

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo (*Triticum vulgare L.*) en la elaboración de un pan artesanal. ”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniera en Alimentos

AUTORA: Ochoa Calderón Miriam Carolina

TUTOR: Ing. Domínguez Rodríguez, Francisco Javier, MSc., PhD

Tulcán, abril del 2022

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificó que la estudiante Ochoa Calderón Miriam Carolina con el número de cédula 0105321723 ha elaborado el trabajo de titulación: “Sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo (*Triticum vulgare L.*) en la elaboración de un pan artesanal.”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

.....

Domínguez Rodríguez Francisco Javier, PhD

TUTOR

Tulcán, abril del 2022

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Ochoa Calderón Miriam Carolina con cédula de identidad número 0105321723 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....

Ochoa Calderón Miriam Carolina

AUTORA

Tulcán, abril del 2022

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ochoa Calderón Miriam Carolina declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo (*Triticum vulgare L.*) en la elaboración de un pan artesanal.” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

.....
Ochoa Calderón Miriam Carolina
AUTORA

Tulcán, abril del 2022

AGRADECIMIENTO

A lo largo de la redacción de esta tesis he recibido un gran apoyo y ayuda de innumerables personas.

Gracias a mi querida universidad que, de la mano de excelentes expertos, quienes brindaron comentarios invaluable sobre mi análisis, y con cada aporte han sido participes de este importante proceso académico, en mi vida.

Gracias a mi tutor Francisco Domínguez, que con su brillante y hábil supervisión enriqueció este estudio, y un suministro interminable de enseñanza, me he beneficiado enormemente de su gran conocimiento. Agradezco su generosa participación en la orientación, la retroalimentación constructiva, el amable apoyo y el asesoramiento, con un enfoque de estudio sencillo que se refleja en su estilo de escritura simple pero claro, fue una experiencia perfecta de perspicacia, humor y aprendizaje.

Estoy infinitamente agradecida con mis padres, cuyo amor, sabios consejos y apoyo constante me mantienen motivado y confiado. Mis logros y éxitos se deben a que creyeron en mí. Mi más profundo agradecimiento a mis hermanas, que, entre risas, me recuerda lo que es importante en la vida y siempre me apoyan en mis aventuras.

No puedo empezar a expresar mi gratitud y aprecio por su amistad. Karla, Tiffany y Joseph quienes han sido incondicionales en su apoyo personal y profesional durante el tiempo que estuve en la Universidad.

DEDICATORIA

El esfuerzo realizado dentro de este trabajo de investigación va principalmente dedicado a mis padres, Silvana y Miguel, quienes cultivaron un vínculo inquebrantable de amor y respeto, son pilares y los primeros maestros en mi vida, que con sabiduría y su ejemplo sentaron en mi la base de sacrificio y esfuerzo para alcanzar mis sueños. Son inspiración constante y el motor de mis días y ahora retribuyo una parte de su dedicación y apoyo, culminando mi carrera profesional.

A mis hermanas Lorena, Estefanía y Vero, quienes son mi red de apoyo, mujeres maravillosas y valientes a quienes admiro, y gracias a largas charlas desde su experiencia académica y personal me han guiado para superar dificultades y han enriquecido mi crecimiento personal, han sido y son combustible para alcanzar esta y cada una de las metas que me proponga.

A mis hermosos sobrinos Mateo y Maite que son sin duda, la magia en mi vida, que sin darse cuenta son esencia de mi construcción profesional, que gracias a su curiosidad me motivaban a investigar para poderles explicar sobre el maravilloso mundo de mi carrera.

ÍNDICE

I. PROBLEMA	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.4.3. Preguntas de Investigación	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	21
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.2. Pasto de trigo o hierba de trigo.....	23
2.2.3. Deshidratación	24
2.2.3.1. Equipos de deshidratación:.....	26
2.2.3.2. Efectos sobre los microorganismos	28
2.2.4. Harina	28
2.2.4.1. Harina de trigo	29
2.2.4.1.2 Clasificación de las harinas	29
2.2.4.1.3. Proteínas de la harina de trigo	31
2.2.4.1.4 Propiedades funcionales y reológicas de la harina de trigo.....	31
2.2.5. El Pan.....	32
2.2.5.1. Función de los ingredientes utilizados para la elaboración de pan.....	33
2.2.5.2. Aspectos químicos y bioquímicos de la panificación.....	34
2.2.6. Tipos de pan.....	36
2.2.7. Análisis sensorial.....	37
2.2.7.1. Propiedades sensoriales de los alimentos	37
2.2.8. Análisis fisicoquímico	38

III. METODOLOGÍA	40
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	40
3.1.1. Enfoque	40
3.1.2. Tipo de Investigación.....	40
3.2. HIPÓTESIS	40
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	40
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.4.1. Proceso de sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo para la elaboración de un pan artesanal.	43
3.4.2.1. Segunda fase: Proceso de obtención de harina de pasto de trigo.....	44
3.4.3. Proceso de elaboración de pan artesanal.....	45
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS.....	48
3.4.4 Metodología de análisis fisicoquímico y nutricional de la harina y el pan artesanal.	48
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	50
3.5.2. Diseño experimental	50
3.5.3. Formulación	51
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
4.1.1. Resultados	53
4.2.1. Análisis fisicoquímicos del pasto trigo, harina de pasto de trigo y pan artesanal..	53
4.2.1.2.1. Resultados del análisis de cenizas de la harina de pasto de trigo	54
4.2.1.2.2. Resultados del análisis de humedad de la harina de pasto de trigo.....	55
4.2.1.2.3. Resultados de análisis de proteínas de la harina de pasto de trigo.....	56
4.2.1.3.1. Resultados del análisis de cenizas del pan artesanal.....	58
4.2.1.3.2. Resultados de análisis de humedad del pan artesanal.	58
4.2.1.3.3. Resultados de análisis de proteínas del pan artesanal.	58
4.2.2. Tiempo de vida útil del pan artesanal y conservación de la harina de pasto de trigo	63

4.2. Discusión.....	64
4.2.1. Análisis fisicoquímicos del pasto de trigo, de la harina de pasto de trigo y pan artesanal.....	64
4.2.1.1 Cenizas.....	64
4.2.1.2. Humedad.....	65
4.2.1.3 Proteínas	66
4.2.2. Análisis microbiológico.....	67
4.2.3. Evaluación sensorial	67
4.3. Interpretación de la hipótesis.....	67
V.CONCLUSIONES.....	69
5.1. Conclusiones.....	69
5.2. Recomendaciones	69
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
V. ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de secado.....	25
Figura 2 Diagrama de flujo para la obtención de la harina de pasto de trigo.....	45
Figura 3. Flujograma de proceso de elaboración del pan.....	47
Figura 4. Caracterización fisicoquímica.....	53
Figura 5. Porcentaje de aceptabilidad del pan	60
Figura 6. Porcentaje de aceptabilidad en base al atributo	61
Figura 7. Comparación de la cantidad presente de cenizas en las fases de investigación.....	84
Figura 8. Comparación de la cantidad presente de la humedad en las fases de investigación.	84
Figura 9. Comparación de la cantidad presente de proteína en las fases de investigación.	84
Figura 10. Aceptabilidad general del olor en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.....	85

Figura 11. Aceptabilidad general del color en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.....	85
Figura 12. Aceptabilidad general del sabor en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.....	86
Figura 13. Aceptabilidad general de la textura en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.....	86
Figura 14. Aceptabilidad general del olor en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del Trigo.....	23
Tabla 2. Operacionalización de variables obtención de la harina	41
Tabla 3. Operacionalización de variables, elaboración del pan	42
Tabla 4. Definición de variables y tratamientos para la obtención de harina de pasto de trigo	42
Tabla 5. Esquema del experimento para la obtención de harina de pasto de trigo.	42
Tabla 6. Análisis fisicoquímicos para determinar la calidad de los tratamientos.	43
Tabla 7. Esquema del experimento para la elaboración de pan	46
Tabla 8. Porcentaje de ingredientes	46
Tabla 9. Análisis microbiológicos para la harina de pasto de trigo y el pan artesanal.	49
Tabla 10. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)	50
Tabla 11. Definición de variables y tratamientos para la obtención de harina de pasto de trigo	51
Tabla 12. Definición de variables y tratamientos para la elaboración de pan.....	51
Tabla 13. Esquema del experimento para la obtención de harina de pasto de trigo.	51
Tabla 14. Esquema del experimento para la elaboración de pan	52
Tabla 15. Resultados de los análisis fisicoquímicos del pasto de trigo.	53
Tabla 16. Resumen estadístico para el resultado de cenizas.....	54
Tabla 17. Cenizas harina de pasto de trigo (48h).....	54
Tabla 18. Resumen Estadístico para el resultado de cenizas a 60 horas.....	55
Tabla 19. Cenizas harina de pasto de trigo (60h).....	55
Tabla 20. Resumen Estadístico de los resultados de humedad de la harina de pasto de trigo.....	55
Tabla 21. Humedad harina de pasto de trigo en 48 horas de la harina de pasto de trigo.	56

Tabla 22. Resumen Estadístico de los resultados de humedad en 60 Horas de la harina de pasto de trigo.....	56
Tabla 23. Resultados obtenidos de humedad de harina de pasto de trigo.	56
Tabla 24. Resumen Estadístico para Proteína a 48 horas de la harina de pasto de trigo.	57
Tabla 25. Proteínas de la harina de pasto de trigo	57
Tabla 26. Resumen estadístico del resultado de proteínas en 60 horas de harina de pasto de trigo.....	57
Tabla 27. Resultado de Proteínas de harina de pasto de trigo.	57
Tabla 28. Cantidad de cenizas del pan.....	58
Tabla 29. Porcentaje de humedad presente en los tratamientos de pan.....	58
Tabla 30. Cantidad de proteína en los tratamientos de pan.	58
Tabla 31. Análisis microbiológico de la harina	59
Tabla 32. Análisis microbiológicos del pan	59
Tabla 33. Resumen Estadístico para el Olor.....	61
Tabla 34. Resumen Estadístico del color.....	62
Tabla 35. Resumen Estadístico para el sabor	62
Tabla 36. Resumen Estadístico de Textura.....	63
Tabla 37. Resumen Estadístico para aceptación.....	63
Tabla 38. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la vida útil del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo	64

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta del Perfil de Investigación.....	75
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.	76
Anexo 3. Semillas certificadas de trigo (<i>Triticum Vulgare. L</i>)	78
Anexo 4. Semillas puestas en remojos por 24 horas para la germinación	78
Anexo 5. Germinación de las semillas, se puede visualizar el brote	78
Anexo 6. Trasplante de las semillas germinadas a la bandeja	78
Anexo 7. Abono nutritivo para el cultivo del pasto de trigo	78
Anexo 8. Primera semana de cultivo, se observa un crecimiento favorable	78
Anexo 9. Octavo día de cultivo, la plántula mide 5 cm	78
Anexo 10. Quinceavo día de cultivo, el brote ha alcanzado los 15 cm	78

Anexo 11. Preparación del pasto de trigo, para los análisis fisicoquímicos	79
Anexo 12. Primera cosecha del brote de pasto de trigo cuando mide 15 cm de altura.....	79
Anexo 13. Pesado de crisol más cenizas del pasto de trigo tratamiento 2.....	79
Anexo 14. Pesado de crisol más cenizas del tratamiento 1	79
Anexo 15. Pesado del brote de trigo para el análisis de humedad	79
Anexo 16. Resultados determinados de la humedad del pasto de trigo.....	79
Anexo 17. Pesado para análisis de humedad del pasto de trigo	79
Anexo 18. Cenizas colocadas en el desecador para evitar la absorción de humedad	79
Anexo 19. Control de temperatura para los diferentes tratamientos.....	80
Anexo 20. Proceso de deshidratación del brote de pasto de trigo.	80
Anexo 21. Resultados preliminares de la harina obtenida a partir del pasto de trigo	80
Anexo 22. Segundo brote del pasto de trigo obtenido a los 18 días de la primera cosecha	80
Anexo 23. Segunda cosecha del brote de pasto de trigo	80
Anexo 24. Resultados preliminares de la harina de pasto de trigo de la segunda cosecha	80
Anexo 25. Muestras para análisis fisicoquímicos de humedad, cenizas y proteínas.	80
Anexo 26. Pesado de las muestras preliminares de la haría	80
Anexo 27. Preparación del material para los análisis microbiológicos de la harina de pasto de trigo	81
Anexo 28. Análisis microbiológico de la harina de pasto de trigo utilizando placa Petrifilm. 81	
Anexo 29. Análisis microbiológico del pan elaborado con la sustitución parcial de harina de pasto de trigo.....	81
Anexo 30. Análisis microbiológico del pan elaborado con sustitución parcial de harina de pasto de trigo.	81
Anexo 31. Muestras homogeneizadas de la <i>harina</i> , previamente pesadas para el proceso de digestión del método Kjeldahl	81
Anexo 32. Resultados de proteínas de la harina determinadas por el método Kjeldahl	81
Anexo 33. Muestras homogeneizadas del pan, previamente pesadas para el proceso de digestión del método Kjeldahl	81

Anexo 34. Muestras de harina de pasto de trigo, colocadas en el digestor.	81
Anexo 35. Etapa de destilación de la muestra de harina de pasto de trigo	82
Anexo 36. Etapa de titulación para determinar y calcular la cantidad de proteína en la harina de pasto de trigo	82
Anexo 37. Horneado del tratamiento 2 a 50°C por 20 minutos	82
Anexo 38. Etapa de reposo del pan por 30 minutos a temperatura ambiente.	82
Anexo 39. Prueba reológica para determinar la textura del pan.	82
Anexo 40. Evaluación sensorial de los tratamientos, con la participación de 50 panelistas no entrenado.	82
Anexo 41. Evaluación sensorial del tratamiento 2 por panelistas o entrenados	82
Anexo 42. Hoja de cata utilizada para la determinación de la aceptación de los tratamientos de pan	83
Anexo 43. Comparación de la caracterización fisicoquímica de las fases de investigación. ...	84
Anexo 44. Gráficos de barras de cada atributo, obtenido en el análisis sensorial del T2 en base los resultados obtenidos en IBM SPSS	85

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un pan artesanal realizando la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pasto de trigo (*Triticum Vulgare. L*), obtenida mediante deshidratación por aire forzado. En el proceso de deshidratación se utilizaron 500 g de pasto de trigo y se colocaron en las bandejas de un deshidratador por 48 y 60 h, en temperaturas controladas de 30, 40 y 50°C, para luego determinar la calidad fisicoquímica, mediante análisis de humedad, cenizas y proteínas. Se propusieron 6 tratamientos, TH1(30°C), TH2(40°C), TH3(50°C), a 48 horas, los cuales mostraron características fisicoquímicas dentro de los parámetros establecidos por la Norma INEN 616, mientras que los tratamientos TH4(30°C), TH5(40°C) y TH6(50°C) a 60 horas, presentaron una retención de cenizas muy baja en un rango de (0,54%-0,70%) y una pérdida de proteínas significativa comparados con los tratamientos de 48 horas, por lo que se descartaron para la elaboración de pan artesanal. El T2 (95% harina de trigo+ 5% haría de pasto de trigo) tuvo la mayor aceptación en la evaluación sensorial con 50 panelistas no entrenados, presentando un contenido de humedad de (20,35%), una retención de cenizas de (1,48%) y una cantidad de proteínas de (9,71%), el cual fue elaborado con la harina de pasto de trigo del TH2 (40°C+48H) el cual presentó una retención de cenizas (0,89%), proteínas (20,27%), y humedad presente de (6,62), mientras que los tratamientos T1(98% harina de trigo y 2% harina de pasto de trigo) T3(90% harina de trigo y 10% harina de pasto de trigo) tuvieron una menor aceptación pero con calidad fisicoquímicos y microbiológicos dentro de los parámetros establecidos por las normas.

Palabras clave: Pasto de trigo, deshidratación, sustitución, harina, pan.

ABSTRACT

The objective of this research was to prepare a homemade bread by partially substituting wheat flour for wheatgrass flour (*Triticum Vulgare. L*), obtained by dehydration by aeration for. In the dehydration process, 500 g of wheat grass were used and placed in the trays of a dehydrator for 48 and 60 h, at controlled temperatures of 30, 40 and 50°C, to later determine the physicochemical quality, through analysis of moisture, ashes and proteins. 6 treatments were proposed, TH1(30°C), TH2(40°C), TH3(50°C), at 48 hours, which demonstrated physicochemical characteristics within the parameters established by the INEN 616 Standard, while the treatments TH4(30°C), TH5(40°C) and TH6(50°C) at 60 hours, a very low ash retention appeared in a range of (0.54%-0.70%) and a loss of significant proteins compared to the 48-hour treatments, so they were discarded for bread making. T2 (95% wheat flour + 5% wheat grass) had the highest acceptance in the sensory evaluation with 50 panelists without alterations, presenting a moisture content of (20.35%), an ash retention of (1.48%) and an amount of protein (9.71%), which was made with wheatgrass flour from TH2 (40°C+48H) which presented an ash retention (0.89%) , proteins (20.27%), and present moisture of (6.62), while treatments T1(98% wheat flour and 2% wheatgrass flour) T3(90% wheat flour and 10% flour of wheat grass) had a lower acceptance but with physicochemical and microbiological quality within the parameters established by the standards.

Keywords: Wheatgrass, dehydration, substitution, flour, bread.

INTRODUCCIÓN

El pasto de trigo (*Triticum Vulgare. L*) se obtiene de la hierba tierna del trigo, cuando su valor nutritivo es más alto. surge de la semilla del trigo, generalmente se obtiene a los 8-12 días de ser sembrado y que una vez germinado, se coloca en un sustrato donde recibe los cuidados necesarios para su maduración total. Es una gran fuente de nutrientes de fácil absorción. (Marti A. B., 2016). En el Ecuador el cultivo y distribución de pasto de trigo no existe, debido a que no se tiene conocimientos alternativos de nuevas fuentes nutritivas para reemplazar la obtención de harina tradicional, que es mediante la molienda de las semillas.

Por otra parte, es importante destacar que el proceso de deshidratación por aire forzado, es una alternativa para obtener productos con mejores características nutritivas, porque es un método que consiste en eliminar la mayor cantidad de agua presente en un alimentos, en condiciones controladas de temperatura y tiempo, con el objetivo de alargar la vida útil de los alimentos reduciendo la actividad del agua, inhibiendo el crecimiento microbiano y conservar la calidad y valor nutritivo mediante la selección de condiciones de secado adecuadas para alimentos individuales, presentando más beneficios en cuanto al transporte y almacenamiento, que por su volumen y peso reducidos el costo es menor. El proceso de deshidratación proporciona también productos con una vida útil prolongada en temperatura ambiente para el consumidor, de fácil manipulación, (Fellow, 2017)

El pan forma parte del grupo de alimentos que han constituido la base de la alimentación de todas las civilizaciones debido a sus características nutritivas, su moderado precio y a la sencillez de la utilización culinaria de su materia prima, los cereales. Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas, que se caracterizan porque la semilla y el fruto forman prácticamente la misma estructura: el grano. Así, se conoce bajo la denominación de cereal a las plantas gramíneas (Familia Poaceae) y a sus frutos maduros, enteros, sanos y secos (Martín et al., 2007). Desde la Prehistoria, el pan ha sido un alimento básico en la alimentación del hombre. Probablemente, los primeros panes estarían hechos con harinas de bellotas o de hayucos. Se sabe que los egipcios elaboraban pan y se cree que descubrieron la fermentación por casualidad. Se designa con el nombre de pan al “producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies de microorganismos propias de la fermentación panaria como el

Saccharomyces Cerevisiae”. Cuando se emplean harinas de otros cereales, el pan se designa con el apelativo correspondiente a la clase de cereal que se utilice (por ejm., pan de centeno, de maíz etc.) (Ávila et al., 2007).

No existen amplias investigaciones sobre el uso de harina de pasto de trigo en panificación por lo tanto la presente investigación se llevó a cabo considerando los estudios previos realizados a la materia prima y establecen el importante contenido de minerales y proteínas, considerando al brote de trigo como un super alimento, por lo tanto, determinar la viabilidad de la sustitución de harina de trigo por harina de pasto de trigo para la elaboración de un pan. (Becker, 1991)

De esta manera se pretendo motivar a los agricultores, el cultivo de pasto de trigo en la zona del Carchi y hacer el uso de las parcelas, antes utilizadas con el fin de obtener harina de trigo de la forma tradicional, considerando que este cultivo presenta un menor impacto ambiental en las tierras y mayor rentabilidad.

I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador la producción de trigo no abastece la demanda y el mercado que tiene, debido a que únicamente se producen de 10.000 a 15.000 toneladas que equivalen a un 2% de la demanda interna proporcionada por las provincias de Bolívar, Chimborazo, Imbabura, Cotopaxi y Carchi, (MAGAP, 2019b). La demandad de trigo y los productos derivados del mismo, son abastecidos mediante el mercado internacional por importaciones, considerando que, del trigo importado, el 78 % se dirige a moler para harina, y de ese segmento el 55 % es para producir pan y 24 % para pastas, según, (El productor , 2021). En el año 2014 el porcentaje de importación de trigo subió un 18% con respecto al año 2013. Entre los principales países que exportan trigo a Ecuador, se encuentran Argentina, Perú, Turquía, entre otros (COMEX, 2020). Por otra parte, con la finalidad de contrarrestar las importaciones y desarrollar el agro de estas provincias para sustituir las importaciones o disminuirlas, las provincias como Carchi, Imbabura y Pichincha han recibido semillas certificadas de trigo por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), (MAGAP, 2019).

Las espigas del trigo en los últimos años han buscado reposicionarse en las parcelas de la región Andina del Ecuador. El año anterior sembraron 6 880 hectáreas a escala nacional, permitiendo una cosecha de 14 647 toneladas, según datos del INEC. Carchi, con 2 976 hectáreas, lidera la producción entre 10 provincias que han apostado nuevamente por el cultivo de este cereal andino. Le siguen Chimborazo (1 631) y Bolívar (1 119). Impulsados por las industrias productoras de cerveza y harina, los agricultores carchenses, dan nuevas oportunidades a los sembríos, Luis Jurado, director del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en Carchi, asegura que en la década de 1970 los cultivos de esos dos cereales cubrían prácticamente toda el área agrícola de esta localidad fronteriza, las evidencias se encuentran en los silos, como los que hay en el cantón Montúfar, que construyó el MAG para almacenar las cosechas. Sin embargo, la producción local del trigo sufrió un revés a causa de las importaciones y la migración a otros productos. En el caso del Carchi, eso provocó que los agricultores reemplazaran con sembríos de papa los terrenos que antes se destinaban al trigo y la cebada, aun así, la inestabilidad de precios que enfrenta el tubérculo les está obligando a buscar nuevamente alternativas que sean más rentables, (Comercio, 2021). Por ello, mediante una investigación experimental donde se utilizarán las semillas certificadas para el cultivo y desarrollo de brote de trigo, se realizará la elaboración de un pan y se analizará la calidad nutricional, aplicando un proceso de obtención de harina mediante deshidratación del de pasto de trigo, que es el germinado de la semilla de trigo a la que se la deja crecer unos días hasta

quedar como la hierba. En el proceso, el gluten desaparece y, por tanto, es un alimento apto para las personas que tienen sensibilidad a esta sustancia.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La obtención de una harina de pasto de trigo (*Triticum vulgare L.*) por deshidratación para la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de un pan artesanal conserva las características fisicoquímicas de la materia prima?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El interés y la importancia en los sistemas alimenticios sostenibles está aumentando considerablemente, debido a los grandes impactos ambientales negativos, que sufre el planeta. Por lo que es necesario abordar estos desafíos con soluciones sostenibles, razón por la cual el proceso de obtención de harina de pasto de trigo es una gran alternativa lleva menor tiempo de cultivo en comparación con la obtención tradicional de haría de trigo, para el cual es necesario un tiempo alrededor de 5-6 meses, mientras que para esta propuesta el tiempo de cultivo sería de 15 días contando desde la de siembra, proporcionando incentivos a los agricultores para plantar estas nuevas semillas certificadas y satisfacer el creciente interés de los consumidores en los sistemas alimentarios sostenibles con mayor aporte nutritivo (Maiza Calle, 2021).

Mirjam Hauser (2021), en un estudio de Valores y Visiones 2030, da a conocer que el 52% de la población quiere saber lo que come y alimentarse sano. Por ello, en los últimos años el resurgimiento de los mercados tradicionales ha tomado gran importancia y la creciente moda de los denominados superalimento, entre los ejemplares se encuentran las conocidas semillas de chía, bayas de Goji o espirulina y entre las últimas incorporaciones está la hierba de trigo, pasto de hierba o 'wheatgrass' generando un grupo ampliamente diverso. La hierba de trigo verde, también conocida como pasto verde, se lo describe como el brote tierno procedente de la semilla de trigo, con una germinación de unos doce o quince días, que es cuando sus niveles nutritivos y minerales están más elevados. Teniendo en cuenta estas características, muchos la incluyen dentro del grupo de superalimento, ya que este, según explica Carla Zaplana en su libro 'Superfoods', "es un grupo que tiene un valor nutricional muy denso. Esto se traduce en que aporta una considerable cantidad de micronutrientes y otros elementos como vitaminas,

minerales, antioxidantes, aminoácidos, ácidos esenciales, enzimas activos, fitonutrientes, fibra, (Fukushima, (2019).)

Con el objetivo de aprovechar en su gran mayoría los nutrientes antes mencionados, se aplicará un proceso de deshidratación que consiste en aplicar calor para eliminar el agua, alargando la vida útil del alimento sin perder su calidad nutricional (Fellow, 2017).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de pasto de trigo en la elaboración de un pan artesanal.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas del brote trigo.
- Aplicar el proceso de deshidratación para obtener la harina del pasto de trigo mediante temperaturas y tiempos controlados para la determinación de las características fisicoquímicas.
- Elaborar pan mediante sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo.
- Establecer mediante evaluación sensorial la aceptación del pan artesanal.
- Determinar la conservación de las características fisicoquímicas de la materia prima mediante la comparación de los análisis realizados a cada una de las fases de la investigación.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cuáles son los parámetros que deben considerarse para la obtención de harina de pasto de trigo?

¿Cuál es el proceso que afecta en menor medida a las características nutricionales de la harina de pasto de trigo?

¿Es posible elaborar pan artesanal con harina de pasto de trigo con atributos sensoriales agradables??

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Ríos (2020), en su investigación realizada en el año 2020 sobre la producción nacional de trigo en Ecuador, establece, que solo llega a cubrir el 2% del consumo local, lo que quiere decir que el 98% es importado, para de esta manera poder abastecer la demanda nacional. Concluyeron que existe alta dependencia de las importaciones de trigo, lo que es un riesgo para la seguridad alimentaria a nivel nacional y se requieren políticas sectoriales que incentiven la producción propia para disminuir la dependencia de proveedores externos y sus consecuencias en términos de poder de negociación.

Ghumman, Singh y Kauren (2017), determinaron como que las cenizas de WP (brote de trigo) y PP (Jugo de pasto de trigo) varió del 7,55 % al 18,51 % y del 6,89 al 9,14 %, respectivamente. El contenido de proteína de WP y PP varió de 22,01% a 25,77% y 37,3–47,4%, respectivamente, mostrando mayor contenido de cenizas y menor contenido de proteína en comparación con PP. Concluyendo que la diferencia en las variaciones en el contenido de proteína y cenizas en WGP y PP podría estar relacionado con la diferencia en el crecimiento inicial de estos dos grupos.

Según, Pardeshi, Burbade, Technol (2013), utilizaron diferentes métodos de secado de la hierba de trigo tierna, con un contenido de humedad inicial de 5,02 kg , determinaron que el secado con aire forzado era aceptable en la base de menor temperatura de secado aplicando temperaturas de (42-43°C), con calidad deseable como menor contenido final de humedad (0.05kg por kg de materia seca), mayor contenido de clorofila (0,134 g por100 g de materia seca) y una considerable retención de cenizas, grasas y proteína.

Alessandra Marti, Jayne E. Bock, Maria Ambrogina Pagani, Baraem Ismail y Koushik Seetharaman en el año (2016) determinaron que, el alto contenido de proteína y fibra del pasto de trigo intermedio (IWG), junto con sus interesantes, características agronómicas y beneficios relacionados con el medio ambiente: hacen que este cultivo perenne sea atractivo también para el consumo de los seres humanos. Donde investigaron los cambios en la estructura secundaria durante el mezclado de la masa teniendo como resultado que las proteínas en las masas IWG tenían mayor solubilidad y contenido de tiol, en función del contenido de IWG lo que indica una disminución en el orden estructural. Las diferencias observadas en la configuración molecular de las proteínas y las interacciones en HWF en comparación con las masas IWG requieren más investigación para establecer su impacto sobre la calidad del pan artesanal enriquecido con IWG.

La Caracterización química, funcionalidad y calidad de horneado de productos intermedios de pasto de trigo (*Thinopyrum intermedium*), realizada por Citra P. Rahardjo, Chathurada S. Gajadeera, Senay Simsek, George Annor, Tonya Schoenfuss, Alessandra Marti, Baraem P. Ismail en 2022 , el objetivo general de este trabajo fue investigar las propiedades químicas, funcionales y de panificación de la harina integral obtenida del *Thinopyrum intermedium*, mediante deshidratación aplicando temperaturas desde (50°-68°), dando como resultado que entre las harinas integrales de IWG y trigo tuvo menor estabilidad, resistencia a la extensión y extensibilidad en comparación con la masa de harina de trigo. Mientras que el pan de harina IWG tenía un volumen específico similar a una de las harinas de trigo, tenían una menor capacidad de crecimiento debido a una menor capacidad de formación de redes de gluten.

En la investigación realizada por Chingakham Basanti Devi, Kiran Bains & Harpreet Kaur de los compuestos bioactivos y actividad antioxidante del pasto de trigo (*Triticum aestivum L*) utilizaron pasto de trigo fresco, el cual se secó utilizando métodos de liofilización, deshidratador y sombra en rangos de temperaturas de entre (30°C a 55°C). Obteniendo como resultado una cantidad significativamente menor de cenizas 3,44% y en el pasto de trigo liofilizado (13,19 y 6,55%) en comparación con el pasto de trigo secado por aire forzado (2,94 y 3,40 %) y secado al horno (1,65 y 1,35%). La clorofila en el pasto de trigo liofilizado (3,61 g) fue significativamente mayor que el pasto de trigo secado a la sombra (2,35 g) y secado al horno (2,14 g). Por otra parte, la eliminación de humedad reportó resultados de (5,8%).

Sharma, Peter, Parimita, Phughe, Ahmad (2019) analizaron los efectos fisicoquímicos y sensoriales, de la incorporación de harina de pasto trigo, los tratamientos fueron T0: control con 100g de harina de trigo, T1: 90g de harina de trigo, 5g de remolacha en polvo y 5g pasto de trigo en polvo, T2: 90 g de harina de trigo, 6 g de remolacha en polvo, 4 g de pasto de trigo en polvo, T3: 90 g de harina de trigo, 7 g de remolacha en polvo, y 3 g de polvo de pasto de trigo. Los resultados muestran una magdalena de remolacha y pasto de trigo de alta calidad, con buen sabor y apariencia. La formulación indicativa óptima para este cupcake fue T1, harina de trigo 90%, remolacha 5% y pasto de trigo 5% y su la validación se hizo con un panel más grande.

Luky, Mamun, Mazumder (2020) elaboraron un bizcocho enriquecido con harina de pasto de trigo, prepararon cuatro muestras para contener diferentes proporciones de harina de pasto de trigo fue (5, 10, 15 y 20 %) en combinación con harina de trigo. Evaluaron el aporte nutricional y propiedades sensoriales, determinando que el bizcocho complementado con un 15% harina de pasto de trigo había mejorado significativamente ($p < 0,05$) la calidad nutricional en comparación a los que no le añadieron harina de paso de trigo, mediante los resultados de evaluación sensorial determinaron que también es el mejor tratamiento.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Origen del Trigo

El trigo tuvo su origen en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Éufrates gracias a las numerosas gramíneas silvestres, desde el Oriente Medio se difundió, convirtiéndose en uno de los cereales más cultivados a nivel mundial. La primera forma de trigo cosechadas por el hombre hace más de doce millones de años eran las de tipo *Triticum monococcum* y *T. dicoccum*. (InfoAgro.com, 2018)

2.2.1.1. Trigo (*Triticum vulgare* L.)

Trigo (*Triticum* spp) es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, que pertenecen al género *Triticum*; se trata de plantas anuales de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivadas en todo el mundo. En la tabla 1, se observa la taxonomía específica.

Tabla 1. Taxonomía del Trigo

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae o gramíneas
Género:	<i>Triticum</i>
Especie	Vulgare
Variedad	INIAP-Chimborazo 78.
Zonas	Grano de color rojo, espiga mutica (sin barba). Buena capacidad de macollo, ciclo vegetativo de 180 días. Aptitud galletera.
TOLERANCIA A	Acame, no tolera granizadas; es susceptible a royas; se recomienda realizar al menos un control.

Fuente: (INIAP, 2018)

2.2.2. Pasto de trigo o hierba de trigo.

Cuando se habla del pasto de trigo se hace referencia a las hierbas jóvenes de la planta de trigo es decir los brotes, donde se encuentran todas las proteínas para nuestro organismo en cantidades importantes, pertenece a la familia de las gramíneas y es uno de los cereales más cultivados en el mundo, más conocido por su nombre en inglés Wheatgrass, es un alimento de alto poder curativo, una variedad única del trigo que contiene altos concentrados de clorofila, enzimas activas, vitaminas y otros nutrientes importantes, llamado en muchas ocasiones “el elixir de la salud”. Su consumo en el mundo occidental comenzó en la década de 1930. (Stevens, N. 2014).

Wigmore, A., & Wigmore, A., en su libro de Salud y vitalidad con la hierba del pasto de trigo dice que entre los beneficios para la salud pueden incluir una mejor digestión, la reducción de

la presión arterial, la desintoxicación de metales pesados de la circulación sanguínea, la modulación del sistema inmune, y el alivio de la gota, así también actividades antitumorales, propiedades antioxidantes, y además puede ayudar a prevenir enfermedades como la diabetes y las enfermedades del corazón. Un alimento 100% natural rico en minerales, vitaminas, aminoácidos y enzimas es la hierba de trigo. El motivo de su excelente resiliencia. A nivel energético, contiene gran cantidad de enzimas, es un excelente antioxidante, reparador celular, antiinflamatorio y regenerador de glóbulos rojos. Debido a su alto contenido de clorofila, el pasto de trigo se considera uno de los alimentos "vivos" con los poderes curativos y restauradores más altos del planeta. De acuerdo con la investigación realizada por el Dr. Birscher, es importante mencionar que nuestra sangre y la calidad de nuestras células van de la mano, porque es bien sabido que una buena oxigenación es sinónimo de salud y vitalidad., Bircher-Benner, M. (1990).

El trigo (*Triticum aestivum L.*), junto con el arroz, el maíz y la cebada, son los cereales de mayor importancia en el Ecuador. El consumo nacional de trigo supera el 450 000 Tm/año. El Ecuador importa el 98% de los requerimientos internos de trigo (Banco Central del Ecuador, 2007)

2.2.3. Deshidratación

El proceso de deshidratación consiste en la aplicación de calor en condiciones controladas de temperatura y tiempo para eliminar la mayor parte del agua que normalmente contiene un alimento, con el objetivo de extender la vida útil de los alimentos reduciendo la actividad del agua, inhibiendo el crecimiento microbiano que es uno de los factores que más afecta la conservación debido al deterioro rápido de productos en presencia de humedad y actividad enzimática, minimizar cambios en la calidad y valor nutritivo mediante la selección de condiciones de secado adecuadas para alimentos individuales, presentando más beneficios en cuanto al transporte y almacenamiento, que por su volumen y peso reducidos el costo es menor. El proceso de deshidratación proporciona también productos con una vida útil prolongada en temperatura ambiente para el consumidor, de fácil manipulación, (Fellow, 2017).

La deshidratación implica la aplicación de calor y la eliminación de la humedad de manera simultánea, hay una gran cantidad de factores que controlan la velocidad a la que alimentos son deshidratados, que pueden agruparse en categorías relacionadas con las condiciones de elaboración, la naturaleza de los alimentos y el diseño de los secadores (Fellow, 2017).

La psicrometría es el estudio de las propiedades interrelacionadas de los sistemas de vapor de agua y aire que controlan la capacidad del aire para eliminar la humedad de un alimento. Estos son:

- La cantidad de vapor de agua que ya transporta el aire.
- La temperatura del aire.
- La cantidad de aire que pasa sobre los alimentos.

Cuando los alimentos se colocan en una secadora, hay un breve período inicial de asentamiento como la superficie se calienta hasta la temperatura de bulbo húmedo, iniciando el secado con el movimiento del agua desde el interior del alimento, la temperatura de la superficie de la comida permanece cerca de la temperatura de bulbo húmedo del aire de secado hasta el final del período de tasa constante, debido al efecto de enfriamiento del agua que se evapora. En la práctica, diferentes áreas de la superficie del alimento se secan a diferentes velocidades y, en general, la velocidad de secado disminuye gradualmente hacia el final del período de tasa "constante". (Fellow, 2017)

El contenido de humedad de un alimento puede expresarse en peso húmedo (masa de agua por unidad de masa de alimento húmedo) o una base de peso seco (masa de agua por unidad de masa de sólidos secos en la comida), siendo de vital importancia identificar si los alimentos son de alta humedad (percederos), humedad intermedia (semi percederos) y muy baja humedad (escasamente percederos), influyendo directamente en los rangos y tiempos de temperatura que se va a aplicar en el alimento, con el fin de evitar pérdidas nutricionales, y la presencia de características desagradables, (Macqueen, 2013). En la figura 1, se puede observar las curvas de secado, donde la temperatura y la humedad del aire de secado son constantes. En la figura 2 se evidencia las curvas de secado.

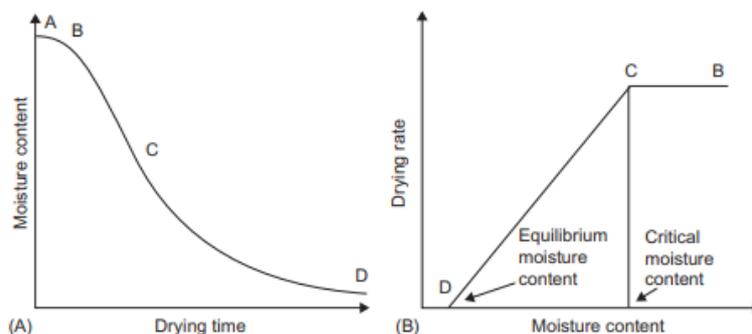


Figura 1. Curvas de secado

Fuente: (Fellow, 2017, pág. 668)

Los mecanismos del movimiento de agua desde el interior de la comida a la superficie son:

- Movimiento de líquidos por fuerzas capilares, particularmente en alimentos porosos.
- Difusión de líquidos, causada por diferencias en la concentración de solutos en la superficie, y en el interior del alimento.

- Difusión de líquidos que se adsorben en capas en las superficies de los componentes sólidos del alimento
- Difusión de vapor de agua en espacios de aire dentro de los alimentos causada por gradientes de presión de vapor.

El tamaño de los trozos de comida tiene un efecto importante en la velocidad de secado, en el período de tasa constante, las piezas más pequeñas tienen un área de superficie más grande de disponibilidad para la evaporación, mientras que, en la tasa de caída, las piezas más pequeñas tienen una distancia más corta para que el calor y la humedad viajen a través de la comida. Otros factores como la composición y estructura de los alimentos influyen en el mecanismo de eliminación de humedad, a medida que la comida se seca, aumenta la concentración de solutos como azúcares, sales, gomas, almidones, aumentan la viscosidad del líquido dentro de un alimento y reducen la tasa de humedad movimiento. La cantidad de comida colocada en una secadora en relación con su capacidad influye en la velocidad de secado. (Fellow, 2017)

2.2.3.1. Equipos de deshidratación:

Secadores de contenedores: Los secadores de contenedores son recipientes aislados grandes, cilíndricos o rectangulares equipados con un base de malla. El aire calentado a 40-45° C pasa a través de un lecho de alimentos a diferentes velocidades, se utilizan principalmente para el secado de granos o para productos de "acabado" como verduras cortadas o enteras. Ellos Mejorar la capacidad operativa de los secadores iniciales retirando la comida cuando está en el período de la tasa de caída, cuando la eliminación de la humedad requiere más tiempo. Por lo tanto, la presión parcial de vapor de agua en el aire entrante debe estar por debajo de la presión de vapor de equilibrio de los alimentos secos a la temperatura de secado, la secadora actúa como un almacén para suavizar fluctuaciones en el flujo de producto entre las operaciones de secado y envasado.

Secadores de armario (o bandeja): Estos secadores consisten en un gabinete aislado equipado con una pila de malla poco profunda o bandejas perforadas, cada una de las cuales contiene una fina capa de alimento (26 cm de profundidad).

Secadores de cinta transportadora: Los secadores de cinta transportadora (o cinta, banda o delantal) miden hasta 20 m de largo y 3 m de ancho, los alimentos se secan en un cinturón de malla en camas de 515 cm de profundidad. El flujo de aire se dirige inicialmente hacia arriba a través del lecho de comida y luego hacia abajo en etapas posteriores, para evitar que los alimentos secos salgan volando de la cama, se realiza secados hasta en tres etapas, esto mejora la uniformidad del secado y ahorra espacio en el piso. Se utiliza principalmente para el secado

a gran escala de frutas y vegetales. Las secadoras pueden tener secado independiente controlado por computadora, zonas de carga y descarga automáticas para reducir los costos laborales.

Secado explosivo: El secado por bocanada de explosión implica secar parcialmente alimentos sólidos hasta un contenido de humedad moderado y luego sellarlos en una presión cilíndrica giratoria cerrada. La temperatura y la presión en la cámara aumentan a 120- 200°C y 200-400 kPa usando vapor sobrecalentado, y después de 30- 60 s la presión es instantáneamente liberada. La rápida pérdida de presión provoca la vaporización de parte del agua y hace que el alimento se expanda y desarrolle una estructura porosa fina. Esto permite un secado más rápido (aproximadamente dos veces más rápido que los métodos convencionales).

Secadores de lecho fluidizado: Las principales características de un secador de lecho fluidizado son una cámara que permite el flujo de aire homogéneo y evitar altas velocidades localizadas, y un distribuidor para distribuir uniformemente el aire a una velocidad uniforme a través del lecho de material.

Secadores neumáticos: En estos tipos de secadoras, los alimentos se dosifican en conductos metálicos y se suspenden en aire caliente de alta velocidad. En los secadores verticales, el flujo de aire se ajusta para que sea más ligero y las partículas más pequeñas que se secan más rápidamente se llevan a un filtro o separador ciclónico. Los secadores de "anillo" neumáticos tienen conductos formados en bucle continuo y el producto se recircula en una corriente de aire caliente de alta velocidad hasta que se seca adecuadamente.

Secado al sol y al sol: El secado al sol (sin equipo de secado) es el método agrícola más practicado.

Los diferentes diseños incluyen:

- Secadores de circulación natural directa (un colector solar y cámara de secado combinados)
- Secadores directos con un colector separado
- Secadores indirectos de convección forzada (colector y cámara de secado separados).
- Secadores de superficie calentada (o de contacto)

Los secadores en los que se suministra calor a los alimentos por conducción tienen tres ventajas sobre el secado con aire caliente:

- No es necesario calentar grandes volúmenes de aire antes de que comience el secado y, por tanto, la eficiencia térmica es alta. Los secadores de contacto generalmente se calientan con vapor y típicamente el consumo de calor es 2000- 3000 kJ por kg de agua

evaporada en comparación con 4000- 10,000 kJ por kg de agua evaporada en secadores de aire caliente.

- Los secadores producen pequeñas cantidades de aire de escape y pocas partículas arrastradas, lo que minimiza problemas y coste de la limpieza del aire antes de su liberación a la atmósfera.
- El secado podrá realizarse en ausencia de oxígeno (al vacío o en atmósfera de nitrógeno atmósfera) para proteger los componentes de los alimentos que se oxidan fácilmente.

Secador de bolas: En el secado por bolas, utiliza una cámara de secado está equipada con un tornillo que gira lentamente y contiene bolas de cerámica que se calientan mediante aire caliente que se introduce en la cámara. Los alimentos son secados principalmente por conducción como resultado del contacto con las bolas calientes, y son movidos a través de la secadora por el tornillo para ser descargado en la base.

Secadores de tambor (o rodillo): El secado en tambor implica la transferencia de calor desde el vapor de condensación a 120-170° C, el alimento se ingresa al tambor caliente en una fina hoja que se seca dentro de una revolución (20 s3 min) y se retira con una cuchilla "raspadora" que entra en contacto con la superficie del tambor a lo ancho.

2.2.3.2. Efectos sobre los microorganismos

Los efectos del secado sobre los microorganismos se describen en detalle por Gurtler et al. (2014) y Hui et al. (2007). Dependiendo de la combinación de tiempo y temperatura utilizados para secar alimentos, puede haber cierta destrucción de microorganismos contaminantes, pero el proceso no es letal y se eliminan las levaduras, mohos, esporas bacterianas y muchas, las bacterias Gram negativas y Gram positivas pueden sobrevivir en los alimentos secos. Por lo tanto, la mayoría de las verduras se escaldan, los alimentos líquidos se pueden pasteurizar o concentrar por evaporación, y la carne y el pescado se pueden tratar con sal antes de secar para inactivar las bacterias patógenas. Los alimentos secos se caracterizan por tener una actividad de agua (a_w) debajo 0.6, que inhibe el crecimiento microbiano, siempre que las condiciones de envasado y almacenamiento impidan la absorción de humedad por parte del producto. (Fellow, 2017)

2.2.4. Harina

La harina es un polvo muy fino que se elabora moliendo una variedad de granos, como el maíz y el trigo. En el mercado comercial existe una gran selección de diferentes harinas como centeno, avena, arroz, garbanzo, girasol y acacia, que pasan por un proceso de refinado y que

en algunos casos les dan su color. Las harinas blancas, integrales y otras contienen gluten, una proteína que les da suavidad y textura, (Payehuanca, 2019)

2.2.4.1. Harina de trigo

Polvo producido en el proceso de molienda de los granos de trigo, los granos se muelen, se tamizan, se limpian, se vuelven a moler en harina, más o menos refinada. Es el ingrediente más importante en la mayoría de los productos de panadería y pastelería, y se define como el producto finamente molido, obtenido de la molienda de trigo limpio, seco y maduro industrialmente, (A.E. & M.L. Seghezzo, 2017)

2.2.4.1.1. Tipos de harina de trigo

- **Harina universal** es la harina más común de todas, proviene de la parte finamente molida del endospermo del grano. Se produce de una combinación de trigo duro y blando, y se aplica para una variedad de productos cocidos como panes, pasteles, galletas etc.
- **Harina panificadora** se muele para uso comercial. Siendo similar a la harina universal, tiene un contenido más alto de gluten.
- **Harina pastelera** es de textura fina y molida de trigo blando y tiene un contenido bajo de proteínas. Se utiliza para producir todos tipos de alimentos cocidos como pasteles, galletas, etc. La harina pastelera tiene un porcentaje más alto de almidón y menos proteínas que la harina panificadora.
- **Sémola** es el endospermo molido en una manera gruesa.
- **Durum** es la variedad más dura de trigo y tiene el contenido proteico más alto. La harina de durum es un coproducto en la producción de sémola. En muchos casos se enriquece con cuatro vitaminas B y hierro, y también se usa para la producción de fideos, (Abbate & F. Gutheim, 2018)

2.2.4.1.2 Clasificación de las harinas

Las panificadoras industriales necesitan distintos tipos de harina para confeccionar, en procesos altamente automatizados, los diferentes productos panificados. Al mismo tiempo, la innovación en este sector se vincula con harinas diferenciadas de acuerdo con su destino industrial, denominadas especiales y premezclas, que permiten obtener determinadas características reológicas y propiedades viscoelásticas de las masas (Cuniberti y Menella, 2004).

La clasificación de los trigos resulta fundamental para satisfacer la demanda de la industria y de la exportación, de manera tal de proveer un producto de idénticas características en forma

consistente y homogénea en el tiempo y de una calidad específica según el destino final (Cuniberti y Menella, 2004).

La fuerza hace referencia a la cantidad de proteína que contiene la harina, que en el caso del trigo corresponde mayormente al gluten, aproximadamente un 80% del total. El resto de las proteínas lo forman proteínas solubles e insolubles. El gluten, al hidratarse, permite obtener masas elásticas, más fáciles de amasar y formar. Esta proteína es capaz de atrapar el dióxido de carbono que se libera en las fermentaciones, dando volumen a las masas, y también proporciona una buena estructura general a la miga, (Maiza Calle, 2021).

A mayor fuerza de la harina, mayor capacidad de absorber líquidos y de aguantar la presión que genera la fermentación. Una harina fuerte permite trabajar con masas de panadería enriquecidas con grasas y azúcares y de fermentaciones prolongadas. Sin embargo, también la calidad de la proteína es importante, pues no todas responden igual. El tipo de molienda también afecta al resultado, por eso muchos productores especifican si el molido se ha hecho a la piedra. En las grandes fábricas suelen emplearse cilindros metálicos que producen harinas homogéneas, muy blancas y finas; los molinos más son pueden producir harinas más heterogéneas y con variaciones de extracción que no se pueden controlar con tanto detalle, por lo que las harinas se clasifican según, (Marti A. B.-1., 2016) en:

Harinas de gran fuerza: son las que contienen más proteínas, en torno al 13 – 15%, y con ellas se elaboran pastas alimenticias.

Harinas de fuerza; contienen entre un 11 – 12% de proteínas y se usan para hacer pan. Proviene de los trigos duros, con alto contenido en gluten (contenidos más altos de glutenina que de gliadinas), que le confieren una gran resistencia al estirado, para considerarse de fuerza la harina ha de tener al menos un porcentaje de 12 gramos de proteína en cada 100 gramos de harina, hasta un 15% (estas serían harinas de gran fuerza) y pueden absorber hasta 750 g de agua por Kg.

Harinas de media fuerza o panificable: El contenido de proteína estará entre el 10 – 11% g por cada 100 g. Esta harina no siempre se encuentra en paquete, o por lo menos bien etiquetada, sin embargo, puede conseguirse mezclando la mitad de la cantidad de harina requerida de harina fuerza y la otra mitad de harina floja. Muchas veces podemos encontrarla en paquete, pero no está especificado que sea de media fuerza o panificable. Una cosa más, aunque estas son las harinas que se llaman panificables, el pan, o mejor, los diferentes panes, se pueden hacer con diferentes tipos de harina.

Harinas débiles o flojas: tienen entre un 7 – 9% de proteínas y se destinan a la repostería. La cantidad de gluten será inferior a 10 gramos por cada 100. Estas harinas absorben menos agua

que las fuerza (500 g por Kg en vez de 750), aunque produce unos panes más tiernos pero que se endurecen más rápidamente.

La clasificación de las harinas viene especificada por un valor numérico:

- Harina 0 = harina de gran fuerza
- Harina 00 = harina de media fuerza
- Harina 000 = harina floja
- Harina 0000 = harina muy floja

2.2.4.1.3. Proteínas de la harina de trigo

La harina de trigo es la única que tiene la habilidad de formar una masa cohesiva y tenaz, capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su cocción. Esta propiedad se debe a su capacidad para formar gluten (Gómez-Pallarés et al., 2006). El gluten es un gel formado por ciertas proteínas del trigo (gliadinas y gluteninas), la glutenina es a la que se le atribuye el papel de dar firmeza y fuerza a la masa (tenacidad y elasticidad), mientras que la gliadina, que es la que le da extensibilidad a la masa, actúa como adhesivo que mantiene unidas las partículas de glutenina; cuando se trabaja mecánicamente una mezcla de harina y agua las proteínas que integran el gluten se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endospermo del grano; durante el amasado se produce la ruptura de estos cuerpos y su hidratación, formando una red tridimensional continua en la cual se encuentra embebido el almidón (Belitz y Grosch, 2009).

2.2.4.1.4 Propiedades funcionales y reológicas de la harina de trigo

Las proteínas de la harina de trigo, específicamente las proteínas del gluten le confieren a la masa una funcionalidad única que la diferencia del resto de las harinas de otros cereales, la masa de harina de trigo se comporta desde el punto de vista reológico como un fluido viscoelástico, esta propiedad hace que la masa sea elástica y extensible. En la etapa de mezclado se desarrolla la malla de gluten, los cambios reológicos que ocurren en esta etapa son monitoreados por medio de un reómetro llamado farinógrafo. Con el alveógrafo y el extensógrafo se realizan otras pruebas reológicas a la masa. Los ensayos reológicos son muy empleados en la industria, ya que de los resultados que se obtienen, permiten clasificar a las harinas de trigo en tres grupos principalmente: para panificación, para la elaboración de pastas y para la elaboración de galletas. Dada la importancia que se tiene por conocer las propiedades reológicas de la harina de trigo, se describe la información que se obtiene de los reómetros, (Abbate & F. Gutheim, 2018).

Farinógrafo: Con este equipo se pueden visualizar las tres etapas del proceso de mezclado: hidratación de los componentes de la harina, desarrollo del gluten y colapsamiento de la masa, con respecto al tiempo. De esta manera es posible saber el tiempo de trabajo mecánico que se le puede aplicar a la masa hasta antes de colapsar su malla de gluten. También permite saber el porcentaje de agua que se requiere para alcanzar una consistencia de 500 UB (Unidades Brabender), (Ponce Pinos, 2018).

Alveógrafo: Con este equipo se evalúa la capacidad que tiene el gluten para resistir un determinado trabajo mecánico. El proceso de medición es mediante la inyección de aire a una muestra de forma circular. Dicha muestra comienza a expandirse hasta que la presión interna es mayor y revienta la masa, en ese momento la curva del alveograma cae, la información que se obtiene es el trabajo de deformación (W) de la masa hasta la ruptura del alveolo, en el alveograma representa el área bajo la curva. También se obtienen otros parámetros como: Tenacidad (P), la cual mide la resistencia a la deformación de la masa, esta propiedad la confieren principalmente las gluteninas, en el alveograma se mide en el eje de las ordenadas. Extensibilidad (L), la cual mide la viscosidad de la masa debida principalmente a las gliadinas, en el alveograma se mide en el eje de las abscisas. Índice de hinchamiento (G) da un valor proporcional a la extensibilidad. Este parámetro se utiliza para determinar el Índice de equilibrio P/G el cual, da la proporción de gliadinas y gluteninas. Con la información que se obtiene de los alveogramas se pueden clasificar a las harinas en tres grupos: fuerte, medio y débil, lo que determinas los usos de la harina de trigo. Las harinas que presentan una mayor proporción de gluteninas son más fuertes y tenaces, mientras que las harinas que presentan una mayor proporción de gliadinas son más viscosas y extensibles, las harinas con una relación balanceada de gliadinas y gluteninas presentan una fuerza media y son utilizadas para panadería, las harinas que presentan una mayor proporción de gluteninas se utilizan para elaborar pastas y las harinas que presentan una mayor proporción de gliadinas se utilizan para elaborar galletas, (Ghumman, 2017).

Extensógrafo: Determina los cambios en la tenacidad y elasticidad de la masa con respecto al tiempo, principalmente en la etapa de fermentación. Al igual que en el alveógrafo se mide la tenacidad (T) y la extensibilidad de la masa (L). Y se tiene la relación T/L. El área bajo la curva representa la fuerza de la masa, (Abbate & F. Gutheim, 2018).

2.2.5. El Pan

El pan es uno de los productos más consumidos en Occidente y ha constituido la base de alimentación de una gran parte de la humanidad históricamente. La elaboración del pan se divide en tres etapas: mezclado, fermentado y horneado. Durante todas las etapas de la

elaboración del pan, ocurren cambios químicos, bioquímicos y transformaciones físicas, las cuales son afectadas por diversos constituyentes de la harina. El proceso inicia con la mezcla distintos ingredientes, normalmente harina, sal y levadura, durante el amasado. En este proceso también se desarrolla una red de gluten capaz de retener el gas producido durante la fermentación. Una vez formada la masa debe procederse a su fermentación, papel del que se encargan las levaduras al transformar los azúcares presentes en CO₂ y alcohol. El gas formado es el responsable el aumento de volumen de las piezas y la creación de una estructura porosa, al ser atrapado por la red de gluten. Por último, las piezas se introducen en el horno, donde se produce una nueva expansión, se crea la estructura final de la miga y corteza a través de los fenómenos de gelatinización del almidón, desnaturalización proteica y secado. (Casp, 2014)

2.2.5.1. Función de los ingredientes utilizados para la elaboración de 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. Si en la harina aparece no sólo el endospermo, sino todos los componentes del grano se llama harina integral (Athiyannan, 2022).

Agua: Es el segundo componente mayoritario de la masa y es el que hace posible el amasado de la harina. El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan, (Dilmurodovich, 2022).

Sal: Su objetivo principal es dar sabor al pan. Además, es importante porque hace la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan, (Šmídová, 2022).

Levadura: En panadería se llama levadura al componente microbiano aportado a la masa con el fin de hacerla fermentar de modo que se produzca etanol y CO₂. Este CO₂ queda atrapado en la masa la cual se esponja y aumenta de volumen. A este fenómeno se le denomina levantamiento de la masa. Los microorganismos presentes en la levadura son principalmente levaduras que son las responsables de la fermentación alcohólica, pero también se pueden encontrar bacterias que actúan durante la fermentación dando productos secundarios que van a conferir al pan determinadas características organolépticas, en concreto una cierta acidez, (Escrivá LLorens, 2022).

Tipos de levadura utilizados en panificación

- **Levadura natural o levadura de masa:** se prepara a partir del microbiota de la propia harina. Para ello, en 3 ó 4 etapas sucesivas, se mezclan harina y agua, se amasa y se deja reposar la masa para que fermente de modo espontáneo, (Bharathi, 2022).
- **Levadura comercial o levadura de panadería:** se prepara industrialmente a partir de cultivos puros generalmente de *Saccharomyces cerevisiae*. Se comercializa en distintas formas: prensada, líquida, deshidratada activa o instantánea, en escamas. Tiene aplicación en todos los sistemas actuales de elaboración de pan (Callejo, 2002).
- **Levaduras químicas o impulsores de masas:** son aditivos gasificantes que básicamente consisten en la mezcla de un ácido y un compuesto alcalino que con el amasado y el calor de la cocción reaccionan generando CO₂. Su aplicación real corresponde más a la pastelería que a la panificación (Pérez y col., 2001)

2.2.5.2. Aspectos químicos y bioquímicos de la panificación

La elaboración del pan se hace con masas ácidas que son cultivos mixtos de bacterias ácido-lácticas y levaduras que crecen de manera espontánea en los cereales. Estas bacterias fermentan los azúcares formando ácido acético, etanol, ácido láctico y CO₂ dependiendo de la especie. Las levaduras también contribuyen a la formación de gas con la fermentación del azúcar a etanol y CO₂, (Lucky A. R.-M.).

Los ácidos proporcionan al producto el sabor, mientras que los azúcares fermentables y la fracción de bacterias lácticas y levaduras que son productoras de gas son responsables de la porosidad y ligereza de la masa.

La panificación es casi un proceso de aireación ya que hay que controlar la fase gaseosa durante toda la fabricación, (Escrivá Llorens, 2022).

Amasado o mezclado: Etapa de la panificación que tiene por objeto lograr una distribución uniforme de todos los ingredientes

Fermentación: El proceso fermentativo comienza desde el momento de la incorporación de la levadura en la masa, prolongándose hasta el instante en que se inicia la cocción de los panes.

Horneo o cocción: Es la última etapa del proceso panificador y es aquí donde el pan alcanza su máximo y último desarrollo.

Los aspectos químicos que se presentan en el amasado es formar y desarrollar adecuadamente el gluten a partir de las proteínas que contienen los gránulos de almidón. Las burbujas de dióxido de carbono quedan atrapadas en láminas, que se expanden conforme la levadura va produciendo más gas y se van hinchando como si fueran globos. Si las láminas de gluten son demasiado débiles (amasado escaso) estas burbujas estallan con mucha facilidad y la masa

panadera no sube adecuadamente, se debe lograr un alto grado de extensibilidad, la masa debe ser suave, seca, brillante, muy manejable y desprenderse limpiamente de las paredes de la taza de la mezcladora. Las ventajas que ofrece una mezcla adecuada son: máxima absorción, buen desarrollo del gluten, tiempo de fermentación ligeramente más corto, buen volumen del pan, buenas condiciones internas del pan (paredes de las celdas delgadas, textura de la miga suave y buena conservación), (Mesas & Alegre, 2002)

Durante la fermentación de la masa se producen en ella modificaciones que se hacen notar no solamente la masa mientras fermenta, sino que se reflejan también en el pan terminado, en la jugosidad y propiedades de conservación de la pieza. En este proceso la levadura tiene dos funciones: Favorecer la maduración de la masa y producir gas para airear la masa y el pan. Este mecanismo de producción de gas consiste en la transformación del azúcar en anhídrido carbónico y alcohol. Esta producción depende de la presencia de levadura en la masa y de la cantidad de sustrato (azúcares fermentables) que contiene la harina, (Mesas & Alegre, 2002).

La reproducción de la levadura en la masa depende de la cantidad inicial de una cantidad inferior a un 2% permite la reproducción del 50%. Si la cantidad de levadura supera al 2% no hay crecimiento. La influencia de la temperatura en la levadura, si es superiores a 53°C se mueren. Para una fermentación corta la temperatura adecuada debe ser por encima de 28°C y un tiempo de 1h -1h30, cuanto más larga sea la duración del proceso más baja debe ser la temperatura de fermentación, con temperaturas entre los 23 y 25°C se obtiene un pan húmedo, aromático y con un buen color de miga, mientras que con temperaturas superiores a los 29°C el pan es seco, se endurece muy rápidamente y se caracteriza por una miga de color pálido.

Además de la fermentación alcohólica se producen en mayor o menor medida otras fermentaciones por parte de ciertos microorganismos, formando ácido Láctico, acético y butírico. La fermentación láctica, tiene lugar por la hidrólisis de la lactosa o del azúcar que produce glucosa, que transforma en ácido láctico, la fermentación butírica a consecuencia de la fermentación láctica de la masa, el ácido láctico puede ser atacados por diferentes bacterias produciendo ácido butírico y la fermentación acética, reaccionan de manera óptima en presencia del aire, (Payahuanca- Mamani, 2018)

Tiene 3 funciones, producir anhídrido carbónico en cantidad suficiente y en el tiempo justo para hinchar la masa y hacerla blanda, producir un conjunto de compuestos químicos que dan al pan su sabor característico y facilitar los cambios sobre la estructura del gluten, lo que se conoce como maduración (Ghumman, 2017).

Para el proceso de cocción los cambios que ocurren en el interior de la masa durante la son la expansión del gas y producción enzimática de azúcares 45 – 50°C , desarrollo y producción del

vapor de agua, formación de la corteza, a temperatura inferior a 55 °C, la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; solo una vez alcanzado a los 65°C la actividad de la levadura y de las enzimas cesa, y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial destrucción del almidón. La temperatura de cocción influye sobre otros componentes, como vitaminas (tiamina B1 y la riovflavina B2) cuyo contenido se reduce. La temperatura conduce a la eliminación del gas en la masa y de sustancias volátiles y aromáticas como los alcoholes, los éteres y todos aquellos derivados de la reacción maillard entre azúcares y aminoácidos y se forma el aroma característico del pan (Pardeshi, 2013).

2.2.5.1. Características del pan

Hay tres elementos distintivos de un buen pan: Superficie, interior y sabor.

Superficie. Un excelente pan debe tener una buena corteza (color y apariencia de la superficie). El color puede tener algunas variaciones desde naranja claro a dorado oscuro, llegando a ciertos tintes más oscuros donde el pan ha estado más expuesto al calor durante el proceso de horneado. Por el contrario, si la corteza es de color pálido carecerá de sabor, mientras que una corteza muy oscura será muy amarga, (Cazares Torres, 2011).

Interior. La estructura celular de la miga debe ser abierta e irregular. Esto es señal de que la masa ha sido mezclada y fermentada de forma correcta. El color de la miga debe ser cremoso y la textura suave y húmeda, (Escrivá Llorens, 2022).

Sabor. Este dependerá de los ingredientes involucrados, pero un buen pan debe tener el buen sabor de la fermentación, reconocible por notas a nuez, dulce. Los panes fermentados con levadura contienen un toque ligero de acidez, mientras que aquellos con masa madre tendrán un sabor ácido más fuerte, (Lakshmi & Vimala, CABI Logo CAB Direct, 2021).

2.2.6. Tipos de pan

- Pan blanco. - es el más habitual en el mercado. Está elaborado con harina refinada que se obtiene a partir de la molienda del endospermo del grano de trigo, y que supone aproximadamente entre el 81% y el 84% del peso del cereal.
- (Sanchez, 2015) Según Mezas y Alegre (2002) el pan se clasifica en:
- Pan común. – también conocido como pan blanco, se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados. Dentro de este tipo se incluyen:

- Pan bregado, de miga dura, español o candeal, es el elaborado con cilindros refinadores.
- Pan de flama o de miga blanda, es el obtenido con una mayor proporción de agua que el pan bregado y normalmente no necesita del uso de cilindros refinadores en su elaboración.
- Pan especial. - es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común, (Noguera, 2020).
- Pan de molde o americano, es el pan de corteza blanda en cuya cocción se emplean moldes.
 - Pan de cereales, es el elaborado con harina de trigo más otra harina en proporción no inferior al 51%. Recibe el nombre de este último cereal. Ejemplo: pan de centeno, pan de maíz, etc.
- Pan de huevo, pan de leche, pan de miel y pan de pasas, etc., son panes especiales a los que se añade alguna de estas materias primas, recibiendo su nombre de la materia prima añadida

2.2.7. Análisis sensorial

El análisis sensorial es el examen de las propiedades sensoriales de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima. Este tipo de análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor. Es decir, intenta aislar las propiedades sensoriales u sensoriales de los alimentos o productos en sí mismos y aporta información muy útil para su desarrollo o mejora, para la comunidad científica del área de alimentos y para los directivos de empresas. (García, 2014)

2.2.7.1. Propiedades sensoriales de los alimentos

2.2.7.1.1. Color

Según Chavarría (2016) El color es una indicación de la reacción química que ocurre en los alimentos después de someterse a un tratamiento térmico y, en muchos casos, el color puede ser un signo de deterioro. El color de la corteza se desarrolla durante la fase de horneado y está

asociado con la reacción del caramelo de Maillard, que produce compuestos que afectan el color y el sabor del pan. (Paredes, 2016)

2.2.7.1.2. Sabor

Chavarría (2016) establece que las papilas gustativas de la lengua tienen la capacidad de identificar cinco tipos de sabores: dulce, salado, amargo, agrio y umami. Cada parte de la lengua es más capaz de percibir un sabor u otro, aunque todas las papilas gustativas pueden absorber todos los sabores. También podemos hablar de sabores instantáneos, como la acidez del ácido cítrico, y de sabores lentos, como la acidez del ácido málico (que se encuentra en algunas frutas y verduras que saben agrias, especialmente cuando no están maduras, como las uvas, las manzanas o las cerezas).

El sabor del pan no puede explicarse únicamente por sus compuestos volátiles. Los adjetivos como dulce, agrio, salado, amargo y mantecoso se usan a menudo en las descripciones. Factores como los microorganismos utilizados para la fermentación, el contenido de cenizas de la harina (relacionado con la tasa de extracción) o la temperatura de fermentación afectan el sabor del pan. (Paredes, 2016)

2.2.7.1.3. Olor

Según Chavarría (2016) Esta propiedad, que se encuentra entre las más difíciles de definir y caracterizar, está dada por los diversos volátiles presentes en los alimentos, tanto de forma natural como de procesamiento (por volátiles, aditivos alimentarios, como sabores artificiales). Los productos vegetales son más ricos en estos compuestos volátiles, que también se producen como subproductos de reacciones enzimáticas como la reacción de Maillard o la caramelización de azúcares. El olor del pan es uno de los determinantes de la aceptación del consumidor. Aunque se han identificado un gran número de compuestos volátiles asociados al olor del pan, solo unos pocos tienen una influencia decisiva en su aroma final. (Paredes, 2016)

2.2.7.1.4. Textura

Es una de las características más distintivas entre los alimentos básicos en las preferencias del consumidor. Esta propiedad se evalúa mediante estudios reológicos, que se centran en el análisis de aspectos como la viscosidad, el espesor, la dureza o la dureza. Algunos alimentos cambian de forma y textura durante el almacenamiento, por lo que se utilizan medidas reológicas para predecir la estabilidad de la vida útil. (Chavarría, 2016)

2.2.8. Análisis fisicoquímico

Olmos (2018) Establece que el análisis de las propiedades físicas y químicas de los alimentos es uno de los principales aspectos del aseguramiento de la calidad de los alimentos. Juegan un

papel importante en la determinación de los valores nutricionales, en el seguimiento del cumplimiento de los estándares exigidos por las autoridades de salud pública, así como en el estudio de posibles distorsiones como contaminación y aberraciones, tanto en los alimentos preparados como en sus ingredientes.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El enfoque investigativo es cuantitativo porque las variables estudiadas se evaluaron por medio de la medición numérica de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, y sensoriales para posteriormente interpretar estadísticamente, con los cuales fue posible responder los objetivos plantados, contestar las preguntas de investigación y aprobar o rechazar la hipótesis. (Hernández-Sampieri, 2018)

3.1.2. Tipo de Investigación

3.1.2.1 Investigación experimental

Para la elaboración de pan con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo donde se controlaron temperaturas y tiempos para la obtención de harina, mientras que, para la elaboración de pan, se realizaron sustituciones parciales con el propósito de determinar la conservación de las características fisicoquímicas de la materia primas en los procesos de obtención de harina y elaboración de pan

3.2. HIPÓTESIS

Hipótesis nula: La obtención de una harina de pasto de trigo (*Triticum vulgare L.*) por deshidratación para la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de un pan artesanal no conserva las características fisicoquímicas de la materia prima

Hipótesis alternativa: La obtención de una harina de pasto de trigo (*Triticum vulgare L.*) por deshidratación para la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de un pan artesanal conserva las características fisicoquímicas de la materia prima

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Temperatura y Tiempo

- Temperatura aplicada en vegetales.
 - 30°C
 - 40°C
 - 50°C
- Tiempo
 - 48 horas
 - 60 horas

El Rango de temperatura es de 30°C hasta 55°C, con un tiempo mínimo de 48 horas y máximo de 60 horas, según estudios realizados en “Efecto de los procedimientos de secado sobre la

composición nutricional, compuestos bioactivos y actividad antioxidante del pasto de trigo (*Triticum aestivum L*)”

Variable dependiente: Características fisicoquímicas, características microbiológicas, características sensoriales (pruebas descriptivas)

La harina es el polvo fino que se obtiene de la deshidratación del trigo y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales, las características más destacadas de la harina son: fuerza, tenacidad y elasticidad, definen el comportamiento que van a tener las masas confeccionadas con estas harinas. En la tabla 2, se observa la operacionalización de variables, para la obtención de harina.

Tabla 2. Operacionalización de variables obtención de la harina

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnicas	Instrumento
Independiente	Temperatura	30°C 40°C 50°C	Deshidratación	CPE INEN-CODEX CAC/RCP 5 Frutas y hortalizas deshidratadas.
	Tiempo	48 horas 60 horas		
Dependiente	Calidad fisicoquímica	Humedad	Secado y pesado	NTE INEN 518
		Proteínas	Kjeldahl	NTE INEN 519
	Cenizas	Determinación de cenizas	NTE INEN 520	
	Calidad Microbiológica.	Aerobios mesófilos		NTE INEN 1 529-5
Coliformes		Recuento microbiológico placas petrifilm	NTE INEN 1 529-7	
Mohos y levaduras			NTE INEN 1 529-10	
	Salmonella		NTE INEN 1 529-15	

Tabla 3. Operacionalización de variables, elaboración del pan artesanal.

Variables	Dimensión	Indicaciones	Técnica	Instrumento		
Independiente	Tratamientos	T1: 2%	Gravimetría	Fichas técnicas		
		T2: 5 %				
	Evaluación Fisicoquímica	T3: 10%	Secado y pesado	NTE INEN 518		
		Humedad		Kjeldahl	NTE INEN 519	
Dependiente	Evaluación microbiológica	Proteínas	Determinación de cenizas	NTE INEN 520		
		Cenizas		Recuento microbiológico placas petrifilm	Fichas técnicas	
		Mohos		Recuento microbiológico placas petrifilm	Fichas técnicas	
	Evaluación sensorial	Levaduras	microbiológico placas petrifilm	Recuento microbiológico placas petrifilm	Fichas técnicas	
		Coliformes totales			microbiológico placas petrifilm	Fichas técnicas
		Color			Prueba de aceptación	Hoja de catación
Olor						
Sabor						
	Textura					
	Aceptación					

En la tabla 4, se observa la definición de variables para la obtención de harina de pasto de trigo, a diferentes temperaturas y tiempos.

Tabla 4. Definición de variables y tratamientos para la obtención de harina de pasto de trigo

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Temperaturas	A ₁	30°C
		A ₂	40°C
		A ₃	50°C
B	Tiempo	B ₁	48 horas
		B ₂	60 horas

En la tabla 5 se muestra el esquema del experimento para la obtención de la harina de pasto de trigo.

Tabla 5. Esquema del experimento para la obtención de harina de pasto de trigo.

Tratamiento	Esquema del experimento	R	TUE
A1B1	30°C + 48 Horas	3	500 g
A2B2	40°C + 48 Horas	3	500 g
A3B1	50°C + 48 Horas	3	500 g
A1B2	30°C + 60 Horas	3	500 g
A2B2	40°C + 60 Horas	3	500 g
A3B2	50°C + 60 Horas	3	500 g
UE		18	

Nota: UE= Unidades experimentales; TUE= Tratamiento unidad experimental

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1. Proceso de sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo para la elaboración de un pan artesanal.

La población considerada para esta investigación estará conformada por 18 unidades experimentales con 6 tratamientos y tres repeticiones cada, en la obtención de harina de pasto de trigo por deshidratación, y por otra parte se tendrá 3 tratamientos con 3 repeticiones cada una y 9 unidades experimentales para la elaboración de pan artesanal con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo. En la tabla 5, se establece las normas que van a considerarse para asegurar la calidad de los tratamientos.

Para llevar a cabo la investigación, el arreglo factorial A*B depende de lo siguiente:

Para la obtención de la harina de pasto de trigo

Número de tratamientos: 6

Número de repeticiones: 3

Unidades experimentales: 18

Para la elaboración de pan artesanal con sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo.

Número de tratamientos: 3

Número de repeticiones: 3

Unidades experimentales: 9

Tabla 6. Análisis fisicoquímicos para determinar la calidad de los tratamientos.

Descripción	Análisis	Normas
Calidad Fisicoquímica	Humedad	NTE INEN 518
	Proteínas	NTE INEN 519
	Cenizas	NTE INEN 520

3.4.2.1. Primera fase: Proceso de obtención de harina de pasto de trigo

Se utilizó semilla de trigo (*Triticum vulgare.L.*), proporcionadas por la planta de procesamiento de granos de Fegrandinos, ubicada en el cantón Bolívar, en Carchi, establecimiento que cuenta con las semillas certificadas distribuidas por el MAGAP, la cual fue limpiada y se descartó las semillas quebradas e impurezas. Se pesaron en una balanza 0.50 kg de semilla seca por charola, se lavaron y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 6 % durante 3 min y nuevamente se lavaron con agua. Después, fueron introducidas en un recipiente con 1 litro de agua, durante 6 a 8 horas. Al término de este periodo se escurrió el exceso de agua y se dispersó

la semilla en cada charola formando una capa de 1 cm de espesor y se dejó germinar por al menos 24 horas. Una vez pasado este tiempo los brotes alcanzaron 2cm aproximadamente y se los expuso al sol, cubriendo con un paño para proceder a mantenerlo húmedo por 3 días usando un rociador.

Simultáneamente se preparó al área de cultivo en bandejas de plástico donde se cubrió con dos centímetros de tierra negra y composta orgánica obtenida a partir de hojas secas, residuos vegetales, y agua, transcurrido el tiempo de germinación se procedió a sembrar el trigo, asegurado la humedad en el recipiente, para que los brotes alcancen la madures deseada. En un tiempo de 18 días, se cortó el pasto de trigo por encima de la raíz, para asegurar la segunda y tercera cosecha del mismo cultivo.

Para el siguiente paso se realizaron análisis de humedad, cenizas y proteínas considerando la norma INEN 517 donde establecen los requisitos de harinas vegetales, y se prosiguió a pesar 500g de pasto de trigo, y se colocó en el deshidratador, en temperaturas controladas (30°,40°,50°) en tiempos de 48 y 60 horas, considerando como base la investigación realizados en un estudio del efecto de los procedimientos de secado sobre la composición fisicoquímica, compuestos bioactivos y actividad antioxidante del pasto de trigo (*Triticum aestivum L.*).

3.4.2.1. Segunda fase: Proceso de obtención de harina de pasto de trigo

Como resultado de la deshidratación se obtuvieron 18 tratamientos, los cuales pasaron por un proceso de tamizado para homogenizar y separar purezas. Se realizaron los análisis fisicoquímicos de los tratamientos con la finalidad de determinar la calidad por medio de las normas INEN, la harina de pasto de trigo se empaco en fundas papel Kraft para evitar el contacto con el ambiente y la absorción de humedad y se almacenó en un lugar fresco y seco En la medida de lo posible, la temperatura no debe superar los 18°C (evita deterioro de la harina, mejor calidad). En la figura 2 se evidencia el diagrama de flujo para obtención de la harina.

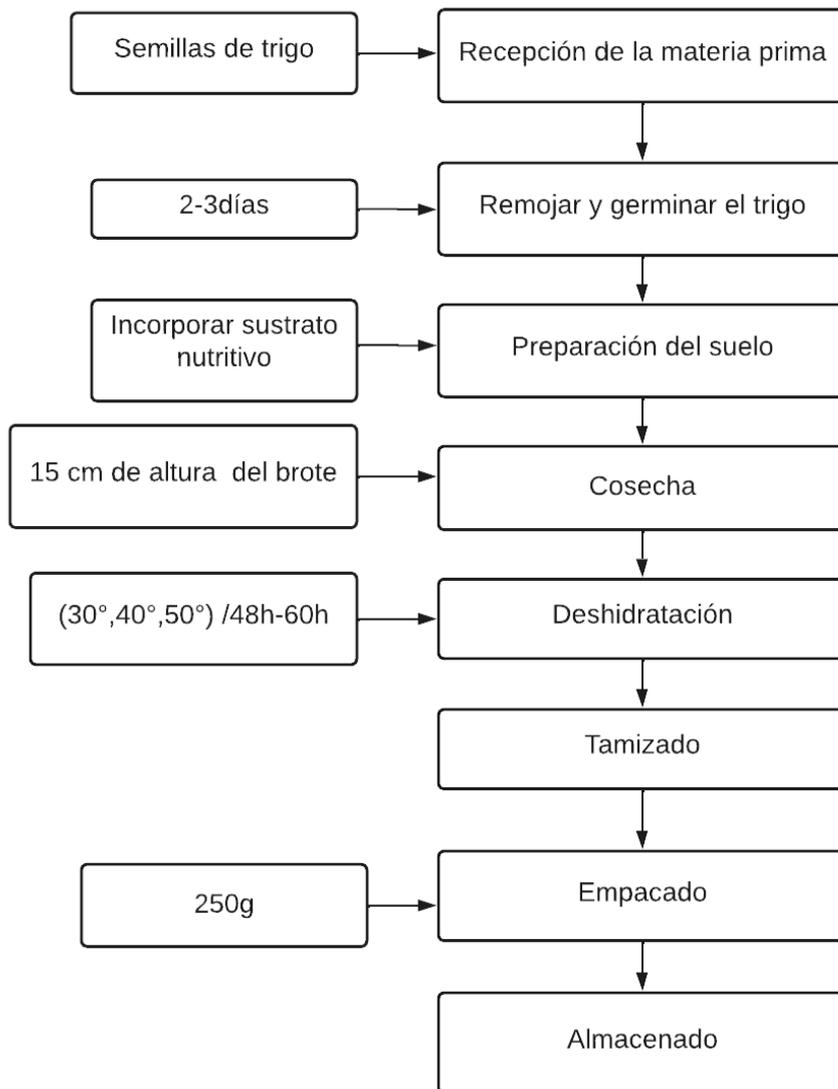


Figura 2 Diagrama de flujo para la obtención de la harina de pasto de trigo

3.4.3. Proceso de elaboración de pan artesanal.

3.4.3.1. Formulaciones

Para los seis tratamientos de cada ensayo se pesó cada uno de los ingredientes y se formó una circunferencia con la harina en una superficie lisa de la mesa y se colocaron todos los ingredientes, se mezcló hasta conseguir una masa homogénea, flexible y elástica, lo cual se consiguió en aproximadamente 25 minutos. Se dejó la masa en reposo durante 25 minutos a temperatura ambiente para proceder a realizar la división y boleo, que consistió en cortar y pesar (40 g), de la masa, luego se formaron bolas con la masa y se colocaron en latas previamente engrasadas con mantequilla. Se dejó reposar nuevamente hasta doblar el volumen,

esto se consiguió aproximadamente en 55 minutos a un rango de 45- 55 °C. Continuando con el proceso, las latas fueron colocadas en el horno respectivamente, donde se dejó por 25 minutos, transcurrido este tiempo los panes fueron sacados del horno y colocados en bandejas para enfriar y empaquetar.

Para la elaboración del pan artesanal se realizaron diferentes tratamientos la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pasto de trigo. Se observa en la tabla 7 el esquema del experimento.

Tabla 7. Esquema del experimento para la elaboración de pan artesanal.

Tratamiento	Esquema del experimento	R	TUE
A1B1	2% porcentaje de harina de pasto de trigo+98% de harina de trigo	3	40 g /Unidad
A2B2	3% porcentaje de harina de pasto de trigo+97% de harina de trigo	3	40 g /Unidad
A3B1	5% porcentaje de harina de pasto de trigo+95% de harina de trigo	3	40 g /Unidad
UE		9	

Nota 1. T.U.E = Tamaño de la unidad experimental y U.E = unidad experimental

Materia prima

La materia prima que se utilizó para la elaboración del pan se describe en la Tabla 8 en la cual se detallan los porcentajes de los ingredientes que se emplearon para la elaboración de pan artesanal.

Tabla 8. Porcentaje de ingredientes

Ingredientes	T1	T2	T3
Harina de pasto de trigo	1,05	2,63	5,26
Harina de trigo	51,53	49,95	47,33
Huevo	5,79	5,79	5,79
Mantequilla	17,39	17,39	17,39
Levadura	1,64	1,64	1,64
Sal	1,1	1,1	1,1
Azúcar	2,18	2,18	2,18
Agua	19,32	19,32	19,32

En la figura 3 se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de pan artesanal.

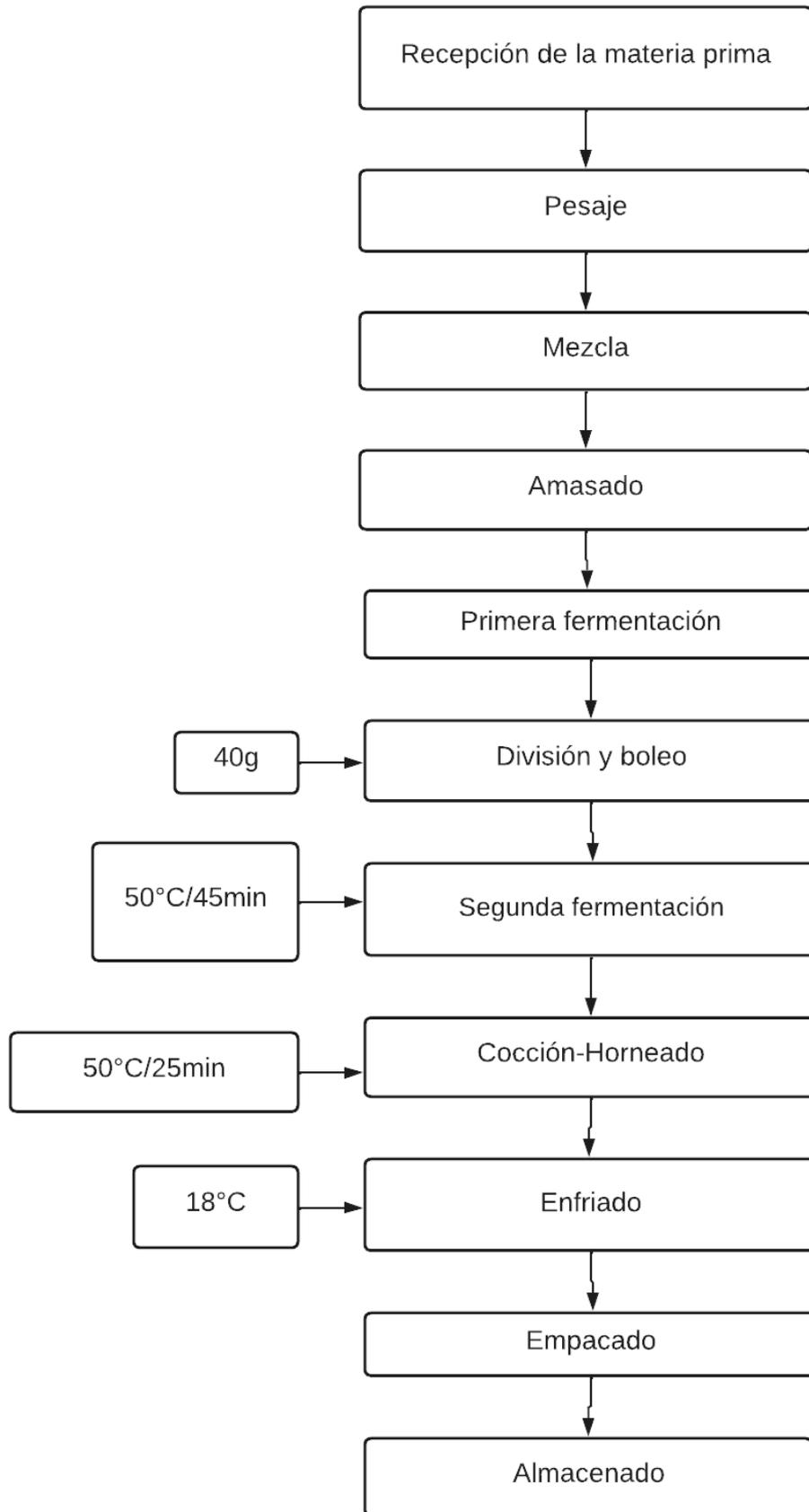


Figura 3. Flujograma de proceso de elaboración del pan artesanal.

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.4 Metodología de análisis fisicoquímico y nutricional de la harina y el pan artesanal.

Metodología de análisis fisicoquímico y nutricional de la harina y el pan El análisis nutricional tanto de la harina y del pan se los realizó en los laboratorios de la Universidad Politécnica estatal del Carchi

3.4.4.1. Humedad

Se secó en Estufa de aire marca Memmert, modelo M 400 a $130\pm 3^{\circ}\text{C}$ por una hora. Referencia INEN, 518. Método para determinar el contenido de humedad y otras materias de las harinas de origen vegetal, con aproximación al 0,1 mg, 2 g de muestra preparada.

3.4.4.2. Cenizas

Se secó en la mufla marca Barnstead Thermolyne, mod. F6010 a 550°C aproximadamente 1 hora. Referencia INEN, 520. Establece el método para determinar el contenido de cenizas en las harías vegetales.

3.4.4.3. Proteína bruta. (AOAC 981.10)

La determinación de la proteína bruta se realizó por el método Kjeldahl que consiste en tres etapas (García y Fernández,2000)

Procedimiento:

a) Digestión: En primer lugar, se pesó aproximadamente 0,5 g de muestra seca en un papel libre de nitrógeno, en una balanza analítica “Mettler Toledo” 204 máx 220 g, $d=0,1$ mg, y se lo transfirió a los tubos de vidrio para digestión de 250 mL (m). Después, se colocaron dos núcleos de ebullición en cada tubo de digestión, 2 pastillas catalizadoras Kjeldahl Velp Scientifica (3,5 g K_2SO_4 ; 0,105 g $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,105 g TiO_2) y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado “Fisher” al 96 % grado analítico. Luego, se colocaron los tubos en el equipo de digestión, “VELP Scientifica DK6” previamente calentado a 420°C por 1 hora. Una vez transcurrido el tiempo, se dejaron enfriar los tubos por 10 minutos y se colocaron 100 mL de agua destilada tipo II.

b) Destilación: Se transfirió el contenido de los tubos a los balones de destilación de 500 mL y se agregaron, lentamente, 100 mL de solución de hidróxido de sodio al 40 % p/v, preparada a partir de 400 g de hidróxido de sodio grado analítico marca J.T Baker aforados a 1000 mL con agua destilada tipo II. Después, se agregaron 25 mL de solución de ácido bórico al 4 %,

preparada a partir de 10 g de ácido bórico grado analítico de marca Fisher, disueltos en agua caliente y aforados a 250 mL con agua destilada tipo II; luego, se colocaron 5 gotas del indicador de Tashiro, compuesto de 100 mg de rojo de metilo y de verde de bromocresol disueltos en 100 mL de metanol en proporción 2:1, en los erlenmeyeres, y se procedió a armar el equipo de destilación. Por último, se destilaron las muestras durante 25 minutos, hasta que el indicador vire de color rojo a verde.

c) Titulación: Primero, se preparó una solución de ácido clorhídrico 0,1 N (M) a partir de 8,23 mL de ácido clorhídrico concentrado al 37 %, grado analítico, marca Fisher, aforados a 1000 mL con agua destilada tipo II. Luego, se valoró la solución con un estándar primario de carbonato de sodio, grado analítico marca Fisher. Después, se colocaron 25 mL de la solución 46 ácida en una bureta y se procedió a titular el contenido de los erlenmeyers, hasta que el indicador vire de color verde a lila (VA).

3.4.4.4. Análisis microbiológicos.

Con el fin de conocer el estado microbiológico, así como también la calidad que presenta y verificar que cumple con las especificaciones marcadas al control del proceso e higiene en la línea de obtención de la harina y el pan, se realizaron análisis microbiológico de los siguientes microorganismos tomado como referencia las normas INEN de control microbiológico en alimentos. En la tabla 9 se establece las normas que son tomadas como referentes para asegurar la inocuidad del alimento.

Tabla 9. Análisis microbiológicos para la harina de pasto de trigo y el pan artesanal.

Descripción	Normas
Aerobios mesófilos	NTE INEN 1 529-5
Coliformes	NTE INEN 1 529-7
Mohos y levaduras	NTE INEN 1 529-10
Salmonella	NTE INEN 1 529-15

3.4.4.5. Determinación de las características sensoriales del pan artesanal.

Para el análisis sensorial se empleó una prueba de aceptación, a 50 catadores donde se analizaron los atributos olor, color, sabor, textura y aceptación de los tratamientos con la finalidad de determinar la aceptación de estos atributos.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de tres o más grupos, se recolectó la información experimentalmente, y se analizó mediante el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) seguido de una comparación de medias (prueba de Tukey).

El diseño experimental contará con 2 factores y 3 tratamientos, cada uno con tres repeticiones, donde se realizarán los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, para determinar mediante tablas si el proceso conserva las características nutricionales de la materia prima, con la cual se elaborará pan artesanal y mediante pruebas descriptivas se evaluará los atributos de este.

El diseño experimental que se va a utilizar será completamente al azar con nivel mínimo de significancia $P=0,05$ con el propósito de establecer las diferencias estadísticamente significativas entre cada tratamiento. Para las variables con diferencias significativas entre factores se utilizará un análisis de medias con la prueba de Tukey.

Se realizará un análisis de varianza (ANOVA) con los datos que se obtendrá del diseño experimental, seguido de esto se aplicará la prueba Tukey para que cada formulación tenga intervalos de confianza entre las diferencias significativas determinando el mejor tratamiento en cuanto a características fisicoquímicas de acuerdo con las normas NTE INEN 616 para los requisitos de harina de trigo.

Tabla 10. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de Variación (F.V)	Grados de Libertad (G.L)	Suma de Cuadrados (S.C)	Cuadrados Medios (C.M)	F Calculado F_{exp}
Factor A	a-1	SCA	CMA	CMA/CMR
Factor B	b-1	SCB	CMB	CMB/CMR
AxB	(a-1)(b-1)	SC(AB)	CM(AB)	CM(AB)/CMR
Error	ab(r-1)	SCR	CMR	
Total	abr-1	SCT	CMT	

3.5.2. Diseño experimental

Se realizaron dos ensayos independientes, uno para 48 horas de deshidratación y otro para 60 horas de deshidratación, donde en base a los análisis fisicoquímicos en comparación con las normas INEN, se determinó la harina más adecuada para la elaboración de pan artesanal. Para determinar las diferentes sustituciones de harina de trigo por harina de pasto de trigo, se realizaron ensayos preliminares, donde inicialmente se realizó sustituciones de 75%, 50% y 25% de HPT en 25%, 50% y 75% de HT con resultados desfavorables, en cuanto a

esponjosidad, elasticidad y plasticidad, por lo que se continuó realizando sustituciones más bajas, hasta tener resultados favorables con sustituciones parciales de 2%, 5% y 10% de HPT en 98%, 95% y 90% de HT para la elaboración de pan artesanal, con los que se realizó los respectivos análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. En las tablas 11 y 12 se especifica la definición de las variables y los tratamientos para la obtención de la harina y la elaboración del pan artesanal, respectivamente.

Tabla 11. Definición de variables y tratamientos para la obtención de harina de pasto de trigo

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Temperaturas	A ₁	30°C
		A ₂	40°C
		A ₃	50°C
B	Tiempo	B ₁	60 horas
		B ₂	48 horas

Tabla 12. Definición de variables y tratamientos para la elaboración de pan artesanal.

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Harina de pasto trigo	A ₁	2%
		A ₂	5%
		A ₃	10%
B	Harina de trigo.	B ₁	98%
		B ₂	95%
		B ₃	90%

3.5.3. Formulación

Para la obtención de la harina de pasto de trigo y elaboración del pan artesanal se realizarán diferentes tratamientos, que para su debida diferenciación se utilizará la nomenclatura de TH para los tratamientos en la obtención de la harina y únicamente T para los tratamientos en la elaboración del pan artesanal. Se observa en la tabla 13 y 14.

Tabla 13. Esquema del experimento para la obtención de harina de pasto de trigo.

Tratamiento	Esquema del experimento	R	TUE
A1B1	30°C + 6 Horas	3	500 g
A2B2	35°C + 6 Horas	3	500 g
A3B1	40°C + 6 Horas	3	500 g
A1B2	30°C + 10 Horas	3	500 g
A2B2	35°C + 10 Horas	3	500 g
A3B2	40°C + 10 Horas	3	500 g
UE		18	

Tabla 14. Esquema del experimento para la elaboración de pan artesanal.

Tratamiento	Esquema del experimento	R	TUE
A1B1	2% porcentaje de harina de pasto de trigo+98% de harina de trigo	3	40 g/ Unidad
A2B2	5% porcentaje de harina de pasto de trigo+95% de harina de trigo	3	40 g/ Unidad
A3B1	10% porcentaje de harina de pasto de trigo+90% de harina de trigo	3	40 g/ Unidad
UE		9	

Nota 1. T.U.E = Tamaño de la unidad experimental y U.E = unidad experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Resultados

La finalidad de la investigación fue obtener una harina que conserve la calidad y características fisicoquímicas de materia prima, para posteriormente ser utilizada en la elaboración de pan artesanal. En la figura 4, se muestran los valores obtenidos de las cenizas, húmedas y proteínas del pasto de trigo, la harina de pasto de trigo y el pan elaborado con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo.

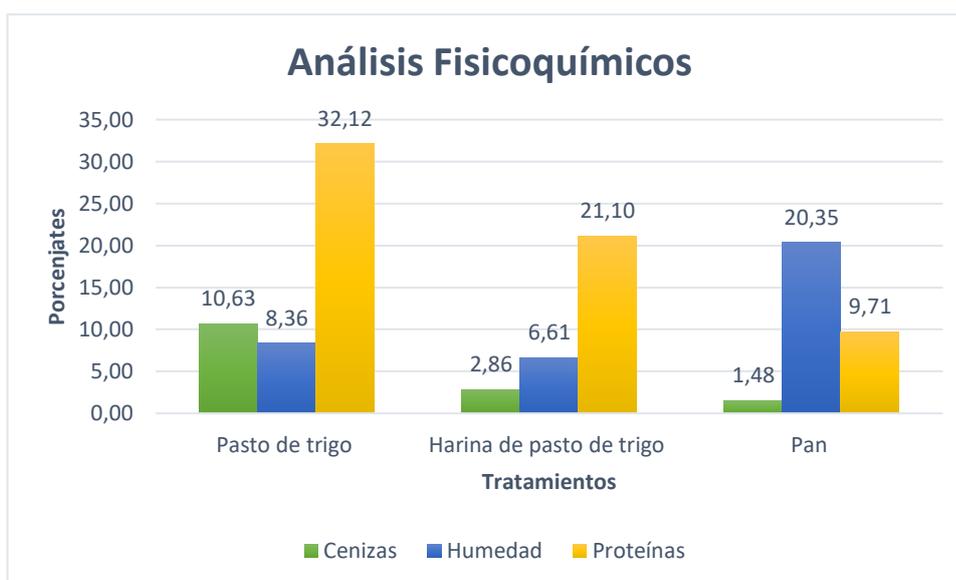


Figura 4. Caracterización fisicoquímica

4.2.1. Análisis fisicoquímicos del pasto trigo, harina de pasto de trigo y pan artesanal.

4.2.1.1 Pasto de trigo

En la tabla 15 se observan los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al pasto de trigo.

Tabla 15. Resultados de los análisis fisicoquímicos del pasto de trigo.

Materia prima			
Tratamientos	Cenizas %	Proteínas %	Humedad %
Pasto de trigo	10,63	32,14	8,36
Repetición 1	12,57	32,12	7,65
Repetición 2	12,49	32,41	8,39

4.2.1.2. Harina de pasto de trigo

4.2.1.2.1. Resultados del análisis de cenizas de la harina de pasto de trigo

El contenido de cenizas es utilizado como un indicador de calidad de las harinas, que corresponde a la cantidad de minerales presentes en los diferentes tratamientos, expuestos a 48 horas y 60 horas.

Valor de cenizas obtenidas en 48 horas: en la tabla 16 se indican los valores medios obtenidos de cenizas, donde el TH1 (30°C-48 Horas) tiene mayor cantidad que el TH3 (50°C-48 Horas)

Tabla 16. Resumen estadístico para el resultado de cenizas.

Tratamiento	Cenizas
TH1	3,193±0,255 ^a
TH2	2,896±0,035 ^b
TH3	2,881±0,045 ^b

El valor obtenido de la desviación estándar entre los tratamientos analizados es mayor o igual que 0,05, por lo que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de porcentaje de cenizas entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 17. Cenizas harina de pasto de trigo (48h)

Descripción	Cenizas%
TH1(30°C-48h)	3,193
TH2(40°C-48h)	2,896
TH3(50°C-48h)	2,881

En 48 horas el TH1(30°C) retuvo mayor cantidad de cenizas que los tratamientos TH2(40°C) y TH3(50°C), pero de acuerdo con la norma INEN 616 un porcentaje superior a 1, se considera harina integral, por otras partes los tratamientos TH2 y TH3 están dentro de los requisitos de pastelería y galletería y para todo uso respectivamente. Los resultados indican que a menor temperatura se pierde menor porcentaje de minerales en un mismo tiempo.

Valor de cenizas obtenidas en 60 horas: Los valores obtenidos muestran que el TH7 (50°C-60Horas) es menor en comparación a los TH6 (40°C-60Horas) y el TH5 (30°C-60Horas), los mismos que se pueden observar en la tabla 18.

Tabla 18. Resumen Estadístico para el resultado de cenizas a 60 horas.

Tratamiento	Cenizas
TH4(30°C-60h)	0,763±0,077 ^b
TH5(30°C-60h)	0,760±0,105 ^b
TH6(30°C-60h)	0,543±0,006 ^a

En la tabla 19 se evidencia la cantidad de cenizas que contiene la harina de pasto de trigo, en 48 horas, a diferentes temperaturas.

Tabla 19. Cenizas harina de pasto de trigo (60h)

Descripción	Cenizas %
TH4(30°C-60h)	0,762
TH5(40°C-60h)	0,75
TH6(50°C-60h)	0,541

En 60 horas, aplicando temperaturas de (30°, 40°, 50°) la cantidad de ceniza que retuvo la harina es inferior al requisito establecido por la norma, determinados en el tiempo al que fue expuesto el pasto de trigo, los minerales se desnaturalizaron, y se descartaron porque los valores son muy bajos para estar dentro de los parámetros requeridos para ser una harina de uso de panificación.

2.4.1.2.2. Resultados del análisis de humedad de la harina de pasto de trigo

El contenido de humedad es un factor de calidad importante para la conservación, la harina que contiene altos niveles de humedad es propensa a crecimiento fúngico o bacteriano y al deterioro, y se realizaron los respectivos análisis a los tratamientos obtenidos en 48 horas y 60 horas, respectivamente.

Valor de humedad obtenido en 48 horas: En la tabla 20 se muestran los resultados obtenidos donde el valor es menor que 0,05, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Porcentaje de humedad entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 20. Resumen Estadístico de los resultados de humedad de la harina de pasto de trigo.

Tratamiento	Humedad
TH1(30°C-48h)	11,22 ±6,023 ^a
TH2(30°C-48h)	6,613±0,006 ^b
TH3(30°C-48h)	6,023 ±0,230 ^b

Tabla 21. Humedad harina de pasto de trigo en 48 horas de la harina de pasto de trigo.

Descripción	Humedad %
TH1(30°C-48h)	11,22
TH2(40°C-48h)	6,61
TH3(50°C-48h)	6,02

En 48 horas el contenido de humedad en la harina de pasto de trigo en el TH1 (11,22) es superior al contenido que presentan los tratamientos TH2 (6,61%) y TH3 (6,02%), que están dentro de los requisitos establecidos por la norma INEN 616 de las harinas.

Valor de humedad obtenido en 60 horas: El valor presentado es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Porcentaje de humedad entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, que se observa en la tabla 22.

Tabla 22. Resumen Estadístico de los resultados de humedad en 60 Horas de la harina de pasto de trigo.

Tratamiento	Humedad
TH4(30°C-48h)	8,847±0,824 ^a
TH5(30°C-48h)	5,267±0,135 ^b
TH6(30°C-48h)	5,22±0,219 ^b

Tabla 23. Resultados obtenidos de humedad de harina de pasto de trigo.

Descripción	Humedad %
TH4(30°C-60h)	9,79
TH5(40°C-60h)	5,13
TH6(50°C-60h)	4,98

4.2.1.2.3. Resultados de análisis de proteínas de la harina de pasto de trigo

La cantidad de proteínas en las harinas también es considerada un indicador de calidad, en la tabla 23 se observan los valores determinados en cada tratamiento a 48 horas y 60 horas, respectivamente

Valor de proteínas obtenida en 48 horas: En la tabla 24 se muestra que el valor obtenido es menor que 0,05, razón por la que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Proteína entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 24. Resumen Estadístico para Proteína a 48 horas de la harina de pasto de trigo.

Tratamiento	Humedad
TH1(30°C-48h)	14,667±0,057 ^a
TH2(30°C-48h)	20,267 ±0,850 ^c
TH3(30°C-48h)	20,867±0,550 ^c

Tabla 25. Proteínas de la harina de pasto de trigo

Tiempo	Proteínas%		
	T1(30°C)	T2(40°)	T3(50°)
48h	20,3	21,1	14
	21,4	20,3	14,7
	20,9	19,4	14,7
PROMEDIO	20,8	20,27	14,67

En 48 horas el contenido de proteínas presentes en el TH1(30°C) y TH2(40°C) no presenta una diferencia significativa, mostrando un contenido mayor, en comparación al TH3 (50°C).

Valor de proteínas obtenida en 60 horas: En la tabla 26 el valor es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Proteína entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 26. Resumen estadístico del resultado de proteínas en 60 horas de harina de pasto de trigo.

Tratamiento	Humedad
TH4(30°C-60h)	11,833±0,351
TH5(30°C-60h)	11,033 ±0,750
TH6(30°C-60h)	6,2 ±1,319

Tabla 27. Resultado de Proteínas de harina de pasto de trigo.

Tiempo	Proteínas%		
	TH1(30°C)	TH2(40°)	TH3(50°)
60h	11,5	10,6	7,6
	12,2	11,9	6
	11,8	10,6	5
PROMEDIO	11,83	11,03	6,2

4.2.1.3. Análisis fisicoquímico del pan artesanal.

Con la finalidad de asegurar la calidad del pan, se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos, para cumplir con las exigencias y requisitos establecidos por las normas en el proceso de alimentos, y ofrecer un producto inocuo para el consumidor final. En la tabla 28 se muestran las cenizas presentes en los tres tratamientos.

4.2.1.3.1. Resultados del análisis de cenizas del pan artesanal.

Tabla 28. Cantidad de cenizas del pan artesanal.

Descripción	Cenizas %
T1	1,38
T2	1,48
T3	1,82

La cantidad presente de las cenizas en los tratamientos con sustitución de harina de pasto de trigo, T1 (2%) y T2 (5%), están dentro de los requisitos establecidos en la norma INEN, mientras que el tratamiento T3 (10%), tiene un valor superior a los reportados por las normas.

4.2.1.3.2. Resultados de análisis de humedad del pan artesanal.

En la tabla 29, se evidencian los resultados obtenidos del contenido de humedad, en el pan.

Tabla 29. Porcentaje de humedad presente en los tratamientos de pan artesanal.

Descripción	Humedad %
T1	22,23
T2	20,34
T3	15,96

Los valores de humedad determinados en los tratamientos T1(2%), T2(5%), son significativamente diferentes en comparación al T3(10%). Cabe destacar que el T3(10%) presentó el menor valor de humedad, por lo que el pan tuvo una consistencia dura, en comparación a los tratamientos T1(2%), T2(5%) que tienen mayor humedad, pero están dentro de los parámetros establecidos por la norma.

4.2.1.3.3. Resultados de análisis de proteínas del pan artesanal.

La proteína es considerada un indicador de calidad importante en el pan, en la tabla 30 se muestran los valores obtenidos en los diferentes tratamientos.

Tabla 30. Cantidad de proteína en los tratamientos de pan artesanal.

Descripción	Proteína %
T1	9,43
T2	9,67
T3	10,03

El contenido de proteínas en los tratamientos T1(2%), T2(5%), T3(10%) presentan un buen nivel. Sin embargo, el T3(10%) por su mayor cantidad de proteína en base a la norma INEN 616, quedaría fuera de los requisitos requeridos para pan artesanal, mientras que los T1(2%), T2(5%), podrían ser parte de los requerimientos para pastelería y galletería.

4.2.1.4. Análisis microbiológico de la haría de pasto de trigo y pan artesanal.

Para el análisis microbiológico se utilizaron placas Petri film para la determinación de mohos, levaduras y coliformes totales, los resultados se evidencian en la tabla 31.

Tabla 31. Análisis microbiológico de la harina

Descripción	Ensayo	Resultado	Norma 616
Harina de pasto de trigo	Mohos	20 (e)	500 UFC/g
	Levaduras	< 10 UFC/g	500 UFC/g
	Coliformes totales	< 10 UFC/g	100 UFC/g

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico, realizados en harina de pasto de trigo señalan índices de mohos, levaduras y coliformes muy por debajo de los límites establecido, por lo tanto se considera un producto inocuo para el consumo humano.

En la tabla 32, se presentan los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos realizados, en los tratamientos de pan artesanal., siendo un factor fundamental a analizar para asegurar la inocuidad y el consumo seguro.

Tabla 32. Análisis microbiológicos del pan artesanal.

Descripción	Ensayo	T1	T2	T3	NTE INEN 0095 (1979): pan común. Requisitos
Pan artesanal	Mohos	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	500 UFC/g Max
	Levaduras	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	500 UFC/g Max
	Coliformes totales	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	100000 UFC/g Max

Los resultados obtenidos en el análisis microbiológico de los diferentes tratamientos en los que se realizó la sustitución de harina de trigo por harina de pasto de trigo fueron positivos, señalando que los valores están muy por debajo de los requisitos establecidos en la norma.

Esto se debe a que en la elaboración del producto se consideraron y aplicaron las buenas prácticas de manufactura.

En base a los resultados determinados de cada ensayo, tanto para la obtención de harina de pasto de trigo como para la elaboración de pan artesanal, se establece el cumplimiento de los

requisitos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la NTE INEN 616 para harinas de trigo y por la NTE INEN 0095 (1979): PAN COMÚN, se procedió a realizar el análisis sensorial a 50 miembros de la carrera de alimentos (panel no entrenado), donde se evaluó la aceptabilidad del pan elaborado con la sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo, en la figura 4 se muestran los porcentajes de aceptabilidad de cada tratamiento.

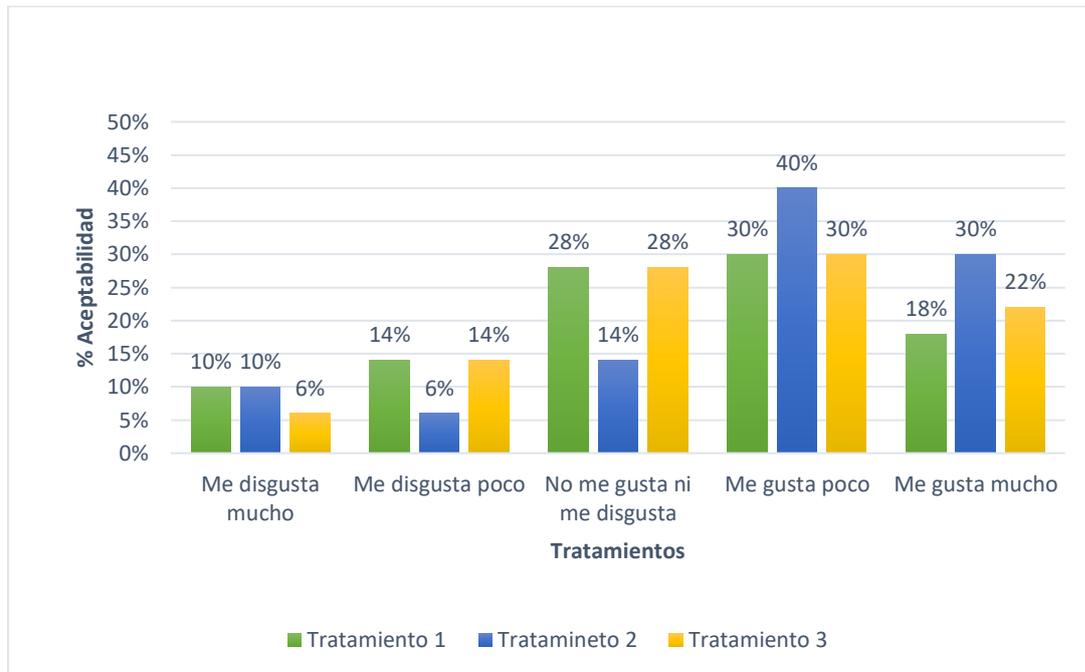


Figura 5. Porcentaje de aceptabilidad del pan artesanal.

El tratamiento T2 que tiene una sustitución parcial del 5% harina de pasto de trigo y 95% harina de trigo, tiene una mayor aceptabilidad con 30% (Me gusta mucho), en comparación a los tratamientos T1(2%) y T3(10%) que presentan un valor de 18% y 22% (Me gusta poco), respectivamente. El tratamiento T2 que tiene una sustitución parcial del 5% harina de pasto de trigo y 95% harina de trigo, tiene una mayor aceptabilidad con 40% (Me gusta poco), en comparación a los tratamientos T1(2%) y T3(10%) que coinciden en un valor del 30% (Me gusta poco), estos resultados indican que el T2 tiene mayor aceptabilidad por parte de los catadores.

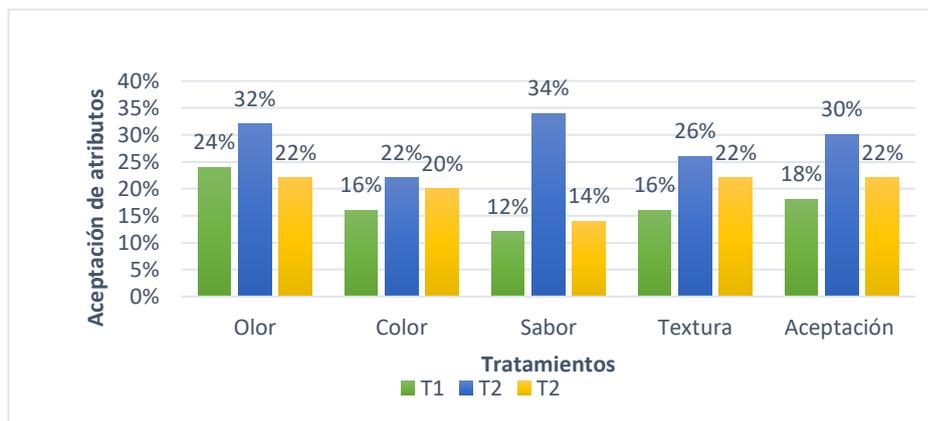


Figura 6. Porcentaje de aceptabilidad en base al atributo

En la figura 5, se observa la aceptación de cada tratamiento en base al atributo, donde se puede establecer que al T2(5%), tiene mayor aceptación con 32% en olor, 22% en color, 34% en sabor, 26% en textura y 30% en aceptación. Por otra parte, el T1(2% de harina de pasto de trigo y 98% de harina de trigo), fue considerado el menos aceptado en cuanto al sabor, seguido del T3(10% de harina de pasto de trigo y 90% de harina de trigo), esto se debe a que la textura fue ligeramente dura.

La tabla 33 presenta que los valores son igual a 0,839217, Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Olor entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 33. Resumen Estadístico para el Olor

Tratamiento	Olor
T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo)	3,4±1,17803 ^b
T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo)	3,4±1,2454 ^b
T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo)	3,68±1,31615 ^a

Se observa que el tratamiento T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo) y el T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo) tienen menor aceptabilidad, en comparación al T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo), el cual presentó un valor medio de 3,68.

Los valores que se observan en la tabla 34, muestran que no existe una diferencia significativa, debido a que es igual a 0,444763. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Color entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 34. Resumen Estadístico del color

Tratamiento	Color
T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo)	3,28±1,32542 ^b
T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo)	3,1±1,3132 ^b
T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo)	3,34±1,33417 ^a

Se aprecia que las diferentes sustituciones realizadas en la elaboración pan artesanal, en cuanto al color no muestra gran diferencia, presentando el tratamiento T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo) un valor medio de 3,28, T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo) de 3,1 y el T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo) de 3,34.

Estadísticamente existe una diferencia significativa de la media de Sabor entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza dado que el menos que 0,05, los datos se observan en la tabla 35.

Tabla 35. Resumen Estadístico para el sabor

Tratamiento	Sabor
T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo)	3,12±1,223 ^b
T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo)	3±1,278 ^b
T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo)	3,86±1,125 ^a

Se puede evidenciar que el sabor del tratamiento T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo) tiene una mayor aceptación con un valor de 3,86, presentando el tratamiento T2(90% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo) un valor de 3 y el T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo) un valor de 3,12.

La tabla 36, se evidencia que el valor es mayor o igual que 0,05, determinado que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Textura entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 36. Resumen Estadístico de Textura

Tratamiento	Textura
T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo)	3,3±1,32865 ^b
T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo)	3,18±1,24031 ^b
T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo)	3,44±1,37262 ^a

Los valores medios determinados, indican que el tratamiento T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo) tiene mayor aceptabilidad en comparación a los T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo) y T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo).

Se puede observar que no existe no existe una diferencia estadísticamente significativa en la tabla 37 entre la media de Aceptación entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 37. Resumen Estadístico para aceptación

Tratamiento	Textura
T1(98% de harina de trigo+2% de harina de pasto de trigo)	3,48±1,16479 ^b
T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo)	3,74±1,21957 ^b
T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo)	3,32±1,24228 ^a

Se puede evidenciar que la diferencia es mínima, sin embargo, el tratamiento T2(95% de harina de trigo+5% de harina de pasto de trigo) tiene mayor aceptación con un valor de 3,74, mientras que el valor menor es del T3(90% de harina de trigo+10% de harina de pasto de trigo) con 3,32.

4.2.2. Tiempo de vida útil del pan artesanal y conservación de la harina de pasto de trigo

Para determinar el tiempo de conservación de la harina de pasto de trigo se conservó a temperatura ambiente, en un empaque de papel Kraft desde la fecha de obtención, y en el transcurso de 90 días, mientras que para determinar el tiempo de vida útil del pan artesanal, con sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo, se consideró la presencia de microorganismos y el cambio en sus características fisicoquímicas, en el transcurso de 5 días, en condiciones de temperatura ambiente, con un empaque de caña biodegradable. En la tabla 38 se observan los resultados obtenidos, de los análisis fisicoquímicos, con los que se determinaron la vida útil del pan artesanal.

Tabla 38. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la vida útil del pan artesanal. con sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo

Descripción	Sustitución	T1 (2% HPT-98% HT)	T2 (2% HPT-98% HT)	T3 (2% HPT-98% HT)
	Humedad	24,96	24,34	15,03
Pan Artesanal	Cenizas	1,35	1,42	1,50
	Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g

Los tratamientos T1(2% de harina de pasto de trigo y 98% de harina de trigo) y T2(5% de harina de pasto de trigo y 95% de harina de trigo), presentaron buenas condiciones al quinto días de haber sido elaborados, por otra parte, el T3 (10% de harina de pasto de trigo y 90% de harina de trigo), conservó sus características por 7 días.

4.2. Discusión.

4.2.1. Análisis fisicoquímicos del pasto de trigo, de la harina de pasto de trigo y pan artesanal.

4.2.1.1 Cenizas

El valor de cenizas determinado por el método estándar de la AOAC (1990), en el pasto de trigo (*Triticum vulgare L.*), es de (10,63%), para corroborar el dato determinado, se tomó como fuente la investigación realizada por Atinder Ghumman, Narpinder Singh y Amritpal Kaur Contenido en la composición química, nutricional y fenólica del pasto de trigo (*Triticum aestivum*) y jugo de pasto de trigo que tienen como resultado que las cenizas de WP (brote de trigo) varió del 7,55 % al 18,51 %, así también, Kaur (2021) en su estudio sobre el efecto de las condiciones de crecimiento en la composición proximal, mineral, de aminoácidos, fenólica y antioxidante de la hierba de trigo de diferentes lazos de trigo (*Triticum aestivum L.*) en el rendimiento, el contenido de cenizas osciló entre 4,88 y 7,87 %, 5,18 y 15,93 % y en estudios similares realizado Skoczylas en 2018 evidencia un resultado de 15,44%, los porcentajes son significativamente diferentes, esto podría deberse a la influencia directa de las condiciones del crecimiento del cultivo, como el suelo, soluciones nutritivas utilizadas para el abono del suelo, tiempo de cosecha, clima, entre otros, pero cabe destacar que pese a los diferentes resultados se confirma la información bibliográfica que establece que el pasto de trigo presenta una alta cantidad de minerales en la etapa de cosecha.

La retención de cenizas en harina de pasto de trigo es un factor importante para establecer la calidad, se tuvo como resultado un valor de 2,89%, lo cual indica que hay un contenido significativo de macronutrientes y minerales, Devi y Kaur (2019) investigaron los

procedimientos de secado sobre la composición nutricional del pasto de trigo (*Triticum aestivum L.*), presentando un valor de retención de cenizas 3,44% y Perdeshi en 2013 presenta un resultado de 3,56%.

La cantidad de cenizas presente en el pan artesanal con sustitución parcial de harina de pasto de trigo 5:95 fue de 1,48%, y en estudios similares Sharma en 2019 en estudios sobre la incorporación de harina de pasto de trigo en panecillos, registro en términos de porcentaje de cenizas en muestras de diferentes tratamientos, el porcentaje medio de cenizas más alto fue registrado en la muestra de T3 (2.00) con una sustitución de 15: 85 y siendo el T1 1,76% el que tiene una sustitución del 5:95, así también los resultados presentados por Lucky A en 2020 en un cantidad de cenizas de S1 1.72%, el tratamiento con sustitución parcial de 5:95.

4.2.1.2. Humedad

El análisis de humedad en las harinas es muy importante porque es un factor de calidad que influye directamente con la conservación. Los valores de humedad determinados en el TH2 al que se aplicó una temperatura de 40°C a 48horas, la harina de pasto de trigo presentó un valor de (6,61%), estos valores difieren de los resultados encontrados por Cazerres Torres, 2011 quien obtuvo una humedad del 7.5%, Marti A. B., 2016 de 9% de humedad, así también los resultados reportados por Rahman, R., Hiregoudar & Ganjyal, G. M en 2015 que adoptaron una temperatura de secado de 55 ± 1 °C en menor tiempo, para evitar la pérdida de calidad debido a una temperatura de secado más alta, determinando un valor de humedad de (6%), Devi, C. B. en 2019, también reportó resultados similares con un rango de temperatura es de 30°C hasta 55°C, con un valor de (5,8%). Este tipo de harinas en específico no cuenta con un porcentaje de humedad máximo establecido por un organismo regulador, por lo que se tomó como referente los requisitos establecidos por la norma INEN 616 que indica un valor porcentual máximo de (14,5%), el cual asegura condiciones inocuas en el producto y una mayor vida anaquel. Los datos obtenidos cumplen con el parámetro de referencia. Las variaciones presentadas se pudieron haber dado por varios factores, entre ellos la potencia de los equipos utilizados, variedad de la materia prima utilizada, el tamaño de partícula.

La humedad determinada del T2 de la elaboración de pan artesanal. con sustitución parcial del 95% de harina de trigo por el 5% de harina de pasto de trigo, es de (20,34%) que está dentro de los requisitos que exige la Norma NTE INEN 2845:2016 para el pan, donde la humedad no debe superar el 45%, resultados similares también fueron observados Sharma en 2019 en estudios sobre la incorporación de harina de pasto de trigo en panecillos, registro en términos

de porcentaje de humedad en muestras de diferentes tratamientos y control, la humedad media más alta en la muestra de T3 de 22,82% y por Lucky A en 2020 en términos de contenido de humedad, el mayor porcentaje de humedad fue registrado en la muestra de S1 23.40%

4.2.1.3 Proteínas

El pasto de trigo es un alimento rico en cuanto al contenido de proteínas, en la investigación realizada el valor obtenido fue de 32,12%. Estudios similares realizados por Charles Franklin Schnabel quien fue un químico agrícola estadounidense que se hizo conocido como el padre del pasto de trigo, determino un valor de 35,5% de proteínas y Viridi en 2021 en la investigación sobre el rendimiento y las propiedades antioxidantes de la harina de pasto de trigo de las variedades de trigo de la India obtuvo resultados que oscilan entre 14 a 33% de proteínas.

La conservación de proteínas es significativa siendo otro factor de calidad determinante para la caracterización nutricional de un alimento. En este aspecto el porcentaje de proteínas obtenido en la harina fue de 21,10%, que en comparación con los estudios realizados por L. Pardeshi, R.G. Burbade, R.N. Khod, mientras que Devi y Kaur e 2019 en su investigación muestra un valor de 28,94%, los valores indican y corrobora que el pasto de trigo es una rica fuente nutrientes.

Por último, la composición fisicoquímica de los panes artesanales alcanzaron un buen nivel de proteínas (9,71%), siendo este porcentaje mayor al obtenido por Rahardjo en 2018, que fue de 5,70%, y similar a los resultados presentados por Sharma en la incorporación de harina de pasto de trigo en panecillos, registro 8,2% y Lucky A en 2020 S1 8.4% , disminuyendo considerablemente en comparación a la cantidad de proteínas presentes en la harina de pasto de trigo (21,10%), esto podría deberse a la misma sustitución realizada en la que no es un pan elaborado 100% por harina de pasto de trigo, sino que, se realizó sustituciones parciales de harina de trigo por la harina obtenida en bajos porcentajes, esto debido a que se realizaron ensayos preliminares con porcentajes de 75%, 50% y 25%, donde los resultados fueron desfavorables al obtener un pan duro, por lo que se bajaron los porcentajes, hasta obtener un pan con características consideradas aceptables, las sustituciones fueron de 2%, 5% y 10%, sin embargo la masa de harina tuvo menor estabilidad, con un volumen específico similar al de los panes que se encuentran en panaderías elaborados con harinas de trigo, y presentó menor capacidad de crecimiento, esto puede ser debido a que la formación de red de gluten es más débil, porque cuando se hace la sustitución con otro tipo de harinas que no presenten en su composición gluten, como es el caso de la harina de pasto de trigo, las características bajan, entre menor sea la sustitución mayor probabilidad tendrá de presentar las características

específicas de un pan. Es importante mencionar que la harina de pasto de trigo podría no ser ideal para productos de pan que requieren propiedades específicas, pero podría ser adecuada para otras aplicaciones como muffins, cup cakes, que tienen estudios en los que se incorporó la harina de pasto de trigo con buenos resultados.

4.2.2. Análisis microbiológico

En la presente investigación los tratamientos no presentaron un crecimiento de mohos y levaduras en un lapso de 5 días de almacenamiento en cajas biodegradables, cumpliendo con los requisitos establecidos por las normas, siendo un alimento inocuo para el consumidor, esto se podría deber a la baja humedad presente en los panes, los valores determinados no superan ni el 30% de humedad, siendo lo permitido por las normas un máximo del 45%. La sustitución realizada en los tratamientos, con harina de pasto de trigo presento un efecto positivo en la inhibición del crecimiento microbiano. la formulación del T3 (10% harina de pasto de trigo +90% harina de trigo) tuvo un efecto fuerte sobre la formación de colonias bacterianas, durante los 7 días de almacenamiento.

4.2.3. Evaluación sensorial

Para determinar la aceptación del producto, la escala hedónica fue de 5 puntos, y la evaluación sensorial se llevó a cabo sobre la base del color, olor, sabor, textura y aceptación, los resultados señalaron que el T2 (5% harina de pasto de trigo+95%harinade trigo) es satisfactoria, por otra parte, el color es la primera sensación que percibimos de los alimentos, determina la aceptabilidad y preferencias del consumidor, anticipa y proporciona sensaciones de otras propiedades sensoriales, como el olor y el sabor. (Moreno Arribas 2017). Este atributo presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos con diferentes porcentajes de sustitución siendo el atributo menos apreciado, por que el producto tuvo un color verde el cual no es común en los panes comerciales, considerando que el verde es el color de la naturaleza y es uno de los principales emblemas de la vida sana.

4.3. Interpretación de la hipótesis

En base a los datos obtenidos mediante el análisis fisicoquímico realizado en las diferentes fases, donde se realizó una comparación de humedad, cenizas y proteína de la materia prima, la harina de pasto de trigo obtenida por deshidratación para elaborar un pan artesanal , rechaza la hipótesis nula que nos dice que, la obtención de una harina de pasto trigo del Carchi por deshidratación no conserva las características fisicoquímicas de la materia prima, porque en la harina retiene una gran cantidad de minerales y un alto contenido de proteína, de la misma

manera el pan obtenido por sustitución, arrojo un valor alto de proteínas y minerales, lo que le hace ser un alimento altamente nutritivo.

V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El pasto de trigo presentó una cantidad de cenizas de 10,63%, un valor de 8,63 de humedad y un contenido de proteínas de 32,12%.
- Se evidenció que el tiempo de deshidratación influye directamente en la calidad fisicoquímica de la harina obtenida, porque a menor tiempo y menor temperatura la calidad es superior, mejorando también la calidad nutricional del producto final, siendo el TH2 (40°C a 48h), en el que se registró una retención de cenizas de 2,85%, presentó una humedad de 6,61% y un contenido de proteínas de 21,10%.
- El pan artesanal con mayor aceptación fue el T2(5% harina de pasto de trigo y 95% harina de trigo), presentó un contenido de proteínas de 9,67%, con retención de cenizas de 1,48% y un valor de humedad de 20,34%, el pan presenta un perfil nutricional favorable, sin embargo, presenta desafíos para productos horneados que requiera aumento de masa.
- Los análisis realizados a cada una de las fases de la investigación sirvieron para determinar que el pasto de trigo presentó una excelente calidad, en cuanto a minerales y proteínas, y que al aplicar calor es posible conservar estos nutrientes.

5.2. Recomendaciones

- Analizar propiedades reológicas con los instrumentos adecuados, para determinar la calidad de la masa.
- Identificar los equipos utilizados en la bibliografía y los equipos que se van a utilizar en los laboratorios para resultados más precisos.
- Se sugiere realizar pruebas de sustitución en alimentos de pastelería y galletería con mayor porcentaje de sustitución para aprovechar el alto valor nutritivo.
- Realizar análisis de caracterización de las proteínas que contiene la harina de pasto de trigo.
- Realizar un estudio sobre el efecto de conservación y efecto antioxidante que presenta el uso de la harina de pasto de trigo.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.E., d. I., & M.L. Seghezzo, E. M. (2017). *Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos*. Cordoba : Agriscientia vol.29 no.2 .
- Abbate, P., & F. Gutheim, O. P. (2018). *Fundamento para la clasificación del trigo argentino por calidad: efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones*. . Agriscientia XXVII: 1-9. .
- Akbas, E. K. (2017 de Enero de 2017). *ELSEVIER*. Obtenido de Wheatgrass juice to wheat grass powder: Encapsulation, physical and chemical characterization. : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464616303516>
- Athiyannan, N. A. (2022). *Long-read genome sequencing of bread wheat facilitates disease resistance gene cloning*. . Nature genetics, 1-5.
- Becker, R. W. (1991). *Compositional, nutritional and functional evaluation of Intermediate wheatgrass (Thinopyrum intermedium)*. Journal of Food Processing and Preservation, 15(1), 63-77.
- Bertha Patricia Holguí Burgos, A. A. (2017). *Análisis situacional del sector agrícola ecuatoriano bajo la influencia de los precios del petróleo*.
- Bharathi, R. D. (2022). *The effect of tempering on protein properties and arabinoxylan contents of intermediate wheatgrass (Thinopyrum intermedium) flour*. . Estados Unidos: Cereal Chemistry, 99(1), 144-156.
- Birina L. Caballero, C. J. (12 de 2017). *Scielo*. Obtenido de Efecto de la liofilización sobre las características físico-químicas del ají rocoto (Capsicum pubescens R & P) con o sin semilla: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000300008
- Cazares Torres, M. J. (06 de Junio de 2011). *Evaluación Físico-Química Y Farinográfica De La Harina De Trigo (Triticum Aestivum) Obtenida En Los Pasajes De Molienda De La Industria "MOLINOS (Bachelor's thesis)*. Obtenido de Evaluación Físico-Química Y Farinográfica De La Harina De Trigo (Triticum Aestivum) Obtenida En Los Pasajes De Molienda De La Industria "MOLINOS (Bachelor's thesis).: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/834/1/AL460%20Ref.%203353.pdf>
- Chouhan, S. K. (2014). *Development and quality evaluation of wheatgrass powder*. . Food Science Research Journal, 5(1), 26-29.

- Comercio, E. (2021). *Agricultores carchenses reviven la producción del trigo nacional*. Tulcán.
- Devi, C. B. (Efecto de los procedimientos de secado sobre la composición nutricional, compuestos bioactivos y actividad antioxidante del pasto de trigo (*Triticum aestivum* L.)). 2019. *Revista de ciencia y tecnología de los alimentos* , 56 .
- Devi, C. B. (2019). *Effect of drying procedures on nutritional composition, bioactive compounds and antioxidant activity of wheatgrass (Triticum aestivum L)*. *Journal of food science and technology*, 56(1), 491-496.
- Devi, C. B. (2019). *Effect of drying procedures on nutritional composition, bioactive compounds and antioxidant activity of wheatgrass (Triticum aestivum L)*. . *Journal of food science and technology*, 56(1), 491-496.
- Dilmurodovich, D. B. (2022). *SELECCIÓN DE LÍNEAS DE TRIGO HARINERO ADECUADAS PARA ZONAS DE SECANO CON POCAS LLUVIA EN LA REPÚBLICA DE UZBEKISTÁN*. En Zona de Conferencia (págs. 36-44).
- Educarplus. (2019). *Modelos de investigación científica*. Obtenido de <https://educarplus.com/2019/05/metodos-de-investigacion-cientifica.html>
- El productor* . (Viernes 26 de 02 de 2021). Obtenido de La demanda encarece el trigo: <https://elproductor.com/2021/02/la-demanda-encarece-el-trigo/>
- Escrivá Llorens, L. A. (2022). *Bioaccessibility study of aflatoxin B1 and ochratoxin A in bread enriched with fermented milk whey and/or pumpkin*. . *Toxins*, 2022, vol. 14, num. 1, p. 1-1.
- Fellow, P. J. (2017). *Food Processing Technology*. United Kingdom: Elsevier.
- Fukushima, C. A. ((2019).). *Germinando tu salud: Los beneficios del Pasto de trigo. Bien Verde Pasto de trigo*.
- Ghumman, A. S. (2017). *Chemical, nutritional and phenolic composition of wheatgrass and pulse shoots*. . Punjab, India: *International journal of food science & technology*, 52(10), 2191-2200.
- Hernández-Sampieri, R. &. (2018). *Metodología de la investigación (Vol. 4)*. . México: : McGraw-Hill Interamericana.
- Holguín, B. &. (2017). *Comportamiento de la producción de Harina de Trigo en Ecuador*. . *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1-6.
- InfoAgro.com. (19 de 05 de 2018). *InfoAgro.com*. Obtenido de InfoAgro.com: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>
- INIAP. (2018). *TRIGO INIAP CHIMBORAZO 78*. Bolivar- Carchi .

- Izquierdo Sotelo, A. M. (2017). *Repositorio digital UCE*. Obtenido de Relación del sector agrícola del trigo en la producción de harina en la provincia de Pichincha – Ecuador.: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10891/1/T-UCE-0005-106-2017.pdf>
- Kaur, N. S. (2021). *Effect of growing conditions on proximate, mineral, amino acid, phenolic composition and antioxidant properties of wheatgrass from different wheat (Triticum aestivum L.)*. *Food Chemistry*, 341, 128201.
- Lakshmi, B., & Vimala, V. (10 de July de 2021). *CABI Logo CAB Direct*. Obtenido de Nutritive value of dehydrated green leafy vegetable powders.: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20026789751>
- Lakshmi, B., & Vimala, V. (10 de July de 2021). *CABI Logo CAB Direct*. Obtenido de Nutritive value of dehydrated green leafy vegetable powders.: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20026789751>
- Lucky, A. R.-M. (2020). *Nutritional and sensory quality assessment of plain cake enriched with beetroot powder*. . *Food Research*, 4(6), 2049-2053.
- Lucky, A. R.-M. (s.f.). *Nutritional and sensory quality assessment of plain cake enriched wheatgrass powder*. . *Food Research*, 4(6), 2049-2053.
- Macqueen, J. (2013). *DESECACIÓN Y DESHIDRATACIÓN de vegetales, Manual y esquemas de las elaboraciones industriales*. Argentina.
- Maiza Calle, A. D. (2021). *PLAN DE ASIGNATURA Y PLAN DE UNIDAD DE APRENDIZAJE INDUSTRIA DE LOS CEREALES*.
- Marti, A. B. (2016). *Structural characterization of proteins in wheat flour doughs enriched with intermediate wheatgrass (Thinopyrum intermedium) flour.*. *Food chemistry*, 194, 994-1002.
- Marti, A. B.-1. (1 de Marzo de 2016). *ELSEVIER*. Obtenido de Structural characterization of proteins in wheat flour doughs enriched with intermediate wheatgrass (Thinopyrum intermedium) flour.: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881461501290X>
- Mesas, J. M., & Alegre, M. T. (2002). *El pan y su proceso de elaboración*. Mexico : Ciencia y Tecnología Alimentaria, vol. 3, núm. 5, diciembre, pp. 307-313.
- Milly. (Marzo de 2019). *Como Cultivar Hierba De Trigo En Casa*. Obtenido de Trucos de jardinería. com: <https://trucosdejardineria.com/hierbas/como-cultivar-hierba-de-trigo-en-casa/>

- Mishra, N. T. (2020). *DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF ANTIOXIDANT RICH WHEATGRASS CUPCAKE*. Carpathian Journal of Food Science & Technology, 12(3).
- Noguera, B. (15 de Septiembre de 2020). *IQR Ingeniería Química*. Obtenido de Proceso de liofilización: Ventajas y aplicaciones: <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/09/liofilizacion-proceso-y-ventajas.html>
- Ohaco, A. D. (14 de 06 de 2017). *DESHIDRATAACION Y DESECADO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y HONGOS*. Obtenido de Procedimientos hogareños y comerciales de prequeña esquila.: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf
- Pardeshi, I. L. (2013). *Cost effective drying for high quality tender wheatgrass powder*. . J Food Res Technol, 1(1), 1-10.
- Pascual Chagman, G. &. (2010). *Sustitución parcial de harina de trigo Triticum aestivum L. por harina de kiwicha Amaranthus caudatus L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan*. . Revista de la sociedad química.
- Payahuanca- Mamani, I. (2018). *La formación de la masa, la fermentación y los métodos de proceso en la elaboración*. Parú.
- Payahuanca, I. &. (2019). *La formación de la masa, la fermentación y los métodos de proceso en la elaboración del pan*. Cancún: I Congreso Nacional de Investigación (págs. 1-8). Conacin.
- Ponce Pinos, S. P. (2018). *DSPACE ESPOCH*. Obtenido de Comparación de harina de chocho (Lupinus Mutabilis Sweet) deshidratada y liofilizada, para la elaboración de pan artesanal: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11691/1/84T00613.pdf>
- Rahardjo, C. P. (2018). *Chemical characterization, functionality, and baking quality of intermediate wheatgrass (Thinopyrum intermedium)*. Journal of Cereal Science, 83.
- Rahman, R. H. (2015). *Effects of wheat grass powder incorporation on physiochemical properties of muffins*. International journal of food properties, 18(4), .
- Sharma, S. P. (2019). *Studies on cup-cakes incorporated with beetroot and wheatgrass powder*. . Studies, 4(4).
- Silicka, I. D. (2020). *Journal of Regional Economic and Social Development*. Obtenido de LYOPHILIZED HIKING FOOD DEVELOPMENT TRENDS.

- Skoczylas, Ł. K. (2018). *Evaluation of the quality of fresh and frozen wheatgrass juices depending on the time of grass harvest*. Journal of Food Processing and Preservation, 42(1), e13401.
- Šmídová, Z. &. (2022). *Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology*. . Foods, 11(3), 480.
- Valdiviezo Aguilera, L. D. (26 de Agosto de 2019). *Repositorio Digital de la UTMACH*. Obtenido de Análisis de acidez en la harina de trigo: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14699/1/E-5073_VALDIVIEZO%20AGUILERA%20LUDY%20DEL%20CISNE.pdf
- Virdi, A. S. (2021). *Effect of photoperiod and growth media on yield and antioxidant properties of wheatgrass juice of Indian wheat varieties*. . Journal of Food Science and Technology, 58(8), 3019-3029.
- Wigmore, A. (1682). *Salud y vitalidad con la hierba del trigo*. Grupo oceano .
- Yanez Rios, A. R. (04 de Diciembre de 2020). *Análisis de las importaciones de trigo en el Ecuador durante el periodo 2015-2019*. Obtenido de Repositorio Digital de la UTMACH: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15907/1/E-11849_YANEZ%20RIOS%20ANGEL%20RAMIRO.pdf
- Yanez Rios, A. R. (04 de Diciembre de 2020). *Repositorio Digital de la UTMACH*. Obtenido de Análisis de las importaciones de trigo en el Ecuador durante el periodo 2015-2019.: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15907/1/E-11849_YANEZ%20RIOS%20ANGEL%20RAMIRO.pdf

V. ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta del Perfil de Investigación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: Miriam Carolina Ochoa Calderón
NIVEL/PARALELO: 0

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0105321723
PERIODO ACADÉMICO: 2021B

TEMA DE INVESTIGACIÓN: "Sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo (*Triticum Vulgare*. L) para la elaboración de un pan artesanal"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY
LECTOR: MSC. RIVAS ROSERO CARLOS ALBERTO
ASESOR: PhD. DOMINGUEZ RODRIGUEZ FRANCISCO JAVIER

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: 4 **AULA:** 101
FECHA: jueves 14 de abril del 2022
HORA: 09H30

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,65
2) Trabajo escrito 2,55
Nota final de PRE DEFENSA 8,20

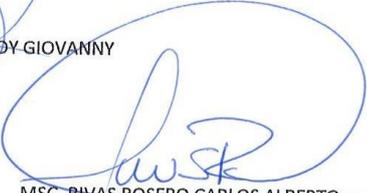
Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el jueves 14 de abril del 2022


MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY
PRESIDENTE


PhD. DOMINGUEZ RODRIGUEZ FRANCISCO JAVIER
TUTOR


MSC. RIVAS ROSERO CARLOS ALBERTO
LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones

Anexo 2. Certificado o Acta del Perfil de Investigación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Miriam Carolina Ochoa Calderón				
DATE: 20 de abril de 2022				
TOPIC: "Sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo (Triticum Vulgare L.) en la elaboración de un pan artesanal ."				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Miriam Carolina Ochoa Calderón
Fecha de recepción del abstract: 20 de abril de 2022
Fecha de entrega del informe: 20 de abril de 2022

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:
**EDISON BOANERGES
PENAFIEL ARCOS**

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN



a. 3. Semillas certificadas de trigo (*Triticum Vulgare. L*)



a. 4. Semillas puestas en remojo por 24 horas para la germinación



a. 5. Germinación de las semillas, se puede visualizar el brote.



a. 6. Trasplante de las semillas germinadas a la bandeja



a. 7. Abono nutritivo para el cultivo del pasto de trigo



a. 8. Primera semana de cultivo, se observa un crecimiento favorable.



a. 9. Octavo día de cultivo, la plántula mide 5 cm.



a. 10. Quinceavo día de cultivo, el brote ha alcanzado los 15 cm.



a. 11. Preparación del pasto de trigo, para los análisis fisicoquímicos.



a. 12. Primera cosecha del brote de pasto de trigo.



a. 13. Pesado de crisol más cenizas de los tratamientos.



a. 14. Pesado de crisol más cenizas del tratamiento.



a. 15. Pesado del brote de trigo para el análisis de humedad.



a. 16. Resultados determinados de la humedad del pasto de trigo.



a. 17. Pesado para análisis de humedad del pasto de trigo.



a. 18. Cenizas colocadas en el desecador para evitar la absorción de humedad.



a. 19. Control de temperatura para los diferentes tratamientos.



a. 20. Proceso de deshidratación del brote de pasto de trigo.



a. 21. Resultados preliminares de la harina obtenida a partir del pasto de trigo.



a. 22. Segundo brote del pasto de trigo obtenido a los 18 días de la primera cosecha.



a. 23. Segunda cosecha del brote de pasto de trigo.



a. 24. Resultados preliminares de la harina de pasto de trigo de la segunda cosecha



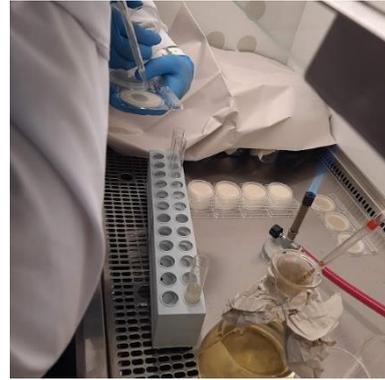
a. 25. Muestras para análisis fisicoquímicos de humedad, cenizas y proteínas. de la haría.



a. 26. Pesado de las muestras preliminares de la haría.



a. 27. Preparación del material para los análisis microbiológicos de la harina de pasto de trigo.



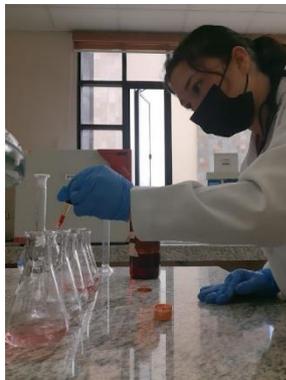
a. 28. Análisis microbiológico de la harina de pasto de trigo.



a. 29. Análisis microbiológico del pan tratamiento 1.



a. 30. Análisis microbiológico del pan tratamiento 2.



a. 31. Muestras homogeneizadas de la harina, previamente pesadas para el proceso de digestión del método Kjendhal

a. 32. Resultados de proteínas de la harina determinadas por el método Kjendahl.



a. 33. Muestras homogeneizadas del pan, previamente pesadas para el proceso de digestión del método Kjendhal

a. 34. Muestras de harina de pasto de trigo, colocadas en el digestor.





a. 35. Etapa de destilación de la muestra de harina de pasto de trigo



a. 36. Etapa de titulación para determinar y calcular la cantidad de proteína en la harina de pasto de trigo.



a. 37. Horneado del tratamiento 2 a 50°C por 20 minutos



a. 38. Etapa de reposo del pan por 30 minutos a temperatura ambiente.



a. 39. Prueba reológica para determinar la textura del pan.



a. 40. Evaluación sensorial de los tratamientos, con la participación de 50 panelistas no entrenados.



a. 41. Evaluación sensorial del tratamiento 2 por panelistas o entrenados.

Anexo 42. Hoja de cata utilizada para la determinación de la aceptación de los tratamientos de pan.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTOS
PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Fecha _____

Edad _____

Sexo _____

Instrucciones:

- Usted ha recibido cuatro muestras codificadas de un pan artesanal con sustitución parcial de harina de trigo por harina de pasto de trigo. Proceda a degustarlas una a continuación de la otra, cuidando de enjuagarse la boca luego de su degustación. Coloque los números del 1 al 5 en cada atributo, según su apreciación sensorial, donde 1 es la característica de menor valor y 5 la característica de mayor valor.

1	2	3	4	5
Me disgusta mucho	Me disgusta poco	No me gusta ni me disgusta	Me gusta poco	Me gusta mucho

Nota: Enjuague su boca antes de probar cada muestra.

Calificación para cada atributo sensorial

Código	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTACIÓN
310					
444					
180					
199					

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 43. Comparación de la caracterización fisicoquímica de las fases de investigación.

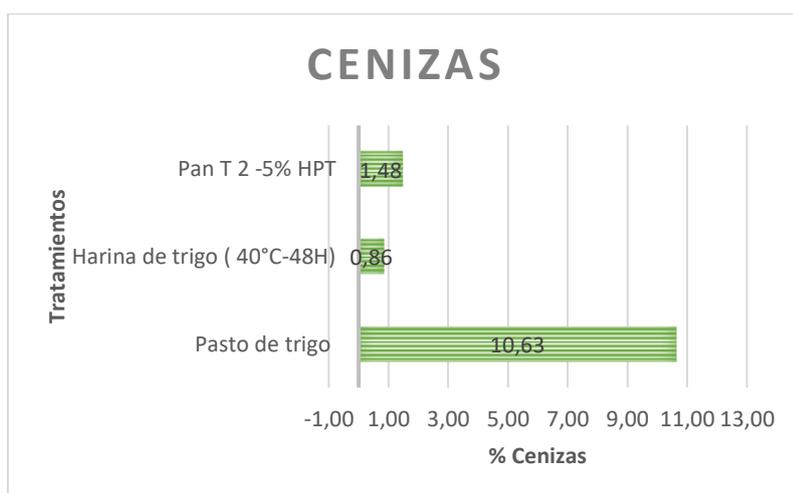


Figura 7. Comparación de la cantidad presente de cenizas en las fases de investigación.

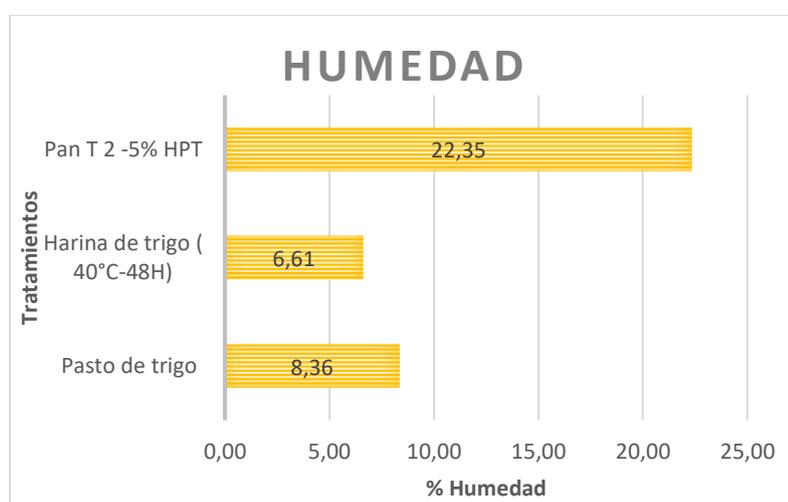


Figura 8. Comparación de la cantidad presente de la humedad en las fases de investigación.

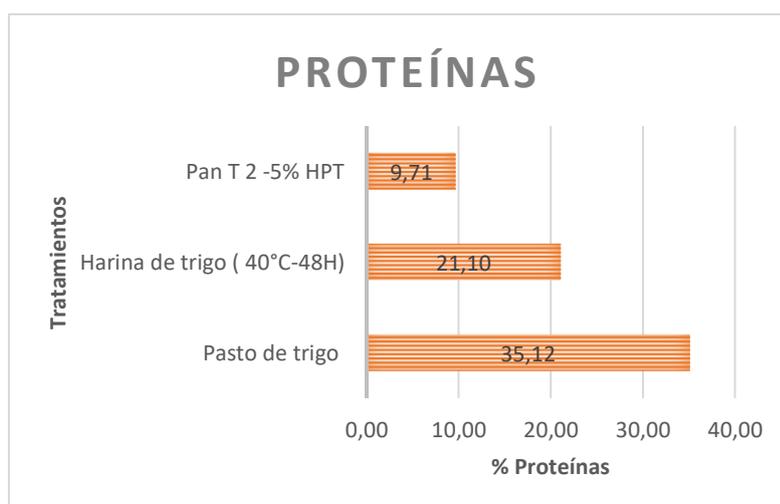


Figura 9. Comparación de la cantidad presente de proteína en las fases de investigación.

Anexo 44. Gráficos de barras de cada atributo, obtenido en el análisis sensorial del T2 en base los resultados obtenidos en IBM SPSS

Tratamiento 2.

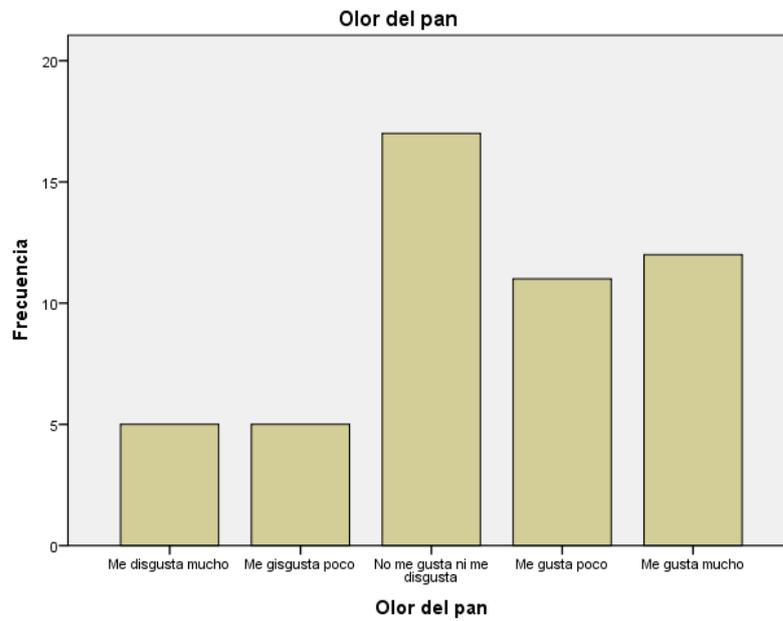


Figura 10. Aceptabilidad general del olor en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.

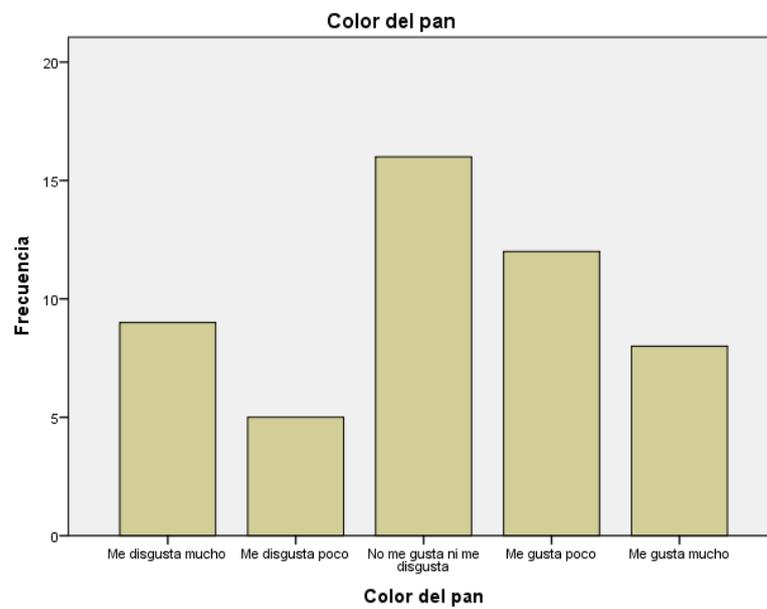


Figura 11. Aceptabilidad general del color en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.

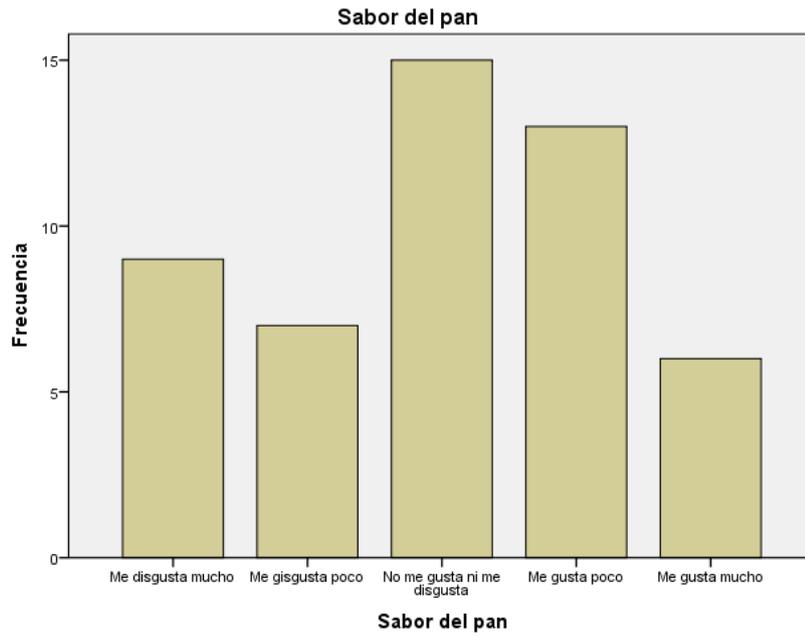


Figura 12. Aceptabilidad general del sabor en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.

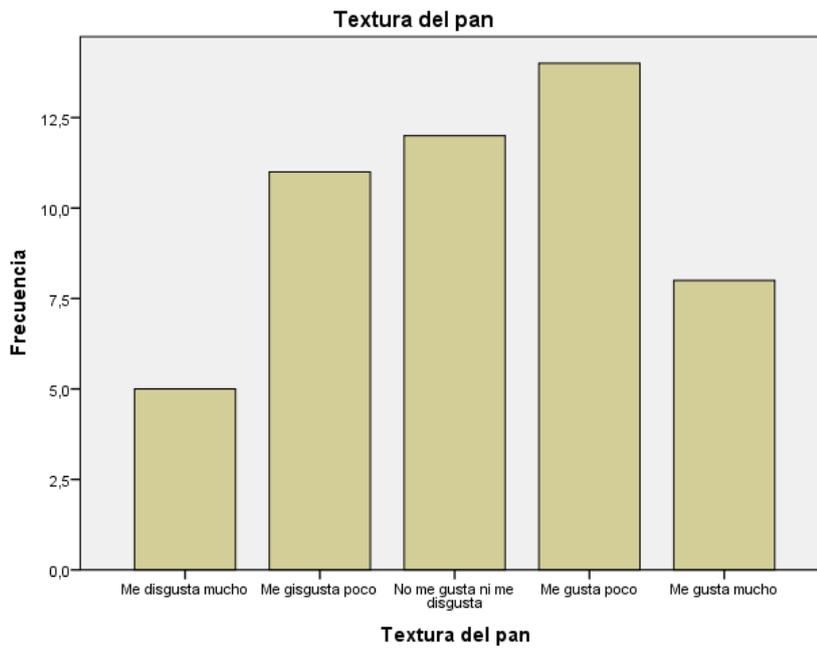


Figura 13. Aceptabilidad general de la textura en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.

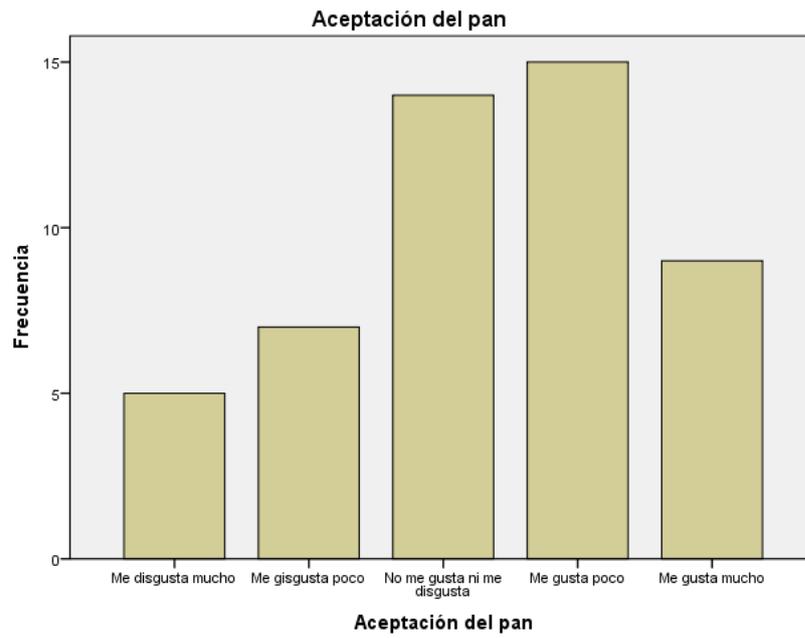


Figura 14. Aceptabilidad general del olor en el pan de harina pasto de trigo con harina de trigo del Tratamiento 2.