UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Trabajo De Graduación

Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), en la elaboración de pan desabrido.

Por:
Milena Alessandra Chocano Attili
Carné: 201742312
DPI: 2998 60922 0101
Correo electrónico: milenattili@gmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2024.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Trabajo De Graduación

Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), en la elaboración de pan desabrido.

Por:
Milena Alessandra Chocano Attili
Carné: 201742312
DPI: 2998 60922 0101
Correo electrónico: milenattili@gmail.com

Asesores

M.A. Silvia Marisol Téllez Guzmán

Lcda. Gladys Calderón Castilla

Mazatenango, Suchitepéquez, abril de 2024.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis	Rector
Lic. Luis Fernando Cordón Lucero	Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Luis Carlos Muñoz López	Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón	Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles	Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

Dedicatoria

A:

Dios: Porque sin él en mi vida nada de esto hubiera sido posible, todo el mérito es para él, porque todas mis oraciones las escuchó, me inspiró y me dio fuerza para culminar este proceso en su infinita misericordia, amor y bondad.

Mis padres: Enrique Chocano, por estar para mí en cada momento de mi vida, por darme su amor, cariño y sus consejos, por cuidar de mí y apoyarme siempre. Milvia Attili, por darme la vida y el valor para vivirla, por amarme desde que nací. Anelise Estévez por apoyarme incondicionalmente en todas mis etapas, por preocuparse por mí en cada segundo, alentarme, amarme y ser mi madre.

Mi hermano: Giuliano Chocano, mi mayor regalo, por ser mi mejor amigo, mi cómplice, compañero, mi inspiración para seguir adelante día a día. Por siempre hacerme ver que la vida no es tan complicada como aparenta.

Mi familia: Porque cada uno de ellos ayudó con sus consejos, apoyo, palabras de aliento y cariño.

Mis amigos: Gloria de León, Andrea Alegre, Lilian Alegre, Leticia Orellana, José Abad, Pedro Donis, Juan Hernández y Ángel Posadas, por formar parte importante de mi vida, impulsarme y motivarme, dándome palabras de aliento y por todo su cariño.

Agradecimientos

A:

La Universidad San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente -CUNSUROC- que me dio la oportunidad de formarme profesionalmente.

La Carrera de Ingeniería en Alimentos, por brindarme las herramientas académicas necesarias para llegar a esta etapa y ejercer un buen desarrollo dentro de mi carrera profesional.

Los docentes de la carrera de Ingeniería en Alimentos por su paciencia, apoyo y conocimientos brindados para mi formación.

A mis asesoras M. A. Silvia Guzmán, Q.B. Gladys Calderón por su paciencia, comprensión, dedicación, palabras de apoyo y acompañamiento en cada momento de este proceso.

A la Dra. Evelyn Gutiérrez, por motivarme e incentivarme a culminar mi última fase de estudios para mi formación como profesional y darme la oportunidad de continuar formándome.

A todas las personas que estuvieron durante mi proceso universitario, porque cada una aportó un poco de su tiempo, experiencia y conocimiento para que esto fuera posible.

Índice Pág.

1. Resumen xiii

2. Abstract xiv

3. Introducción 1

4. Planteamiento del problema 3

5. Justificación 5

6. Antecedentes 6

7. Marco teórico 8

7.1 Amaranto 8

7.1.1 Historia del amaranto 8

7.1.2 Distribución geográfica 9

7.1.3 Propiedades nutricionales del amaranto 11

7.1.4 Proteínas de reserva y su función. 14

7.2 Trigo 15

7.2.1 Origen e importancia 15

7.2.2 Clasificación taxonómica 16

7.2.3 Harina de trigo 17

7.3 Pan 20

7.3.1 Historia del pan 20

7.3.2 Generalidades del pan 21

7.3.3 Componentes del pan 21

7.3.4 Valor nutritivo del pan blanco 25

7.4 Análisis sensorial 26

7.4.1 El panel sensorial 26

7.4.2 Tipos de paneles sensoriales 27

7.4.3 Cantidad de jueces 27

7.4.4 Entrenamiento de los jueces 27

7.4.5 La sala y las cabinas de degustación 28

7.4.6 La preparación y presentación de muestras 28

7.4.7 Las pruebas del análisis sensorial 29

7.5 Análisis proteico 39

7.5.1 Método de Kjeldahl 39

8. Objetivos 43

8.1 General 43

8.2 Específicos 43

9. Hipótesis 44

10. Recursos y equipo 45

10.1 Recursos humanos 45

10.2 Recursos físicos 45

10.3 Recursos institucionales 45

10.4 Recursos económicos 45

10.5 Materiales y equipo 45

10.5.1 Elaboración del pan 45

10.5.2 Análisis de proteína 46

10.5.3 Test de evaluación sensorial 46

11. Diseño Estadístico 47

12. Marco Operativo 48

12.1 Primera etapa 48

12.1.1 Elaboración de pan desabrido con la harina de trigo y amaranto 48

12.2 Segunda etapa 55

12.2.1 Evaluación sensorial 55

12.2.2 Determinación del contenido proteico harina de trigo (*Triticum aestivum*) y amaranto (*Amaranthus spp*.) estandarizado y el pan testigo. 56

12.2.3 Comparación del contenido proteico de un pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*), con el sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp.*). 58

13. Resultados y discusión 59

13.1 Resultados 59

13.2 Discusión de resultados 69

14. Conclusiones 72

15. Recomendaciones 74

16. Referencias..... 75

17. Anexos 81

18. Apéndices..... 86

19. Glosario..... 104

Índice de Tablas Pág.

Tabla 1 Clasificación taxonómica del amaranto 10

Tabla 2 Valores nutricionales del amaranto 13

Tabla 3 Contenido de aminoácidos en el amaranto (100 g de parte comestible y en base seco)….14

Tabla 4 Clasificación taxonómica del trigo harinero 16

Tabla 5 Contenido nutricional de la harina de trigo 17

Tabla 6 Proteínas presentes en las diferentes fracciones, su papel biológico y funcional 18

Tabla 7 Clasificación de las proteínas y su porcentaje en la harina de trigo 20

Tabla 8 Porcentaje contenido de los componentes del pan 25

Tabla 9 Límites permitidos en el pan según las normas COGUANOR 34 039 25

Tabla 10 Valores de chi cuadrado tabulados para una cola y dos colas 37

Tabla 11 Fórmulas utilizadas en el análisis de varianza 47

Tabla 12 Formulación de pan con harina de trigo 593 panel #1 51

Tabla 13 Formulación de pan con harina de trigo y 10% de harina de amaranto muestra 854 panel#1 51

Tabla 14 Formulación de pan con harina de trigo y 20% de harina de amaranto muestra 237 panel #1 52

Tabla 15 Formulación de pan con harina de trigo y 30% de harina de amaranto muestra 490 panel #1 52

Tabla 16 Formulación de pan con harina de trigo 682 panel #2 53

Tabla 17 Formulación de pan con harina de trigo y 10% de harina de amaranto muestra 731 panel#2 53

Tabla 18 Formulación de pan con harina de trigo y 20% de harina de amaranto muestra 528 panel #2 54

Tabla 19 Formulación de pan con harina de trigo y 30% de harina de amaranto muestra 325 panel #2 54

Tabla 20 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura del primer panel sensorial 59

Tabla 21 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del primer panel sensorial 60

Tabla 22 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del primer panel sensorial 60

Tabla 23 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del primer panel sensorial 61

Tabla 24 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura (compacidad) del segundo panel sensorial 62

Tabla 25 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del segundo panel sensorial 62

Tabla 26 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del segundo panel sensorial 63

Tabla 27 Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del segundo panel sensorial 63

Tabla 28 Análisis de varianza de cada aspecto evaluado en las cuatro fórmulas del segundo panel de evaluación sensorial 64

Tabla 29 Prueba de Tukey 65

Tabla 30 Resultados de análisis de proteína en las cuatro fórmulas distintas de pan, obtenidos de laboratorio industrial Análisis Industriales del Sur (ANISUR). 67

Tabla 31 Porcentajes de proteína extra en los panes de harina de trigo (*Triticum aestivum*), sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp.*), en relación al pan de harina de trigo al 100% (*Triticum aestivum*). 68

Índice de figuras Pág.

Figura 1 Valor proteico ideal del amaranto, leche, soja, trigo y maíz 11

Figura 2 Diagrama de flujo para elaboración de pan..... 50

Índice de anexos Pág.

Anexo 1 Propiedades medicinales del amaranto 81

Anexo 2 La semilla de amaranto y sus partes..... 81

Anexo 3 Composición nutrimental del amaranto 82

Anexo 4 Tabla de valor nutricional del amaranto comparado con cereales comunes 83

Anexo 5 Tabla de Tukey..... 84

Anexo 6 Tabla de t-student..... 85

Índice de apéndices Pág.

Apéndice 1 Boleta de evaluación sensorial de olor (Prueba de escala hedónica verbal)..... 86

Apéndice 2 Boleta de evaluación sensorial de sabor (Prueba de escala hedónica verbal)..... 87

Apéndice 3 Boleta de evaluación sensorial de color (Prueba de escala hedónica verbal)..... 88

Apéndice 4 Boleta de evaluación sensorial de textura (Prueba de escala hedónica verbal)..... 89

Apéndice 5 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura del primer panel sensorial..... 90

Apéndice 6 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del primer panel sensorial..... 91

Apéndice 7 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del primer panel sensorial... 92

Apéndice 8 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del primer panel sensorial..... 93

Apéndice 9 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura (compacidad) del segundo panel sensorial..... 94

Apéndice 10 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del segundo panel sensorial..... 95

Apéndice 11 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del segundo panel sensorial..... 96

Apéndice 12 Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del segundo panel sensorial..... 97

Apéndice 13 Análisis proteico de las cuatro formulaciones distintas del laboratorio DUBÓN, análisis industriales del sur..... 98

Apéndice 14 Recepción de la materia prima..... 99

Apéndice 15 Pesado de materiales: harina, levadura, agua, azúcar y sal. 99

Apéndice 16 Mezclado y amasado de todos los ingredientes. 100

Apéndice 17 Primera fermentación de la masa 100

Apéndice 18 Moldeado y segunda fermentación. 101

Apéndice 19 Horneado y enfriado 101

Apéndice 20 Entrega de muestras al laboratorio, identificadas de manera adecuada y con empaques cerrados. 102

Apéndice 21 Primer panel de evaluación sensorial con 25 estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos. 102

Apéndice 22 Segundo panel de evaluación sensorial con 25 estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos 103

Índice de gráficas Pág.

Gráfica 1 66

Resumen

La presente investigación se basa en una sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), en la elaboración de pan desabrido en la que se determinó si la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) incidía en el contenido de proteína y calidad sensorial del pan desabrido. Se realizó una estandarización de la fórmula de pan de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y amaranto (*Amaranthus spp.)* con veinticinco estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos. Cuatro muestras se evaluaron con diversas cantidades de amaranto, siendo la variante en la formulación, una muestra al 0% de amaranto, una al 10%, otra al 20% y la última al 30%. Los datos obtenidos de los tratamientos en el primer panel, permitieron la estandarización debido a que en él se obtuvieron observaciones, fueron tabulados y sometidos a un análisis de varianza, ANDEVA, demostrando una diferencia significativa estadística, para cada una de las características sensoriales correspondientes, textura (compacidad), color, olor y sabor. Por lo anterior se procedió a realizar un segundo panel, en el cual, en las cuatro formulaciones, el análisis de varianza determinó que no existe diferencia significativa entre los aspectos de textura (compacidad), color y sabor, únicamente en el olor presenta diferencia significativa. Se determinó el contenido proteico en el pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y en el sustituido con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), por medio del método Kjeldahl, para luego comparar sus resultados e identificar que la fórmula del pan sustituido al 30% de amaranto contenía mayor cantidad de proteínas en un 5.3% que la de trigo, pudiendo así delimitar la incidencia de la sustitución de harina de trigo con de la harina de amaranto en el pan desabrido.

Palabras claves: formulaciones, harina de trigo y amaranto, estandarización, evaluación sensorial, método Kjeldahl, ANDEVA.

Abstract

This research is based on a partial substitution of wheat flour (*Triticum aestivum*) with amaranth flour (*Amaranthus spp*.), in the preparation of bland bread. In which it was determined if the partial substitution of wheat flour (*Triticum aestivum*) with amaranth flour (*Amaranthus spp*.) affected the protein content and sensory quality of bland bread. A standardization of the wheat flour (*Triticum aestivum*) and amaranth (*Amaranthus spp.)* bread formula was carried out with twenty-five food engineering students. Four samples were evaluated with various amounts of amaranth, being the variant in the formulation, a sample at 0% amaranth, one at 10%, another at 20% and the last at 30%. The data obtained from the treatments in the first panel gave way to standardization because in this panel observations were obtained, tabulated and subjected to an analysis of variance, ANDEVA, demonstrating a statistically significant difference for each of the sensory characteristics. Corresponding, texture (compactness), color, smell and taste. Due to the above, a second panel was carried out, in which, in the four formulations, the analysis of variance determined that there is no significant difference between the aspects of texture (compactness), color and flavor, only the smell presents a significant difference. The protein content was determined in the bland bread made with wheat flour (*Triticum aestivum*) and in the one substituted with amaranth flour (*Amaranthus spp*.), by means of the Kjeldahl method, to later compare their results and identify that the bread formula substituted with 30% amaranth contained a 5.3% greater amount of protein than wheat, thus being able to delimit the incidence of replacing wheat flour with amaranth flour in bland bread.

Keywords: formulations, wheat and amaranth flour, standardization, sensory evaluation, Kjeldahl method, ANOVA.

Introducción

El pan es el principal componente de la dieta de la mayoría de la población humana, de la cual más de la mitad consume pan a base de trigo. Es un alimento de consumo diario, solicitado por la población en general, como niños, jóvenes, adultos y ancianos. Se utiliza como complemento o alimento en casi todas las comidas del día. Este alimento es de fácil acceso, se encuentra en panaderías de pueblo, de ciudad, en los supermercados, con diferente forma, tamaño, color, sabor y costo.

En la presente investigación se determinó si la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) incidía en el contenido de proteína y calidad sensorial del pan desabrido. Esto con el fin de identificar si se produjo una modificación en el porcentaje de proteína en el pan y la aceptación de sus características.

El amaranto *(Amaranthus spp.)* posee, a diferencia de muchos cereales, una proteína vegetal con todos los aminoácidos esenciales, los cuales el cuerpo humano no es capaz de producir por sí mismo. Por lo que puede ayudar a enriquecer de manera proteica un pan común de harina de trigo (*Triticum aestivum*), ya que, a diferencia de éste, el amaranto *(Amaranthus spp.)* posee una mayor cantidad de proteína.

Como parte del proceso de esta investigación se estandarizó una formulación de pan elaborada con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y amaranto *(Amaranthus spp.)*, por medio de paneles piloto de evaluación sensorial, conformado por un grupo de veinticinco panelistas, que determinaron que de las cuatro muestras, de las formulaciones distintas, la que presentó las mejores características sensoriales (color, olor, sabor y dureza), por medio de la escala hedónica de siete puntos, fue la formulación 731, en la que se sustituyó la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de

amaranto *(Amaranthus spp.*) en un 10%. También se analizó estadísticamente los resultados del panel piloto de evaluación sensorial por medio de un análisis de varianza, ANDEVA.

Finalmente se determinó el contenido proteico en el pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y el sustituido con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), de las distintas formulaciones, por medio del método Kjeldahl y se compararon los resultados de los análisis de las cuatro formulaciones.

Planteamiento del problema

Actualmente existe una gran cantidad de comida chatarra, alimentos deficientes de nutrientes y con exceso de azúcares o sodio, que el consumidor compra por su sabor y no por lo que puede aportar a su cuerpo, debido a esto han surgido muchas enfermedades, a lo largo del tiempo, derivadas del tipo de alimentación, como diabetes, hipertensión y hasta desnutrición proteica, debido a las carencias de macronutrientes en ellos.

Las personas necesitan consumir alimentos especiales actualmente, debido a la mala alimentación que han tenido, con el fin de prevenir diversos tipos de enfermedades, como sería el caso de un alimento con un gran aporte proteico y de gran calidad.

Hoy en día se encuentra, por la mala alimentación, tanto personas desnutridas como obesas; esto debido al actual comercio de comida, que se basa en realizar productos más económicos, pero de baja calidad o en producir alimentos antinutricionales, pero que son del agrado del consumidor. Si esta situación comienza desde la niñez puede perjudicar el desarrollo cerebral, interferir con el aprendizaje, debilitar el sistema inmunológico y aumentar el riesgo de infección y, en muchos casos, de muerte.

Muchas personas insisten en consumir una dieta poco saludable porque simplemente no tienen otra opción mejor debido a su economía, pero la buena alimentación no solo se trata de comer lo suficiente; se trata sobre todo de conseguir comer los alimentos adecuados, con la cantidad de nutrientes necesarios para el buen desarrollo del cuerpo.

La mayoría de guatemaltecos consumen pan elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) en su dieta diaria, siendo éste uno de los alimentos más comunes. El pan industrializado es un alimento que con los procesos que se le han dado ha perdido ciertos nutrientes, ya que durante el

refinamiento al que es sujeto pierde muchas de sus propiedades, debido a que se le quita el germen de trigo y el salvado.

El amaranto nativo de Guatemala *(Amaranthus spp.)*, a diferencia del trigo, es conocido no solo por ser una planta que se adapta a las distintas condiciones geográficas y climáticas del país, sino que, es poseedora de una gran cantidad de proteína de buena calidad, un macronutriente muy importante, por lo que la harina del pseudocereal podrá complementar el pan de trigo normal, para que presente un aumento en su cantidad proteica.

Ante lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente interrogante:

¿Será que la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto *(Amaranthus spp)*, incide en el contenido de proteína en un 5% y en la calidad sensorial del pan desabrido?

Justificación

En la actualidad las personas buscan comer alimentos con nutrientes en grandes cantidades, que los ayuden a afrontar los progresivos riesgos de salud, dado a los nuevos estilos de vida moderna. Debido a esto la actual tendencia en el comercio es el bienestar del consumidor, por lo que los motivos de compra aumentan cuando un producto contiene beneficios o algún valor agregado. Como, por ejemplo, cuando el producto se presenta como bajo en sodio, con vitaminas o proteínas adicionadas.

En Guatemala se está adoptando al nuevo estilo de vida saludable, dado que sus habitantes están prestando más atención a lo que comen, ahora en los supermercados los productos contienen advertencias de consumos excesivos de ingredientes que pueden ser dañinos para la salud a largo plazo. Por lo que se explora una oportunidad de mejora en el día a día de los ciudadanos.

Se elaboró el pan con harina de trigo (*Triticum aestivum*), sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), para beneficiar al consumidor, no solo con las propiedades nutricionales del trigo (*Triticum aestivum*), sino que también con las del amaranto (*Amaranthus spp.*), por lo que se obtuvo un aumento en el contenido proteico.

Esto, debido a que el amaranto (*Amaranthus spp*.) tiene un gran contenido proteico el cual es equivalente al valor proteico de la leche, haciéndolo uno de los alimentos más adecuados para prevenir o ayudar a la desnutrición proteica.

Por lo anterior, en la presente investigación se sustituyó parcialmente la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) en la elaboración de pan desabrido.

Antecedentes

En la actualidad no existen investigaciones en las que se haya comparado el contenido proteico de un pan elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) suplementado con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), con un pan testigo. Entre las investigaciones donde se ha utilizado la harina de amaranto como suplemento o complemento nutritivo, destacan las siguientes:

En el estudio realizado por Pilataxi Yupa (2013), "La elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto (*Amaranthus caudatus*)", tuvo como objetivo evaluar la aceptabilidad y valor nutritivo y nutracéutico del pan elaborado con harina de amaranto estallado. Por cuanto se concluyó que el pan con mayor proporción de harina de amaranto estallado tenía mayor aceptabilidad y mejor valor nutritivo y nutracéutico que el pan de harina de trigo. Los análisis bromatológico y microbiológico demostraron que al adicionar harina de amaranto estallado en la preparación de la masa de pan se incrementaba su valor nutritivo y nutracéutico debido a que los resultados obtenidos de pan con 20% de harina de amaranto estallado (Muestra C) frente a un pan testigo (Muestra T) eran superiores, existiendo así un mayor aporte nutricional.

Según Bustos Romo-Leroux (2015), en el estudio de la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de amaranto crudo y cocido en la elaboración de pan, con el objetivo de analizar no solo las características reológicas en las distintas mezclas de harinas, sino que también en las físicas y químicas de los panes obtenidos de estas mezclas, además de la aceptabilidad de los mismos, concluyó que la estabilidad de la masa disminuía conforme aumentaba el porcentaje de sustitución, pues debido a la falta de gluten las proteínas perdían fuerza, obteniéndose como resultado harinas débiles, también se notó que la inclusión de harina de amaranto en la formulación conseguía cambios positivos en las propiedades del almidón, disminuyendo y retrasando la retrogradación de

la amilopectina, prolongando así la vida útil del pan, pero además se observó que el volumen específico era menor debido a que la falta de gluten disminuía la absorción de agua y la retención del gas producido durante la fermentación. Sensorialmente se determinó que los panes al 5% de harina de amaranto crudo y 5% y 10% de harina de amaranto cocido presentaron características similares al pan control, por lo que obtuvieron buena aceptación por parte de los consumidores. Concluyendo que el pan con harina de amaranto cocido al 5 % presentaba mejores resultados en Mixolab (absorción, estabilidad, parámetros de C1, C2, C3, C4 y C5), aceptación sensorial y análisis físico-químicos con relación al pan con el 5% de harina de amaranto crudo.

De acuerdo a García Ortíz (2016), en el documento investigativo de “Propuesta de innovación de una galleta como alimento funcional usando harina de amaranto”, con el objetivo de diseñar una galleta con la forma más atractiva visualmente al consumidor, en la que se determinó el aporte nutrimental de la galleta mediante la tabla de equivalentes del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) y además se evaluó el grado de aceptación en la muestra. Finalmente se concluyó que las formas más atractivas a la vista del consumidor eran las de caracol y cónica, que el aporte nutrimental de la galleta determinado mediante la tabla de equivalentes del Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes y que de acuerdo a una dieta de 2000 kcal una porción de la galleta equivale al 2.8% de la ingesta diaria, por lo que se dedujo al final que el producto podía ser consumido por cualquier persona sana o con alguna patología que se padeciera.

Marco teórico

7.1 Amaranto

7.1.1 Historia del amaranto

"La palabra amaranto proviene del origen griego que significa inmortal, llamada así por su resistencia a las sequías" (Ruíz Allara, 2015). El amaranto es una planta que posee una gran cantidad de nutrientes, en especial proteínas, las cuales son recomendables para combatir la desnutrición energético-proteica, hay muchas presentaciones en las que se consumen, como es su hoja, semilla y harina, las cuales son muy utilizadas para la elaboración de barras energéticas, pero también se puede encontrar en atoles, bebidas y hasta en aceite.

"Se dice que el amaranto se originó en Mesoamérica, aproximadamente hace 4,000-7,000 a.C., mayas, aztecas e incas lo consumían en igual importancia que el maíz y el frijol, lo consideraban como alimento de los dioses" (Ruíz Allara, 2015).

Esta planta es nativa de ciertos países, entre ellos Guatemala y era cultivada por los mayas, incas y aztecas. Para ellos, era algo majestuoso debido a su resistencia previamente mencionada a la sequía y además se creía que les otorgaba energía. En el anexo 1 de la página 81 se pueden encontrar sus propiedades medicinales.

Según Ruíz Allara (2015) "los mayas lo consumían como alimento que les proveía de fortaleza física para criar hombres guerreros, a la llegada de los españoles el amaranto fue casi exterminado, por su vinculación con las ceremonias mayas, pues su consumo se consideraba pagano". Esto pudo haberse debido a que el amaranto rico en proteínas de alta calidad, les proveía energía y vitalidad, además de los muchos nutrientes que contiene, es un alimento muy completo

y para poder apropiarse de las tierras, los españoles les quitaron una fuente de nutrientes muy importante.

El amaranto también posee otro nombre, el cual es el más conocido por los mayas, actualmente es muy conocido en ciertas partes de la población, como serían las personas celiacas, debido a que carece de gluten, las personas alérgicas necesitan de alimentos que les puedan proveer de los nutrientes que no pueden obtener de los productos que sí contienen gluten, asimismo es un tanto conocido por la población indígena, pero también muchas personas no tienen conocimiento del amaranto y de sus nutrientes. Ruíz Allara (2015) indica que "algunas organizaciones (Chikach, Ox´lajuj E, Qachu Aloom) en su afán por recuperar el cultivo milenario hacen esfuerzos conjuntos para promover su cultivo en los huertos, diversificar su consumo y la conservación del germoplasma en los bancos de semillas" (ver anexo 2 en página 81).

7.1.2 Distribución geográfica

Se afirma que *Amaranthus spp* como cultivo se originó en América. *A. cruentus, A. caudatus* y *A. hypochondriacus* son las tres especies domesticadas para utilizar su grano y probablemente descienden de las tres especies silvestres; *A. powelli, A quitensis* y *A. hybridus*, respectivamente, todas de origen americano; aunque se sostiene que *A. quitensis* es sinónimo de *A. hybridus* y que solamente ésta última podría ser la antecesora de las tres cultivadas. En la actualidad, el amaranto se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas temperadas, pero sobresalen: Perú, Bolivia, México, Guatemala, India, Pakistán, China, en la explotación para grano y verdura y Malasia e Indonesia, únicamente para usar como verdura (Herrera y Montenegro, 2012).

"El género Amaranthus tiene 70 especies, 55 de origen americano y las 15 de origen en Europa, Asia, África, Australia, India, Pakistán, Sri Lanka, Nepal, Birmania, Afganistán, Irán, China, Nigeria, Uganda, Oceanía, Malasia, Indonesia y América" (Herrera y Montenegro, 2012).

7.1.2.1 Clasificación Taxonómica

Tabla 1

Clasificación taxonómica del amaranto

Reino	**Plantae Vegetal**
División	Faneragama
Tipo	Embryophyta siphonogama
Subtipo	Angiosperma
Clase	Dicotiledoneae
Subclase	Archyclamideae
Orden	Centrospermales
Familia	Amaranthaceae
Genero	Amaranthus
Especie	Sp.
Nombre Científico	*Amaranthus S.p.*

Fuente: Peralta, E., Villacrés, E., Mazón, N., Rivera, M., y Subia, C. (11 de 2008). El Ataco, Sangorache o Amaranto Negro (Amaranthus hybridus L.) en Ecuador. INIAP. Publicación Miscelánea No.143 https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2710/1/iniapscpm143.pdf

7.1.3 Propiedades nutricionales del amaranto

La FAO (Food and Agricultural Organization / Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y la OMS (Organización Mundial de la Salud), mencionan que, sobre un valor proteico ideal de 100 g, el amaranto posee 75%, la leche vacuna 72%, la soja 68%, el trigo 60% y el maíz 44%. El valor proteico ideal es una mezcla de proteínas alimenticias donde todos los aminoácidos digestibles, principalmente los aminoácidos esenciales, son limitantes en la misma proporción. En el anexo 3 de la página 82 se puede observar la composición nutrimental del amaranto.

Figura 1

Valor proteico ideal del amaranto, leche, soja, trigo y maíz

Fuente: Matías Luis, G., Hernández Hernández, B. R., Peña Caballero, V., Torres López, N.G., Espinoza Martínez, V. A., y Ramírez Pacheco, L. (22 de 03 de 2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (Amaranthus Spp.). Journal JONNPR,3(6), 423-436. DOI: 10.19230/jonnpr.2410.

La característica más importante del amaranto es, sin duda, su alto valor nutritivo. Tanto la hoja como el grano poseen una interesante composición química y un valor nutricional

superior comparado con otros granos: la FAO lo cataloga como un cultivo con la misma cantidad de nutrientes que la soya y capacidad productiva que podría aprovecharse (Matías Luis, y otros, 2018), en el anexo 4 de la página 83 se encuentra una tabla con el valor nutricional del amaranto comparado con cereales comunes.

"Las hojas de amaranto poseen una buena textura, sabor y calidad nutricional, contiene altos valores de calcio, hierro, fósforo y magnesio, así como ácido ascórbico, niacina, vitamina A y fibra" (Matías Luis, y otros, 2018).

"La riqueza proteínica de las semillas de amaranto fluctúa de 14 a 17 %. Así también contienen diversos compuestos como péptidos antimicrobianos, inhibidores de proteasas, lectinas y antioxidantes, detectado que proteínas del amaranto contienen diversos péptidos con actividades antihipertensivas y anticancerígenas" (Matías Luis, y otros, 2018).

"La composición química de las semillas presenta un valor nutrimental superior comparado con otros granos. Al igual que los cereales, contiene altas cantidades de almidón, representando del 50 al 60 % de su peso seco" (Matías Luis, y otros, 2018).

El contenido de lípidos va de 7 a 8 %, de los cuales el escualeno, que es un potente antioxidante y fortalecedor del sistema inmune, es un componente abundante. Además, el 14- 18 % de las proteínas en las semillas corresponden a globulinas (principalmente 11S) ricas en lisina y aminoácidos azufrados, los cuales son esenciales para una óptima nutrición (Matías Luis, y otros, 2018).

Tabla 2

Valores nutricionales del Amaranto

Elemento	Amaranto (semilla)	Bledo (hoja)
Agua %	9.38	87.7
Energía kcal	374	32
Proteína g	14.45	2.72
Grasa total g	6.51	0.55
Carbohidratos g	66.17	5.73
Fibra dietética total g	9.30	1.73
Ceniza g	3.04	2.54
Calcio mg	153	278
Fósforo mg	455	81
Hierro mg	7.59	6.34
Tiamina mg	0.08	0.05
Riboflavina mg	0.21	0.24
Niacina mg	1.29	1.20
Vitamina C mg	4	65
Vitamina A /Retinol mg	0	517
Ácidos grasos poliinsaturados g	2.89	
Ácidos grasos saturados g	1.66	
Potasio mg	366	
Sodio mg	21	
Vitamina B6 mg	0.22	
Vitamina B12 mcg	0	
Ácido Fólico mcg	0	
Fracción comestible %	1.00	0.72

Fuente: Menchú, M. T., y Méndez, H. (2 de 2012). Tabla de composición de los alimentos de Centroamérica, 2, 30-60. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. INCAP. Organización Panamericana de la Salud. OPS. http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAlimentos.pdf

Tabla 3

Contenido de aminoácidos en el amaranto (100 g de parte comestible y en base seco)

Aminoácido	Contenido por 100 g
Triptófano	1.5 g
Lisina	8 g
Histidina	2.5 g
Arginina	10 g
Treonina	2.6 g
Valina	4.3 g
Metionina	4.2 g
Isoleucina	3.7 g
Leucina	5.7 g
Fenilalanina	7.7 g

Fuente: Nieto Cabrera, C. (09 de 1989). El cultivo de Amaranto Amaranthus spp. una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP. Publicación Miscelánea No. 52. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2688/1/iniapscpm52.pdf

7.1.4 Proteínas de reserva y su función.

Durante el desarrollo, característicamente las semillas sintetizan relativamente grandes cantidades de reservas de alimento los cuales son atrapados en tejidos específicos como son los cotiledones o el endospermo. Estas reservas son movilizadas en el momento de la germinación y sus catabolitos son utilizados para mantener el crecimiento de la semilla hasta que ésta pueda establecerse por sí sola como una planta fotosintética autotrófica. La mayoría de las reservas son depositados en estructuras discretas llamadas organelos de almacenamiento; proteínas en cuerpos proteínicos (a menudo contienen reservas menores, fitina, fuentes de fosfatos y micronutrientes), lípidos en cuerpos lipídicos, almidón en

gránulos de almidón (amiloplastos). Las proteínas almacenadas en estos cuerpos proteínicos son denominadas proteínas de reserva (Silva Sánchez, 2007).

"Según la clasificación para las proteínas de reserva de semillas, las proteínas de reserva se pueden dividir en cuatro grupos de acuerdo con su solubilidad" (Silva Sánchez, 2007).

Los cuatro grupos son:

- "Albúminas que son solubles en agua en buffers diluidos a pH's neutrales".
- "Globulinas solubles en soluciones salinas pero insolubles en agua".
- "Prolaminas que solubilizan en soluciones alcohólicas entre (70-90%)".
- "Glutelinas son proteínas solubles en álcalis o ácidos diluidos. En cereales las proteínas más abundantes son las prolaminas y glutelinas mientras que en leguminosas las globulinas son la fracción más importante" (Silva Sánchez, 2007).

En su mayoría, las proteínas de reserva son oligoméricas; las holoproteínas están compuestas desde dos a muchas subunidades. Se ha reportado que la mayor parte de las proteínas de amaranto se encuentran en el embrión, anillo que rodea al perispermo almidonoso.

7.2 Trigo

7.2.1 Origen e importancia

"Los estudios genéticos botánicos arqueológicos entre otros, permiten ubicar el auténtico origen del trigo entre el norte de Persia y el norte de Siria, gracias a las relaciones que existen entre sus diversos tipos parentales" (Cubero Salmerón, 2003).

"Desde la antigüedad el trigo ha sido muy importante en alimentación humana. El nacimiento de la agricultura en el área del cercano Oriente está íntimamente relacionado a la domesticación del trigo y la cebada" (Álvarez, Mártin, y Mártin, 2000).

Los principales cereales cultivados en orden decreciente de producción a nivel mundial son el maíz, trigo, arroz, cebada, sorgo, mijo, avena y el centeno (Benítez Burraco, 2005).

7.2.2 Clasificación taxonómica.

Tabla 4

Clasificación taxonómica del trigo harinero

Reino:	**Plantae**
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Triticum
Especie:	Aestivum
Nombre científico:	*Triticum aestivum L.*
Nombre común:	Trigo Harinero
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta

Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo. CIMMYT. (2001). Análisis de riesgo para el trigo genéticamente modificado. http://star.iminent.com/StarWeb/3082/homepage/#q=clasificacion%20trigos%20CIMMYT&p=3

7.2.3 Harina de trigo

"La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan, sus componentes son: almidón (70 – 75 %), agua (14 %) y proteínas (10 - 12 %), además de polisacáridos no del almidón (2 - 3%) particularmente arabinoxilanos y lípidos (2%)" (Goesaert, y otros, 2005).

Proteínas de la harina de trigo. Clasificación: las proteínas de la harina de trigo pueden clasificarse con base en solubilidad y funcionalidad.

Con base en su solubilidad**:** esta clasificación fue desarrollada por Osborne (1924) y "consiste en una serie de extracciones consecutivas con: agua, solución de sal diluida, solución de alcohol y solución de ácidos o álcalis diluidos" (Goesaert, y otros, 2005).

Tabla 5

Contenido nutricional de la harina de trigo

Harina de trigo (valor energético 1386/331 kcal)	
Información nutricional por 100 gramos de porción comestible	
Carbohidratos	71.5 gramos
Agua (humedad)	13 gramos
Proteínas	10 gramos
Fibra	3.5 gramos

Fuente: Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, S., Courtin, C., Gebruers, K. y Delcour, J. (2005). Trends in food science & technology. Editorial Elsevier. Volumen 16. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422440400

1906

Tabla 6

Proteínas presentes en las diferentes fracciones, su papel biológico y funcional

Fracción Osborne	Comportamiento en solubilidad	Papel biológico	Papel funcional
Albúminas	Extraíbles en agua	Proteínas estructurales y metabólicas.	Variable
Globulinas	Extraíbles en sales diluidas	Proteínas estructurales y metabólicas	Variable
Gliadinas	Extraíbles en soluciones de alcohol	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Viscosidad a la masa/ extensibilidad
Gluteinas	Extraíbles en ácido acético diluido	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas	Elasticidad a la masa/ tenacidad
Residuo	Sin extraer	Proteínas de almacenamiento de la semilla tipo prolaminas y globulinas	Variable

Fuente: Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, S., Courtin, C., Gebruers, K. y Delcour, J. (2005). Trends in food science & technology. Editorial Elsevier. Volumen 16. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224404001906

Con base en su funcionalidad: se pueden distinguir dos grupos de proteínas de trigo. Proteínas pertenecientes al gluten con un desempeño muy importante en la elaboración del pan y proteínas no pertenecientes al gluten, con un desempeño secundario en la elaboración del pan (Shewry y Halford, 2002).

“Las proteínas no pertenecientes al gluten representan entre un 15–20 % del total de las proteínas del trigo, principalmente se encuentran en las capas externas del grano de trigo y en bajas concentraciones en el endospermo” (Shewry y Halford, 2002).

Estas proteínas son extraídas en soluciones de sales diluidas y por lo tanto se encuentran en las fracciones de Osborne de albúminas y globulinas. En su mayor parte son proteínas monoméricas, estructurales o fisiológicamente activas (enzimas). No obstante, a estas proteínas también pertenecen un grupo secundario de proteínas poliméricas de almacenamiento, llamadas triticinas, que pertenecen a la clase globulinas de las proteínas de almacenamiento de la semilla. Están relacionadas con la mayoría de las proteínas de almacenamiento de legumbres y en otros cereales, como la avena y el arroz (Shewry y Halford, 2002).

Las proteínas del gluten representan entre un 80–85 % del total de las proteínas del trigo, representan la mayor parte de las proteínas de almacenamiento. Pertenecen a la clase de prolaminas. Las proteínas del gluten se encuentran en el endospermo del grano de trigo maduro donde forman una matriz continua alrededor de los gránulos de almidón. Las proteínas de gluten son en gran parte insolubles en agua o en soluciones de sales diluidas. Pueden distinguirse dos grupos funcionalmente distintos de proteínas de gluten: gliadinas que son monoméricas y gluteninas que son poliméricas y estas últimas se subclasifican en extraíbles y no extraíbles (Shewry y Halford, 2002).

Tabla 7

Clasificación de las proteínas y su porcentaje en la harina de trigo

Clasificación	Ubicación en el grano	% en la harina de trigo	Proteínas monoméricas	Proteínas poliméricas
Proteínas no pertenecientes al gluten	En las capas externas del grano de trigo, y muy poco en el endospermo	15-20%	Albúminas Globulinas	Tricinas
Proteínas pertenecientes al gluten	En el endospermo del grano de trigo	80-85%	Gliadinas	Gluteinas

Fuente: Shewry, P. R. y Halford, N.G. (2002). Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. Journal of Experimental Botany, 53(370) 947-958. DOI: 10.1093/jexbot/53.370.947.

7.3 Pan

7.3.1 Historia del pan

El pan tiene origen en Egipto, donde apareció por primera vez fermentado, con el pasar de los días observaron que aquella masa elaborada producía burbujas de aire y la masa se inflaba, que luego fue mezclada con una masa nueva dando como resultado un mejor pan más ligero y de buen sabor (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

A nivel mundial, el pan es uno de los alimentos que se consume desde la antigüedad. A diferencia de otros tipos de alimentos, los habitantes de muchos países consumen pan; entre

ellos, se encuentran Alemania con 120 kg per cápita, pero en Latinoamérica los habitantes de chile son los mayores consumidores de pan, con un 96 kg per cápita y Colombia ocupa el quinto lugar con 23 kg per cápita. Se ha evidenciado que en aquellos países que más consumen pan, para su elaboración utilizan ingredientes perjudiciales para la salud como bromato de potasio, convirtiendo al producto en un alto riesgo para la salud del consumidor (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

El pan es indispensable en la mesa de la población en general por ello existen investigaciones lo cual permita que se obtenga un producto saludable para las personas y no cause ningún daño en la salud. Existen diferentes tipos de harinas a nivel mundial para la elaboración del pan no solamente harina de trigo, sino también combinaciones de harinas de alto valor nutricional (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

7.3.2 Generalidades del pan

El pan es un alimento perecedero, si no se mantienen en las condiciones adecuadas se pueden dañar, es elaborado con ingredientes tales como harina de trigo u otros tipos de harinas como maíz, soja, avena, arroz, agua potable, sal o azúcar, levadura; con estos ingredientes se obtiene un pan de calidad y buen sabor que es apto para el consumo de las personas, ya que es un alimento básico de la mesa de todas las familias tanto en el país como a nivel mundial (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

7.3.3 Componentes del pan

Harina. La denominación harina, sin otro calificativo, designa exclusivamente el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio. Si se trata de otros granos de cereales o de leguminosas hay que indicarlo, por ejemplo: harina de maíz, harina de cebada, etc. (Mesas y Alegre, 2002).

La composición media de las harinas panificables oscila entre los siguientes valores:

- Humedad: 13 - 15%.
- Proteínas: 9 - 14% (85% gluten).
- Almidón: 68 - 72%.
- Cenizas: 0.5 - 0.65%.
- Materias grasas: 1 - 2%.
- Azúcares fermentables: 1 - 2%.
- Materias celulósicas: 3%.
- Enzimas hidrolíticos: amilasas, proteasas, etc.
- Vitaminas: B, PP y E.

El 85% de las proteínas son Gliadinas y Gluteninas, proteínas insolubles que en conjunto reciben el nombre de gluten debido a su capacidad para aglutinarse cuando se las mezcla con agua dando una red o malla que recibe igualmente el nombre de gluten. Esta propiedad que poseen las proteínas del trigo y que (salvo raras excepciones como el centeno) no poseen las proteínas de otros cereales, es la que hace panificables las harinas de trigo y la que proporciona las características plásticas de la masa de pan (Mesas y Alegre, 2002).

Agua. El agua es un ingrediente básico para la industria de Panificación. Es un compuesto de oxígeno e hidrogeno. También contiene algunos minerales, pudiendo ser dura o blanda según su contenido de minerales. Se clasifica el agua según la dureza. La dureza la representa el contenido en sales de magnesio y calcio en forma de bicarbonatos (dureza temporal), o en forma de sulfatos (dureza permanente) (Mesas y Alegre, 2002).

"Se puede lograr mejor fermentación agregando alimento de levadura a las masas trabajadas con agua potable (125 a 250 gramos por saco)" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

"La hidratación (mojado) de los ingredientes secos es una de las funciones principales del agua, para lograr la plasticidad de una masa" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

> El agua tiene un papel fundamental en: la formación de la masa, la fermentación, el sabor y frescura finales del pan; para distribuir los ingredientes tales como levadura, azúcar, leche en polvo, colorantes, esencias, etc. Mezclada con las proteínas de la harina (gliadina y glutenina) más el trabajo de amasado o de batido se obtiene el gluten. También hidrata los almidones, que junto con el gluten dan por resultado una masa plástica y elástica (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

Dado lo anterior se expresa que esta controla:

> "La temperatura de la masa, por esto se añade el agua en forma de escamas de hielo, para lograr la temperatura deseada" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).
>
> "La fermentación, para disolver la levadura y que comience a actuar" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).
>
> "Las propiedades de plasticidad y extensibilidad de la masa, por la acción del gas producido en la fermentación" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).
>
> "El sabor y la frescura: la presencia del agua hace posible la porosidad y buen sabor del pan. Una masa con poca agua daría un producto seco y quebradizo" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

Sal. Sustancia química muy abundante en la naturaleza, utilizada en todo tipo de alimentos tiene gran aplicación en panificación, donde cumple varias funciones. La sal puede tiene las siguientes funciones: dar sabor a las masas y batidos, refuerza el gluten, controla la velocidad de la fermentación y regula el proceso, mejora el color y finura de la corteza, lo cual aumenta la higroscopicidad. El agregado de sal a las masas va de: 1% a 2.2% sobre el peso total de la harina (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

Levadura. La base de un pan aireado es la utilización del fermento adecuado, el ideal en panificación es la levadura (*Sacharomises Cerevisae*), la cual produce dióxido de carbono dentro de la masa, siendo responsable del crecimiento en cámara de elevación y el salto en el horno por la rápida dilatación de su gas generado y contenido dentro de la masa (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

Las principales funciones de la levadura son las siguientes:

"Producción de sustancias que modifican las estructuras de las proteínas de la harina (gluten). Al reducir la fermentación se pierde la elasticidad de la masa. La plasticidad se adquiere por la rotura de enlaces intermoleculares" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

- "Desarrollo del aroma y sabor, mediante la producción de alcoholes, aromas típicos de panificación, éteres, ácido acético, butírico y láctico" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).
- "La más importante es la subida de la masa, debida a la producción de CO_2 (anhídrido carbónico) y alcohol etílico en forma de etano (C_2H_5OH), por la transformación de la glucosa" (Jiménez Mazaran y Landa Robles, 2018).

7.3.4 Valor Nutritivo del pan blanco

"La Oficina Panamericana de la Salud (OPS) y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) establecen tablas de valores nutritivos del pan blanco, para determinar el control de calidad de los derivados de la harina" (Yela Molina, 2004).

Tabla 8

Porcentaje contenido de los componentes del pan

Contenido	Porcentaje
Agua	36.7
Proteína total	8.2
Cenizas	1.9
Grasa	3.6

Fuente: Jiménez Mazaran, C.A. y Landa Robles, Y.C. (11 de 2018). Propiedades nutricionales y funcionales de las distintas harinas utilizadas para la elaboración de un pan de alto valor nutricional. [Tesis de grado, Licenciatura en Nutrición Humana. Universidad Estatal de Milagro. Facultad de Ciencias de la Salud]. https://n9.cl/rhsj

Tabla 9

Límites permitidos en el pan según las normas COGUANOR 34 039

Especificación	Mínimo	Máximo
Humedad	30 %	38%
Cenizas		2.5%
Proteínas (N x 5.7)	7.0 %	
Grasa	0.8 %	4. %
Fibra cruda	0.2 %	0.40 %
pH	4.5	6.5

Fuente: Norma Guatemalteca Obligatoria. COGUANOR. (29 de 3 de 1982). Etiquetado de productos alimenticios para consumo humano, [34 039]. http://www.atpconsultores.com/conservasymermeladas/normas/COGUANOR%20NGO%2034%20039%201a.%20Revisi%C3%B3n%20Etiquetado%20Product.%20envasados.pdf

7.4 Análisis Sensorial

Es el análisis estrictamente normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos. Se emplea la palabra "normalizado", porque implica el uso de técnicas específicas perfectamente estandarizadas, con el objeto de disminuir la subjetividad en las respuestas. Las empresas lo usan para el control de calidad de sus productos, ya sea durante la etapa del desarrollo o durante el proceso de rutina (Catania y Avagnina, 2007).

En la época actual ha surgido la necesidad de medir las diferencias, preferencias y características descriptivas de los alimentos. Ello se logra mediante una herramienta llamada análisis sensorial o evaluación sensorial y que puede ser considerado un instrumento científico. Su metodología en el fondo no difiere substancialmente de las técnicas utilizadas para evaluar otros tipos de alimentos y utiliza jurados, un ambiente normalizado y pruebas codificadas analizadas por la ciencia estadística (Catania y Avagnina, 2007).

7.4.1 El panel sensorial

En una evaluación sensorial el jurado es un verdadero aparato de medida, donde cada juez es considerado una repetición de la medida. El registro de las respuestas sensoriales de muchos individuos permite integrar todas las performances individuales y compensar las diferencias de sensibilidad entre los miembros del jurado y que son inherentes a los factores biológicos y culturales que caracterizan al ser humano. El jurado es un captador multisensorial más eficaz que un solo juez. Son muy importantes pues de ellos depende en gran parte la validez de las pruebas (Catania y Avagnina, 2007).

7.4.2 Tipos de paneles sensoriales

Según Catania y Avagnina, (2007), existen tres tipos principales de paneles de jueces que son:

Panel de expertos. "Son personas de gran experiencia en un tema. Son los clásicos degustadores o catadores".

Panel de jueces entrenados. "Trata de personas entrenadas especialmente para actuar como jueces. Deben poseer habilidades para detectar la sensación analizada y poseer cierto conocimiento y práctica acerca de la evaluación sensorial. La gente joven se adapta bien para actuar como juez entrenado".

Panel de jueces consumidores. "Deben ser personas que habitualmente consumen el alimento y usualmente son elegidos al azar. Generalmente se utilizan para pruebas de preferencia".

7.4.3 Cantidad de jueces

La cantidad de jueces necesaria para obtener una respuesta válida es fundamental. Mientras más numerosos sean, mejor se podrá sobrellevar la diferencia de sensibilidad entre individuos. Poca cantidad de jueces puede ser compensado con la calidad de los mismos, pero hay que tener cuidado porque la degustación es siempre difícil y pueden tener algún tipo de anosmia hacia un determinado carácter sensorial (Catania y Avagnina, 2007).

7.4.4 Entrenamiento de los jueces

Algunas pruebas como las hedónicas no requieren un entrenamiento previo. En otras como el análisis descriptivo requiere gente entrenada. Pero siempre es necesario trabajar con jueces motivados y sobre todo disponibles. Muchos son los que quieren participar en las

degustaciones, pero en el momento de realizar la misma siempre hay dificultad para encontrarlos. Siempre antes de una degustación, se les debe informar a los jueces sobre el protocolo de degustación y cierta información de los productos degustados. Existen pruebas de selección donde se determina la performance de los jueces durante el análisis sensorial (Catania y Avagnina, 2007).

7.4.5 La sala y las cabinas de degustación

"El lugar donde se realiza una degustación puede influir en los resultados. Por ello existen salas normalizadas donde se busca minimizar ruidos y olores extraños. Es necesario un lugar silencioso con buena luz y con temperatura e higrometría regulada" (Catania y Avagnina, 2007).

"Se debe trabajar en cabinas individuales que permitan una buena concentración de los jueces y también sacar conclusiones independientes. Deben sentirse cómodos para que los factores externos a la prueba no afecten su resultado" (Catania y Avagnina, 2007).

La luz es muy importante y se aconseja que caiga verticalmente sobre la muestra y con lámparas con un espectro de emisión cercano a la luz del día (6.500 º k). A veces se usan lámparas con filtros que emiten en la gama de los verdes o de los rojos y sirve para algunas degustaciones donde se quiere enmascarar el color del alimento. Por supuesto que las cabinas de degustación deben ser fáciles de limpiar, con un lugar donde escupir el alimento y permitir un acceso fácil de las muestras. Deben ser de color blanco. También debe existir una sala auxiliar para la preparación de las muestras (Catania y Avagnina, 2007).

7.4.6 La preparación y presentación de muestras

Las muestras deben estar codificadas. La regla más importante es que sean anónimas y que estén en vasos o platos idénticos e identificadas con un número que generalmente es de tres

cifras y tomado al azar. EL modo de presentación de las muestras es también importante y se deben reducir al mínimo los errores de posición o de contraste (como es la tendencia a sobrevaluar una muestra de fuerte intensidad si está al lado de otra con una intensidad débil). A cada juez se le deben presentar las muestras al azar (Catania y Avagnina, 2007).

Las muestras deben ser homogéneas en la cantidad de producto servido y por supuesto en la temperatura. La cantidad de muestras determina la duración de la degustación y la posible aparición de la fatiga sensorial que puede ser fisiológica (perdida de sensibilidad) o psicológica (el aburrimiento o pérdida de interés) (Catania y Avagnina, 2007).

7.4.7 Las pruebas del análisis sensorial

Pruebas de respuesta objetiva

- **Test de Valoración (Rating Test):**

"Tienen por finalidad evaluar productos con rapidez de acuerdo a su calidad. Estos métodos son útiles cuando se trata de evaluar en corto tiempo un número grande de muestras, o bien cuando se desea descartar rápidamente muestras de calidad inferior" (Wittig de Penna, 2001).

Entre los test de valoración, se verán los siguientes:

1. Test Descriptivo:

Por medio de este test es posible evaluar hasta 6 muestras diferentes. Usa un panel que no necesariamente esté entrenado. Las muestras se valoran de acuerdo a una escala de calidad, que va de "excelente" a "malo" y se pide al degustador que marque en ella la calidad de las muestras que se le presentan para evaluar (Wittig de Penna, 2001).

“En relación con el test de ordenamiento, da más información porque califica la calidad” (Wittig de Penna, 2001).

2. Test Numérico:

“En este test se define primero la característica que va a ser medida y se le fijan grados sucesivos que van desde "mejor" a "peor", en relación a calidad” (Wittig de Penna, 2001).

El equipo debe estar entrenado.

“Se van presentando las muestras de a una cada vez y se valoran según una escala numérica del tipo siguiente:

0, 10, 20, 30 (límite de aceptabilidad), 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 Perfecto” (Wittig de Penna, 2001).

“La escala varía de acuerdo al producto en estudio y al diseño que se emplee (block incompleto equilibrado)” (Wittig de Penna, 2001).

- “Requiere de un panel entrenado, esa es su limitación, pues si no el test pierde valor.
- La calidad queda definida por un número.
- Este test se usa principalmente en selección de muestras” (Wittig de Penna, 2001).

3. Test de Puntaje Compuesto

“Este test permite hacer una evaluación comparativa de las muestras en estudio. Las muestras que se presentan pueden tener hasta 4 variables” (Wittig de Penna, 2001).

El puntaje para cada característica está de acuerdo a la importancia de ésta en la muestra, así por ejemplo la característica más importante del producto tendrá el mayor de los

puntajes parciales. Este método indica cuáles son las características deficientes en un producto de baja calidad (Wittig de Penna, 2001).

- **Test de diferencia**

"Los test que se usan en este grupo miden las diferencias existentes entre las muestras y son el acercamiento más próximo al análisis de alimentos" (Wittig de Penna, 2001).

"El panel que requiere está constituido por pocos jueces, entrenados, que hacen varias repeticiones de la degustación" (Wittig de Penna, 2001).

Las diferencias que se encuentran se expresan en términos de nivel de significación o nivel de probabilidad, que indican el grado en que las diferencias observadas entre dos estímulos son verdaderas y no debidas al azar. Los niveles más frecuentes son 5 y l %. También se usa el 0, l % (Wittig de Penna, 2001).

Cuando no se detecta diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos o muestras, no se necesita seguir evaluando. Cuando por el contrario se detectan diferencias significativas, se puede continuar evaluando con métodos cuantitativos, con el fin de cuantificar la magnitud de la diferencia, o con un test analítico para establecer la naturaleza de la diferencia (Wittig de Penna, 2001).

A continuación se observan cuáles son los test que se usan para detectar diferencias:

1. De Estímulo Único

"Se llama también prueba o test de "A-noA". Se usa para entrenar expertos en degustación de vinos, té, café, cerveza, etc." (Wittig de Penna, 2001).

El método consiste en entregar al juez una muestra estándar o control, sea A, varias veces, para que se familiarice con ella sensorialmente. En seguida, se le entrega la muestra que llamamos "no-A", que es la que va a calificar y se le pregunta si ella corresponde o no a la que degustó, primeramente (Wittig de Penna, 2001).

2. Comparación Pareada

"Este método permite detectar pequeñas diferencias entre dos muestras. Elimina el efecto de la memoria, que es fundamental en el método anterior" (Wittig de Penna, 2001).

Puede usarse para medir:

- Diferencias de calidad.
- Diferencias de una característica de calidad.

En la primera se les pregunta a los jueces si hay diferencias entre las dos muestras presentadas que conforman cada par. Se usa cuando una muestra la queremos confrontar a un estándar. Se identifica el estándar dentro de cada par y el test se plantea así: (Wittig de Penna, 2001).

Par 1 estándar K - muestra 1

Par 2 estándar K - muestra 2

Par 3 estándar K - muestra 3

Otras veces puede que interese obtener un nuevo producto, que esperamos sea mejor que el habitual o modificamos la composición del habitual con el fin de abaratar costos y es de interés mantener la calidad que el consumidor ya conoce en ese producto, entonces planteamos este test en esta forma: (Wittig de Penna, 2001).

Comenzamos presentando al juez, una bandeja con las muestras colocadas en pares

Par 1 estándar K - muestra 1

Par 2 estándar K - muestra 2

Par 3 estándar K - muestra 3

"La primera pregunta será si las muestras son o no diferentes del estándar K. Si ha detectado diferencias, continuamos preguntando ahora el grado de diferencia de cada muestra respecto del estándar" (Wittig de Penna, 2001).

También podemos investigar la calidad del estándar preguntando al juez cómo la califica (excelente, buena, regular, mala). Y también calificar la calidad de cada muestra respecto del estándar, se pregunta al juez cómo califica la calidad de cada muestra: inferior a K, igual a K, superior a K. Además, podemos determinar a qué se debe la diferencia (olor, sabor, olor y sabor, color, textura) (Wittig de Penna, 2001).

3. Dúo-Trío.

   En este método se entrega al juez 3 muestras: primero se sirve un estándar conocido y en seguida se presentan 2 muestras desconocidas al mismo tiempo y se pregunta cuál de las dos muestras es igual al estándar que se entregó primero (Wittig de Penna, 2001).

4. Triangular.

"Éste es tal vez el método más usado por paneles de degustadores. Permite seleccionar jueces y también medir propiedades sensoriales de los alimentos, diferencias en la materia prima y en general es muy útil para determinar pequeñas diferencias" (Wittig de Penna, 2001).

"Al degustador se le presentan tres muestras simultáneamente: dos de ellas son iguales y una diferente. Se le pide señalar la diferente. A veces se pide además comentar acerca de la naturaleza de la diferencia" (Wittig de Penna, 2001).

Se evalúa también por chi cuadrado, según la fórmula:

$$X^2 = \frac{(|4a - 2f| - 3)^2}{8n}$$

a = aciertos

f = fallas o errores

n = número de jueces

5. De Comparación Múltiple.

"Su nombre deriva del hecho que mide diferencia con base en más de tres estímulos, pudiendo llegar a seis estímulos incluyendo el control. Permite detectar diferencias de intensidad moderada, cuando hay pequeños efectos entre las muestras" (Wittig de Penna, 2001).

El test se desarrolla para tres o seis muestras. Al juez se le informa cuál es el control y éste se incluye de nuevo entre las muestras que se degustan. Al juez se le pide que señale de cada muestra si ésta es o no diferente del control y que además señale el grado de diferencia, de acuerdo a una escala de puntaje. Se pide además que señale si la muestra es igual, superior o inferior al estándar (Catania y Avagnina, 2007).

- **Test analíticos**

Los test analíticos usan paneles con jueces altamente entrenados. Cuando se trabaja una sola muestra se usa más tiempo que para evaluar diferencias. Esta es la razón por la cual se

usan para pocas muestras y se eliminan previamente las que son claramente inferiores. Los test que analizan sabor, incluyen la naturaleza de la diferencia de los diferentes sabores que puedan tener los productos en estudio (Catania y Avagnina, 2007).

En este grupo tenemos los siguientes test:

1. De muestra única.
2. De sabor extraño específico.

"Este método analiza una sola característica, por ejemplo, efecto de envejecimiento, efecto de oxidaciones, etc." (Catania y Avagnina, 2007).

3. Descriptivo (Perfil de sabor, de aroma).

"Se llama también Perfil Analítico porque proporciona información sobre el sabor extraño, la distorsión de sabores y los cambios de intensidad del sabor" (Catania y Avagnina, 2007).

"Este test da información sobre los siguientes puntos:

- Los componentes aislados que pueden percibirse por el olfato y gusto, en orden de percepción.
- La intensidad de estos componentes.
- La calidad total del producto que se ensaya" (Catania y Avagnina, 2007).
- "Cuando se trata de un perfil analítico de sabor, debemos considerar que en esta evaluación se incluyen los siguientes componentes": (Catania y Avagnina, 2007).
- Los 4 gustos primarios (dulce, ácido, salado, amargo).
- La fracción aromática (determinada con la nariz cerrada).
- Factores sensitivos (evaluación de textura).

"A veces algunos autores consideran para sabor solamente las sensaciones percibidas por gusto y olfato, pero para un perfil analítico de sabor debería considerarse también los factores texturales" (Catania y Avagnina, 2007).

Pruebas de respuesta subjetiva

- De preferencia

"Tienen como objetivo determinar cuál, de dos o más muestras, es preferida por un gran número de personas" (Catania y Avagnina, 2007).

> Cuando se está conduciendo una investigación, a menudo resulta útil conocer la preferencia que existe por el producto. Muchas veces, se llega a obtener formulaciones diferentes que son igualmente convenientes y esto hace difícil definir por cuál decidirse. En este caso, por medio de un test de preferencia se puede obtener la solución al problema (Catania y Avagnina, 2007).

Entre los test de preferencia tenemos:

"Test de simple preferencia o preferencia pareada: en este test es aconsejable entregar solamente dos muestras diferentes en cada prueba. El juez debe contestar a una sola pregunta: ¿Cuál prefiere? Cuando se planteó" (Wittig de Penna, 2001).

Ambos métodos se calculan por chi cuadrado (x^2), pero las fórmulas que se usan son diferentes:

$$x^2 = \sum \frac{(|o - e| - 1/2)^2}{e}$$

Comparación pareada diferencia (una cola)

$$x^2 = 2 \frac{(|o - e| - 1/2)^2}{e}$$

Comparación pareada preferencia (dos colas)

Tabla 10

Valores de chi cuadrado tabulados para una cola y dos colas

	5%	1%	0,1%
Una cola (difer.)	2,71	5,41	9,55
Dos colas (pref.)	3,84	6,64	10,83

Fuente; Wittig de Penna, E. (2001). Evaluación Sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/

1. Test de Ordenamiento o Ranking:

   El objetivo de este tipo de test es seleccionar las mejores muestras, en ningún caso da información analítica sobre ellas. Constituyen un excelente pre-entrenamiento para panelistas que deberán entrenar posteriormente para evaluación de calidad. Son muy útiles cuando se trata de comparar más de dos tratamientos, ya que en estos casos no se pueden usar los test de diferencias (Wittig de Penna, 2001).

   Los test de ordenamiento permiten chequear si los panelistas tienen habilidad para reconocer diferentes intensidades, sea de un mismo color, un mismo gusto, una gradiente de consistencia o firmeza, etc. Los sentidos humanos realizan un trabajo bastante más eficiente cuando diferencian calidad que cantidad (Wittig de Penna, 2001).

   Para codificar las muestras es aconsejable el uso de letras en vez de números, ya que el juez deberá decidir un orden numérico para informar (primero, segundo, tercero, etc.).

   La tarea del juez consiste en ordenar una serie de muestras, en orden ascendente de aceptabilidad, preferencia, o de algún determinado atributo (color, volumen, textura, sabor,

etc.) del alimento. En cada sesión puede ordenarse un gran número de muestras; pero se recomienda no más de 6 u 8 para no producir fatiga sensorial ni perder la atención (Wittig de Penna, 2001).

"El método de Ranking es de fácil manejo. Permite ensayar varias muestras a la vez y es fácil de administrar. El juez debe decidir una ordenación y en ésta nunca dos muestras tendrán la misma ubicación, o sea, no establece diferencias y con ello se reduce pues el efecto del degustador (Catania y Avagnina, 2007).

"Para evaluar este método, se suman los resultados de todos los jueces y llevan a promedios, éstos se comparan con los datos de las Tablas respectivas, en que se indican los valores necesarios para tener significancia estadística" (Wittig de Penna, 2001).

2. Escala Hedónica: "es otro método para medir preferencias, además permite medir estados psicológicos. En este método la evaluación del alimento resulta hecha indirectamente como consecuencia de la medida de una reacción humana" (Wittig de Penna, 2001).

   Se usa para estudiar a nivel de Laboratorio la posible aceptación del alimento. Se pide al juez que luego de la primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha. La escala tiene 9 puntos, pero a veces es demasiado extensa, entonces se acorta a 7 o 5 puntos (Wittig de Penna, 2001).

1 = me disgusta extremadamente	4 = me disgusta levemente	7 = me gusta moderadamente
2 = me disgusta mucho	5 = no me gusta ni me disgusta	8 = me gusta mucho
3 = me disgusta moderadamente	6 = me gusta levemente	9 = me gusta extremadamente

> En el caso de la presente investigación se utilizará una prueba subjetiva, la de escala hedónica verbal de 7 puntos, la cual consiste en que se le pide al panelista de laboratorio que valore el grado de satisfacción general que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista (Wittig de Penna, 2001).

"Se usa para estudiar a nivel de laboratorio la posible aceptación del alimento. Se pide al juez o panelista que luego de la primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto, esto lo informa de acuerdo a una escala verbal-numérica que va en la ficha." (Wittig de Penna, 2001)(Ver apéndices 1, 2, 3 y 4 en la página 86 al 90).

7.5 Análisis proteico

7.5.1 Método de Kjeldahl

"El contenido proteínico de los alimentos puede determinarse por medio de diversos métodos. El método Kjeldahl se basa en la determinación del nitrógeno" (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

"La determinación del contenido de nitrógeno en muestras de naturaleza orgánica es importante en muchos campos de análisis, como los relacionados con las industrias agroalimentaria o farmacológica o con el medio ambiente, entre otros" (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

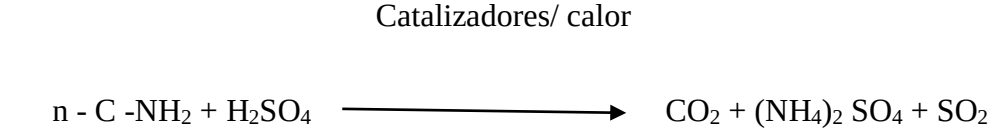
El contenido proteínico de los alimentos puede determinarse por medio de diversos métodos. La forma más habitual es la cuantificación de forma indirecta y aproximada, bien a partir del contenido en nitrógeno de la muestra, o bien deduciendo la cantidad a partir del contenido de uno o dos aminoácidos particulares que conforman la proteína, fáciles de identificar y de cuantificar por la reactividad química específica. Este segundo procedimiento conlleva una mayor inexactitud. Desde hace más de 100 años se está utilizando el método Kjeldahl para la determinación del nitrógeno en una amplia gama de muestras (alimentos y bebidas, piensos, forrajes, fertilizantes) para el cálculo del contenido en proteína (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

"También se utiliza el método Kjeldahl para la determinación de nitrógeno en aguas residuales y suelos. Es un método oficial descrito en múltiples normativas: AOAC, USEPA, ISO, Farmacopeas y distintas Directivas Comunitarias" (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

"El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizado" (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

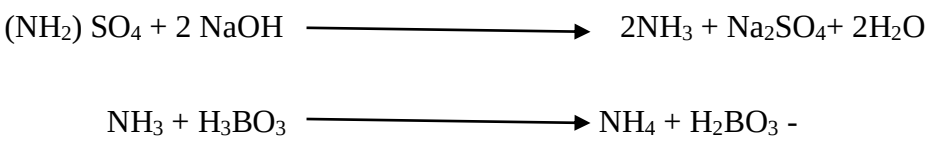
Este método puede ser dividido básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

"Etapa de digestión: un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ion amonio, según la siguiente ecuación" (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

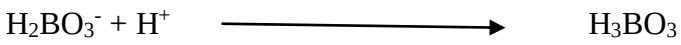


"En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico en caliente. En la actualidad, para llevar a cabo este proceso se utilizan digestores automáticos que son capaces de digerir un número determinado de muestras al mismo tiempo" (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

"Etapa de destilación: se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco. El amoníaco destilado se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico" (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).



Etapa de valoración: la cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ion borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoníaco destilados (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).



Objetivos

8.1 General

8.1.1. Sustituir parcialmente la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), en la elaboración de pan desabrido.

8.2 Específicos

8.2.1. Estandarizar la formulación de pan, con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y amaranto *(Amaranthus spp.),* por medio de un panel piloto de evaluación sensorial.

8.2.2. Determinar el contenido proteico en el pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y en el sustituido con harina de amaranto *(Amaranthus spp.),* por medio del método Kjeldahl.

8.2.3. Comparar el contenido proteico de un pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*), con el sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp.*).

Hipótesis

La sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto *(Amaranthus spp.)* no incide en el contenido de proteína y en la calidad sensorial del pan desabrido.

Recursos y equipo

10.1 Recursos humanos

- Estudiante tesista TPA. Milena Alessandra Chocano Attili
- Docentes Asesores:
  - M.A. Silvia Marisol Guzmán Téllez
  - Q.B. Gladys Floriselda Calderón Castilla
- Panelistas de laboratorio (25 estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos)

10.2 Recursos físicos

- Laboratorio de Análisis Industriales del Sur, Mazatenango, Guatemala.
- Planta Piloto Carrera, Ingeniería en Alimentos de CUNSUROC.
- Laboratorio de Evaluación Sensorial de la planta piloto de la Carrera de Ingeniería en Alimentos CUNSUROC

10.3 Recursos institucionales

Centro Universitario de Suroccidente, CUNSUROC, Mazatenango, Suchitepéquez.

10.4 Recursos económicos

- Los gastos generados serán sufragados por la estudiante tesista.

10.5 Materiales y equipo

10.5.1 Elaboración del pan

- Harina de trigo.
- Harina de semilla de amaranto
- Agua
- Levadura

- Sal
- Azúcar
- Horno
- Mesa
- Balanza analítica electrónica
- Bandeja para pan
- Redecilla
- Aluminio
- Papel plástico
- Bata blanca

10.5.2 Análisis de proteína

- Este análisis será efectuado en el Laboratorio de Análisis Industriales del Sur, Mazatenango, Guatemala.

10.5.3 Test de evaluación sensorial

- Platos desechables
- Servilletas
- Vasos
- Agua pura
- Etiquetas
- Boleta de evaluación
- Lapiceros
- Galletas Soda

Diseño Estadístico

Los datos que resultaron del panel piloto de evaluación sensorial, utilizando el método de respuesta subjetiva "escala hedónica de 7 puntos", se evaluaron manejando la metodología estadística de análisis de varianza ANDEVA y así se determinaron las diferencias entre las características sensoriales: olor, color, sabor y textura (compacidad), de cada muestra, para poder estandarizar la formulación adecuada del pan. Se contó con veinticinco panelistas de laboratorio de la Carrera de Ingeniería en Alimentos. Para el análisis se utilizaron las siguientes fórmulas.

Tabla 11

Fórmulas utilizadas en el análisis de varianza

Causas de variación	Suma de cuadrados (Sc)	Grado de libertad (Gl)	Cuadrado medio (CM)	Factor calculado (fc)	Factor tabulado (ft)
Bloque	$\frac{\sum (\sum \text{trat.})^2}{\#\text{bloques}} - Fc$	# trat. – 1	$\frac{\text{Sc bloque}}{\text{Sc bloque}}$	$\frac{\text{CM trat.}}{\text{CM error}}$	Se busca en tabla anexo 6 página 85
Tratamientos	$\frac{\sum(\sum \text{bloque})^2}{\#\text{trat.}} - Fc$	# bloque – 1	$\frac{\text{Sc trat.}}{\text{Sc trat}}$	$\frac{\text{CM bloque}}{\text{CM error}}$	
Error	Sc total- Sc trat- Sc bloque	Gl trat. * Gl bloque	$\frac{\text{Sc Error.}}{\text{Sc trat}}$		
Total	$\sum (\text{dato})^2 - Fc$	n-1			

Fuente: Avelar, L. F. (1 de 2014). Elaboración de una pasta tipo mantequilla a base de semilla de girasol (Helianthus annus) con características fisicoquímicas y nutricionales de acuerdo a la legislación alimentaria de Guatemala. [Tesis, Ingeniería en Alimentos. Centro Universitario de Sur Occidente. CUNSUROC. Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/775/1/22Tg%28601%29Ali%20FERNANDO%20AVELAR.pdf

Prueba de Tuckey

Sx = √Cuadrado de Medias del Error / # repeticiones

q= T tabulada GL Error vrs No. Medias (Ver tabla de Tukey anexo 5 pág.84)

W=Sx * q

Marco Operativo

La investigación se desarrollará en dos etapas, siendo las siguientes:

12.1 Primera etapa

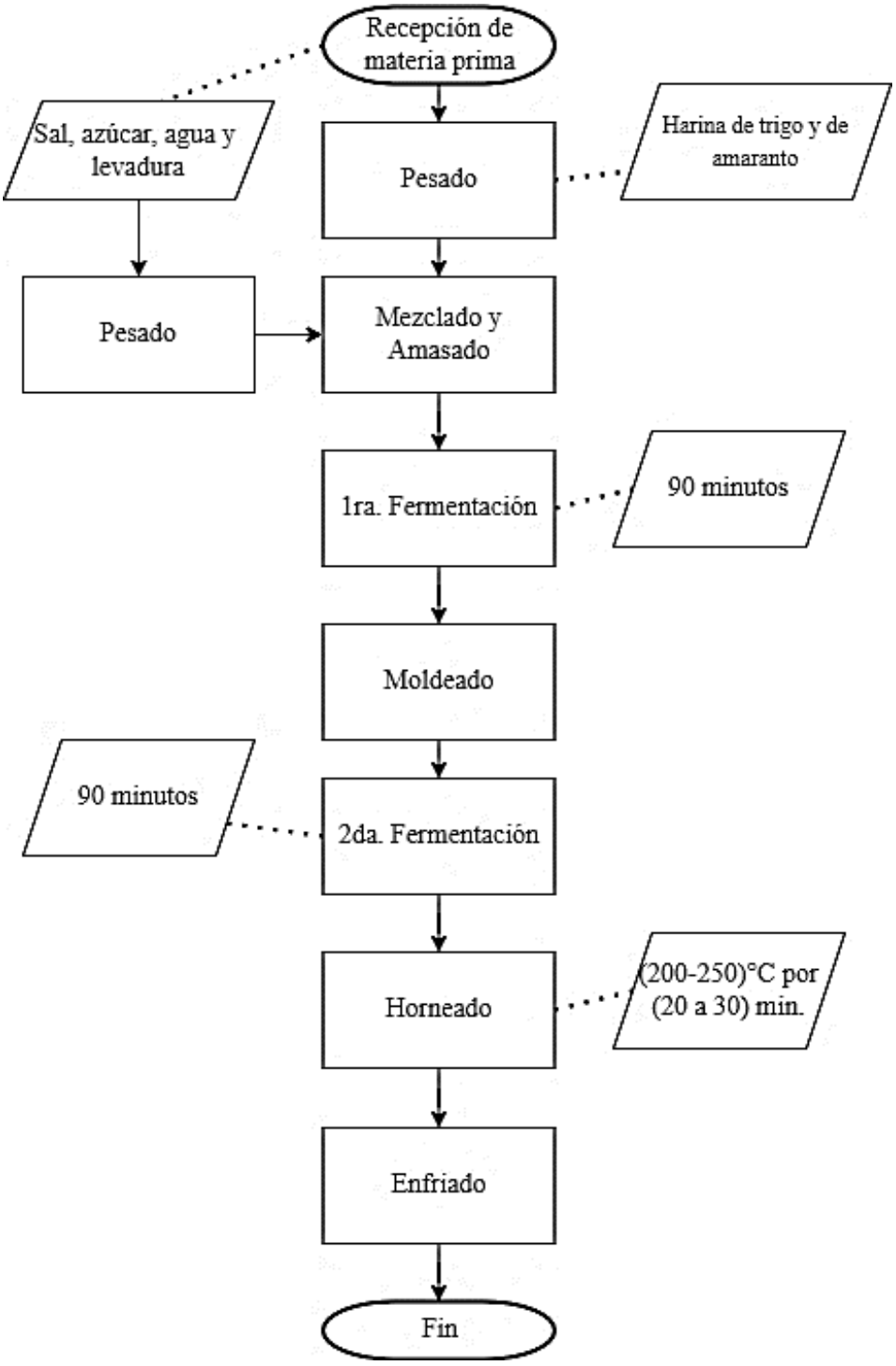
12.1.1 Elaboración de pan desabrido con la harina de trigo y amaranto

- **Recepción de la materia prima**: en esta etapa se verificó cada una de las materias primas a utilizar, identificando el estado de cada una de ellas. Harina de trigo, harina amaranto, sal, azúcar, agua y levadura (Ver apéndice 14 página 99).
- **Pesado:** se pesaron los ingredientes que se recibieron, harina de trigo, harina de amaranto, sal, azúcar, agua y levadura (Ver apéndice 15 en página 99).
- **Mezclado y amasado:** en esta etapa se mezclaron los ingredientes bases, los cuales son: la harina, la sal, el azúcar, la levadura y el agua (27-28) °C. Al realizar la mezcla se formó una masa, la cual fue maleable, ésta se amasó múltiples veces para que se obtuviera una consistencia mucho más suave (Ver apéndice 16 en página 100).
- **Primera fermentación o reposo:** luego de que se obtuvo una masa homogénea, se colocó en reposo, en este proceso la masa incrementó de tamaño; por acción de la levadura, dando la impresión de que la masa se infló; es aquí, donde el pan adquirió el tamaño deseado. Se dejó la masa 90 minutos hasta doblar el volumen (Ver apéndice 17 página 100).
- **Moldeado:** la masa se dividió en varias piezas y se moldeó, según la forma del pan que se quiera obtener (Ver apéndice 18 página 101).
- **Segunda fermentación o reposo**: la masa se dejó reposar de nuevo por 90 minutos hasta doblar el volumen (Ver apéndice 18 página 101).
- **Horneado:** en esta etapa el pan se introdujo a un horno, donde se expuso a altas temperaturas de (200-250) °C, por (20-30) minutos (Ver apéndice 19 en página 101).

- **Enfriado:** luego de la cocción del pan horneado, se dejó enfriar, para que se liberara la humedad (Ver apéndice 19 en página 101).

Figura 2

Diagrama de flujo para elaboración de pan



Fuente: elaboración propia, 2023.

Tabla 12

Formulación de pan con harina de trigo 593 panel #1

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	60.97
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	0.38
Levadura	1.90
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

Tabla 13

Formulación de pan con harina de trigo y 10% de harina de amaranto muestra 854 panel #1

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	54.87
Harina de amaranto	6.10
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	0.38
Levadura	1.90
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

Tabla 14

Formulación de pan con harina de trigo y 20% de harina de amaranto muestra 237 Panel #1

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	48.77
Harina de amaranto	12.20
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	0.38
Levadura	1.90
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

Tabla 15

Formulación de pan con harina de trigo y 30% de harina de amaranto muestra 490 panel #1

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	42.68
Harina de amaranto	18.29
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	0.38
Levadura	1.90
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

Tabla 16

Formulación de pan con harina de trigo 682 panel #2

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	61.45
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	1.30
Levadura	0.50
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

Tabla 17

Formulación de pan con harina de trigo y 10% de harina de amaranto muestra 731 panel #2

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	55.31
Harina de amaranto	6.14
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	1.30
Levadura	0.50
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

Tabla 18

Formulación de pan con harina de trigo y 20% de harina de amaranto muestra 528 Panel #2

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	49.15
Harina de amaranto	12.30
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	1.30
Levadura	0.50
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

Tabla 19

Formulación de pan con harina de trigo y 30% de harina de amaranto muestra 325 panel #2

Materia prima	Contenido (%)
Harina de trigo	43.00
Harina de amaranto	18.45
Agua	36.00
Azúcar	0.75
Sal	1.30
Levadura	0.50
Total de producto	**100**

Fuente: elaboración propia, 2023

1.2 Segunda etapa

Esta etapa consiste en realizar el análisis proteico y sensorial del pan artesanal.

12.2.1 Evaluación sensorial

Durante la investigación se utilizaron cuatro formulaciones, tres de ellas con diferentes porcentajes de harina de amaranto (10%, 20% y 30% respectivamente) y una con el 100% de trigo, por medio de evaluaciones sensoriales se determinó cuál de las cuatro formulaciones presenta las mejores características sensoriales.

Para estandarizar la formulación se realizó el primer panel piloto de evaluación sensorial utilizando una prueba de respuesta subjetiva, la escala hedónica de siete puntos (Ver apéndices 1,2, 3 y 4, en las páginas 86, 87, 88 y 89); esta evaluación incluyó los aspectos de color, olor, sabor y textura (compacidad).

El procedimiento, para los paneles, fue el siguiente:

1. Luego de que el pan fue elaborado según se explica, en la primera etapa del marco operativo en la página 48, se prepararon tres muestras con los distintos porcentajes de amaranto y una al 100% trigo.
2. Cada una de las muestras se colocó en platos desechables identificados con números de tres cifras, colocados de manera aleatoria.
3. Se le dieron a cada panelista las cuatro muestras correspondientes, además un vaso para descartar la muestra, un vaso de agua para limpiar el paladar, junto con una galleta salada.
4. Cada panelista dispuso de una ficha de evaluación, en la cual indicaron según la escala hedónica de siete puntos, que tanto le gustó o disgustó cada muestra (Ver apéndices 1, 2, 3 y 4, en las páginas 86, 87, 88 y 89).

5. Finalmente, se procedió a utilizar el análisis de varianza, en la tabla 11 página 47 se pueden observar las fórmulas del método, para determinar los rangos en los cuales se identifica, de las cuatro formulaciones, la que reúne las mejores características.
6. Debido a que se realizaron observaciones por parte de los panelistas, en el primer panel, se realizó un segundo panel, repitiendo los pasos del 1 al 4, con las formulaciones 682, 731, 528 y 325 (ver tablas 16 a 19 en las páginas 53 y 54).
7. Dado que ya no se tuvieron observaciones por parte de los panelistas, se procedió nuevamente a realizar el análisis estadístico ANDEVA y como el resultado fue que sí existía diferencia estadística se realizó la prueba de Tukey, en la que se determinó cuáles fórmulas eran iguales.

12.2.2 Determinación del contenido proteico harina de trigo (Triticum aestivum) y amaranto (Amaranthus spp.) estandarizado y el pan testigo

Las determinaciones del análisis de proteínas se realizaron en el laboratorio Análisis Industriales del Sur, Mazatenango, Guatemala (Observar resultados en apéndice 13 de la página 98).

Para realizar esta determinación se utilizó el método de Kjeldahl, el cual es utilizado para establecer el contenido proteico en granos, harinas, carnes y, en general, en materiales biológicos. El procedimiento se describe a continuación.

Este método puede ser dividido básicamente en tres etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración.

- Etapa de digestión:
    - Se introducen de 1 a 5 g de muestra en un tubo de mineralización.

- Se agregan 3 g de catalizador que suele estar constituido por una mezcla de sales de cobre, óxido de titanio o/y óxido de selenio. De forma habitual se utiliza como catalizador una mezcla de K_2SO_4: $CuSO_4$: Se (10:1:0,1 en peso).
- Después se adicionan 10 ml de H_2SO_4 concentrado y 5 ml de H_2O_2.
- Posteriormente se digiere a 420 ºC durante un tiempo que depende de la cantidad y tipo de muestra. Se sabe que la digestión ha terminado porque la disolución adquiere un color verde esmeralda característico (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

- Etapa de destilación
  - Después de enfriar se adicionan al tubo de digestión 50 mL de agua destilada, se pone en el soporte del destilador y se adiciona una cantidad suficiente de hidróxido sódico 10 N, en cantidad suficiente (50 mL aprox.) para alcalinizar fuertemente el medio y así desplazar el amoníaco de las sales amónicas.
  - El amoníaco liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación y se recoge sobre una disolución de ácido bórico (al 4 % p/v) (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).
- Etapa de valoración:
  - La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ion borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoníaco destilados.

- De la valoración se puede calcular el número de equivalentes de nitrógeno recogidos y con este dato se obtiene el porcentaje de nitrógeno en la muestra (García Martínez y Fernández Segovia, 2012).

12.2.3 Comparación del contenido proteico de un pan desabrido elaborado con harina de trigo (Triticum aestivum), con el sustituido parcialmente con harina de amaranto (Amaranthus spp.)

Seguido de la determinación del análisis de proteínas en las cuatro formulaciones de pan desabrido, elaborado con harina de trigo *(Triticum aestivum)* y el sustituido con harina de amaranto (*Amaranthus spp.)*, que se realizaron en el laboratorio Análisis Industriales del Sur, Mazatenango, Guatemala; se comparó el contenido proteico resultante de los análisis.

La ingesta diaria de proteínas según la FAO es de 0.70 gramos por kilogramo de peso por día, además, según el anexo 4 de la página 83, el trigo posee 14 gramos de proteína, por lo que, al momento de realizar la comparación, si ésta contuvo un 5% de proteína extra, el cual sería el porcentaje de la ingesta diaria en relación al contenido de proteína de trigo, se indicó que el cambio es significativo, al momento de realizar las comparaciones.

Resultados y discusión

13.1 Resultados

- Estandarización de la formulación de pan, con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y amaranto (*Amaranthus spp.),* por medio de un panel piloto de evaluación sensorial.

Para estandarizar las fórmulas de pan 593 (con 0% de amaranto), 854 (con 10% de amaranto), 237 (con 20% de amaranto) y 490 (con 30% de amaranto) (ver tablas de la 12 a la 15 en las páginas 51 y 52), se realizó el primer panel de evaluación sensorial. Con los datos obtenidos se determinó por medio de ANDEVA, que todos los aspectos evaluados, textura (compacidad), color, olor y sabor, presentaban diferencias estadísticas significativas entre las distintas muestras. (Ver apéndices del 5 al 8 en las páginas 90, 91, 92 y 93). Además, que con las observaciones de este se pudo identificar un exceso de levadura en las cuatro formulaciones.

Primer panel piloto de evaluación sensorial, por medio del test de escala hedónica de 7 puntos.

Tabla 20

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura del primer panel sensorial

Causas de variación	GL	SC	CM	fc	Ft
Tratamientos	3	20.19	6.73	3.375	2.735
Bloques	24	58.76	2.448	1.228	1.692
Error	72	143.56	1.994		
Total	**99**	**222.51**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se puede observar que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc > ft, por lo que se determinó que sí existe diferencia significativa.

Tabla 21

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del primer panel sensorial

Causas de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**fc**	**Ft**
Tratamientos	3	29.88	9.96	5.211	2.735
Bloques	24	39.5	1.646	0.861	1.692
Error	72	137.62	1.911		
Total	**99**	**207**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se observa que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc > ft, por lo que se determinó que sí existe diferencia significativa.

Tabla 22

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del primer panel sensorial

Causas de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**fc**	**Ft**
Tratamientos	3	26.11	8.703333333	5.238	2.735
Bloques	24	51.96	2.165	1.303	1.692
Error	72	119.64	1.662		
Total	**99**	**197.71**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se muestra que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc > ft, por lo que se determinó que sí existe diferencia significativa.

Tabla 23

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del primer panel sensorial

Causas de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**fc**	**Ft**
Tratamientos	3	58.35	19.45	12.459	2.735
Bloques	24	64.24	2.677	1.715	1.692
Error	72	112.4	1.561		
Total	**99**	**234.99**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se puede analizar que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc > ft, por lo que se determinó que sí existe diferencia significativa.

Por lo anterior se realizó un segundo panel, cuyas formulaciones contenían una menor cantidad de levadura, por lo que se les colocó una distinta codificación: 682 (con 0% de amaranto), 731 (con 10% de amaranto), 528 (con 20% de amaranto) y 325 (con 30% de amaranto) (ver tablas de la 16 a la 19 en las páginas 53 y 54). El análisis de varianza en este panel determinó que los aspectos de textura (compacidad), color y sabor, no presentaron diferencias estadísticas significativas, (Ver apéndices del 9 al 12 en las páginas 94 al 97).

Segundo panel piloto de evaluación sensorial, por medio del test de escala hedónica de 7 puntos.

Tabla 24

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura (compacidad) del segundo panel sensorial

Causas de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	3	4.28	1.427	0.967	2.735
Bloques	24	28.74	1.197	0.812	1.692
Error	72	106.22	1.475		
Total	**99**	**99.39**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se puede observar que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc < ft, por lo que se determinó que no existe diferencia significativa.

Tabla 25

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del segundo panel sensorial

Causas de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	3	2.96	0.986666667	0.812	2.735
Bloques	24	33.74	1.406	1.156	1.692
Error	72	87.54	1.216		
Total	**99**	**124.24**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se observa que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc < ft, por lo que se determinó que no existe diferencia significativa.

Tabla 26

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del segundo panel sensorial

Causas de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**Fc**	**Ft**
Tratamientos	3	8.03	2.676666667	2.932	2.735
Bloques	24	19.96	0.832	0.911	1.692
Error	72	65.72	0.913		
Total	**99**	**93.71**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se muestra que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc > ft, por lo que se determinó que sí existe diferencia significativa.

Tabla 27

Resultados de análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del segundo panel sensorial

Causas de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**Fc**	**Ft**
Tratamientos	3	7.79	2.596666667	2.461	2.735
Bloques	24	15.64	0.652	0.618	1.692
Error	72	75.96	1.055		
Total	**99**	**99.39**			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se puede analizar que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc < ft, por lo que se determinó que no existe diferencia significativa.

Se realizó un análisis de varianza de las medias de cada aspecto que se evaluó en las cuatro formulaciones y sus porcentajes, para determinar sí poseía diferencia estadística significativa.

Tabla 28

Análisis de varianza de cada aspecto evaluado en las cuatro fórmulas del segundo panel de evaluación sensorial

	A	B	C	D		
Bloque	**0%**	**10%**	**20%**	**30%**	**∑**	**∑2**
I	5.68	6.08	5.52	5.68	22.96	527.16
II	5.56	5.84	5.64	6	23.04	530.84
III	5.36	5.8	5.76	6.16	23.08	532.69
IV	5.6	6.28	5.6	5.76	23.24	540.10
∑	22.20	24.00	22.52	23.60	92.32	2130.79
∑2	492.84	576	507.15	556.96	2132.9504	

n =	4
m =	4
Fc =	532.69

Causas de variación	**Sumatoria de cuadrados**	**Grados de libertad**	**Cuadrado medio**	**Factor calculado**	**Factor tabulado**
Tratamiento	0.55	3	0.1833333	4.4594595	1.74
Bloque	0.01	3	0.00333	0.081	1.692
Error	0.37	9	0.0411111		
Total	0.93	15			

Fuente: elaboración propia, 2023.

Se puede observar que, al comparar el factor calculado (fc) con el factor tabulado (ft), fc > ft, por lo que se determinó que sí existe diferencia significativa.

Seguidamente se analizaron los datos por medio del método de Tukey

Prueba de Tuckey

Sx = √Cuadrado de Medias del Error / # repeticiones

q= T tabulada GL Error vrs No. Medias (Ver tabla de Tukey anexo 5 pág. 84)

W=Sx * q

W =0.04111*3.95 = 0.1623

Tabla 29

Prueba de Tukey

Desordenadas	**4**	**1**	**3**	**2**
Muestras	A	B	C	D
	682	731	528	325
Medias	5.55	6.00	5.63	5.90
Ordenadas	**4**	**1**	**3**	**2**
Muestras	B	D	C	A
	731	325	528	682
Medias	6.00	5.90	5.63	5.55
Muestras	**731**	**325**	**528**	**682**
682	0.45	0.35	0.08	0
528	0.37	0.27	0	
325	0.10	0		
731	0.00			

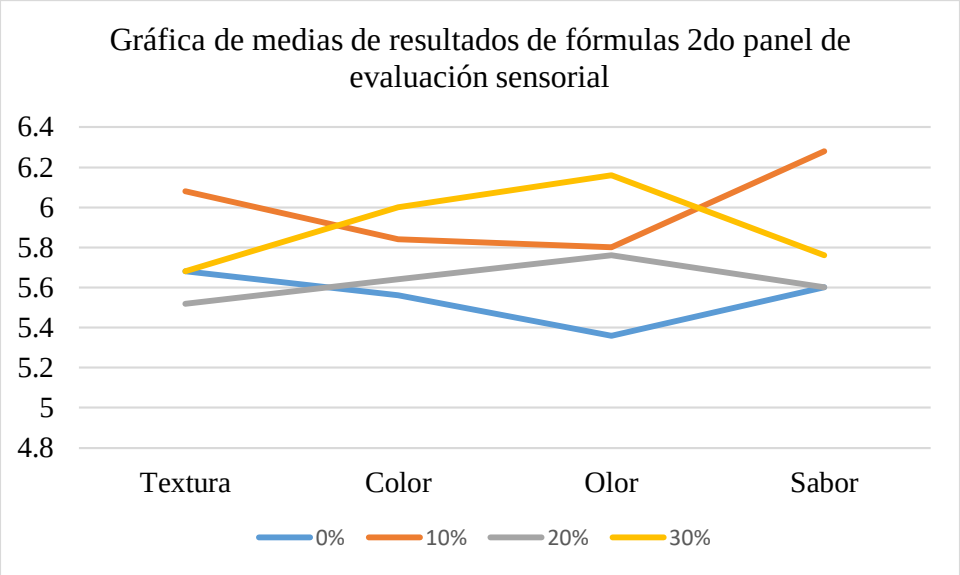
Fuente: elaboración propia, 2023.

Se muestra la prueba de Tukey, en la cual se determinó que no existe diferencia significativa entre las muestras 731 y 325, debido a que la resta entre ambas, es menor al valor comparador de Tukey W = 0.1623, debido a que el valor de la muestra 731 es de 0.00 y el de la 325 es de 0.10.

Finalmente se realizó una gráfica de las medias de los resultados de las fórmulas del segundo panel de evaluación sensorial, con la que se determinó matemáticamente cuál de las fórmulas poseía las mejores características sensoriales.

Gráfica 1

Medias de resultados de fórmulas de segundo panel de evaluación sensorial



Fuente: elaboración propia, 2023.

- Determinar el contenido proteico en el pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y en el sustituido con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), por medio del método Kjeldahl.

Los análisis de proteína fueron obtenidos del laboratorio industrial Análisis Industriales del Sur (ANISUR).

Tabla 30

Resultados de análisis de proteína en las cuatro fórmulas distintas de pan, obtenidos del laboratorio industrial Análisis Industriales del Sur (ANISUR).

Código	Muestra	Parámetro	Dimensional	Límite de detección	Resultado
682	Pan de trigo 100%	Proteína	%	0.04	11.48
731	Amaranto al 10%	Proteína	%	0.04	11.61
528	Amaranto al 20%	Proteína	%	0.04	11.9
323	Amaranto al 30%	Proteína	%	0.04	12.09

Fuente: elaboración propia, 2023.

Los análisis de proteína se realizaron por medio del método de Kjeldahl (ver apéndice 13 en la página 98).

- Comparación del contenido proteico de un pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*), con el sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.).

Se comparó el resultado obtenido de los análisis de las cuatro formulaciones distintas para determinar el porcentaje de proteína extra que poseían los panes sustituidos con harina de amaranto en relación al pan completamente de trigo.

Tabla 31

Porcentajes de proteína extra en los panes de harina de trigo (Triticum aestivum), sustituido parcialmente con harina de amaranto (Amaranthus spp.), en relación al pan de harina de trigo al 100% (Triticum aestivum).

Código	Muestra	Porcentaje de proteína extra al pan de trigo 100%
682	Pan de trigo 100%	0
731	Amaranto al 10%	1.13
528	Amaranto al 20%	3.66
323	Amaranto al 30%	5.31

Fuente: elaboración propia, 2023.

Para obtener la tabla anterior, se calcularon los porcentajes de proteína adicional en el pan sustituido con harina de amaranto, mediante la resta de los resultados de las muestras individuales de pan sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) y de pan con harina de trigo (*Triticum aestivum*). Este resultado se multiplicó por 100 para compararlo con el contenido proteico del pan de trigo (*Triticum aestivum*), lo que permitió obtener los porcentajes de proteína. Se pudo determinar que:

- El pan sustituido con harina de amaranto al 10% posee un 1.13 % de proteína superior al pan de harina de trigo al 100%.
- El pan sustituido con harina de amaranto al 20% posee un 3.66 % de proteína superior al pan de harina de trigo al 100%.
- El pan sustituido con harina de amaranto al 30% posee un 5.31 % de proteína superior al pan de harina de trigo al 100%.

13.2 Discusión de resultados

- Estandarización de la formulación de pan, con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y amaranto (*Amaranthus spp*.), por medio de un panel piloto de evaluación sensorial.

Se realizó la estandarización con el primer panel de evaluación sensorial, dado que las cuatro fórmulas presentaron diferencias estadísticas significativas al momento de realizar el Análisis de Varianza ANDEVA, además de que los panelistas realizaron observaciones de un exceso de levadura en el pan.

En lo referente a textura, no se obtuvieron diferencias significativas entre las cuatro fórmulas. Los tratamientos presentaron promedios muy similares, destacando entre ellas el tratamiento 731 (10% de amaranto), lo que indica que el nivel de sustitución de trigo por amaranto en la muestra no incide en este aspecto sensorial de manera significativa.

En cuanto a color, en la fórmula 325 (30% de amaranto) se obtuvo el mayor promedio, debido a que el porcentaje de harina de amaranto era mayor, el color era más fuerte, por lo que se puede considerar como la mejor característica en este aspecto. La evaluación sensorial demuestra que el amaranto ejerce cierta influencia sobre el color de los panes, pero sin una diferencia estadística significativa.

Para el atributo olor, se evidenció diferencias significativas en las fórmulas. Se observó que el tratamiento 682 (0%) fue el que obtuvo la media más baja en comparación con los demás. El olor del pan es influenciado por múltiples factores. Se puede decir que el pan se ve influenciado por el amaranto, en el olor, dado que el tratamiento que obtuvo la media de mayor tamaño fue el 325 (30% de amaranto). Lo cual indica que el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto sí incide de manera significativa en este aspecto sensorial.

En el atributo sabor, no se observó diferencias significativas entre las cuatro fórmulas. Los tratamientos obtuvieron medias similares, destacando como el de mejor aspecto, el tratamiento 731 (10% de amaranto), lo que indica que el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de amaranto en la muestra no incide en este aspecto sensorial de manera significativa.

En la tabla 29, en la página 65 se presentan los resultados del análisis de Tukey, que se realizó para comparar las medias aritméticas de las cuatro formulaciones de cada aspecto evaluado en el segundo panel de evaluación sensorial. En la tabla 28 en la página 64, se observa que las fórmulas que mejores aspectos poseen son la 731 (10% de amaranto) y la 325 (30% de amaranto) de manera estadística. En el segundo panel de evaluación sensorial, según la gráfica 1 en la página 66, se observó que, en la fórmula de pan sustituido al 10% con harina de amaranto, la textura posee la media más alta, esto debido a que la muestra no contenía tanto amaranto, por lo que el pan es más esponjoso, dado que el amaranto no posee gluten. Por otro lado, el color y olor llamaron la atención, debido a que el pan sustituido al 30% tenía un color tostado, más oscuro que los demás, y al tener mayor cantidad de amaranto, el aroma cambió en gran manera. Además, el sabor con la media más alta fue el sustituido al 10% debido a que el amaranto modificó en gran parte el sabor del pan de trigo en cuanto al sustituido en un 30%.

Finalmente, se determinó, de manera matemática, al observar la gráfica 1, que la fórmula con mejores características sensoriales es la 731 (10% amaranto).

Según los análisis realizados en el laboratorio industrial Análisis Industriales del Sur, (ver apéndice 13 en la página 98), se obtuvo que el pan solo con harina de trigo posee 11.48 de proteína, el sustituido al 10% un 11.61, el sustituido al 20% un 11.90 y al 30% un 12.09. Por lo que se puede determinar que sí hubo un aumento en la proteína del pan de harina de trigo al adicionar harina de amaranto.

Al momento de comparar los resultados del laboratorio, se obtuvieron los porcentajes de la proteína adicional en el pan sustituido con harina de amaranto. Por lo que se determinó que la fórmula sustituida al 30% (325) contiene un 5.33% adicional. Debido a que está contiene más de un 5% de proteína extra, el cual sería el porcentaje de la ingesta diaria en relación al contenido de proteína de trigo, se indica que el cambio es significativo, al momento de analizar los datos.

Conclusiones

14.1. Se rechaza la hipótesis debido a que existe diferencia estadística entre los tratamientos, presentando mayor aceptabilidad los tratamientos 731 (10% amaranto) y 325 (30% amaranto), dado que ambos cuentan con las mejores características sensoriales, pero difieren estadísticamente de los tratamientos 682 y 528.

14.2. Al observar los resultados de los paneles de evaluación sensorial y los resultados de los análisis proteicos, únicamente en el aspecto de olor se presenta una diferencia significativa indicando así que es el único en el que incide la harina de amaranto, y en los resultados de los análisis se determina que la sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) sí incide en el contenido de proteínas, comparado con las recomendaciones dietéticas diarias, dado que es mayor al 5 %, si ésta se realiza en un 30% del contenido de harina.

14.3. La estandarización de la formulación de pan con harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) se realizó con el primer panel de evaluación sensorial, el cual dio paso a un segundo, donde se obtuvo la fórmula 731 sustituida al 10%, que presenta en promedio las mejores características sensoriales.

14.4. Se determinó que el contenido proteico del pan desabrido elaborado con harina de trigo al 100 % (*Triticum aestivum*) es de 11.48 de proteína, el pan sustituido en un 10% con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) posee 11.61 de proteína, el sustituido con 20% contiene 11.90 de proteína y el sustituido con 30% 12.09 de proteína, siendo este el de mayor cantidad proteica.

14.5. Al comparar el contenido proteico de las diversas fórmulas de pan sustituido parcialmente con harina de amaranto con el de harina de trigo, se determinó que el pan sí aumenta el contenido proteico al adicionar harina de amaranto y se identificó que el

pan sustituido al 30%, sí posee más del 5% de proteína adicional en relación al contenido de proteína de trigo, por lo que se determinó que el cambio es significativo, ya que este sería el porcentaje de la ingesta diaria en relación al contenido de proteína de trigo.

Recomendaciones

15.1. Sustituir el pan de harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp.*), en un 40% y un 60%, para identificar si esta incide en todas las características sensoriales.

15.2. Estandarizar formulaciones de pan de harina de trigo (*Triticum aestivum*) sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp.*), con un contenido de harina de amaranto al 40 % y 60 %, para determinar si incide en mayor cantidad en las características sensoriales.

15.3. Realizar la determinación proteica en el pan desabrido elaborado con harina de trigo (*Triticum aestivum*) y en el sustituido con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), por medio de otros métodos, para comparar si existe diferencia significativa en los resultados de estos.

15.4. Comparar análisis proteicos de formulaciones de pan de trigo (*Triticum aestivum*) sustituido parcialmente con harina de amaranto (*Amaranthus spp*.), al 40% y 60%, para identificar qué porcentajes de proteína extra poseen las formulaciones.

Referencias

Álvarez, J. B., Martín, A. y Martín, L.M. (2000). *Uso de especies y cultivos infrautilizados en la mejora de la calidad en cereales.* https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8041307

Avelar, L. F. (1 de 2014). *Elaboración de una pasta tipo mantequilla a base de semilla de girasol (Helianthus annus) con características fisicoquímicas y nutricionales de acuerdo a la legislación alimentaria de Guatemala.* [Tesis, Ingeniería en Alimentos. Centro Universitario de Sur Occidente. CUNSUROC. Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/775/1/22Tg%28601%29Ali%20FERNANDO%20AVELAR.pdf

Bello Gutiérrez, J. (2000). *Ciencia bromatológica principios generales de los alimentos.* Ediciones Díaz de Santos S.A. https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/ciencia-bromatologica.pdf

Benítez Burraco, A. (2005). *Avances Recientes en Biotecnólogía vegetal e Ingeniería genética de plantas.* Editorial Reverté. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=257380

Bustos Romo-Leroux, D. F. (2015). *Estudio de la sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de amaranto crudo y cocido en la elaboración de pan*. [Tesis, Ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial]. https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14307/1/63857_1.pdf

Catania, C., y Avagnina, S. (2007). *Curso superior de degustación de vinos.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA. Biblioteca Estación Experimental Agropecuaria Mendoza. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-29__el_anlisis_sensorial.pdf

Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo. CIMMYT. (2001). *Análisis de riesgo para el trigo genéticamente modificado*. http://star.iminent.com/StarWeb/3082/homepage/#q=clasificacion%20trigos%20CIMMYT&p=3

Coll Morales, F. (1 de 5 de 2020). *Estandarización.* https://economipedia.com/definiciones/estandarizacion.html

Cubero Salmerón, J. I. (2003). *Introducción a la mejora genética vegetal*. (2a. ed). Editorial Mundi-Prensa. https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766551/introduccion-a-la-mejora-genetica-vegetal

García Martínez, E. y Fernández Segovia, I. (2012). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl Valoración con un ácido fuerte*.[Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València.] https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf

García Ortíz, L. Á. (5 de 2016). *Propuesta de innovación de una galleta como alimento funcional usando harina de amaranto.* [Tesis, Licenciatura en Gastronomía. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Tenancingo]. http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/66298

Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke,S., Courtin, C., Gebruers, K. y Delcour, J. (2005). *Trends in food science & technology. 7 (1*6), 23-25. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224404001906

HerbaZest. (27 de 4 de 2023). *Amaranto*. https://www.herbazest.com/es/hierbas/amaranto

Herrera, S. D. y Montenegro, A. (24 de septiembre de 2012). Amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida. *Journal Kalpana*, (8), 50-66. https://www.academia.edu/17770470/El_Amaranto_prodigioso_alimento_para_la_longevidad_y_la_vida

Jiménez Mazaran, C.A. y Landa Robles, Y.C. (11 de 2018). *Propiedades nutricionales y funcionales de las distintas harinas utilizadas para la elaboración de un pan de alto valor nutricional*. [Tesis de grado, Licenciatura en Nutrición Humana. Universidad Estatal de Milagro. Facultad de Ciencias de la Salud]. https://n9.cl/rhsj

Matías Luis, G., Hernández Hernández, B. R.,Peña Caballero, V., Torres López, N.G., Espinoza Martínez, V. A., y Ramírez Pacheco, L. (22 de 03 de 2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus Spp*.). *Journal JONNPR,3*(6), 423-436. DOI: 10.19230/jonnpr.2410.

Menchú, M. T., y Méndez, H. (2 de 2012). *Tabla de composición de los alimentos de Centroamérica, 2*, 30-60. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. INCAP. Organización Panamericana de la Salud. OPS. http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAlimentos.pdf

Mesas, J. M., y Alegre, M. T. (12 de 05 de 2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria, 3*(5), 307-313. https://www.redalyc.org/pdf/724/72430508.pdf

Monroy Santiago, L.A., Martir Santiago,G., Hernández Martínez, A. Marcos Santiago, S. y Rojas de la Cruz, B. (29 de 6 de 2018). *Elementos de simulación (Panadería Don Baguetto).* Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca. https://es.scribd.com/document/387261307/Elementos-de-simulacion#

Nieto Cabrera, C. (09 de 1989). *El cultivo de Amaranto Amaranthus spp. una alternativa agronómica para Ecuador*. INIAP. Publicación Miscelánea. https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2688/1/iniapscpm52.pdf

Norma Guatemalteca Obligatoria. COGUANOR. (29 de 3 de 1982). *Etiquetado de productos alimenticios para consumo humano, [034 039]*. http://www.atpconsultores.com/conservasymermeladas/normas/COGUANOR%20NGO%2034%20039%201a.%20Revisi%C3%B3n%20Etiquetado%20Product.%20envasados.pdf

Peralta, E., Villacrés, E., Mazón, N., Rivera, M., y Subia, C. (11 de 2008). *El Ataco, Sangorache o Amaranto Negro (Amaranthus hybridus L.) en Ecuador*. INIAP. Publicación Miscelánea No.143 https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2710/1/iniapscpm143.pdf

Pilataxi Yupa, M. A. (2013). *Elaboración y evaluación nutritiva y nutracéutica de pan con harina de amaranto (Amaranthus caudatus)*. [Tesis de grado, Bioquímica Farmacéutica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2566/1/56T00333.pdf

Prieto, J. M. (2010). *Estudio del proceso de expansión de semillas de amaranto mediante espectros dieléctricos*.[Master en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universitat Politècnica de València]. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/691463

Ruíz Allara, A. R. (10 de 2015). *Las propiedades del amaranto y su incorporación a la gastronomía guatemalteca.* https://glifos.umg.edu.gt/digital/91054.pdf

Salud Diez. (12 de 6 de 2020). *Propiedades del amaranto: un alimento ancestral*. https://www.saluddiez.com/propiedades-del-amaranto-un-alimento-ancestral/

Shewry, P. R. y Halford, N.G. (2002). Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*, *53*(370) 947-958. DOI: 10.1093/jexbot/53.370.947

Silva Sánchez, C. (marzo de 2007). *Caracterización fisicoquímica y nutracéutica de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) cultivado en San Luis Potosí.* [Posgrado en Biología Molecular. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. IPICYT]. https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/767/3/TDIPICYTS5C32007.pdf

Wittig de Penna, E. (2001*). Evaluación Sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos*. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/

Yela Molina, A. (agosto de 2004). *Determinación de proteínas, cenizas, sólidos totales, humedad, grado de imbibición, pH y cloruro de sodio de diferentes marcas de pan blanco tipo sandwich de consumo masivo en Guatemala*. [Tesis de Pregrado, Químico Farmacéutico. Facultad De Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala]. https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF893.pdf

Vo. Bo. _____

Lcda. Ana Teresa de González.

Bibliotecaria CUNSUROC.

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR-OCCIDENTE - U.S.A.C. - Mazatenango - BIBLIOTECA

Anexos

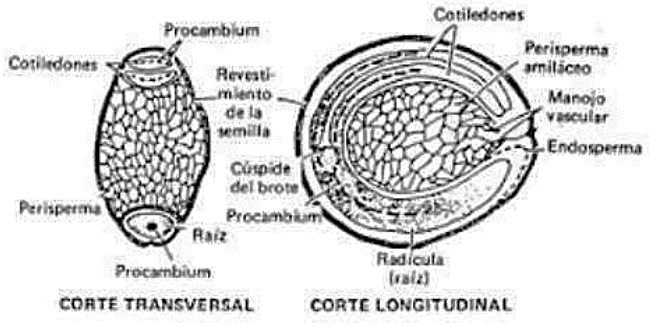
Anexo 1

Propiedades medicinales del amaranto

Fuente: HerbaZest. (27 de 4 de 2023). *Amaranto*. https://www.gherbazest.com/es/hierbas/amaranto

Anexo 2

La semilla de amaranto y sus partes



Fuente: Prieto, J. M. (2010). Estudio del proceso de expansión de semillas de amaranto mediante espectros dieléctricos. [Master en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universitat Politècnica de València]. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/691463

Anexo 3

Composición nutrimental del amaranto

Nutriente	Contenido por cada 100g
Agua	11.29
Kcal	371 kcal
Proteínas	13-19g
Grasas totales	2-10 g
Carbohidratos	65.25g
Almidón	60g
Calcio	1.59 mg
Hierro	7.61mg
Magnesio	248 mg
Vitamina C	4.2 mg
Tiamina	0.116 mg
Riboflavina	0.200 mg
Niacina	0.923 mg
Vitamina E	1.19 mg
Vitamina B6	0.591 mg
Ácidos grasos saturados	1,459g
Ácidos grasos monoinsaturados	1,685g
Ácidos grasos poliinsaturados	2,778g
Fitoesteroles	24 mg
Escualeno	1-7.3 g

Fuente: Salud Diez. (12 de 6 de 2020). Propiedades del amaranto: un alimento ancestral. https://www.saluddiez.com/propiedades-del-amaranto-un-alimento-ancestral/

Anexo 4

Tabla de valor nutricional del amaranto comparado con cereales comunes

	Amaranto	**Arroz**	**Trigo**	**Maíz amarillo**	**Avena**
Fibra Dietética	14,5 g	6.5 g	10.7 g	9.4 g	16.9 g
Proteína	9,3 g	2.8 g	14.1 g	7.3 g	10.6 g
Grasas	6.5 g	0.5 g	2.0 g	4.7 g	6.9 g
Carbohidratos	66.2 g	79.2 g	75.4 g	74.3 g	66.3 g
Calcio	153.9 mg	3.0 mg	34.0 mg	7.0 mg	54.0 mg
Hierro	7.6 mg	4.23 mg	5.4 mg	2.7 mg	4.7 mg
Calorías	374.0 kcal	358.0 kcal	340.0 kcal	365.0 kcal	389.0 kcal

Fuente: Menchú, M. T., & Méndez, H. (2 de 2012). Tabla de composición de los alimentos de Centroamérica, 2, 30-60. Instituto de nutrición de Centro América y Panamá. INCAP. Organización Panamericana de la salud. OPS. http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAlimentos.pdf

Anexo 5

Tabla de Tukey

			v_1			
v_2	α		2	3	4	5
		0.05	18	29.98	32.82	37.08
1		0.01	90.03	135	164.3	185.6
		0.05	6.1	8.33	9.8	10.88
2		0.01	14.04	19.02	22.29	24.72
		0.05	4.5	5.91	6.82	7.5
3		0.01	8.26	10.62	12.17	13.33
		0.05	3.93	5.04	5.76	6.29
4		0.01	6.51	8.12	9.17	9.96
		0.05	3.64	4.6	5.22	5.67
5		0.01	5.7	6.97	7.8	8.42
		0.05	3.46	4.34	4.9	5.31
6		0.01	5.24	6.33	7.03	7.56
		0.05	3.34	4.16	4.68	5.06
7		0.01	4.95	5.92	6.54	7.01
		0.05	3.26	4.04	4.53	4.89
8		0.01	4.74	5.63	6.2	6.63
		0.05	3.2	3.95	4.42	4.76
9		0.01	4.6	5.43	5.96	6.35
		0.05	3.15	3.88	4.33	4.65
10		0.01	4.48	5.27	5.77	6.14

Fuente: Avelar, L. F. (1 de 2014). Elaboración de una pasta tipo mantequilla a base de semilla de girasol (Helianthus annus) con características fisicoquímicas y nutricionales de acuerdo a la legislación alimentaria de Guatemala. [Tesis, Ingeniería en Alimentos. Centro Universitario de Sur Occidente. CUNSUROC. Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/775/1/22Tg%28601%29Ali%20FERNANDO%20AVELAR.pdf

Anexo 6

Tabla de t-student

alfa =		**0.05**	**grados de libertad del numerador**								
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	20	60
1	161.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	248	252.2
2	18.5	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.45	19.48
3	10.1	9.3	9.1	9.0	8.9	8.9	8.8	8.8	8.8	8.66	8.572
4	7.7	6.6	6.4	6.3	6.2	6.1	6.0	6.0	6.0	5.803	5.688
5	6.6	5.4	5.2	5.1	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7	4.558	4.431
6	6.0	4.8	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.1	4.1	3.874	3.74
7	5.6	4.3	4.1	4.0	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6	3.445	3.304
8	5.3	4.1	3.8	3.7	3.6	3.5	3.4	3.4	3.3	3.15	3.005
9	5.1	3.9	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	2.937	2.787
10	5.0	3.7	3.5	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	3.0	2.774	2.621
11	4.8	3.6	3.4	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9	2.9	2.646	2.49
12	4.7	3.5	3.3	3.1	3.0	2.9	2.8	2.8	2.8	2.544	2.384
13	4.7	3.4	3.2	3.0	2.9	2.8	2.8	2.7	2.7	2.459	2.297
14	4.6	3.3	3.1	3.0	2.8	2.8	2.7	2.6	2.6	2.388	2.223
15	4.5	3.3	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	2.328	2.16
16	4.5	3.2	3.0	2.9	2.7	2.7	2.6	2.5	2.5	2.276	2.106
17	4.5	3.2	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.23	2.058
18	4.4	3.2	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.191	2.017
19	4.4	3.1	2.9	2.7	2.6	2.5	2.5	2.4	2.4	2.156	1.98
20	4.4	3.1	2.9	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.124	1.946
21	4.3	3.1	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.096	1.917
22	4.3	3.0	2.8	2.7	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.071	1.889
23	4.3	3.0	2.8	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.048	1.865
24	4.3	3.0	2.8	2.6	2.5	2.4	2.4	2.3	2.3	2.027	1.842
25	4.2	3.0	2.8	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.008	1.822
26	4.2	3.0	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	1.99	1.803
27	4.2	3.0	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	1.974	1.785
28	4.2	2.9	2.7	2.6	2.4	2.4	2.3	2.2	2.2	1.959	1.769
29	4.2	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	1.945	1.754
30	4.2	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	1.932	1.74
40	4.1	2.8	2.6	2.4	2.3	2.2	2.2	2.1	2.1	1.839	1.637
50	4.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1.784	1.576
60	4.0	2.8	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0	2.0	1.748	1.534
70	4.0	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	1.722	1.505

Fuente: Avelar, L. F. (1 de 2014). Elaboración de una pasta tipo mantequilla a base de semilla de girasol (Helianthus annus) con características fisicoquímicas y nutricionales de acuerdo a la legislación alimentaria de Guatemala. [Tesis, Ingeniería en Alimentos. Centro Universitario de Sur Occidente. CUNSUROC. Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/775/1/22Tg%28601%29Ali%20FERNANDO%20AVELAR.pdf

Apéndices

Apéndice 1

Boleta de evaluación sensorial (Prueba de escala hedónica verbal)

NOMBRE: _____ FECHA: _____HORA: _____

Instrucciones: a continuación, encontrará frente a usted cuatro muestras de pan, tres con distintos porcentajes de harina de amaranto y una completamente de trigo. Por favor, indique su nivel de agrado con cada una, acorde a la escala hedónica de 7 puntos.

Olor					
No.	Categoría	Formulaciones			
7	Me gusta mucho				
6	Me gusta				
5	Me gusta ligeramente				
4	Indiferente				
3	Me disgusta ligeramente				
2	Me disgusta				
1	Me disgusta mucho				

OBSERVACIONES: _____

_____

¡Gracias por el tiempo concedido!

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 2

Boleta de evaluación sensorial (Prueba de escala hedónica verbal)

NOMBRE: _____ FECHA: _____HORA: _____

Instrucciones: a continuación, encontrará frente a usted cuatro muestras de pan, tres con distintos porcentajes de harina de amaranto y una completamente de trigo. Por favor, indique su nivel de agrado con cada una, acorde a la escala hedónica de 7 puntos.

Sabor					
No.	Categoría	Formulaciones			
7	Me gusta mucho				
6	Me gusta				
5	Me gusta ligeramente				
4	Indiferente				
3	Me disgusta ligeramente				
2	Me disgusta				
1	Me disgusta mucho				

OBSERVACIONES: _____

_____

¡Gracias por el tiempo concedido!

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 3

Boleta de evaluación sensorial (Prueba de escala hedónica verbal)

NOMBRE: _____ FECHA: _____HORA: _____

Instrucciones: a continuación, encontrará frente a usted cuatro muestras de pan, tres con distintos porcentajes de harina de amaranto y una completamente de trigo. Por favor, indique su nivel de agrado con cada una, acorde a la escala hedónica de 7 puntos.

Color					
No.	Categoría	Formulaciones			
7	Me gusta mucho				
6	Me gusta				
5	Me gusta ligeramente				
4	Indiferente				
3	Me disgusta ligeramente				
2	Me disgusta				
1	Me disgusta mucho				

OBSERVACIONES: _____

_____

¡Gracias el tiempo concedido!

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 4

Boleta de evaluación sensorial (Prueba de escala hedónica verbal)

NOMBRE: _____ FECHA: _____HORA: _____

Instrucciones: a continuación, encontrará frente a usted cuatro muestras de pan, tres con distintos porcentajes de harina de amaranto y una completamente de trigo. Por favor, indique su nivel de agrado con cada una, acorde a la escala hedónica de 7 puntos.

Textura (compacidad)					
No.	Categoría	Formulaciones			
7	Me gusta mucho				
6	Me gusta				
5	Me gusta ligeramente				
4	Indiferente				
3	Me disgusta ligeramente				
2	Me disgusta				
1	Me disgusta mucho				

OBSERVACIONES: _____

_____

¡Gracias por el tiempo concedido!

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 5

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura del primer panel sensorial

Textura

Jueces	Muestra 0%(593)	Muestra 10% (854)	Muestra 20%(237)	Muestra 30%(490)	∑	∑²
1	3	6	7	4	20	400
2	5	7	6	7	25	625
3	3	5	5	4	17	289
4	6	4	5	3	18	324
5	4	3	5	7	19	361
6	3	7	6	5	21	441
7	6	4	6	3	19	361
8	1	5	5	7	18	324
9	5	7	5	6	23	529
10	3	7	2	3	15	225
11	5	5	6	6	22	484
12	7	6	5	6	24	576
13	4	7	6	6	23	529
14	5	6	4	3	18	324
15	5	3	6	7	21	441
16	3	7	4	6	20	400
17	3	4	4	4	15	225
18	2	6	7	6	21	441
19	3	4	6	5	18	324
20	7	6	6	6	25	625
21	7	5	7	6	25	625
22	5	7	7	4	23	529
23	7	5	4	3	19	361
24	4	7	6	6	23	529
25	3	6	3	3	15	225
∑	**109**	**139**	**133**	**126**	**507**	**10517**
∑²	**11881**	**19321**	**17689**	**15876**	**64767**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	20.19	6.73	3.375	2.735
BLOQ	24	58.76	2.448	1.228	1.692
ERROR	72	143.6	1.994		
TOTAL	99	222.5			

Suma	109	139	133	126
Media	4.36	5.56	5.32	5.04
Suma total (x..)	507			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	20.19
Scbloque	58.76
Sctotal=	222.5
Scerror=	143.6

Sí existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023

Apéndice 6

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del primer panel sensorial

Color

Jueces	Muestra 0%(593)	Muestra 10% (854)	Muestra 20%(237)	Muestra 30%(490)	∑	∑²
1	2	5	7	6	20	400
2	6	5	6	7	24	576
3	7	6	5	4	22	484
4	6	6	5	3	20	400
5	2	4	6	7	19	361
6	3	6	3	5	17	289
7	7	6	6	5	24	576
8	2	5	7	5	19	361
9	6	7	6	6	25	625
10	4	5	6	6	21	441
11	5	5	6	6	22	484
12	3	5	7	5	20	400
13	2	7	6	5	20	400
14	5	6	4	4	19	361
15	3	5	6	7	21	441
16	5	7	6	5	23	529
17	3	4	5	5	17	289
18	2	6	7	7	22	484
19	4	4	6	6	20	400
20	4	4	6	6	20	400
21	6	5	4	4	19	361
22	6	7	5	5	23	529
23	7	5	4	3	19	361
24	2	7	7	5	21	441
25	3	3	5	2	13	169
∑	**105**	**135**	**141**	**129**	**510**	**10562**
∑²	**11025**	**18225**	**19881**	**16641**	**65772**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	29.88	9.96	5.211	2.735
BLOQ	24	39.5	1.646	0.861	1.692
ERROR	72	137.6	1.911		
TOTAL	99	207			

Suma	105	135	141	129
Media	4.2	5.4	5.64	5.16
Suma total (x..)	510			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	29.88
Scbloque	39.5
Sctotal=	207
Scerror=	137.6

Sí existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 7

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del primer panel sensorial

Olor

Jueces	Muestra 0%(593)	Muestra 10% (854)	Muestra 20%(237)	Muestra 30%(490)	∑	∑²
1	1	4	4	6	15	225
2	6	5	7	6	24	576
3	6	4	5	4	19	361
4	5	3	3	7	18	324
5	3	4	6	7	20	400
6	5	5	6	6	22	484
7	5	6	7	5	23	529
8	2	5	7	6	20	400
9	7	5	4	6	22	484
10	6	5	6	4	21	441
11	5	6	6	6	23	529
12	6	6	7	6	25	625
13	3	6	6	7	22	484
14	3	5	4	4	16	256
15	4	7	7	7	25	625
16	3	6	7	6	22	484
17	3	4	5	5	17	289
18	3	7	7	6	23	529
19	4	3	7	6	20	400
20	3	7	7	6	23	529
21	3	5	5	6	19	361
22	6	5	3	4	18	324
23	7	3	5	5	20	400
24	7	7	6	7	27	729
25	6	6	5	6	23	529
∑	**112**	**129**	**142**	**144**	**527**	**11317**
∑²	**12544**	**16641**	**20164**	**20736**	**70085**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	26.11	8.70333333	5.238	2.735
BLOQ	24	51.96	2.165	1.303	1.692
ERROR	72	119.6	1.662		
TOTAL	99	197.7			

Suma	112	129	142	144
Media	4.48	5.16	5.68	5.76
Suma total (x..)	527			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	26.11
Scbloque	51.96
Sctotal=	197.7
Scerror=	119.6

Sí existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 8

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del primer panel sensorial

Sabor

Jueces	Muestra 0%(593)	Muestra 10% (854)	Muestra 20%(237)	Muestra 30%(490)	∑	∑²
1	2	5	6	7	20	400
2	5	6	6	7	24	576
3	5	6	6	4	21	441
4	5	5	4	3	17	289
5	1	6	5	4	16	256
6	3	7	7	6	23	529
7	6	5	4	6	21	441
8	2	5	6	6	19	361
9	5	6	6	7	24	576
10	2	5	1	4	12	144
11	5	6	6	6	23	529
12	5	3	6	6	20	400
13	4	7	7	6	24	576
14	2	6	5	4	17	289
15	3	7	6	5	21	441
16	5	7	7	6	25	625
17	3	3	4	4	14	196
18	2	7	7	5	21	441
19	3	6	7	6	22	484
20	4	6	5	7	22	484
21	3	5	6	3	17	289
22	5	6	6	3	20	400
23	7	6	5	3	21	441
24	3	6	5	6	20	400
25	3	5	3	6	17	289
∑	**93**	**142**	**136**	**130**	**501**	**10297**
∑²	**8649**	**20164**	**18496**	**16900**	**64209**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	58.35	19.45	12.459	2.735
BLOQ	24	64.24	2.677	1.715	1.692
ERROR	72	112.4	1.561		
TOTAL	99	235			

Suma	93	142	136	130
Media	3.72	5.68	5.44	5.2
Suma total (x..)	501			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	58.35
Scbloque	64.24
Sctotal=	235
Scerror=	112.4

Sí existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 9

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de textura (compacidad) del segundo panel sensorial

Textura

Jueces	Muestra 0% (682)	Muestra 10% (731)	Muestra 20% (528)	Muestra 30% (325)	∑	∑²
1	7	6	5	6	24	576
2	6	5	4	7	22	484
3	7	5	5	4	21	441
4	6	5	5	6	22	484
5	7	7	1	6	21	441
6	5	6	6	6	23	529
7	6	6	7	6	25	625
8	7	7	7	5	26	676
9	7	7	7	6	27	729
10	5	7	5	6	23	529
11	6	6	7	6	25	625
12	7	7	3	3	20	400
13	6	6	5	6	23	529
14	5	7	7	6	25	625
15	7	6	7	5	25	625
16	4	6	2	5	17	289
17	5	6	7	5	23	529
18	6	7	6	7	26	676
19	6	4	6	5	21	441
20	5	7	6	6	24	576
21	4	7	6	5	22	484
22	6	6	5	6	23	529
23	5	4	6	7	22	484
24	3	7	6	6	22	484
25	4	5	7	6	22	484
∑	**142**	**152**	**138**	**142**	**574**	**13294**
∑²	**20164**	**23104**	**19044**	**20164**	**82476**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	4.28	1.427	0.967	2.735
BLOQ	24	28.74	1.197	0.812	1.692
ERROR	72	106.2	1.475		
TOTAL	99	139.2			

Suma (Xi)	142	152	138	142
Media	5.68	6.08	5.52	5.68
Suma total (x..)	574			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	4.28
Scbloque	28.74
Sctotal=	139.2
Scerror=	106.2

No existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 10

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de color del segundo panel sensorial.

Color

Jueces	Muestra 0% (682)	Muestra 10% (731)	Muestra 20% (528)	Muestra 30% (325)	∑	∑²
1	5	5	7	7	24	576
2	7	5	5	6	23	529
3	7	5	4	3	19	361
4	6	3	5	6	20	400
5	4	5	6	7	22	484
6	7	6	7	7	27	729
7	5	5	6	6	22	484
8	6	4	6	7	23	529
9	6	7	7	6	26	676
10	6	7	7	6	26	676
11	7	6	6	7	26	676
12	7	6	6	7	26	676
13	7	7	4	5	23	529
14	7	6	5	4	22	484
15	5	7	6	6	24	576
16	6	7	5	6	24	576
17	3	7	6	7	23	529
18	5	6	6	6	23	529
19	7	5	6	7	25	625
20	5	6	5	6	22	484
21	6	6	5	6	23	529
22	5	7	5	5	22	484
23	3	5	5	7	20	400
24	3	6	4	4	17	289
25	4	7	7	6	24	576
∑	**139**	**146**	**141**	**150**	**576**	**13406**
∑²	**19321**	**21316**	**19881**	**22500**	**83018**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	2.96	0.986666667	0.812	2.735
BLOQ	24	33.74	1.406	1.156	1.692
ERROR	72	87.54	1.216		
TOTAL	99	124.2			

Suma (Xi)	139	146	141	150
Media	5.56	5.84	5.64	6
Suma total (x..)	576			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	2.96
Scbloque	33.74
Sctotal=	124.2
Scerror=	87.54

No existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 11

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de olor del segundo panel sensorial

Olor

Jueces	Muestra 0% (682)	Muestra 10% (731)	Muestra 20% (528)	Muestra 30% (325)	∑	∑²
1	5	4	6	7	22	484
2	6	7	5	5	23	529
3	6	5	6	5	22	484
4	6	5	6	7	24	576
5	4	5	7	6	22	484
6	5	7	6	6	24	576
7	4	6	5	4	19	361
8	5	5	6	7	23	529
9	6	7	6	6	25	625
10	5	7	7	7	26	676
11	4	4	6	6	20	400
12	7	6	5	6	24	576
13	5	6	4	6	21	441
14	6	5	5	6	22	484
15	5	6	6	7	24	576
16	6	7	2	6	21	441
17	6	6	7	7	26	676
18	6	5	6	6	23	529
19	5	6	7	5	23	529
20	5	7	7	7	26	676
21	7	5	6	7	25	625
22	6	5	5	6	22	484
23	5	6	6	7	24	576
24	4	7	7	6	24	576
25	5	6	5	6	22	484
∑	**134**	**145**	**144**	**154**	**577**	**13397**
∑²	**17956**	**21025**	**20736**	**23716**	**83433**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	8.03	2.676666667	2.932	2.735
BLOQ	24	19.96	0.832	0.911	1.692
ERROR	72	65.72	0.913		
TOTAL	99	93.71			

Suma (Xi)	134	145	144	154
Media	5.36	5.8	5.76	6.16
Suma total (x..)	577			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	8.03
Scbloque	19.96
Sctotal=	93.71
Scerror=	65.72

Sí existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 12

Análisis de varianza con ANDEVA del aspecto de sabor del segundo panel sensorial

Sabor

Jueces	Muestra 0% (682)	Muestra 10% (731)	Muestra 20% (528)	Muestra 30% (325)	∑	∑²
1	6	7	6	6	25	625
2	7	6	5	7	25	625
3	7	5	5	6	23	529
4	7	7	3	4	21	441
5	5	5	7	7	24	576
6	5	7	7	7	26	676
7	6	7	6	4	23	529
8	7	6	7	6	26	676
9	6	6	7	6	25	625
10	6	5	7	6	24	576
11	6	6	5	5	22	484
12	6	7	6	4	23	529
13	6	7	4	5	22	484
14	5	6	5	6	22	484
15	6	7	5	5	23	529
16	6	7	4	5	22	484
17	5	6	6	7	24	576
18	6	6	5	6	23	529
19	5	5	4	6	20	400
20	4	7	5	5	21	441
21	5	5	6	5	21	441
22	6	6	6	6	24	576
23	5	7	6	7	25	625
24	4	7	6	7	24	576
25	3	7	7	6	23	529
∑	**140**	**157**	**140**	**144**	**581**	**13565**
∑²	**19600**	**24649**	**19600**	**20736**	**84585**	

CV	GL	SC	CM	fc	ft
TRAT	3	7.79	2.596666667	2.461	2.735
BLOQ	24	15.64	0.652	0.618	1.692
ERROR	72	75.96	1.055		
TOTAL	99	99.39			

Suma (Xi)	140	157	140	144
Media	5.6	6.28	5.6	5.76
Suma total (x..)	581			
ni=	25	25	25	25
N=	100		K=	25

Sctrat=	7.79
Scbloque	15.64
Sctotal=	99.39
Scerror=	75.96

No existe diferencia significativa

Fuente: elaboración propia, 2023.

Apéndice 13

Análisis proteico de las cuatro formulaciones distintas del laboratorio DUBÓN, análisis industriales del sur.

LABORATORIO CLINICO DUBON RETALHULEU

ANISUR ANALISIS INDUSTRIALES DEL SUR

EMPRESA: FACULTAD DE INGENIERIA EN ALIMENTOS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
CLIENTE: MILENA ALESSANDRA CHOCANO ATTILI
LUGAR: MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ
RESPONSABLE TOMA DE MUESTRA: MILENA ALESSANDRA CHOCANO ATTILI
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: MUESTRA INGRESADA EN BOLSA ZIPLOC
CODIGO DE MUESTRA: 1122 / 1123 / 1124 / 1125
FECHA DE RECEPCIÓN: 27 DE MARZO 2023
HORA DE INGRESO: 07:53:29
MUESTRA: PAN DE TRIGO 100%, CON AMARANTO (10%, 20%, 30%)
FECHA DE ENTREGA: 05 DE ABRIL 2023
HORA DE ENTREGA: 13:24:25

INFORME DE RESULTADOS

CÓDIGO	MUESTRA	PARÁMETRO	DIMENSIONAL	LIMITE DE DETECCIÓN	RESULTADO	METODOLOGÍA (*)
1122	PAN DE TRIGO 100%	Proteína	%	0.04	11.48	Proteína, Det. KJELDAHL
1123	PAN DE TRIGO CON AMARANTO 10%	Proteína	%	0.04	11.61	Proteína, Det. KJELDAHL
1124	PAN DE TRIGO CON AMARANTO 20%	Proteína	%	0.04	11.90	Proteína, Det. KJELDAHL
1125	PAN DE TRIGO CON AMARANTO 30%	Proteína	%	0.04	12.09	Proteína, Det. KJELDAHL

* Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL 19th Edition 2,012.

ANISUR ANALISIS INDUSTRIALES DEL SUR
4a. Av. 5-17 Z. 1, Retalhuleu
Tel.: 7771 5108

LIC. DAVID HUMBERTO DUBON N.
QUIMICO BIOLOGO
COLEGIADO No. 1,142

LIC. DAVID HUMBERTO DUBON N.
QUIMICO BIOLOGO
COLEGIADO 1,142

labdubonreu@hotmail.com

LABORATORIO CLÍNICO DUBÓN RETALHULEU / DIVISIÓN INDUSTRIAL ANISUR
4a. Av. 5-17 Zona 1 Retalhuleu, Guatemala, C.A. Tel: (502) 7771 5108 Tel/Fax: (502) 7771 5771

Fuente: laboratorio clínico DUBÓN, división industrial ANISUR, 2023.

Apéndice 14

Recepción de la materia prima

Fuente: elaboración propia, 2023

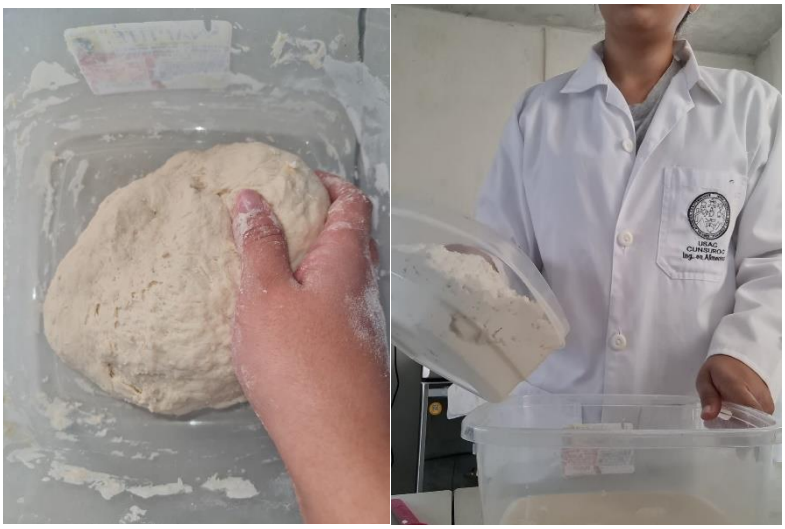
Apéndice 15

Pesado de materiales: harina, levadura, agua, azúcar y sal.

Fuente: elaboración propia, 2023

Apéndice 16

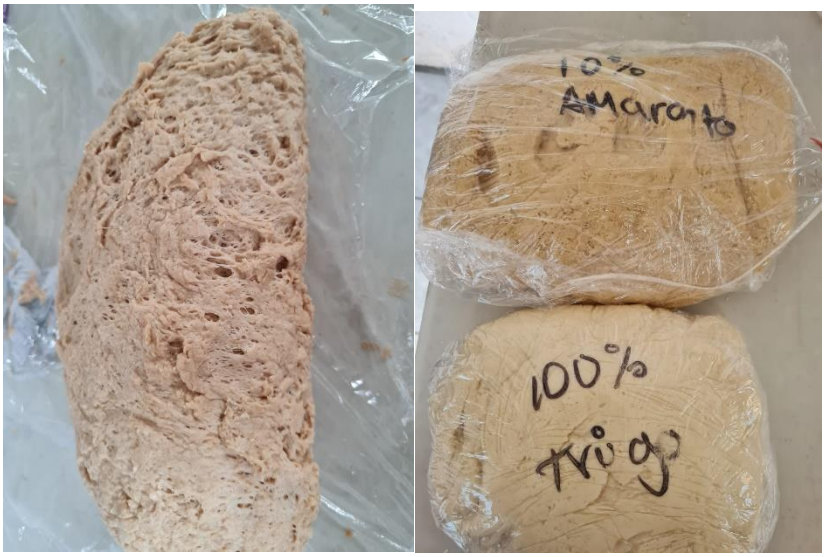
Mezclado y amasado de todos los ingredientes.



Fuente: elaboración propia, 2023

Apéndice 17

Primera fermentación de la masa



Fuente: elaboración propia, 2023

Apéndice 18

Moldeado y segunda fermentación.

Fuente: elaboración propia, 2023

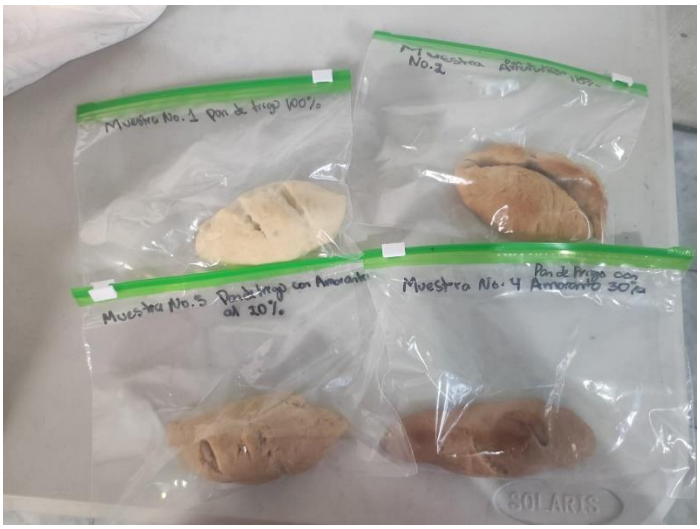
Apéndice 19

Horneado y enfriado

Fuente: elaboración propia, 2023

Apéndice 20

Entrega de muestras al laboratorio, identificadas de manera adecuada y con empaques cerrados.



Fuente: elaboración propia, 2023

Apéndice 21

Primer panel de evaluación sensorial con 25 estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos.

Fuente: elaboración propia, 2023

Apéndice 22

Segundo panel de evaluación sensorial con 25 estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Alimentos

Fuente: elaboración propia, 2023

Glosario

- Almidón: carbohidrato de reserva de las plantas superiores y se encuentra en los granos de cereales y legumbres, así como en tubérculos, raíces y bulbos. Se obtiene a partir de cereales y patatas. (Bello Gutiérrez, 2000).
- Aminoácidos: moléculas orgánicas que contienen un grupo amino (NH_2) en uno de los extremos de la molécula y un grupo ácido carboxílico (COOH) en el otro extremo (Bello Gutiérrez, 2000).
- Antioxidante: sustancias que prolongan la vida útil de los productos alimenticios protegiéndoles del deterioro de cambios de color y enranciamientos, a que dan lugar algunas oxidaciones catalíticas, suscitados por el oxígeno, la luz o ciertas trazas de metales. Los de origen natural corresponden a vitaminas antioxidantes y los artificiales pueden ser derivados del fenol o del ácido gálico (Bello Gutiérrez, 2000).
- Bromatología: ciencia que responde a un cuerpo coherente de conocimientos sistematizados acerca de la naturaleza de los alimentos, de su composición química y de sus comportamientos bajo diversas condiciones (Bello Gutiérrez, 2000).
- Carbohidratos: compuestos orgánicos que en sus estructuras químicas solo contienen C, H y O, estos últimos en una proporción semejante a la del agua; responden a la siguiente fórmula básica: C_x (H_2O) y. Desde el punto de vista químico se clasifican en dos grupos: osas y asidos (Bello Gutiérrez, 2000).
- Compacidad: resistencia a la presión ejercida sobre la miga con el dedo (Monroy Santiago, Martir Santiago, Hernández Martínez, Marcos Santiago y Rojas de la Cruz, 2018).

- Estandarización: proceso mediante el que una serie de procesos se ajustan o se adecúan a un estándar. En este sentido, adaptar los procesosa un modelo que se considera de referencia (Coll Morales, 2020).
- Gluten: nombre general que se le da a una proteína que se encuentrapresente en diversos tipos de cereales, desde aquellos más comunes como el trigo,la cebada, la avena y el centeno hasta la escanda, el triticale, la malta, la espelta, elfarroy el kamut (Monroy Santiago, Martir Santiago, Hernández Martínez, Marcos Santiago y Rojas de la Cruz, 2018).
- Levadura: nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, así como especies no solamente inocuas sino de gran utilidad (Monroy Santiago, Martir Santiago, Hernández Marínez, Marcos Santiago y Rojas de la Cruz, 2018).
- Microbiología de los alimentos: estudia la presencia y actividad de microorganismos, tanto en sus aspectos positivos de contribuir a la elaboración de ciertos tipos de alimentos, como en sus aspectos negativos de una actividad deletérea que conduce a la alteración de los alimentos, o incluso provocar un efecto patógeno en el organismo humano que los consume, teniendo en cuenta los principios relacionados con la higiene alimentaria (Bello Gutiérrez, 2000).
- Propiedades organolépticas o sensoriales: hacen referencia a la capacidad de hacer apetecible o atractivo un alimento, en virtud de las cualidades que son percibidas por los órganos de los sentidos: color, sabor, olor, flavor, textura, jugosidad, apariencia, etc. (Bello Gutiérrez, 2000).

Mazatenango 9 de mayo de 2023.

Comisión de Trabajo de Graduación
Ingeniería en Alimentos
CUNSUROC-USAC

Respetables miembros de la Comisión de Graduación

Por este medio les envío un cordial saludo deseándoles éxitos en sus actividades diarias.

Por este medio hago constar que: Yo Silvia Marisol Téllez Guzmán, Asesora Principal del trabajo de graduación de la estudiante Milena Alessandra Chocano Attili, identificada con el número de carné: 201742312, he revisado el documento con el título: "**Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum Aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp.*), en la elaboración de pan desabrido**", y estoy de acuerdo con el contenido del mismo, por lo que apruebo su presentación ante la terna evaluadora de Seminario 2, para que continúe con el proceso respectivo.

Sin otro particular me es grato suscribirme

M.A. Silvia Marisol Guzmán Téllez
Asesora Principal

Mazatenango, 09 de mayo de 2,023

Comisión de Trabajo de Graduación

Ingeniería en Alimentos

CUNSUROC – USAC

Presente

Les escribo deseándoles éxitos en sus labores diarias.

Por este medio hago constar yo, Gladys Floriselda Calderón Castilla, asesora adjunta del trabajo de graduación de la estudiante Milena Alessandra Chocano Attili, identificada con el número de carné: 201742312, que he revisado el documento con el título: **Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) con harina de amaranto (*Amaranthus spp.*), en la elaboración de pan desabrido** y estoy de acuerdo con el contenido del mismo, por lo que apruebo su presentación ante la terna evaluadora para seminario 2.

Sin otro particular, me despido de ustedes.

Deferentemente,

Q. B. Gladys Floriselda Calderón Castilla

Mazatenango, 18 de marzo 2024.

M.Sc. Bernardino Hernández Escobar
Coordinador Centro Universitario de Sur Occidente.
CUNSUROC –USAC–.
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Suroccidente –CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de gradación titulado: **"Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum)* con harina de amaranto (*Amaranthus spp.)*, en la elaboración de pan desabrido",** el cual ha sido presentado por la estudiante: **Milena Alessandra Chocano Attili**, quien se identifica con número de carné: **201742312,** correo electrónico: milenattili@gmail.com, teléfono: 56932968.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniera en Alimentos. En el grado académico de licenciado, por lo que solicito la autorización del **imprímase.**

Deferentemente.

M.Sc. Ing. Víctor Manuel Najera Archila
Coordinador

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-27-2024

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE, Mazatenango, Suchitepéquez, tres de abril de dos mil veinticuatro. ----------

Encontrándose agregado al expediente el dictamen del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN: **"SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) CON HARINA DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*), EN LA ELABORACIÓN DE PAN DESABRIDO"**, de la estudiante: **Milena Alessandra Chocano Attili,** carné No. **201742312 CUI: 2998 60922 0101** de la carrera Ingeniería en Alimentos.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director CUNSUROC

/gris