (Toaquiza, 2012).

El color y particularmente la uniformidad del color, tiene un efecto importante en la aceptabilidad del consumidor (Vásquez, 1982).

#### **4.4.2 Evaluación del olor del pan francés**

La tabla siguiente muestra el resultado del análisis de varianza para el olor en el pan, los datos para su respectivo análisis se muestran en el anexo 05.

**Tabla 15***Análisis de varianza del olor del pan.*

| <b>Origen</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>de GI</b> | <b>Media cuadrática</b> | <b>F<sub>c</sub></b> | <b>Sig.</b> |
|---------------|--------------------------|--------------|-------------------------|----------------------|-------------|
| Tratamientos  | 3,800                    | 3            | 1,267                   | 3,123                | 0,038       |
| Error         | 14,600                   | 36           | 0,406                   |                      |             |
| Total         | 596,000                  | 40           |                         |                      |             |
| Total         | 18,400                   | 39           |                         |                      |             |

Se realizó la prueba de Duncan para la comparación de medias. Sobre la base del resultado anterior, es posible afirmar que existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significación del 5%.

**Tabla 16***Prueba de comparación de Duncan para el olor*

| <b>Tratamientos</b> | <b>N</b> | <b>Subconjunto</b> |          |
|---------------------|----------|--------------------|----------|
|                     |          | <b>1</b>           | <b>2</b> |
| 4                   | 15       | 3,5000             |          |
| 3                   | 15       | 3,6000             |          |
| 2                   | 15       | 3,8000             | 3,8000   |
| 1                   | 15       |                    | 4,3000   |
| Sig.                |          | 0,328              | 0,088    |

Los resultados presentados en la tabla anterior demuestran la existencia de diferencias sustanciales, siendo el tratamiento 1 con un 5% de sustitución el que obtiene la mayor puntuación en comparación con los demás tratamientos. En cuanto al aroma del pan, se puede afirmar que la utilización de harina de cushuro es un factor determinante para que el producto final tenga un olor aceptable. Además, la incorporación de harina de cushuro es un factor determinante del

grado de aceptabilidad del producto; cuanto mayor sea el grado de aceptabilidad, menor será la concentración de harina de cushuro. Espinosa (2007), “el olor de los alimentos se origina por las sustancias volátiles que cuando se desprenden de ellos pasan por las ventanas de la nariz y son percibidos por los receptores olfatorios”.

Gonzales *et al.* (2006) “en la obtención de panes con mezclas harina de trigo y chachafruto (0, 10, 20 y 30%), el olor no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, el pan con 10% de sustitución presentó mayor aceptación, el aroma y olor del pan se vio afectado por la materia prima y aditivos, por el método con que se elaboran, por la fermentación, etc.”.

A este respecto, Kihlberg *et al.* (2004) señalan que el color de la miga de los panes elaborados con harina de trigo puede variar de un blanco cremoso a un tono marrón claro en función de la tasa de extracción de la harina; las harinas integrales generan migas más oscuras que la harina integral blanca.

#### 4.4.3 Evaluación del sabor del pan francés

La tabla 17 muestra el resultado del análisis de varianza del sabor en el pan, los datos para el análisis se muestran en el anexo 04.

**Tabla 17**

*Análisis de varianza del sabor en el pan.*

| <b>Origen</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>de GI</b> | <b>Media cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|---------------|--------------------------|--------------|-------------------------|----------|-------------|
| Tratamientos  | 39,700                   | 3            | 13,233                  | 26,176   | 0,000       |
| Error         | 18,200                   | 36           | 0,506                   |          |             |
| Total         | 430,000                  | 40           |                         |          |             |
| Total         | 57,900                   | 39           |                         |          |             |

Podemos concluir, basándonos en los resultados del experimento anterior, que existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significación del 5%.

**Tabla 18**

*Prueba de comparación de Duncan para el sabor.*

| Tratamientos | N  |        |        |        |
|--------------|----|--------|--------|--------|
|              |    | 1      | 2      | 3      |
| 4            | 15 | 1,6000 |        |        |
| 3            | 15 |        | 2,7000 |        |
| 2            | 15 |        |        | 3,7000 |
| 1            | 15 |        |        | 4,2000 |
| Sig.         |    | 1,000  | 1,000  | 0,125  |

Se decidió que el tratamiento T1, que tiene una sustitución del 5% de harina de cushuro, tenía el mejor sabor del pan francés. Se llegó a esta conclusión basándose en las valoraciones individuales de los jueces sobre los demás tratamientos. Para llegar a esta conclusión se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Los resultados de esta prueba demuestran que el tratamiento T1 (sustitución al 5%) obtuvo mejores resultados estadísticos que los demás tratamientos.

Como el producto en cuestión es un alimento dulce, la aceptabilidad de su sabor determina la intención de compra de los evaluadores y, en un plano más general, proyecta el éxito que este producto pueda tener. Por ello, el sabor que puedan presentar las muestras expuestas a los panelistas es sin duda el atributo más importante que se puede encontrar dentro de la evaluación sensorial.

Pacheco y Testa (2016) en su investigación, hallaron “valores más altos en sabor en panes elaborados con 7% harina de plátano verde y no presentaron diferencia

significativa con el testigo. Por otra parte, la harina de camote presenta olor relativamente fuerte y no se percibe en el producto hasta en 10% de sustitución, al llegar al 20%, el sabor es muy fuerte, y el panelista lo percibe”.

Según la investigación de Torres y sus colegas (2007), “si sustituimos la harina de trigo por almidón de yuca, el almidón de yuca insípido no afecta al producto final. Sin embargo, este sabor insípido rebaja el sabor de la harina de trigo y, como consecuencia, el consumidor rechaza el producto final”. No hay diferencias perceptibles de sabor entre los productos que contienen hasta un 10% de batata y los que no contienen batata.

#### 4.4.4 Evaluación de la textura del pan francés

La tabla siguiente muestra el resultado del análisis de varianza para la textura en el pan. Los datos para su respectivo análisis se muestran en el anexo 07.

**Tabla 19**

*Análisis de varianza de la textura del pan.*

| <b>Origen</b> | <b>Suma de GI<br/>cuadrados</b> | <b>Media<br/>cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------|----------|-------------|
| Tratamientos  | 41,075                          | 3                           | 13,692   | 0,000       |
| Error         | 15,900                          | 36                          | 0,442    |             |
| Total         | 411,000                         | 40                          |          |             |
| Total         | 56,975                          | 39                          |          |             |

Podemos concluir, basándonos en los resultados del experimento anterior, que existen diferencias significativas entre los tratamientos a un nivel de significación del 5%.



**Tabla 20**

*Prueba de comparación de Duncan para textura.*

| Tratamientos | N  | Subconjunto |        |        |
|--------------|----|-------------|--------|--------|
|              |    | 1           | 2      | 3      |
| 4            | 15 | 1,5000      |        |        |
| 3            | 15 |             | 2,6000 |        |
| 2            | 15 |             |        | 3,7000 |
| 1            | 15 |             |        | 4,1000 |
| Sig.         |    | 1,000       | 1,000  | 0,187  |

Los resultados presentados en la tabla anterior demuestran la existencia de diferencias sustanciales, siendo el tratamiento 1 con un 5% de sustitución el que obtiene la mayor puntuación en comparación con los demás tratamientos. La textura es una característica de la sensación de dureza, suavidad, crujiente, etc., que está relacionada con el atributo y son las relacionadas con la humedad y la grasa presentes en la masa del alimento, y teniendo en cuenta que durante la masticación las transformaciones físicas que se producen son predominantes en los productos secos. La textura es una característica de sensación de dureza, suavidad, crujiente, etc., que está relacionada con el atributo y son las relacionadas con el atributo y son las relacionadas con la humedad y la grasa. En cuanto al pan, podemos afirmar que la utilización de cushuro es un factor determinante para que el producto final tenga una textura aceptable, así como para determinar el grado de aceptabilidad del producto; cuanto menor es la concentración de harina de cushuro, mayor es el grado de aceptabilidad del producto.

Según resultados la textura de los panes con sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro, perdieron ligeramente su dureza y suavidad, por deficiencias en los contenidos de prooteínas gliadinas- gluteninas en la harina de

cushuro causantes de formar gluten se ve afectada ya que esta harina no posee dicho complejo, la falta de ello desmejoró los atributos de textura del pan en dureza por lo que al sustituir con porcentajes elevados de harina de cushuro; el pan pierde suavidad, haciéndose inferior conforme aumenta el porcentaje de sustitución en la mezcla.

Tejero (2003), que coincide en afirmar que cuando hay deficiencias en los contenidos del complejo proteico en la harina, responsables de la formación del gluten, mejoran los atributos de textura del pan, explica en su investigación titulada evaluación de factores que influyen en la fuerza de la masa que la textura del pan se ve afectada al sustituir con altos porcentajes de otras harinas. El estudio de Tejero se titula evaluación de los factores que influyen en la fuerza de la masa.

#### 4.4.5 Evaluación de la apariencia general del pan francés

La tabla 21 muestra el resultado del análisis de varianza para la apariencia en general del pan, los datos para el análisis se muestran en el anexo 08.

**Tabla 21**

*Análisis de varianza de la apariencia en del pan.*

| <b>Origen</b> | <b>Suma de GI<br/>cuadrados</b> | <b>Media<br/>cuadrática</b> | <b>F</b> | <b>Sig.</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------|----------|-------------|
| Tratamientos  | 49,275                          | 3                           | 16,425   | 0,000       |
| Error         | 13,700                          | 36                          | 0,381    |             |
| Total         | 417,000                         | 40                          |          |             |
| Total         | 62,975                          | 39                          |          |             |

El resultado anterior permite concluir, utilizando un umbral de significación del 5%, que existen diferencias sustanciales entre el tratamiento 1 con un 5% de sustitución y los demás tratamientos. Estas diferencias pueden atribuirse al hecho

de que el tratamiento 1 era el grupo de control. Se ejecutó la prueba de Duncan para comparar las medias de los grupos.

**Tabla 22**

*Prueba de comparación de Duncan para la apariencia.*

| Tratamientos | N  | Subconjunto |        |        |        |
|--------------|----|-------------|--------|--------|--------|
|              |    | 1           | 2      | 3      | 4      |
| 4            | 15 | 1,4000      |        |        |        |
| 3            | 15 |             | 2,6000 |        |        |
| 2            | 15 |             |        | 3,5000 |        |
| 1            | 15 |             |        |        | 4,4000 |
| Sig.         |    | 1,000       | 1,000  | 1,000  | 1,000  |

Los resultados presentados en la tabla anterior demuestran la existencia de diferencias sustanciales, siendo el tratamiento 1 con un 5% de sustitución el que obtiene la mayor puntuación en comparación con los demás tratamientos. El aspecto general incorpora empíricamente los aspectos de sabor, olor, color y textura. También incluye el aspecto.

Según los resultados, el aspecto general del pan se alteró cuando se utilizó harina de cushuro. En comparación con el grupo de control, el pan elaborado con harina de cushuro tenía un tamaño reducido y una textura menos aireada. Esto se debía principalmente a la ausencia de gluten. Según Tejero (2003), el pan elaborado con harinas que tienen una fuerza excesiva tiene menos volumen que el pan elaborado con harinas que no tienen una fuerza excesiva. Muy probablemente, ésta sea una de las razones por las que los tamaños de los panes obtenidos con harinas que no tienen una fuerza excesiva son más pequeños.

#### **4.6 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL PAN FRANCÉS CON MAYOR ACEPTACIÓN**

El análisis fisicoquímico se realizó en dos variedades diferentes de pan francés, la que fue elegida como la mejor (T1) y el "control" (sin ningún tipo de sustitución) con 100% de harina de trigo. Esto permitió verificar la diferencia que existe entre estos panes y el pan francés comercial que se puede encontrar en las mesas peruanas, como se muestra en la Tabla 22.

Como se puede observar en la Tabla 22, el pan francés comercial que se puede encontrar en las mesas peruanas también fue tomado en cuenta para la distinción. Se presentan los resultados de un estudio fisicoquímico realizado en tres variedades de pan francés, entre ellas una con una formulación considerada tradicional (la receta ULTRAMIX de la cocina peruana y mundial). Otro pan francés elaborado con harina de cushuro (5% de sustitución "T1"), y un tercero que era el pan francés comercial según las tablas peruanas de composición de alimentos, ambos tomados con fines de comparación nutricional con los panes franceses anteriores; donde puede observarse que el pan francés elaborado con harina de cushuro obtiene mejores resultados que los demás en cuanto a la cantidad de proteínas, fibra y cenizas, mientras que el pan francés comercial, según la tabla peruana, contiene un menor porcentaje de hidratos de carbono, grasas y calorías, y un mayor porcentaje de humedad.

**Tabla 23***Análisis fisicoquímico del pan francés.*

| Composición           | Muestra                                       |  |                               |
|-----------------------|---|--|-------------------------------|
|                       | Pan francés tradicional<br>sin sustitución) * | Pan francés con<br>harina de cushuro<br>( 5% sustitución)* | Pan francés<br>comercial (**) |
| Humedad (%)           | 20,50   | 20,05  | 27,00                         |
| Proteína (% N x 6,25) | 8,60  | 15,6   | 8,40                          |
| Grasa (%)             | 3,73  | 3,70   | 0,2                           |
| Carbohidrato (%)      | 65,72   | 60,05  | 62,9                          |
| Fibra (%)             | 0,6   | 0,9  | 0,6                           |
| Ceniza (%)            | 1,45  | 1,85   | 1,5                           |

*Nota. (\*\*)* Fuente: Tabla peruana de composición de alimentos (2017).

Aunque no obtuvo un nivel proteico elevado (9%), Delgado (2011) sustituyó hasta un 20% de la harina de trigo por harina de cebada. Aunque esto no mejoró el contenido mineral, sí mejoró el nivel proteico. En una investigación diferente, realizada por Escobedo (2004), se utilizó harina de patata precocida en panificación con una sustitución del 16%, y los resultados obtuvieron un 8,5% de proteína.

## CONCLUSIONES

1.- Se determinó la composición de la harina de cushuro, obteniendo el contenido agua 9%, proteína 28,5%, grasa 0,20%, ceniza 8,3%, carbohidratos 46,8%.

2.- Se evaluó el porcentaje de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro dando como resultado, el valor máximo de la sustitución es 5% a diferencia con los demás tratamientos comparados con el patrón, se reflejan en el resultado de un nivel de significancia de 5% que se llevaron a cabo la prueba Duncan, debido a que los hidrocoloides del cushuro reducen la correcta fermentación del pan, formando gel y evitando que actúe adecuadamente el gluten.

3.- Se evaluaron el color, olor, sabor, textura y apariencia general de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cushuro por los panelistas seminternados dando como resultado la aceptabilidad en la sustitución del 5%, y la no aceptabilidad en las sustituciones del 10%, 15% y 20%. Datos que se reflejan en el resultado de un nivel de significancia de 5%, se llevaron a cabo la prueba de Duncan.

4.- Se determinaron las características fisicoquímicas del pan francés sustituido con harina de cushuro dando como resultado la mayor aceptación en la sustitución al 5% obteniendo la humedad 20,05%, proteína 9,44%, grasa 3,70%, carbohidrato 60,05%, fibra 0,9% y ceniza 1,85%.

## RECOMENDACIONES

- Apoyar más las investigaciones sobre el cushuro (*Nostoc sphaericum*), para desarrollo de nuevos alimentos base de este producto.
- Fomentar el uso de cushuro en distintos productos alimentarios por su alto valor nutritivo.
- Implementar y mejorar los equipos y materiales de laboratorio para el análisis de alimentos.
- Implementar un área especializada para la evaluación organoléptica de los panelistas semientrenados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldave, V. A. (2015). *Algas toda una vida Perú*. Trujillo, Perú
- Alvarado, S., & Rodríguez, B. (2017). Efecto del consumo de hierro contenido en la murmunta (*Nostoc Sphaericum*) en la recuperación de ratas con anemia inducida. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.
- Anzaldúa, M. (1994). En La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica: en lengua española. Zaragoza: Acriba S.A.
- Anzaldúa; Morales, A. (2005) *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Acribia. Zaragoza, España.
- Arendt, E; Ryan; K.L. y Dal Bello, F. (2007). *Impacto de la masa madre en la textura de pan. Microbiología alimentaria*.
- Arias Insuasti, T. f. (2015) *Evaluación del efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum spp) por harina de banano (Musa acuminata) grado de madurez 3 sobre las características de masa y pan*.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. 2da reimpresión. Alhambra. México.
- Bejarano, E. et.al. (2002) *Tabla de composición de alimentos industrializados*. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima. Perú.
- Belderok, B. (2000) *El grano de trigo. Planta Alimentos para la nutrición humana*.
- Beltrán O. 2013. Nuevos enfoques en el estudio de las gomas de Acacia tortuosa y Sterculia apetala. Tesis para optar al grado de Doctora en Química. Univesidad de Zulia. Venezuela
- Benedito, C. (1991) *Biotecnología de alimentos*. Política Científica.
- Bernabe, J. (2009). Influencia de los Componentes de la Harina en la Panificación; Parte 1: Almidón". Revista INDESPAN SL. Año7. N°357.



- Bustos y Marapara (2016). Parámetros de secado en bandeja de colocasia esculenta (pituca) para la elaboración de harina y su utilización en galletas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos – Perú.
- Calaveras, J. (2004). *Nuevo Tratado de panificación y bollería*. 2da Edición. Mundi Prensa Libros S. A. España.
- Callejo, M. J. (2002) *Industrias de Cereales y Derivados*. AMV-Mundi-Prensa. Madrid.
- Calvel, R. (1977) *Curso de Panificación*. U.N.L. Sta. Fe. Arg.
- Calvel, R. (1983) *La Panadería Moderna*. América Lee. Buenos Aires.
- Calvel, R. (1994) *El Sabor del Pan*. Montagud. Barcelona.
- Calvel, R. (1995) *Del pan a la "baquette"*. Molinería y Panadería.
- Carrera, P. (1995). Sustitución de harina de trigo por quinua *Chenopodium quinua* precocida en la elaboración de pan (tesis de pregrado) Universidad Nacional Agrari La Molina, Lima.
- Casp Vanaclocha, A & Abril Requena, J (1999) Proceso de conservación de alimentos
- Cauvain, S.P., Young, L.S. (2010) *Technology of Breadmaking*. Blackie Academic & Professional. London.
- Cerón, A. et al (2011). Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (*Solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. Rev. Biol.
- Chang, J, et al. (1997) estudios comparativos del método del efecto de tres métodos de secado sobre la composición nutricional del alga *Sargassum hemiphyllum*. Revista de agricultura y algas.
- Chavarría, M. (2016). Propiedades sensoriales de los alimentos.

- Cherlho, L. (2004) *Tecnología de fermentación creativa para el futuro*. Diario de Ciencia de los Alimentos.
- Chili, E & Terrazas, I (2010) evaluación de la cinética de secado y valor biológico de cushuro (*Nostoc spaericum*). Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano.
- Collazos, C. et al (1993) *Composición de los de los alimentos peruanos*. 7ma edición. Ministerio de salud/Instituto Nacional de Nutrición.
- Eliasson, A.CH., Larsson, K. (1993) *Cereals in Breadmaking: A Molecular Colloidal Approach*. Marcel Dekker. New York
- Forero, R. (2000) *Ecosistemas, agricultura ecológica u orgánica. Visión de una Colombia global tropical*. Agencia de Cooperación IICA. Colombia.
- Galetovic et al (2017). Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina nostoc sp.
- García Cisneros, Miguel Angel (2018) Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad del pan francés. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- Gibson, L., Benson, G. (2002) *Origen, history and uses of oat (Avena sativa) and wheat (Triticum aestivum L.)*. Departamento de Agronomía, Universidad Estatal de Iowa. EEUU.
- González, M. P. (2006) *Cushuro Alga–Alto andino peruano*. Artículo Científico. Lima, Perú.
- Guillermo Ester, concepción Wilmer (2016) Influencia de la sustitucion de harina de trigo por la harina de yuca en la elaboración de pan. Tesis para optar el título profesional de ingeniero en agroindustrias. Facultad de ciencias agrarias. Huánuco, Perú.

- Guinet, R., Godon, B. (1996) *La Panificación*. Montagud. Barcelona.
- Hazard (2010) Estudio de la biosorción de Cd (II) Y Pb (II) usando como adsorbente *Nostoc sphaericum* Vaucher
- Hernández Godo, E. (2003). Evaluación del efecto de harina de nopal *Opuntia* spp. Natural y libre de clorofila en la elaboración de tortilla de maíz (tresis de pregrado) Universidad de Buenavista Santillo, Mexico.
- Humanes, J.P. (1994) *Pastelería y Panadería*. McGrawHill Interamericana. Madrid, España.
- Inti (2006) *Cuadernillo para unidades de producción*. 2da Edición. Inti.
- Ishihara, et al (2017). Novel glycosylated mycosporine-like amino acid, 13-O-( $\beta$ -galactosyl)-porphyra334, from the edible cyanobacterium *Nostoc sphaericum*-protective activity on human keratinocytes from UV light. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*.
- Isserliyska, D.et. al. (2001) *Mineral compositions of Bulgarian wheat bread*. *Revista European Food Research and Technology*.
- Jurado et al (2014) Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos del *Nostoc commune* y *Nostoc sphaericum*.
- Kamal. (2009) Diversidad de nuevas subunidades de glutenina en el trigo de pan (*Triticum Aestivum* L.). *Revista de biología vegetal* .
- Kamel, B.S. (1993) *Advances in Baking Technology*. VCH, New York.
- Kent, M. (1995). *Tecnología de cereales*. Acribia. Zaragoza, España.
- Li, QQ (2017) Efecto retardante del alginato de sodio sobre las propiedades de retrogradación del almidón de maíz normal y el mecanismo anti-retrogradación. *Hidrocoll alimentario*.
- Llanos, E. (2009) *Capacidad antioxidante de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) con y sin cáscara: blanca, amarilla y rosada*. Tesis de

Licenciatura. Universidad Nacional Mayor San Marcos Facultad de Medicina. Lima – Perú.

Lock, Pérez (2015). Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta de procesamiento para fresas (*Fragaria vesca*) orgánicas congeladas de la variedad chandler para el mercado canadiense. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Lonner, C. Preve Akesson, K. (2005) *Efectos de las bacterias del ácido láctico en las propiedades del pan de masa agria. Microbiología alimentaria.*

Madrid, A., Cenzano, I. (2001) *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias.* AMV-Mundi Prensa. Madrid, España.

Matz AS. (1970) *Tecnología de cereales.* Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company.

Mendoza L (2015). Diversidad de algas (excepto bacillariophyceae) asociadas a macrofitas en la laguna El Oconal, Villa Rica, Oxapampa. Universidad Mayor de San Marcos.

Mesas, J., Alegre, M. (2002). *El Pan y su Proceso de Elaboración. Ciencia y Tecnología Alimentaria.* Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Nº 5, Año 3. México.

Moncayo, A. (2014). Caracterización Morfológica, Análisis Proximal y Análisis Microbiológico de una muestra de la Cianobacteria *Nostoc* sp., recolectada en el páramo de Papallacta.

Moreno, AS. 2013. Comparación de las gomas xanthan y arábica en las propiedades reológicas de la mayonesa. Tesis para optar el Título de Ingeniería de Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

NMX-F-406-1982. Alimentos para humanos. pan blanco bolillo y telera. Normas mexicanas. dirección general de normas.

NTP 205.027.1986 harina de trigo

- Obregón et al. (2013) componentes de frutos nativos como fuente potencial de nutrientes en el requerimiento nutricional óptimo de grupos vulnerables.
- Ocaña, D., Martel, G. & Mallqui, M. (2016). La reserva alimenticia en las lagunas altoandinas: Cushuro (Nostoc sp). Boletín Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.
- Ordoñez, R (1993) *Pruebas funcionales de panificación con harina de pituca*. Tesis de Título de ingeniero en industrias alimentaria. Facultad de industrias alimentarias, Universidad Agraria La Molina. Lima –Perú.
- Pacheco y Testa (2005) Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde
- Pacheco, A (2016), “*Elaboración de panes sin gluten utilizando harina de quinua (Chen (Chenopodium quinoa willd.) y almidón de papa (Solanum tuberosum)*”
- Palacín, E. (2018) *Elaboración de pan con harina de arroz y gel extraído del nostoc para el consumo de población celiaca*.
- Paredes, M. (2019). Atributos sensoriales del pan, la importancia de la cata.
- Pineda, C. (1977) Ensayo de panificación con harina de tarwi tesis Ing. Agronómica, Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Pomeranz, Y (1988). *Wheat Chemistry and Technology*. Vol I and II. Third Ed. Y. Pomeranz. Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul. Minn. U.S.A
- Ponce E (2014). Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la Precordillera de Arica.
- Pottí, D (2007). Materias Primas: Estabilizantes: Pectinas. Consultado 1 sep. 2008- Disponible en: [http :/ /www .mundohelado .corn/materiasprimas/estabilizantes/ estabilizantespectinas.htm](http://www.mundohelado.com/materiasprimas/estabilizantes/estabilizantespectinas.htm)
- Pylar, E. (1988) *Ciencia y tecnología de la panadería*. Sosland Publishing Co: Merriam, KS.

- Quaglia. (1991) *Ciencia y tecnología de la panificación*. 2da edición. Acribia. España.
- Reque, J. (2011). *Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz y su utilización en panificación*.
- Resolución Ministerial N° 1020-2010-MINSA, 1 de enero de 2011 Aprueban “Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería”
- Rubio, (2017). Evaluación de la producción de Nostoc sp (cushuro) en cochas construidas a diferentes profundidades dentro de un ecosistema de humedal, en el sector carpa, distrito de Cátac – Ancash.
- Salas T.(2014). Cuantificación de Proteínas de Lullucha, Nostoc Commune, recolectadas de la Laguna de Paccoccha del Centro Poblado de Lliupapuquio -San Jerónimo-Andahuaylas. [trabajo de investigación del curso de Microbiología Agroindustrial. Universidad Nacional José María Arguedas]
- Sanchez, H. (1987) *Evaluación de calidad de harina y Panificación, en Curso Intensivo sobre Farináceos*. Publitec S.A. Arg.
- Sancho Valls, J., Bota, J., & De Castro J., J. (2002). Introducción al análisis de los alimentos. España, Edición de la Universidad de Barcelona.
- Scade, J. (1999) *Cereales, “Elaboración de Pan”*. I Acribia S.A. Zaragoza-España,
- Suárez, M.et al. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición Hospitalaria*.
- Tejero, F (2022) “*Factores determinantes en el color y el alveolado del pan*”. España.
- Tejero, F. (1992-1995) *Panadería Española*. (2 Vols.). Montagud, Barcelona.
- Tejero, F. (2003) *Panadería Española*. Montagud, Barcelona.

Toaquiza Vilca, Nely (2012). Elaboración de galletas con sustitución parcial de Harina de Amaranto INIAP-Alegría (*amaranthus caudatus*) y Panela. Tesis de pregrado. Universidad Tecnica de Ambato.

Torres, et al (2007). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero. Revista Chilena de Nutrición, Laboratorio de Bioquímica de Alimentos.

Villavicencio M et al (2009) E. Efectos nutritivos del nostoc (*cushuro*) en los niños desnutridos de 1 a 3 años del distritode amarilis.

# ANEXOS



## ANEXO 01

### BALANCE DE MATERIA DE LA HARINA DE CUSHURO

Tabla 26

*Balance de materia en la obtención de harina de cushuro*

| ENTRADA               |        |      | SALIDA                        |        |      |
|-----------------------|--------|------|-------------------------------|--------|------|
| Descripción           | g      | %    | Descripción                   | G      | %    |
| Recepción de la leche |        |      |                               |        |      |
| <b>Cushuro</b>        | 10000  | 100  | Cushuro                       | 10000  | 100  |
| TOTAL                 | 10000  | 100  | TOTAL                         | 10000  | 100  |
| Separación            |        |      |                               |        |      |
| <b>Cushuro</b>        | 10000  | 100  | Cushuro                       | 9999,9 | 99,5 |
|                       |        |      | Pérdida (pajillas y deformes) | 0,1    | 0,5  |
| TOTAL                 | 10000  | 100  | TOTAL                         | 10000  | 100  |
| Limpieza              |        |      |                               |        |      |
| <b>Cushuro</b>        | 9999,9 | 99,5 | Cushuro                       | 9999,9 | 100  |
| <b>Agua</b>           | 10     | 0,5  |                               |        |      |
| TOTAL                 | 10009  | 100  | TOTAL                         | 9999,9 | 100  |
| Secado                |        |      |                               |        |      |
| <b>Secado</b>         | 9999,9 | 100  | Cushuro                       | 500    | 100  |
| TOTAL                 | 9999,9 | 100  | TOTAL                         | 500    | 100  |
| Molienda              |        |      |                               |        |      |
| cushuro seco          | 500    | 100  | cushuro molido                | 500    | 100  |
|                       |        |      | Pérdida                       | 0,01   | 0    |
| TOTAL                 | 500    | 100  | TOTAL                         | 500    | 100  |
| Tamizado              |        |      |                               |        |      |
| cushuro molido        | 500    | 100  | harina de cushuro             | 500    | 100  |
|                       |        |      | Pérdida                       | 0,01   | 0    |
| TOTAL                 | 500    | 100  | TOTAL                         | 500    | 100  |
| Envasado              |        |      |                               |        |      |
| harina de cushuro     | 500    | 100  | harina de cushuro             | 500    | 100  |
| TOTAL                 | 500    | 100  | TOTAL                         | 500    | 100  |

Fuente: elaboración propia

## ANEXO 02

### RESULTADOS OBTENIDOS DEL VOLUMEN

**Tabla 27**

*Volumen (cm<sup>3</sup>) en los diferentes tratamientos del pan.*

|                  | <b>Tratamiento 1</b> | <b>Tratamiento 2</b> | <b>Tratamiento3</b> | <b>Tratamiento 4</b> |
|------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| <b>Volúmenes</b> | 513,76               | 375,7                | 243,16              | 174,20               |
| <b>%</b>         | 460,68               | 309,68               | 242,78              | 172,20               |
|                  | 394,74               | 274,56               | 231,08              | 166,50               |
|                  | 514,15               | 306,6                | 223,86              | 168,69               |
|                  | 441,66               | 341,76               | 262,4               | 206,43               |

### ANEXO 03

#### FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL

FECHA: ..... HORA: .....

**NOMBRE DEL PRODUCTO:** Sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivium* L.) por harina de cushuro (*nostoc sphaericum*) en la textura, volumen y características organolépticas del pan francés

#### INSTRUCCIONES:

Observe pruebe y marque con una "x" los atributos de color, olor, sabor y apariencia en general, de acuerdo a la escala que se tiene en la ficha.

#### EVALUACIÓN DE ATRIBUTOS

| Pruebas            | Pan sustituido al 5 % | Pan sustituido al 10 % | Pan sustituido al 15 % | Pan sustituido al 20 % |
|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Sabor              |                       |                        |                        |                        |
| Olor               |                       |                        |                        |                        |
| Color              |                       |                        |                        |                        |
| Textura            |                       |                        |                        |                        |
| Apariencia general |                       |                        |                        |                        |

| Calificativo | Puntaje |
|--------------|---------|
| Muy bueno    | 5       |
| Bueno        | 4       |
| Regular      | 3       |
| Malo         | 2       |
| Muy malo     | 1       |

**ANEXO 04**  
**RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL**      **“SABOR” DEL PAN**  
**Tabla 28**  
*Evaluación del sabor del pan.*

| PANELISTAS | SABOR         |               |               |              |
|------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
|            | Tratamiento 1 | Tratamiento 2 | Tratamiento 3 | Tratamiento4 |
| 1          | 5             | 4             | 3             | 1            |
| 2          | 4             | 3             | 2             | 1            |
| 3          | 5             | 3             | 2             | 2            |
| 4          | 3             | 3             | 3             | 2            |
| 5          | 4             | 4             | 3             | 3            |
| 6          | 4             | 4             | 2             | 1            |
| 7          | 5             | 3             | 2             | 2            |
| 8          | 5             | 4             | 3             | 1            |
| 9          | 4             | 4             | 4             | 2            |
| 10         | 3             | 5             | 3             | 1            |
| 11         | 5             | 3             | 3             | 1            |
| 12         | 4             | 4             | 2             | 2            |
| 13         | 4             | 4             | 4             | 2            |
| 14         | 3             | 3             | 3             | 2            |
| 15         | 4             | 3             | 2             | 1            |

**ANEXO 05****RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL “OLOR” DEL PAN****Tabla 29***Evaluación del olor del pan.*

---

| <b>PANELISTAS</b> | <b>OLOR</b>          |                      |                      |                      |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                   | <b>Tratamiento 1</b> | <b>Tratamiento 2</b> | <b>Tratamiento 3</b> | <b>Tratamiento 4</b> |
| <b>1</b>          | 4                    | 5                    | 3                    | 4                    |
| <b>2</b>          | 5                    | 4                    | 4                    | 3                    |
| <b>3</b>          | 4                    | 4                    | 3                    | 4                    |
| <b>4</b>          | 5                    | 4                    | 4                    | 3                    |
| <b>5</b>          | 4                    | 3                    | 3                    | 3                    |
| <b>6</b>          | 5                    | 3                    | 5                    | 4                    |
| <b>7</b>          | 4                    | 4                    | 3                    | 4                    |
| <b>8</b>          | 5                    | 4                    | 4                    | 3                    |
| <b>9</b>          | 4                    | 4                    | 4                    | 3                    |
| <b>10</b>         | 3                    | 3                    | 3                    | 4                    |
| <b>11</b>         | 4                    | 4                    | 3                    | 3                    |
| <b>12</b>         | 5                    | 3                    | 2                    | 2                    |
| <b>13</b>         | 4                    | 3                    | 4                    | 3                    |
| <b>14</b>         | 4                    | 4                    | 3                    | 2                    |
| <b>15</b>         | 5                    | 4                    | 3                    | 1                    |

---

**ANEXO 06****RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL “COLOR” DEL PAN****Tabla 30***Evaluación del color del pan.*

| <b>PANELISTAS</b> | <b>COLOR</b>         |                      |                      |                     |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|                   | <b>Tratamiento 1</b> | <b>Tratamiento 2</b> | <b>Tratamiento 3</b> | <b>Tratamiento4</b> |
| <b>1</b>          | 5                    | 4                    | 2                    | 2                   |
| <b>2</b>          | 4                    | 3                    | 3                    | 1                   |
| <b>3</b>          | 5                    | 4                    | 3                    | 1                   |
| <b>4</b>          | 5                    | 4                    | 2                    | 2                   |
| <b>5</b>          | 4                    | 3                    | 3                    | 3                   |
| <b>6</b>          | 5                    | 3                    | 1                    | 2                   |
| <b>7</b>          | 4                    | 3                    | 2                    | 1                   |
| <b>8</b>          | 3                    | 4                    | 1                    | 3                   |
| <b>9</b>          | 4                    | 3                    | 2                    | 2                   |
| <b>10</b>         | 3                    | 4                    | 2                    | 2                   |
| <b>11</b>         | 4                    | 4                    | 3                    | 3                   |
| <b>12</b>         | 5                    | 4                    | 2                    | 2                   |
| <b>13</b>         | 5                    | 3                    | 3                    | 2                   |
| <b>14</b>         | 4                    | 3                    | 3                    | 1                   |
| <b>15</b>         | 3                    | 4                    | 2                    | 1                   |

**ANEXO 07****RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL “TEXTURA” DEL PAN****Tabla 31***Evaluación de la textura del pan.*

| <b>PANELISTAS</b> | <b>TEXTURA</b>       |                      |                      |                     |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|                   | <b>Tratamiento 1</b> | <b>Tratamiento 2</b> | <b>Tratamiento 3</b> | <b>Tratamiento4</b> |
| <b>1</b>          | 4                    | 4                    | 3                    | 2                   |
| <b>2</b>          | 5                    | 3                    | 2                    | 3                   |
| <b>3</b>          | 4                    | 3                    | 3                    | 1                   |
| <b>4</b>          | 4                    | 4                    | 3                    | 1                   |
| <b>5</b>          | 3                    | 4                    | 2                    | 2                   |
| <b>6</b>          | 3                    | 3                    | 2                    | 1                   |
| <b>7</b>          | 4                    | 5                    | 3                    | 1                   |
| <b>8</b>          | 5                    | 4                    | 3                    | 2                   |
| <b>9</b>          | 4                    | 3                    | 2                    | 1                   |
| <b>10</b>         | 5                    | 4                    | 3                    | 1                   |
| <b>11</b>         | 4                    | 4                    | 3                    | 2                   |
| <b>12</b>         | 5                    | 4                    | 4                    | 3                   |
| <b>13</b>         | 4                    | 3                    | 3                    | 3                   |
| <b>14</b>         | 5                    | 3                    | 3                    | 2                   |
| <b>15</b>         | 5                    | 4                    | 4                    | 1                   |

**ANEXO 08**  
**RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL – “APARIENCIA GENERAL” DEL PAN**

**Tabla 32**

*Evaluación de apariencia general del pan.*

---

|           | <b>PANELISTAS APARIENCIA GENERAL</b> |                      |                      |                     |
|-----------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
|           | <b>Tratamiento 1</b>                 | <b>Tratamiento 2</b> | <b>Tratamiento 3</b> | <b>Tratamiento4</b> |
| <b>1</b>  | 5                                    | 4                    | 3                    | 2                   |
| <b>2</b>  | 4                                    | 3                    | 2                    | 1                   |
| <b>3</b>  | 4                                    | 3                    | 2                    | 1                   |
| <b>4</b>  | 5                                    | 4                    | 3                    | 2                   |
| <b>5</b>  | 3                                    | 3                    | 3                    | 1                   |
| <b>6</b>  | 5                                    | 4                    | 2                    | 1                   |
| <b>7</b>  | 5                                    | 4                    | 4                    | 2                   |
| <b>8</b>  | 4                                    | 3                    | 3                    | 1                   |
| <b>9</b>  | 5                                    | 3                    | 2                    | 1                   |
| <b>10</b> | 4                                    | 4                    | 2                    | 2                   |
| <b>11</b> | 5                                    | 4                    | 2                    | 1                   |
| <b>12</b> | 4                                    | 4                    | 3                    | 2                   |
| <b>13</b> | 4                                    | 3                    | 3                    | 3                   |
| <b>14</b> | 4                                    | 3                    | 4                    | 1                   |
| <b>15</b> | 5                                    | 4                    | 4                    | 2                   |

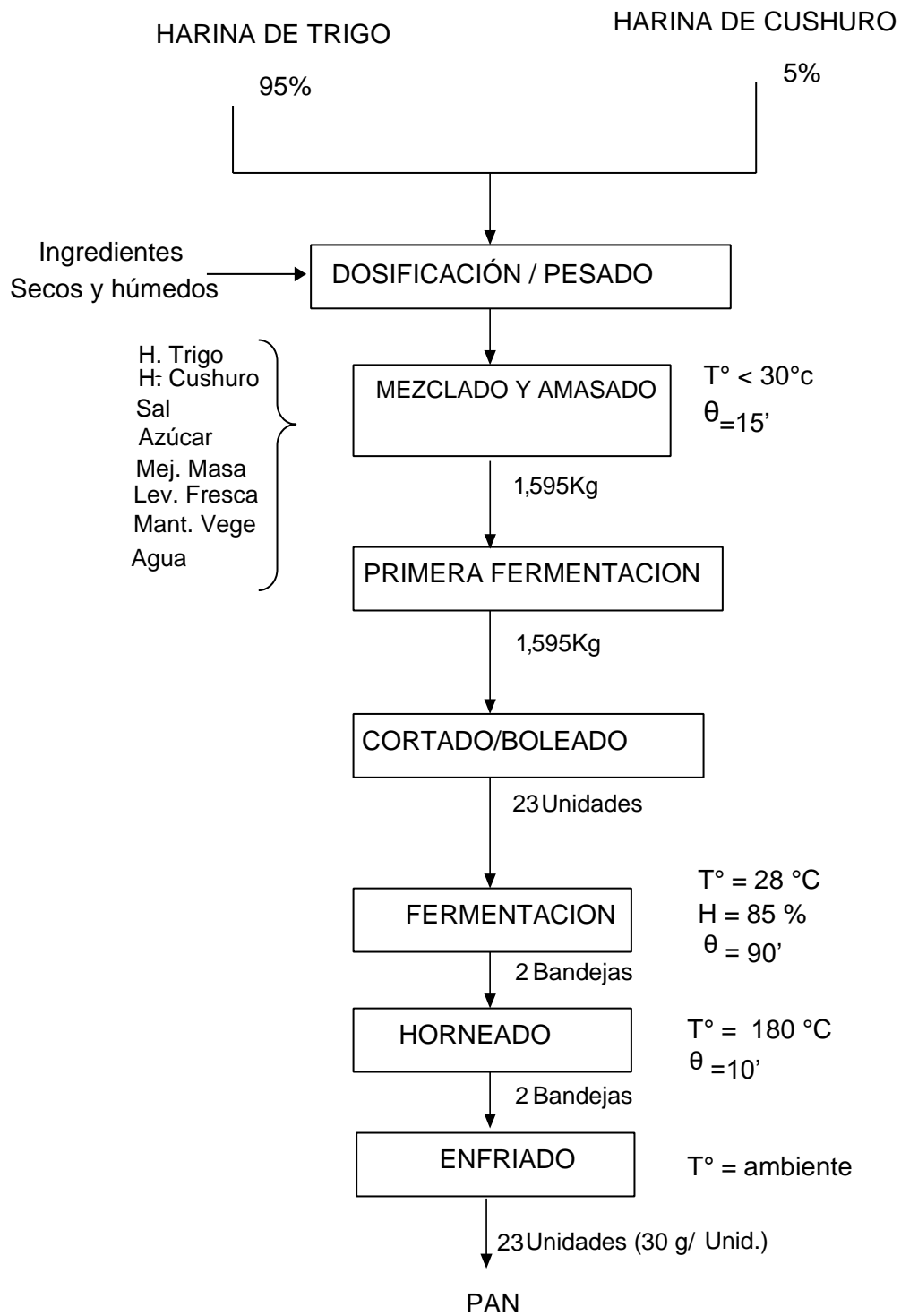
---



## ANEXO 9

Figura 3

Diagrama de flujo de elaboración de pan francés con sustitución al 5 % de harina de trigo por harina de cushuro



## ANEXO 10

### ELABORACIÓN DE PAN SUSTITUIDO CON HARINA DE CUSHURO

**Figura 4**

*(a) Pesado de masa sustituida, (b) y (c) fermentación de la masa a diferentes porcentajes de sustitución.*



**Figura 5**

*(a), (b) y (c) horneado de pan a diferentes porcentajes de sustitución, (d) horneado de los panes a diferentes sustituciones y (e) enfriado del pan francés.*



(d)



(e)



### Figura 6

*Panes a (a) sin sustitución, (b) al 5% de sustitución (c) 10 % de sustitución, (d) 15 % de sustitución y (e) 20 % de sustitución.*



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

## ANEXO 11

### DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

#### Digestión

#### Figura 7

*(a) Molido de muestra y (b) molido de catalizador.*



(a)



(b)

#### Figura 8

*Muestra en digestión por 24 horas.*



## Destilación

### Figura 9

*Muestra en destilador micro Kjeldal*



## Titulación

### Figura 10

*(a), (b) titulación de la muestra destilada (c) muestra titulada.*



(a)



(b)



(c)



## ANEXO 12

### DETERMINACIÓN DE GRASAS

#### Figura 11

*Pesado de pan sustituido y pesado de balón.*



#### Figura 12

*(a) Armado del extractor de soxhlet, y (c) grasa obtenida del pan sustituido.*



(a)



(b)

## ANEXO 13

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

#### Figura 13

*(a) Pesado de muestras de pan sustituido y (b) muestras en el secador.*



(a)



(b)

## ANEXO 14

### DETERMINACIÓN DE CENIZA

**Figura 14**

*Pesado de crisoles, muestra en la mufla y obtención de ceniza del pan.*



(a)



(b)



(c)



## ANEXO 15

### DETERMINACIÓN DE FIBRA

#### Figura 15.

*Determinación de fibra de la muestra de pan sustituido.*

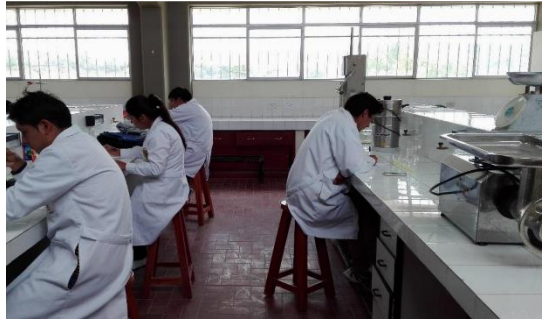


## ANEXO 16

### EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA

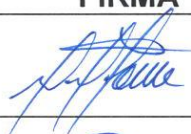
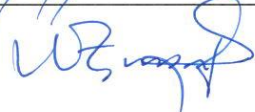
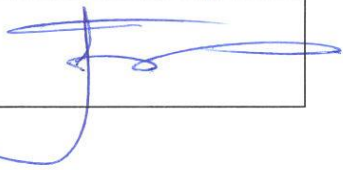
#### Figura 16

*Prueba organoléptica del pan sustituido en el laboratorio de tecnología de alimentos.*



## ACTA DE CONFORMIDAD

Los que suscribimos, miembros del jurado designado para el acto público de sustentación de tesis cuyo título es: **“INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) EN EL VOLUMEN Y CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PAN FRANCÉS**”. Presentado por el bachiller en ingeniería en industrias alimentarias Tatiana CUTIPA HINOSTROZA, el cual fue expuesto el día 21 de diciembre de 2022, en mérito de Resolución Decanal N° 091-2022-UNSCH-FIQM/D, damos nuestra conformidad a la tesis mencionada y declaramos al recurrente apto para que pueda iniciar sus gestiones administrativas conducentes a la expedición y entrega del título profesional de ingeniera en industrias alimentarias.

| MIEMBROS DEL JURADO                | DNI      | FIRMA   |
|------------------------------------|----------|---|
| Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ      | 23008579 |   |
| Mg. Wilfredo TRASMONTA PINDAY      | 07560082 |  |
| Ing. Jesús Javier PANIAGUA SEGOVIA | 28295100 |  |

Ayacucho 17 de enero de 2023



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. Tatiana CUTIPA HINOSTROZA, egresada de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Ing. Antonio Jesus Matos Alejandro, la Tesis: *“Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo (*triticum aestivum* L.) por harina de cushuro (*Nostoc sphaericum*) en el volumen y características orgolépticas del pan francés”*; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 4% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha febrero 13 de 2023 e Identificador de la Entrega N° 2013399218.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, febrero 14 de 2023.



Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga  
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia  
E.P. Ingeniería Industrias Alimentarias

  
-----  
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI  
DIRECTOR

c.c. : Archivo digital.  
Constancia N° 036



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Autor de la entrega:         | Tatiana Cutipa Hinostroza                                |
| Título del ejercicio:        | TESIS 2023   |
| Título de la entrega:        | INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE ... |
| Nombre del archivo:          | TESIS_TATIANA_CUTIPA.pdf                                 |
| Tamaño del archivo:          | 1.56M  |
| Total páginas:               | 98   |
| Total de palabras:           | 17,673   |
| Total de caracteres:         | 88,547   |
| Fecha de entrega:            | 13-feb.-2023 03:29p. m. (UTC-0500)                       |
| Identificador de la entre... | 2013399218   |



INFLUENCIA DE LA  
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA  
HARINA DE TRIGO (*Triticum  
aestivum* L.) POR HARINA DE  
CUSHURO (*Nostoc sphaericum*)  
EN EL VOLUMEN Y  
CARACTERÍSTICAS  
ORGANOLÉPTICAS DEL PAN

Fecha de entrega: 13-feb-2023 03:29p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 20133992

Nombre del archivo: TESIS\_TATIANA\_CUTIPA.pdf (1.56M)

Total de palabras: 17673

por Tatiana Cutipa Hinostroza

Total de caracteres: 88547

FRANCÉS

# INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE CUSHURO (*Nostoc sphaericum*) EN EL VOLUMEN Y CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PAN FRANCÉS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.unsch.edu.pe](https://repositorio.unsch.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

2

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

3

[1library.co](https://1library.co)

Fuente de Internet

1%

4

[cia.uagraria.edu.ec](https://cia.uagraria.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

5

[es.slideshare.net](https://es.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1%

6

[recursosbiblio.url.edu.gt](https://recursosbiblio.url.edu.gt)

Fuente de Internet

<1%

7

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

<1%



8

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD

Trabajo del estudiante

<1 %

9

[www.revistas.unitru.edu.pe](http://www.revistas.unitru.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo