UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Desarrollo de una galleta a partir de trigo (*Triticun aestivum* L.) sustituido parcialmente con una mezcla de harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet) y almidón de achira (*Canna edulis* Ker Gawl)

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo la obtención de título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Michael Alexander Carrera Sánchez

Tutor: Dra. Nelly Esther Flores Tapia

Ambato – Ecuador

Agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Nelly Esther Flores Tapia

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 1 de julio del 2024.



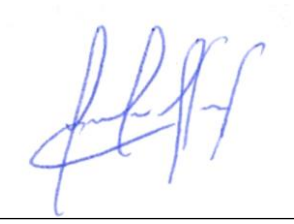
Dra. Nelly Esther Flores Tapia

1716253305

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Michael Alexander Carrera Sánchez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Michael Alexander Carrera Sánchez

1850601715

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Michael Alexander Carrera Sánchez

1850601715

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para consistencia firman:

Firmado electrónicamente por:
ALEX FABIAN
VALENCIA SILVA

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO
VILCACUNDO CHAMORRO

Dr. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro

1802738102

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY DEL
POZO LEON

Dr. Freddy Geovanny del Pozo León

1802446276

Ambato, 01 de agosto de 2024

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación está dedicado a mis queridos padres, José Carrera y Blanca Sánchez, quienes con su amor incondicional han sido mi mayor fortaleza, inspirándome a dar lo mejor de mí.

A mis queridos hermanos Gabriel y Arelys, que con su compañía y ocurrencias han sido mi fuente constante de energía y felicidad, motivándome día a día.

A todos mis familiares, enamorada y amigos, que con sus consejos y aliento han mantenido viva la ilusión de tener un título profesional.

Michael Alexander Carrera Sánchez

AGRADECIMIENTO

Primero que todo, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por darme salud, conocimiento, sabiduría y por guiarme a lo largo de esta trayectoria. Agradezco también a mi familia, especialmente a mi madre Blanca Sánchez y a mi padre José Carrera, quienes con sus valores, consejos y palabras de motivación han sido mi sostén durante todo este tiempo universitaria. A mis queridos hermanos Gabriel y Arelys, quienes han estado a mi lado en esta hermosa trayectoria haciéndola más llevadera, y a quienes espero ver superándome en el futuro.

Agradezco profundamente a mi enamorada, Ibeth S., por todos los momentos bonitos que hemos compartido durante esta etapa universitaria. Tus consejos, regaños y risas siempre serán la inspiración detrás de mis logros.

A mi estimada tutora, la Dra. Nelly Flores, una profesional excepcional. Gracias a sus consejos y palabras alentadoras, he logrado concluir con éxito mi trabajo de tiitulación.

También quiero agradecer a mis amigos y futuros colegas: Estefanía, María, Nathaly, Steven, Andrés, Robert y Josué. Durante estos años de estudios, ustedes me han enseñado el valor de la amistad y la lealtad, llenando mis días de momentos inolvidables. Gracias por ser parte de mi historia; siempre los llevaré en mi corazón.

Michael Alexander Carrera Sánchez

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS xi
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE ECUACIONES xiii
RESUMEN EJECUTIVO xiv
ABSTRACT xv
CAPÍTULO I. - MARCO TEÓRICO 1
1.1. Antecedentes de la investigación 1
1.1.1. Justificación 1
1.1.2. Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) 1
1.1.2.1. Origen 1
1.1.2.2. Producción de chocho en el Ecuador 2
1.1.2.3. Variedades 2
1.1.2.4. Taxonomía 3
1.1.2.5. Cosecha 3
1.1.2.5.1. Cosecha en tierno 3
1.1.2.5.2. Cosecha en seco 4
1.1.2.6. Valor nutricional y composición química del chocho 5
1.1.2.7. Alcaloides 5
1.1.2.8. Desamargado 6
1.1.2.9. Usos y aplicaciones del chocho 6
1.1.3. Achira (*Canna edulis* Ker Gar) 7
1.1.3.1. Origen 7
1.1.3.2. Producción de achira en el Ecuador 7
1.1.3.3. Variedades 8
1.1.3.4. Taxonomía 8
1.1.3.5. Composición química y valor nutricional 9
1.1.3.6. Usos y aplicaciones de la achira 9
1.1.4. Trigo 10
1.1.4.1. Origen 10

1.1.4.2. Producción de trigo en el Ecuador 10
1.1.4.3. Variedades 11
1.1.4.4. Taxonomía 11
1.1.4.5. Composición química y valor nutricional 12
1.1.4.6. Usos y aplicaciones del trigo 12
1.1.5. Harina 13
1.1.5.1. Harina de chocho 13
1.1.6. Almidón 14
1.1.6.1. Almidón de achira 14
1.1.7. Galletas 15
1.1.7.1. Origen 15
1.1.7.2. Consumo de las galletas 15
1.1.7.3. Clasificación de galletas 16
1.2. OBJETIVOS 17
1.2.1. Objetivo general 17
1.2.2. Objetivos específicos 17
2.1. Materiales 18
2.1.1. Materia prima 18
2.1.2. Materiales de laboratorio 18
2.1.3. Equipos 18
2.2. Métodos 18
2.2.1. Obtención y caracterización de la harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet). 18
2.2.1.1. Proceso de obtención de la materia prima 18
2.2.1.2. Proceso de obtención de harina de chocho tierno 19
2.2.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la harina de chocho tierno 21
2.2.2.1. Determinación de humedad de la harina 21
2.2.2.2. Determinación de proteínas de la harina 21
2.2.2.3. Determinación de fibra dietética total 22
2.2.2.4. Determinación de grasa de la harina 23
2.2.2.5. Determinación de cenizas de la harina 23
2.2.2.6. Determinación de acidez de la harina 24
2.2.2.7. Determinación de la concentración de ion hidrógeno (pH) de la harina. 24
2.2.2.8. Determinación del tamaño de partícula de la harina 25
2.2.2.9. Determinación de mohos y levaduras de la harina 25
2.2.3. Determinación de la mejor formulación de harina y almidón para la obtención de una galleta mediante un análisis sensorial 26
2.2.3.1. Proceso de elaboración de galleta 26
2.2.3.2. Análisis sensorial 27

2.2.3.3. Determinación de la mejor formulación 28
2.2.4. Realización de un análisis bromatológico, microbiológico y de textura a la mejor formulación de galleta 28
2.2.4.1. Determinación del contenido de proteína de la galleta 28
2.2.4.2. Determinación del contenido de humedad de la galleta 29
2.2.4.3. Determinación de la concentración de ion hidrógeno (pH) de la galleta 29
2.2.4.4. Determinación de aerobios mesófilos de la galleta 30
2.2.4.5. Determinación de mohos y levaduras de la galleta 30
2.2.4.6. Determinación de perfil de textura de la galleta 30
CAPÍTULO III. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN 31
3.1. Análisis y discusión de resultados 31
3.1.1. Análisis de la harina de chocho tierno 31
3.1.1.1. Análisis fisicoquímicos de la harina de chocho tierno 31
3.1.1.2. Análisis nutricionales de la harina de chocho tierno 33
3.1.1.3. Análisis microbiológicos de la harina de chocho tierno 34
3.1.2. Galleta a partir de la sustitución parcial del trigo y la incorporación de harina de chocho tierno y almidón de achira 35
3.1.3. Análisis sensorial 35
3.1.3.1. Determinación de la mejor formulación de galleta por análisis sensorial 35
3.1.3.2. Apreciación de los atributos 36
A. Sabor 36
B. Color 37
C. Olor 38
D. Textura 39
3.1.4. Análisis de la galleta de harina de chocho tierno y almidón de achira de la mejor formulación 39
3.1.4.1. Análisis bromatológicos 39
3.1.4.2. Análisis microbiológicos 41
3.1.4.3. Análisis de textura con Brookfield CT3 41
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 43
4.1. Conclusiones 43
4.2. Recomendaciones 44
MATERIALES DE REFERENCIA 45
ANEXOS 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del chocho (Lupinus). 3
Tabla 2 Composición química del chocho seco y chocho tierno 5
Tabla 3 Clasificación taxonómica de la achira (Canna) 8
Tabla 4 Valor nutricional de la achira en relación a 100 g 9
Tabla 5 Clasificación taxonómica del trigo (Triticum)..... 11
Tabla 6 Valor nutricional del trigo en relación a 100 g 12
Tabla 7 Composición química de la harina de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet)..... 13
Tabla 8 Composición química del almidón de achira (*Canna edulis Ker* Gawl)..... 14
Tabla 9 Descripción de la formulación en porcentaje para la elaboración de galleta 27
Tabla 10 Resultados del análisis fisicoquímico de la harina de chocho tierno 32
Tabla 11 Resultados de los análisis nutricionales de la harina de chocho tierno 34
Tabla 12 Resultados de los análisis microbiológicos de la harina de chocho tierno 34
Tabla 13 Resultados de los análisis bromatológicos del mejor tratamiento (T4)..... 41
Tabla 14 Resultados de los análisis microbiológicos del mejor tratamiento (T4)..... 41
Tabla 15 Resultados obtenidos de textura del mejor tratamiento (T4) 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa delimitado con las provincias del Ecuador con mayor producción de chocho. 2
Figura 2. Cosecha del chocho en tierno. 4
Figura 3. Cosecha de chocho en seco..... 4
Figura 4. Porcentaje de los principales alcaloides en el chocho. 6
Figura 5. Planta de achira (*Canna edulis Ker* Gawl). 7
Figura 6. Mapa delimitado con la provincia del Ecuador con mayor producción de achira. 8
Figura 7. Mapa delimitado con las provincias del Ecuador con mayor producción de trigo. 11
Figura 8. Mapa conceptual de los tipos de las galletas. 16
Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de harina de chocho tierno. 20
Figura 10. Diagrama de flujo para la elaboración de una galleta de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet) y almidón de achira (*Canna edulis* Ker Gawl). 26
Figura 11. Galletas obtenidas. A: Tratamiento 1 (50 % harina de trigo), B: Tratamiento 2 (10% harina de trigo, 30% de harina de chocho tierno y 10 de almidón de achira), C: Tratamiento 3 (20% harina de trigo, 20% de harina de chocho tierno y 10 de almidón de achira), D: Tratamiento 4 (10% harina de trigo, 30% de harina de chocho tierno y 10 de almidón de achira). 35
Figura 12. Índice de aceptabilidad de las galletas de chocho tierno y almidón de achira. 36
Figura 13. Análisis estadístico obtenido del sabor de las galletas. 37
Figura 14. Análisis estadístico obtenido del color de las galletas. 38
Figura 15. Análisis estadístico obtenido del olor de las galletas. 38
Figura 16. Análisis estadístico obtenido de la textura de las galletas. 39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Contenido de humedad de la harina 21
Ecuación 2. Contenido de proteína de la harina 21
Ecuación 3. Contenido de fibra dietética total de la harina 22
Ecuación 4. Contenido de grasa de la harina 23
Ecuación 5. Contenido de cenizas de la harina 24
Ecuación 6. Contenido de acidez de la harina 24
Ecuación 7. Contenido del tamaño de partícula de la harina 25
Ecuación 8. Porcentaje de aceptabilidad de la mejor formulación de galleta 28
Ecuación 9. Contenido de proteína de la galleta 28
Ecuación 10. Contenido de humedad de la galleta 29

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, la industria alimentaria ha experimentado una notable transformación para satisfacer la demanda de productos más nutritivos y saludables. Este cambio ha dado lugar al desarrollo de galletas que incluyen ingredientes no convencionales en su composición. La presente investigación propone una solución innovadora, incorporando harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet) y almidón de achira (*Canna edulis* Ker Gawl) para aumentar el contenido de proteína y fibra en las galletas. Inicialmente, se elaboró la harina de chocho tierno y se analizó los aspectos fisicoquímicos, nutricionales y microbiológicas, demostrando valores comparables a los de la harina de chocho seco, lo que la hace adecuada para la producción de alimentos nutritivos. Para aprovechar el potencial nutricional de esta leguminosa, se formularon galletas sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de chocho tierno y almidón de achira en porcentajes de 10, 20 y 30. Las galletas del mejor tratamiento se determinaron mediante un análisis sensorial, el cual se evaluaron la calidad bromatológica, microbiológica y textura. Este análisis reveló un significativo aumento en los niveles de proteína y fibra, un producto libre de microorganismos y una textura con valores de dureza y fracturabilidad de 4.22 N. Por tanto, la incorporación de harina de chocho tierno y almidón de achira en la formulación de galletas no solo cumple con estándares de calidad rigurosos, sino que también ofrece atributos sensoriales destacados. Este avance contribuye significativamente a la disponibilidad de opciones alimenticias más saludables y nutritivas en el mercado actual.

Palabras claves: industria alimentaria, harina de chocho tierno, harinas convencionales, almidón de achira, productos de pastelería

ABSTRACT

Currently, the food industry has undergone a remarkable transformation to meet the demand for more nutritious and healthy products. This change has led to the development of cookies that include unconventional ingredients in their composition. The present research proposes an innovative solution by incorporating tender lupin flour (*Lupinus mutabilis* Sweet) and achira starch (*Canna edulis* Ker Gawl) to increase the protein and fiber content in the cookies. Initially, tender lupin flour was produced, and its physicochemical, nutritional, and microbiological aspects were analyzed, showing values comparable to those of dry lupin flour, making it suitable for the production of nutritious foods. To leverage the nutritional potential of this legume, cookies were formulated by partially substituting wheat flour with tender lupin flour and achira starch in percentages of 10, 20 and 30. The cookies from the best treatment were determined through a sensory analysis, which evaluated bromatological quality, microbiological safety, and texture. This analysis revealed a significant increase in protein and fiber levels, a product free of microorganisms, and a texture with hardness and fracturability values of 4.22 N. Therefore, the incorporation of tender lupin flour and achira starch in the formulation of cookies not only meets rigorous quality standards but also offers outstanding sensory attributes. This advancement significantly contributes to the availability of healthier and more nutritious food options in the current market.

Keywords: food industry, tender chocho flour, conventional flours, achira starch, bakery product

CAPÍTULO I. - MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Justificación

La alimentación es un reflejo de identidad y cultura de las personas, que se encuentra ligada a la naturaleza comestible que lo rodea. Los aspectos derivados de la tecnología y la sociedad industrial han tenido un profundo impacto en los patrones alimenticios de la población. Un caso ilustrativo de ello es la reducción del consumo de proteínas y fibra, atribuida directamente al aumento en sus costos **(Orozco, 2018)**.

La necesidad de una alimentación rápida y asequible, impulsada por los nuevos estilos de vida, ha llevado a desequilibrios alimenticios a largo plazo, lo que ha contribuido al aumento de enfermedades y problemas dietéticos **(Martí del Moral et al., 2020)**. Esta alarmante situación ha generado una tendencia mundial hacia la búsqueda y mejora de alimentos más saludables y nutritivos.

De acuerdo con **Data Bridge (2022)** las galletas son uno de los alimentos más populares y consumidos a nivel global. En la actualidad, están disponibles en una amplia gama de formas, sabores y colores. No obstante, la gran mayoría carecen de un aporte nutricional que ofrecer a los consumidores. Por lo tanto, con el objetivo de desarrollar un alimento funcional de consumo diario con mejores propiedades nutricionales, se han incluido materias primas no convencionales o infravaloradas en su formulación.

En este sentido, se considera el uso de la achira y chocho como una alternativa por su elevado valor nutricional, aunque el chocho comúnmente se emplea en su forma seca. No obstante, este estudio optará por utilizar el grano tierno, cosechado un poco antes de alcanzar la etapa de semilla seca, ya que en estas condiciones su contenido de alcaloides es menor y, por tanto, el proceso de desamargado es ligeramente menos laborioso. Además, su cosecha se realiza en periodos más cortos. Según **Parra-Gallardo et al. (2023)** en su estudio, mencionan la posibilidad de incluir granos de chocho tierno en lugar del grano seco en el desarrollo de nuevos productos, lo que representa una mejora en la utilización tradicional del grano de chocho seco.

1.1.2. Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet)

1.1.2.1. Origen

El *Lupinus mutabilis* Sweet, una leguminosa conocida también como tarwi, chocho, altramuz o lupino, ha sido consumida en diversas regiones de todo el mundo a lo largo de la historia **(Quelal, 2019).** Originario de la región andina de América del Sur, el *Lupinus mutabilis* Sweet es el único género *Lupinus* que ha sido domesticado y cultivado como alimento desde tiempos prehispánicos,

extendiéndose desde el norte de Argentina hasta Colombia, aunque en la actualidad solo es importante en Ecuador, Perú y Bolivia **(Del Salto, 2019)**. Principalmente se cultiva por sus semillas comestibles, que tienen un alto contenido de proteínas y nutrientes **(Peralta et al., 2014)**.

1.1.2.2. Producción de chocho en el Ecuador

En Ecuador, se cultiva chocho en alrededor de 5.974 hectáreas, con un rendimiento promedio de 400 kg por hectárea, distribuido en varias provincias de la región de la Sierra. Cerca del 90% de esta producción se destina a la venta, mientras que el 10% restante se utiliza para consumo y como semilla **(Mazón, 2018)**. Este cultivo demuestra una gran adaptabilidad, siendo cultivado en regiones de alta altitud en la zona interandina del país. Las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, Bolívar, Imbabura y Tungurahua son los principales centros de producción como se aprecia en la **Figura 1 (Villacrés et al., 2010)**.

Las fincas que producen chocho se localizan a una altitud que va desde los 2800 hasta los 3700 m.s.n.m., mayormente en áreas desérticas y secas **(Celi, 2022)**. Por otro lado, los centros de procesamiento y comercialización de chocho se sitúan principalmente en los cantones de Otavalo, Ambato, Saquisilí y Riobamba **(Estrada Rivera, 2012)**.

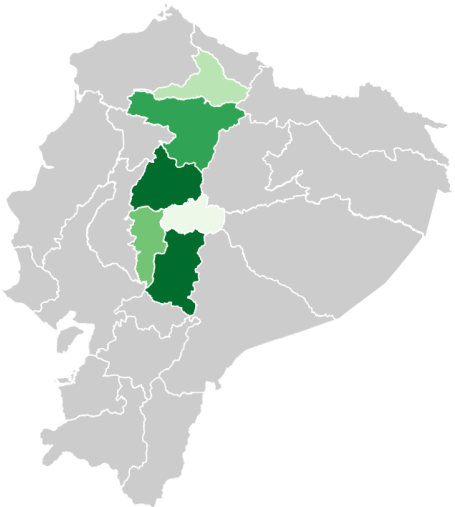


Figura 1. Mapa delimitado con las provincias del Ecuador con mayor producción de chocho.

1.1.2.3. Variedades

El género *Lupinus* comprende más de 170 especies identificadas en el Viejo Mundo, con solo 12 de estas especies presentes en Europa **(Gresta, et al., 2017)**. Entre los lupinos cultivados, solo cuatro variedades son ampliamente cultivadas a nivel mundial. Estas incluyen el lupino blanco (*Lupinus albus* L.), el lupino de hoja estrecha o azul (*Lupinus angustifolius* L.), originario de Australia, el lupino

amarillo (*Lupinus luteus* L.), cultivado en Europa Central, y finalmente, el lupino andino o "tarwi" (*Lupinus mutabilis*), originario de América del Sur **(Chicaiza, 2019; Spina, et al., 2022)**.

En Ecuador, se reconocen dos variedades mejoradas de chocho a partir del germoplasma peruano **(Martínez Flores et al., 2016)**. La variedad INIAP 450 Andino se caracteriza por poseer granos de tamaño considerable y un crecimiento vegetativo temprano, con un periodo de maduración de 6 a 8 meses y una producción que varía entre 1 y 3 toneladas/ha. Por otra parte, la variedad mejorada INIAP 451 Guaranguito tiene granos de tamaño medio y un ciclo de crecimiento moderadamente temprano, con un periodo de maduración similar de 6 a 8 meses y una producción promedio de 1.5 toneladas/ha **(Peralta et al., 2013)**.

1.1.2.4. Taxonomía

Taxonómicamente, el chocho pertenece:

Tabla 1

Clasificación taxonómica del chocho (Lupinus).

Reino	Vegetal
Subreino	Fanerogamae
División	Espermatophitas
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Rosales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Genisteae
Género	*Lupinus*
Especie	*Lupinus mutabilis* Sweet

Nota: Información tomada de **Zavaleta (2018)**.

1.1.2.5. Cosecha

1.1.2.5.1. Cosecha en tierno

Los granos de chocho poseen un alto valor nutricional, aunque tradicionalmente se han utilizado en su forma seca. De acuerdo con **Toaquiza (2018)**, el 65% de los agricultores no están familiarizados con los índices de cosecha del chocho, por lo que desconocen las épocas óptimas para su cultivo y cosecha. Sin embargo, investigaciones recientes han identificado que el chocho puede ser aprovechado cuando se cosecha en un período más corto, lo que podría mejorar su utilización tradicional **(Parra-Gallardo**

et al., 2023). Además, las características fisicoquímicas de las semillas tiernas son ligeramente superiores y presentan un menor contenido de alcaloides **(Williams y Harrison, 1983)**.

El chocho tierno alcanza su madurez fisiológica en un período mucho más corto, generalmente entre los 165 y 175 días después de la siembra, como se muestra en la **Figura 2**. Esto ocurre cuando los granos de chocho alcanzan un rango de humedad promedio del 30% al 40%, o cuando la vaina está compacta y presenta una firmeza de 5 a 6 libras de fuerza, lo que permite su obtención con mayor regularidad a lo largo del año **(Toaquiza 2018**; **Ullco, 2019)**. La cosecha se lleva a cabo cortando solamente los racimos de vainas con una hoz cuando estas se encuentran en su tono verde, antes de que se tornen de color amarillo **(Chicaiza, 2019)**.



Figura 2. Cosecha del chocho en tierno.

1.1.2.5.2. Cosecha en seco

La cosecha en estado seco ocurre aproximadamente entre 5 y 8 meses después de la siembra, cuando la planta pierde sus hojas, el tallo se vuelve leñoso y las vainas se secan completamente, adquiriendo un color café-amarillento como se aprecia en la **Figura 3 (Chicaiza, 2019)**. Se procede con la cosecha cuando las vainas de la segunda floración alcanzan un color amarillo, utilizando una hoz para cortar el conjunto de vainas, que luego se agrupan para la trilla, la cual puede llevarse a cabo de manera manual o mediante trilladoras estacionarias **(Toaquiza, 2018)**. Finalmente, los granos obtenidos se almacenan en bodegas de forma adecuada con ventilación y libres de cualquier tipo de insectos **(Peralta E. , 2016)**.



Figura 3. Cosecha de chocho en seco.

1.1.2.6. Valor nutricional y composición química del chocho

Los atributos nutricionales de la semilla de chocho presentan un contenido significativo de nutrientes, destacándose especialmente la cantidad de proteínas y lípidos, los cuales constituyen más de la mitad de su peso **(Toapanta, 2023)**. En la **Tabla 2** se muestra la composición química del chocho en estado seco y tierno.

Tabla 2

Composición química del chocho seco y chocho tierno

Componentes	Chocho seco amargo	Chocho seco desamargado	Chocho tierno amargo
Proteína (%)	47,80	54,05	14,14
Humedad (%)	10,13	77,05	78,18
Grasa (%)	18,90	21,22	6,5
Fibra (%)	11,07	10,37	-
Ceniza (%)	4,52	2,54	0,37

Nota: Información tomada de **Allauca (2005)**; **Ullco (2019)**.

1.1.2.7. Alcaloides

La utilización del chocho se encuentra limitado debido a la presencia de compuestos tóxicas, principalmente asociados con los alcaloides quinolizidínicos presentes en la estructura de las semillas, lo que contribuye a su sabor amargo y toxicidad **(Rodríguez, 2009)**. Tanto el chocho tierno como el seco contienen alcaloides, aunque en menor concentración en el chocho tierno **(Villacrés E. et al., 2009)**. De acuerdo con **Hatzold et al. (1983)**, se han identificado más de 26 variedades de alcaloides quinolizidínicos, entre los cuales la lupanina es el compuesto más prevalente, seguida por la 13-hidroxilupanina, la esparteína, la 4-hidroxilupanina y la isolupanina en cantidades menores, como se muestra en la **Figura 4 (Jarrín, 2003; Hwang, et al., 2020)**. Los alcaloides desempeñan un papel fundamental en la defensa de la planta, ya que la protegen de fitopatógenos y animales herbívoros mediante su capacidad mutagénica y su efecto tóxico sobre varios de estos organismos **(Keeler et al., 1976)**.

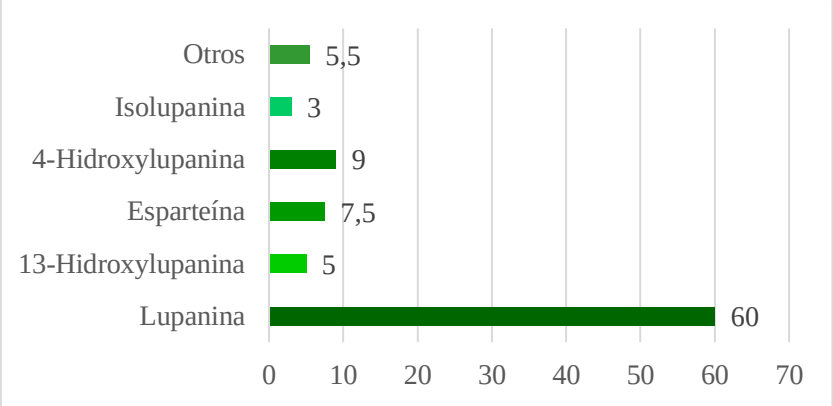


Figura 4. Porcentaje de los principales alcaloides en el chocho.

1.1.2.8. Desamargado

El proceso de eliminación o reducción del contenido de alcaloides en el chocho, tanto para el uso industrial como tradicional, se realiza mediante un proceso de desamargado que utiliza métodos físicos, químicos y biológicos **(Zavaleta, 2018)**. El método más comúnmente empleado para extraer los alcaloides de las semillas es el método físico, que consiste en desgranar el chocho, cocinarlo y desaguarlo en agua corriente durante al menos ocho días **(Carvajal-Larenas F. E. et al., 2016)**. Esta técnica permite desactivar numerosas enzimas y eliminar varios compuestos solubles en agua, como minerales y oligosacáridos, sin alterar significativamente su composición original y contenido nutricional **(Córdova-Ramos et al., 2020)**. Tradicionalmente, la evaluación de los niveles residuales de alcaloides se basaba únicamente en la detección del sabor amargo **(Quitio & Solórzano, 2018)**. Los estándares de calidad que debe cumplir el grano de chocho desamargado están especificados en la normativa **NTE INEN 2390 (2004)** para el consumo humano.

1.1.2.9. Usos y aplicaciones del chocho

El chocho representa una materia prima con un alto potencial industrial para la producción de alimentos procesados o semiprocesados, como pastas, harinas y aceites, que deben cumplir con ciertos estándares fisicoquímicos como el pH, la acidez y los sólidos solubles, entre otros **(Zavaleta, 2018)**. La pasta de chocho se emplea en la elaboración de bebidas, yogures y mermeladas, mientras que la harina se utiliza principalmente en la preparación de pan, pasteles, galletas, bizcochos, fideos, sopas instantáneas y embutidos **(Córdova, 2020)**. Una vez desamargados, los granos presentan similitudes con la soya, debido a su elevado contenido de proteínas y aceites. Estos macronutrientes pueden ser utilizados en la creación de diversos alimentos funcionales **(Baldeón, 2012)**.

1.1.3. Achira (*Canna edulis* Ker Gar)

1.1.3.1. Origen

La achira o sagú (*Canna edulis* Ker Gawl) es una raíz y tubérculo originario de la zona andina y perteneciente a la familia *Cannaceae*, que se encuentra distribuido en países sudamericanos como Perú, Colombia, Bolivia y Ecuador **(Quipo, 2018)**. Los rizomas de la planta son cosechados entre los 10 y 14 meses después de su siembra en los valles interandinos, a altitudes que varían entre los 1600 y 2700 m.s.n.m., y requiere una temperatura promedio de aproximadamente 18°C **(Pruna, 2020)**. En Colombia, la achira se considera como un cultivo de minifundio y huerta familia, siendo cultivada principalmente en el oriente de Cundinamarca y en el departamento de Huila, con el propósito principal de extraer almidón de sus rizomas, el cual se emplea en la elaboración de productos de panificación **(Lobo-Arias et al., 2016)**. Por otro lado, en Ecuador, la achira se cultiva en la ciudad de Loja como una alternativa a los almidones ya existentes **(de León et al., 2023)**.



Figura 5. Planta de achira (*Canna edulis* Ker Gawl).

1.1.3.2. Producción de achira en el Ecuador

En Ecuador, el cultivo de achira y su producto procesado, conocido como "Chuno", "Colada de Niño" o “Atchera”, se lleva a cabo principalmente en la zona andina de la provincia de Loja como se muestra en la **Figura 6**, a una escala reducida en las parroquias de Quinara y Vilcabamba, en valles temperados y cálidos, a altitudes que oscila entre los 1700 y 2500 m.s.n.m. **(de León et al., 2023)**. La achira en el cantón de Loja se cultiva con fines alimenticios y se comercializa por parte de las familias campesinas **(Játiva et al., 2019)**. En algunas zonas del Ecuador, como en la provincia de Tungurahua, especialmente en el cantón de Pillaro, la achira se utiliza en la elaboración de pan horneado a leña **(Cartay, 2020)**. Adicionalmente, en el cantón de Patate, la producción total de achira se centra en la extracción de almidón.



Figura 6. Mapa delimitado con la provincia del Ecuador con mayor producción de achira.

1.1.3.3. Variedades

El género único de la achira pertenece a la familia *Cannaceae*, que abarca a más de 100 especies **(Morocho, 2013)**. Las plantas pertenecientes al género *Canna* son frecuentemente cultivadas por su valor ornamental en jardines, mientras que algunas, como la *Canna edulis*, se utilizan para la extracción de almidón. Esta especie puede ser identificada por varios nombres, incluyendo *C. rublicaulis* L., *C. esculenta* L. y *C. indica* R. **(Caicedo, 2014)**. En Ecuador, la *Canna edulis* presenta cuatro ecotipos locales: morada, yegua, roja y blanca. La variedad morada de achira es la más cultivada debido a su mayor rendimiento en almidón **(Carrillo, 2014)**.

1.1.3.4. Taxonomía

Taxonómicamente, la achira pertenece:

Tabla 3

Clasificación taxonómica de la achira (Canna)

Reino	**Plantae**
División	Traqueophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Zingiberidae
Orden	Zingiberales
Familia	Cannaceae
Género	*Canna* L.
Especie	*Canna edulis* Ker Gawl

Nota: Información tomada de **GBIF Secretariat (2023)**.

1.1.3.5. Composición química y valor nutricional

La achira es un cultivo monocotiledóneo perenne ampliamente utilizado debido a sus propiedades nutricionales beneficiosas para la salud **(Bohórquez et al., 2017)**. La composición de esta se detalla en la **Tabla 4**.

Tabla 4

Valor nutricional de la achira en relación a 100 g

Composición	Cantidad [%, mg, µg]
Valor energético	130
Humedad	66.30
Proteína	0.9
Grasa	0.1
Carbohidratos totales	31.3
Fibra	0.5
Cenizas	0.9
Calcio	15
Fósforo	63
Hierro	63
Vitamina A	Tz
Tiamina	0.03
Riboflavina	0.01
Niacina	0.4
Acido ascórbico	7

Nota: Información tomada de **Pérez & Pacheco (1989)**.

1.1.3.6. Usos y aplicaciones de la achira

En la industria alimentaria es utilizado como una alternativa a las grasas, agente gelificante y en la producción de productos de panadería **(Mendez-Montealvo et al., 2022)**. Se caracteriza por tener una textura amilácea y un sabor suave, lo que lo hace versátil para poder incluir en otros alimentos **(Bohórquez et al., 2017)**. Además, no contiene gluten y puede sustituir a la harina de trigo, debido a su contenido nutricional de hidratos de carbono y fibra dietética **(Yaruro, 2018)**. De acuerdo con **Castillo (2016)** el almidón extraído de la achira es empleado en la elaboración de coladas, bizcochuelos, galletas, panes y bocaditos.

1.1.4. Trigo

1.1.4.1. Origen

El trigo, perteneciente a una de las familias más diversas y sustanciales, Poaceae, es uno de los cereales más importantes a nivel mundial debido a su amplia distribución, superficie de cultivo y volumen de comercio **(Zhao et al., 2011; Khalid, Hameed, & Tahir, 2023)**. Originalmente, era una planta silvestre que crecía en la antigua Mesopotamia, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates **(Ramos Gamiño, 2013)**. Se cultivó por primera vez hace aproximadamente 8.000 a 10.000 años, durante el Neolítico, marcando la transición de la caza-recolección a la agricultura, siendo esencial para el surgimiento de las civilizaciones **(Dubcovsky & Dvorak, 2007)**.

El trigo se difundió por Europa y Asia entre 8500 y 2300 a.C. gracias a los primeros agricultores. Las poblaciones de trigo se adaptaron a los entornos locales, dando lugar a las llamadas variedades locales. A partir del siglo XVI, el trigo fue introducido primero en América Latina y luego en América del Norte y Australia **(Balfourier et al., 2019)**. Este cereal ha sido un alimento básico para muchas civilizaciones y ha impulsado el desarrollo de la tecnología agrícola, incluyendo la selección de variedades, la mecanización, la fertilización y el control de plagas **(Ramos Gamiño, 2013)**. Hoy en día, el trigo es el segundo cereal más producido a nivel mundial, después del maíz, pero ocupa el primer lugar en superficie cosechada y volumen comercializado **(OECD-FAO, 2023)**.

1.1.4.2. Producción de trigo en el Ecuador

La producción de trigo en Ecuador es limitada, representando solo el 1% de la demanda total. En este sentido, el país importa el 99% del trigo necesario para satisfacer la demanda interna, principalmente de países como Canadá, Argentina y Estados Unidos **(ESPAC, 2022)**. En el año 2022, la producción total de trigo en Ecuador fue de 7.431 toneladas, mientras que las importaciones alcanzaron 1.200.000 toneladas **(Indexmundi, 2022)**. El cultivo de trigo se concentra en las provincias de Pichincha, Bolívar, Carchi, Chimborazo e Imbabura como se detalla en la **Figura 7**, siendo Carchi la principal productora con 3.528 toneladas en 2022 **(Ponce-Molina et al., 2022)**.

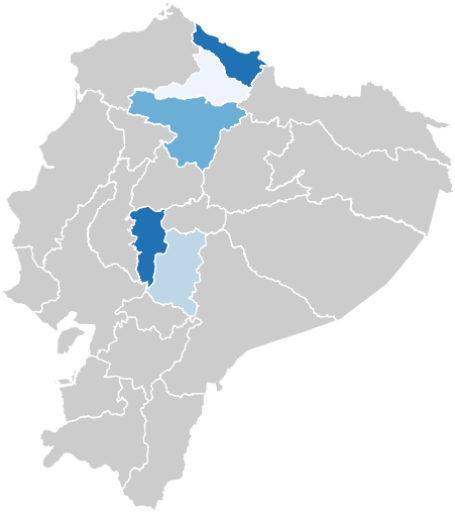


Figura 7. Mapa delimitado con las provincias del Ecuador con mayor producción de trigo.

1.1.4.3. Variedades

El trigo es uno de los cereales más cultivados, consumidos y comercializados a nivel mundial, con una gran diversidad de cultivares **(Shevkani et al., 2016)**. Actualmente, las plantas de trigo cultivadas pertenecen a cinco especies, cada una con diferentes números de subgenomas y cromosomas: el Einkorn (*Triticum monococcum*), una especie diploide con variantes silvestres; el Emmer (*Triticum dicoccum*), una especie tetraploide cultivada en la antigüedad; el trigo duro (*Triticum durum*), la única forma tetraploide de trigo ampliamente utilizada en la actualidad; el Escanda (*Triticum spelta*), otra especie hexaploide cultivada en cantidades limitadas; y el trigo blando (*Triticum aestivum*), la especie hexaploide más cultivada en el mundo **(Wieser et al., 2020)**.

1.1.4.4. Taxonomía

Taxonómicamente, el trigo pertenece:

Tabla 5

Clasificación taxonómica del trigo (Triticum)

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledonea
Orden	Graminales
Familia	Poacea
Tribu	Triticeae

Género	*Triticum*
Especie	*Triticum aestivum* L.

Nota: Información tomada de **Ramirez (2022)**.

1.1.4.5. Composición química y valor nutricional

El trigo es considerado el mejor de los cereales, principalmente porque su grano aporta alrededor de la mitad de las calorías consumidas a nivel mundial **(Khalid et al., 2023)**. Es rico en proteínas (gluten), minerales (Cu, Mg, Zn, Fe, Mn, Zn y P), vitaminas (riboflavina, tiamina, niacina y vitamina E) y fibra dietética. Su importancia radica en sus granos, que contienen proteínas (10-15%), lípidos (1.5-2.5%), agua (15-17%) y otros micronutrientes, además de ser una valiosa fuente de carbohidratos (70-75%) **(Wieser et al., 2020; Garg et al., 2021)**. La composición del trigo se detalla en la **Tabla 6**.

Tabla 6

Valor nutricional del trigo en relación a 100 g

Composición	Cantidad [%, mg, µg]
Valor energético	364
Proteína	10.3
Grasa	1
Carbohidratos totales	73.6
Fibra	2.7
Calcio	15
Fósforo	108
Hierro	1.2
Zinc	0.7
Tiamina	0.1
Riboflavina	0.04
Niacina	0.4

Nota: Información tomada de **DATASET (2021)**.

1.1.4.6. Usos y aplicaciones del trigo

El trigo es un cereal fundamental en la dieta mundial debido a su adaptabilidad, facilidad de almacenamiento, valor nutricional y versatilidad en la cocina **(Bustillos, 2022)**. La mayor parte del trigo se destina a la alimentación, con un 67% del consumo total, mientras que el 20% se utiliza para piensos, el 7% para semillas y el 6% en usos industriales **(Maningat et al., 2009)**. Existen dos especies anuales

de trigo de gran importancia. La primera, *Triticum durum* (trigo duro), se utiliza principalmente para producir sémola gruesa, esencial en la elaboración de pastas y fideos. La segunda especie, *Triticum aestivum* (trigo harinero), se emplea en la industria panificadora para elaboración de pan, galletas y repostería **(Saini et al., 2023)**. Además, el trigo es un componente crucial en las industrias papelera, textil, química, de fermentación, farmacéutica y petroquímica, así como en la producción de alcohol industrial **(Shevkani et al., 2016)**.

1.1.5. Harina

Es una materia prima que suele elaborarse de la molienda de matrices de cereales, legumbres, tubérculos y frutos secos **(Marcos, 2020)**. Se emplea como ingrediente polivalente en la repostería y la cocina, con el propósito de proporcionar estructura, textura y sabor a una amplia gama productos **(Czaja et al., 2022)**. Tiene una gran fuente de carbohidratos esenciales para mantener una dieta equilibrada, sin embargo, tiene un contenido relativamente bajo de proteínas. Por lo tanto, se utilizan otras alternativas de harina o almidón como aporte proteico **(Carbajal, 2018)**.

1.1.5.1. Harina de chocho

Es el resultado de moler los granos de chocho desamargados y deshidratados a partir de un método térmico **(Ponce, 2015)**. La harina de chocho ha ganado popularidad como alternativa nutritiva a otras harinas por su elevado contenido de proteínas y nutrientes, lo que mejora el valor nutritivo de varios productos e impulsar a la agricultura local **(Apunte & León, 2012)**. Utilizada en una variedad de alimentos como galletas, hamburguesas, panes y pastas, lo cual no solo contribuye a mejorar sus propiedades nutricionales, sino que también añade un sabor distintivo **(Carvajal-Larenas F. E. et al., 2013)**. En la **Tabla 7** se detalla la composición química de la harina de chocho por varios autores.

Tabla 7

Composición química de la harina de chocho (Lupinus mutabilis Sweet)

Análisis	**(Ponce-Pinos, 2018)**	**(Quispe, 2022)**	**(Toapanta, 2023)**	**(Cardenas & Gil, 2023)**
Origen	**Ecuador**	**Perú**	**Ecuador**	**Perú**
Proteína (%)	51.33	51.65	45.98	49.1
Grasa (%)	25.47	20.01	20.66	27.03
Humedad (%)	4.71	9.2	7.5	6.19
Fibra (%)	1.28	9.04	8.53	2.86
Ceniza (%)	0.17	2.03	3.22	2.76

Nota: Información tomada de **Ponce-Pinos, 2018**; **Quispe, 2022**; **Toapanta, 2023** y **Cardenas & Gil, 2023**.

1.1.6. Almidón

Es uno de los biopolímeros más empleados en el mundo en aplicaciones industriales alimentarias, debido a sus diversas propiedades funcionales como agente espesante, estabilizante y gelificante **(Mendez-Montealvo et al., 2022)**. Se compone de dos polímeros de glucosa: la amilosa, responsable de su capacidad de hincharse, y la amilopectina, que impide la gelatinización, junto con una fracción minoritaria (entre un 1% y un 2%) de una estructura no glucosídica **(Gidley et al., 2010)**. En su composición glucosídica, la mayoría de los almidones consta de un 20% de amilosa y un 80% restante de amilopectina **(Peñaranda et al., 2008)**. En la actualidad, el almidón no convencional ha generado un gran interés debido a sus posibles ventajas tecnológicas en comparación con el almidón tradicional.

1.1.6.1. Almidón de achira

El almidón de achira es un almidón no convencional obtenido de una planta perenne mediante un proceso de rallado, tamizado, lavado, secado y molienda de sus rizomas **(Estrada Rivera, 2020)**. Está compuesto por dos polisacáridos: la amilosa, un polímero lineal que representa el 31 - 38%, y la amilopectina, un polímero ramificado que constituye el 62 - 69% **(Lobo-Arias et al., 2016)**.

En la industria alimentaria, el almidón de achira se utiliza como agente gelificante, humectante, moldeante, estabilizante y espesante **(Mendez-Montealvo et al., 2022)**. Además, se emplea en la elaboración de productos enlatados y tiene diversas aplicaciones en industrias como la farmacéutica, medicinal y textil **(Játiva et al., 2019)**. Se destaca por su textura amilácea y sabor suave, lo que lo convierte en un ingrediente versátil para su incorporación en diversos alimentos como pan, galletas, bizcochos y tortas **(Bohórquez et al., 2017)**. Además, al carecer de gluten, puede sustituir la harina de trigo, ofreciendo un contenido nutricional de hidratos de carbono y fibra dietética **(Yaruro, 2018)**. A continuación, en la **Tabla 8** se detalla la composición química del almidón de achira por varios autores.

Tabla 8

Composición química del almidón de achira (Canna edulis Ker Gawl)

Análisis	**(Hugo, 2014)**	**(Yayuro, 2018)**	**(de León et al., 2023)**
Origen	**Ecuador**	**Colombia**	**Ecuador**
Proteína (%)	0.18 – 0.71	0.24	0.34
Grasa (%)	0.048 – 0.09	0.002	0.050
Humedad (%)	13.6 – 23.4	14.18	17.16
Fibra (%)	0.0023-0.0053	-	-
Ceniza (%)	0.17 – 0.4	0.23	0.23

Nota: Información tomada de **Hugo, 2014**; **Yayuro, 2018**; **de León et al., 2023** y **Cardenas & Gil, 2023**.

1.1.7. Galletas

1.1.7.1. Origen

Se cree que el primer registro histórico de las galletas fue su uso como pasteles de prueba que los pasteleros utilizaban para probar la temperatura del horno **(Clicodigital, 2023).** Según **The Vintage News (2016)**, las galletas parecen haber surgido en el siglo VII en Persia, poco después de que el uso del azúcar se volviera relativamente común en la región. Además, con la llegada de los europeos a América, trajeron consigo sus recetas de galletas y las adaptaron rápidamente al Nuevo Mundo.

Las galletas son productos horneados que se consumen ampliamente en todo el mundo, gracias a sus variados sabores y texturas que obtienen por el amasado de ingredientes derivados del trigo u otras harinas **(NTE INEN 2085, 2005)**. Según lo citado por **Melese & Keyata (2022)** las galletas son elaboradas con una mezcla de ingredientes básicos incluyendo harina, azúcar, sal, mantequilla, huevos y levadura.

1.1.7.2. Consumo de las galletas

La industria alimentaria ofrece una amplia variedad de productos consumidos a nivel mundial, como bizcochos, panecillos, pasteles y galletas **(ONUAA, 2023)**. Estas últimas son especialmente importantes en la dieta familiar a nivel mundial, con un consumo per cápita significativo en países como Brasil, Argentina y Perú, alcanzando entre 4.1 y 6.7 kg al año **(CIEN, 2022)**. En contraste, en Ecuador el consumo anual se sitúa entre 2.5 y 3 kg. Las galletas se encuentran disponibles en versiones saladas, semidulces y dulces, siendo estas últimas las más populares en el 60% del mercado ecuatoriano **(Yépez, 2016)**. Esta preferencia podría atribuirse a la tecnología más accesible utilizada en la producción de galletas dulces, que requiere una inversión menor en comparación con las galletas saladas, las cuales están constantemente innovando en sabores

En la actualidad, la producción de productos alimenticios ha cambiado considerablemente, debido a las necesidades del consumidor, proporcionando productos más nutritivos y saludables. En este sentido, surgen galletas con la incorporación de harinas no convencionales en la formulación, **Cabrera-Mera et al. (2023)** ha desarrollado galletas con una sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticun aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*), **Aguagallo (2023)** ha elaborado una galleta incorporando en su formulación harina de chocho y quinua, endulzada con miel de abeja.

1.1.7.3. Clasificación de galletas

En la **Figura 8** se detalla la clasificación de las galletas, descrita por la normativa ecuatoriana **(NTE INEN 2085, 2005)**.

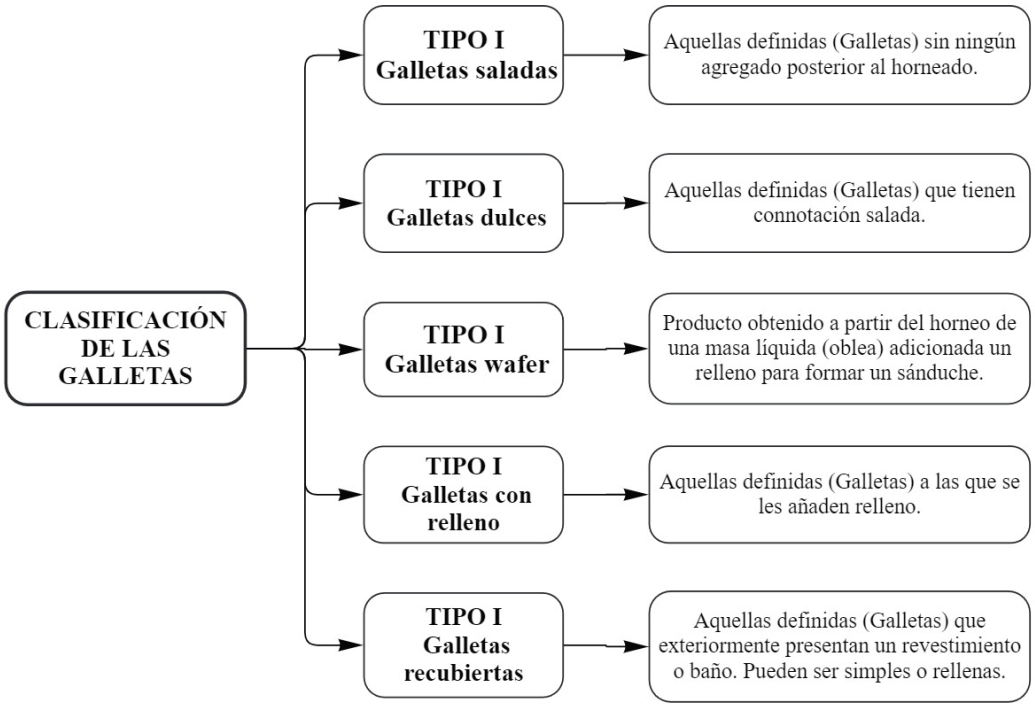


Figura 8. Mapa conceptual de los tipos de las galletas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Desarrollo de una galleta a partir de trigo (*Triticun aestivum* L.) sustituido parcialmente con una mezcla de harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet) y almidón de achira (*Canna edulis* Ker Gawl).

1.2.2. Objetivos específicos

- Obtener y caracterizar la harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet).
- Determinar la mejor formulación de harina y almidón para la obtención de una galleta mediante un análisis sensorial.
- Realizar un análisis bromatológico, microbiológico y de textura al tratamiento de mayor aceptación.

CAPÍTULO II. – METODOLOGÍA

La parte experimental del presente proyecto de investigación se realizó en los laboratorios académicos de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, y en el Laboratorio de Control y Análisis de alimentos, LACONAL.

2.1. Materiales

2.1.1. Materia prima

Las materias primas para el desarrollo de una galleta a partir de trigo (*Triticun aestivum* L.) sustituido parcialmente con una mezcla de harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet) y almidón de achira (*Canna edulis* Ker Gawl) fueron: granos de chocho tierno desamargado, almidón de achira, harina de trigo, azúcar, sal, mantequilla, huevo, esencia de vainilla y polvo de hornear.

2.1.2. Materiales de laboratorio

Crisoles, mortero, matraces, buretas, vasos de precipitación, pipeta, pinzas, papel filtro, papel aluminio, espátulas, juego de tamices, colador, ollas y cuchillos.

2.1.3. Equipos

Cocina industrial, horno giratorio, refrigerador, batidora manual, balanza analítica, estufa, deshidratador por convección, mufla, incubadora, molino eléctrico, potenciómetro, máquina tamizadora, balanza infrarroja, texturómetro Brookfield.

2.2. Métodos

2.2.1. Obtención y caracterización de la harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet).

2.2.1.1. Proceso de obtención de la materia prima

La obtención de las materias primas para la investigación incluyó el chocho tierno y almidón de achira. El chocho tierno se adquirió después de haber pasado por el proceso de desamargado en el Mercado Mayorista de la provincia de Tungurahua. En cuanto al almidón de achira, se obtuvo en un mercado local de la provincia de Loja.

2.2.1.2. Proceso de obtención de harina de chocho tierno

La elaboración de harina de chocho tierno se desarrolló siguiendo la metodología descrita por **Pepe (2012), Viveros (2016)** y **Fernández (2018)**, con ligeras modificaciones, las cuales se describe a continuación:

Recepción: Se recibieron 2.8 kilogramos de chochos tiernos previamente desamargados para la elaboración de la harina.

Selección: Se eligieron los granos que no mostraban deformidades o indicios de deterioro, y se eliminaron manualmente piedras pequeñas, tierra y otras impurezas que pudieran afectar la calidad del producto final.

Inmersión: Se utilizó una solución de cloro al 0,1% para desinfectar los granos de chocho tierno durante un periodo de 5 minutos con el objetivo de reducir la carga microbiana.

Lavado: Los residuos de agua clorada se eliminaron mediante tres lavados con agua destilada para evitar impactos negativos en el sabor del producto.

Descascarado: Se procedió al descascarado del chocho para facilitar una deshidratación más rápida y eficiente.

Cocción: La cocción se realizó en una proporción de 1:2 (p/v), utilizando dos partes de agua por cada uno de los chochos tiernos, a una temperatura de 65°C, con el propósito de eliminar eventuales residuos de alcaloides tras el proceso de desamargado.

Enfriamiento: Tras la cocción, los chochos fueron enfriados hasta alcanzar los 25°C.

Licuado: Los granos cocidos fueron licuados en una proporción de 1:2 (p/v), utilizando dos partes de agua por cada porción de chocho tierno durante 3 minutos.

Prensado: La mezcla licuada se prensó empleando un colador y un velo de novia, obteniéndose el bagazo destinado al proceso de secado y la bebida vegetal como residuo.

Secado: El bagazo se distribuyó en 6 bandejas, cada una con un peso de 0,29 kilogramos, en el interior de un deshidratador por convección de la marca CABELA´S a una temperatura de 57 ºC durante 24 horas.

Molienda: Una vez completamente seco, el bagazo se molió en un molino de café eléctrico para obtener la harina.

Tamizado: La harina obtenida fue sometida a un proceso de tamizado utilizando un agitador RETSCH equipado con 4 tamices en orden descendente según la abertura de la malla, hasta lograr un tamaño de partícula de 180 μm (N.80), garantizando así la uniformidad y el tamaño de partícula conforme a la normativa NTE INEN 616 para la harina de trigo.

Envasado: La harina de chocho tierno resultante se envasó en bolsas de plástico con cierre cremallera y se almacenó a temperatura ambiente.

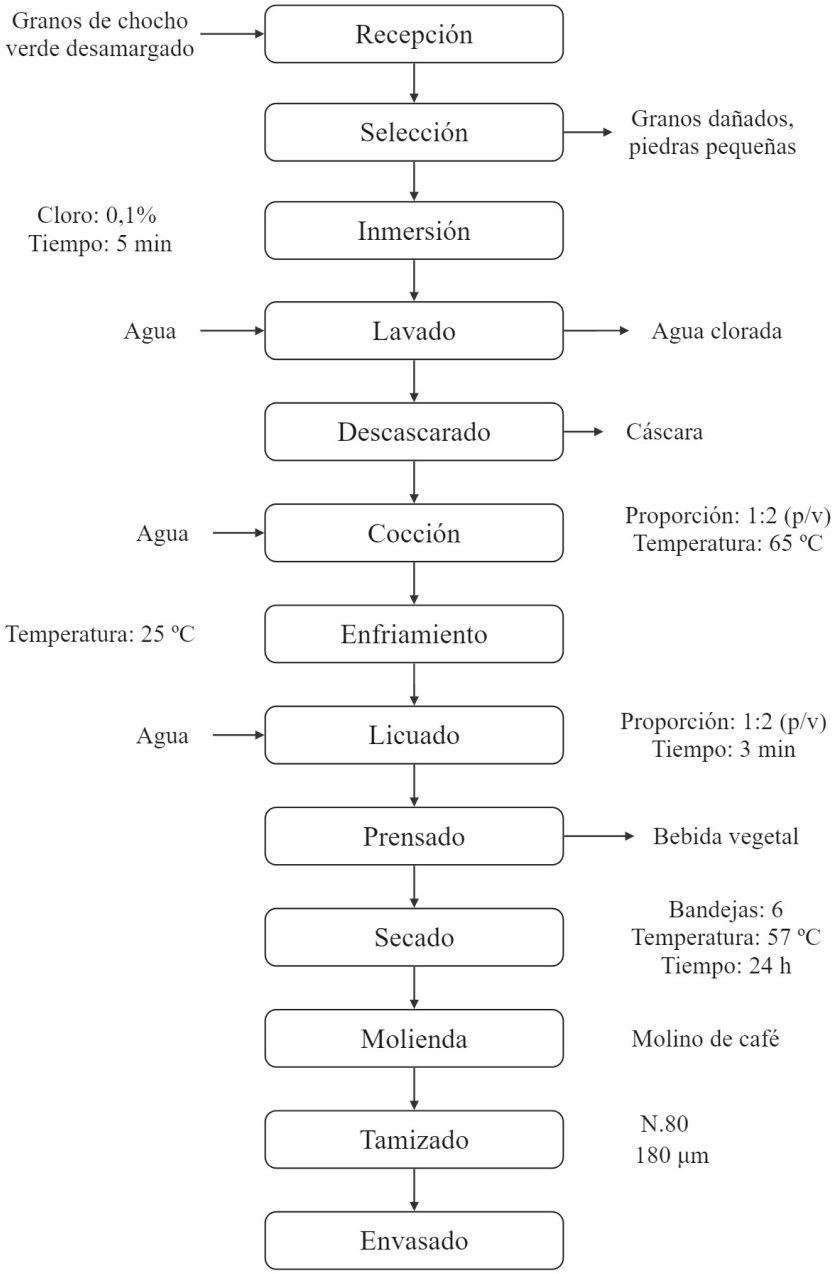


Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de harina de chocho tierno.

2.2.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la harina de chocho tierno

2.2.2.1. Determinación de humedad de la harina

Se aplicó el método descrito por la **NTE INEN-ISO 712 (2009)** para determinar la humedad en la harina de chocho tierno. Se tomó una muestra de 5 g y se registró la masa inicial de la porción de prueba sin secar y del plato como (m'0). Previamente, se secó y se taró el plato junto con su tapa como (md). Luego, la muestra se secó a 130 °C durante 90 minutos y se registró la masa conjunta con la cápsula como (m'1). Este procedimiento se realizó por triplicado y los resultados se expresaron como un porcentaje del peso total. El cálculo del contenido de humedad (WH2O) se realizó mediante la ecuación:

$$W_{H_2O} = \left(1 - \frac{M_1}{M_0}\right) \times 100$$

Ecuación 1. Contenido de humedad de la harina

Donde:

W_{H2O} = contenido de humedad (%).

M0 = m´0 – md es la masa de la muestra (g).

M1 = m´1 – md es la masa de la muestra después del secado (g).

2.2.2.2. Determinación de proteínas de la harina

El contenido de proteína se determinó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) mediante el método Kjeldahl, basado en la metodología descrita en la normativa PE03-7.2-FQ AOAC Ed.22, 2019 2001.11. Se preparó 1 g de muestra de chocho tierno sobre papel celofán y se colocó en un vaso de precipitación. Se añadieron 20 ml de ácido sulfúrico al 95% con sulfato de potasio y sulfato de cobre, y se digestó a 420°C durante 60 minutos en un depurador Turbosog Gerhardt TT625. Tras enfriarse durante 20 minutos, se agregaron 50 ml de NaOH y 70 ml de agua destilada. Luego, se transfirió la solución al destilador de proteínas Vapodest Gerhardt TT625, donde se destiló durante 390 segundos con refrigerante sumergido en una muestra indicadora de ácido bórico al 4% (color rosa). La solución verde resultante se tituló con HCl 0.1 N hasta el cambio de color a rosa. Finalmente, se calculó el porcentaje de proteína utilizando una fórmula específica. Los detalles y resultados se encuentran en el Anexo 5.

$$\%\ Proteína = \frac{(V_s - V_b) \cdot N \cdot 14.01 \cdot 6.25}{W \cdot 10}$$

Ecuación 2. Contenido de proteína de la harina

Donde:

Vs = volumen del ácido estandarizado utilizado para valorar la prueba (mL).

Vb = volumen del ácido estandarizado utilizado para valorar el blanco de reactivo (mL).

M = molaridad del HCl; 14,01.

N = normalidad del HCl.

W = peso de la muestra de la prueba (g).

F = Factor de conversión N a proteína (6,25).

2.2.2.3. Determinación de fibra dietética total

El contenido de proteína se determinó por el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) por el método gravimétrico–enzimático, siguiendo la metodología descrita **AOAC 985.29 Ed.22 (2019)**. Se comenzó pesando 8 gramos de harina de chocho tierno y se procedió al secado en estufa a 105ºC durante 3 horas. Luego, se realizó el desengrasado siguiendo el método descrito en el **AOAC 2003.06 Ed.22 (2023)**. Seguidamente, se pesó 1 gramo de la muestra seca y desengrasada, colocándola en un vaso de precipitación al cual se añadieron 50 ml de buffer fosfato (pH 6) y 50 µl de enzima α-amilasa termoestable. El vaso se selló con aluminio y se incubó en un baño termostático con agitación a 100ºC durante 30 minutos. Se ajustó el pH a 4.5 con ácido clorhídrico y se agregaron 200 µl de solución de amiloglucosidasa, incubándolo por 30 minutos a 60ºC.

Después de enfriar la muestra, se pesaron 0.5 gramos de celite en un crisol y se agregaron 3 ml de agua destilada. La mezcla enzimática se añadió al crisol y se transfirió al sistema de filtración de fibra. La muestra fue lavada dos veces con 60 ml de alcohol etílico al 78% y 96%. Los residuos resultantes se secaron en estufa a 103ºC durante la noche. Finalmente, se analizó la presencia de residuos de ceniza y proteína. Para la ceniza, se incineró el crisol con la muestra a 500ºC durante 5 horas, enfriándolo luego en un desecador y pesándolo. Para la determinación de la proteína, se aplicó el método Kjeldahl del laboratorio, utilizando la ecuación correspondiente. Los resultados se muestran en el Anexo 5.

$$\%\ Fibra\ dietética = \frac{\frac{R_1 + R_2}{2} - A - B - p}{\frac{m_1 + m_2}{2}} \times 100$$

Ecuación 3. Contenido de fibra dietética total de la harina

Donde:

m1 = masa de la muestra 1(g).

m2 = masa de la muestra 2 (g).

R1= masa del residuo 1 de m1 (g).

R2 = masa del residuo 2 de m2 (g).

A = masa de las cenizas de R1 (g).

p = masa de proteína de R2 (g).

B = blanco (valor dado por el laboratorio)

2.2.2.4. Determinación de grasa de la harina

El análisis de grasa se elaboró en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) mediante el método de gravimetría, basado en la metodología descrita en la normativa **AOAC 2003.06 Ed.22 (2023)**. Se inició pesando 8 gramos de muestra, la cual fue secada en una estufa Memment M400 a 105ºC durante 3 horas. Posteriormente, la muestra se colocó en un cartucho de extracción libre de grasa. Simultáneamente, se pesó el recolector de grasa de aluminio y se agregaron 50 ml de hexano en los recipientes correspondientes. Los cartuchos y los recolectores se colocaron en un analizador de grasa Selecta DET-GRAS y se llevó a cabo un proceso de tres etapas: ebullición durante 40 minutos, enjuague durante 60 minutos y recolección durante 30 minutos. Para calcular el contenido de grasa en las muestras, se aplicó la ecuación 4. Los resultados se detallan en el Anexo 5.

$$\%\, Grasa = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100$$

Ecuación 4. Contenido de grasa de la harina

Donde:

M1 = masa del recolector de grasa con grasa (g).
M2 = masa del recolector de grasa vacío (g).
m1 = masa de la muestra de la harina de chocho tierno (g).

2.2.2.5. Determinación de cenizas de la harina

La determinación de cenizas se realizó en base al método descrito por la normativa **(NTE INEN-ISO 2171, 2007)**. En este proceso, se tomaron 5 g de la muestra de chocho tierno y se transfirieron a un crisol que había sido previamente secada. Posteriormente, se procedió a incinerar la muestra a 550 ºC durante 4 horas en el horno de mufla. Durante esta etapa, la muestra fue quemada hasta que únicamente quedó ceniza. Finalmente, se realizó la medición del peso de la ceniza resultante y se calculó el rendimiento de ceniza según la ecuación 5.

$$\% \, Ceniza = \frac{(m_1 - m)}{(m_2)} \times 100$$

Ecuación 5. Contenido de cenizas de la harina

Donde:

m0 = masa de la muestra (g).

m1 = masa del crisol (g).

m2 = masa del crisol y del residuo incinerado (g).

2.2.2.6. Determinación de acidez de la harina

La determinación de la acidez titulable de la harina de origen vegetal se realizó siguiendo el procedimiento especificado en la normativa **(NTE INEN 521, 1980)**. Inicialmente, se preparó la muestra de harina 24 horas antes. Luego, se agregó 2 cm^3 de la solución fenolftaleína en la muestra para ser titulada con una solución de NaOH 0.1 N, hasta alcanzar un color rosado que desaparece poco a poco. La acidez de la harina se expresó en términos de ácido sulfúrico, y su cálculo se llevó a cabo utilizando la ecuación 6.

$$\% \, A = \frac{490 \, N \cdot V}{m(100 - H)} \times \frac{V_1}{V_2}$$

Ecuación 6. Contenido de acidez de la harina

Donde:

A = contenido de acidez de la harina, en porcentaje de masa de ácido sulfúrico (%).

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V = volumen de la solución de hidróxido sódico utilizada en la titulación (cm^3).

V1 = volumen del alcohol empleado (cm^3).

V2 = volumen de la alícuota utilizada para la titulación (cm^3).

m = masa de la muestra (g).

H = contenido de humedad de la muestra (%).

2.2.2.7. Determinación de la concentración de ion hidrógeno (pH) de la harina.

Para medir la concentración de ion hidrógeno o pH en productos alimenticios, se aplicó el método descrito por la normativa **(NTE INEN 526, 2013)**. Se pesaron 10 g de la muestra preparada y se colocaron en un vaso de precipitación. Posteriormente, se añadieron 100 cm^3 de agua destilada y se agitó durante 30 minutos hasta que las partículas se suspendieron. Luego, se dejó reposar durante 10

minutos para que el líquido se decantara. Se extrajo el líquido sobrenadante y se introdujo el electrodo del potenciómetro para realizar la determinación del pH mediante lectura directa.

2.2.2.8. Determinación del tamaño de partícula de la harina

La determinación del tamaño de partícula de la harina se realizó en base al método descrito por la normativa **NTE INEN 517 (2012)**, en la que inicialmente, se pesaron 100 g de la muestra en un agitador RETSCH de 4 tamices alineados en relación con la abertura de la malla de forma decreciente: 80 (180 µm), 100 (150 µm), 140 (106 µm), 200 (75 µm) y fondo. Luego, la muestra se sometió a vibración durante cinco minutos. Se procedió a pesar los tamices y se determinó el módulo de finura y uniformidad. Finalmente, se calculó el porcentaje acumulado de harina retenida en cada tamiz utilizando la ecuación 7.

$$MR = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Ecuación 7. Contenido del tamaño de partícula de la harina

Donde:

MR = masa retenida de la harina (%).

m = masa de la muestra de harina (g).

m1 = masa del papel sin harina (g).

M2 = masa del papel con la muestra de harina (g).

2.2.2.9. Determinación de mohos y levaduras de la harina

La determinación de mohos y levaduras fue llevada a cabo en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) mediante el método **AOAC 997.02 Ed.22 (2019)**. El proceso comenzó con la desinfección de la muestra para prevenir la contaminación. Luego, se preparó una mezcla con 10 g de harina de chocho tierno y 90 ml de agua peptonada, la cual fue homogeneizada durante 30 segundos utilizando un equipo vortex mixer de Fisher Scientific. A continuación, se realizaron tres diluciones: 10^{-1}, 10^{-3} y 10^{-5}. En cada placa de Petri se colocó 1 ml de la muestra junto con el medio correspondiente, se agitó suavemente para permitir la solidificación y posteriormente se incubaron verticalmente a 25 ºC durante 5 días. Los resultados se presentan en el Anexo 5.

2.2.3. Determinación de la mejor formulación de harina y almidón para la obtención de una galleta mediante un análisis sensorial.

2.2.3.1. Proceso de elaboración de galleta

El proceso de elaboración de las galletas se llevó a cabo en base a las formulaciones y metodologías descritas por **Chiriguaya (2020)**, **Soler, Castillo, Rodríguez, Perales-Torres, & González (2017)** y **Ortega, Barboza, Piñero, & Parra (2016)**, con ligeras modificaciones, como se puede apreciar en la **Figura 10** y **Tabla 9**.

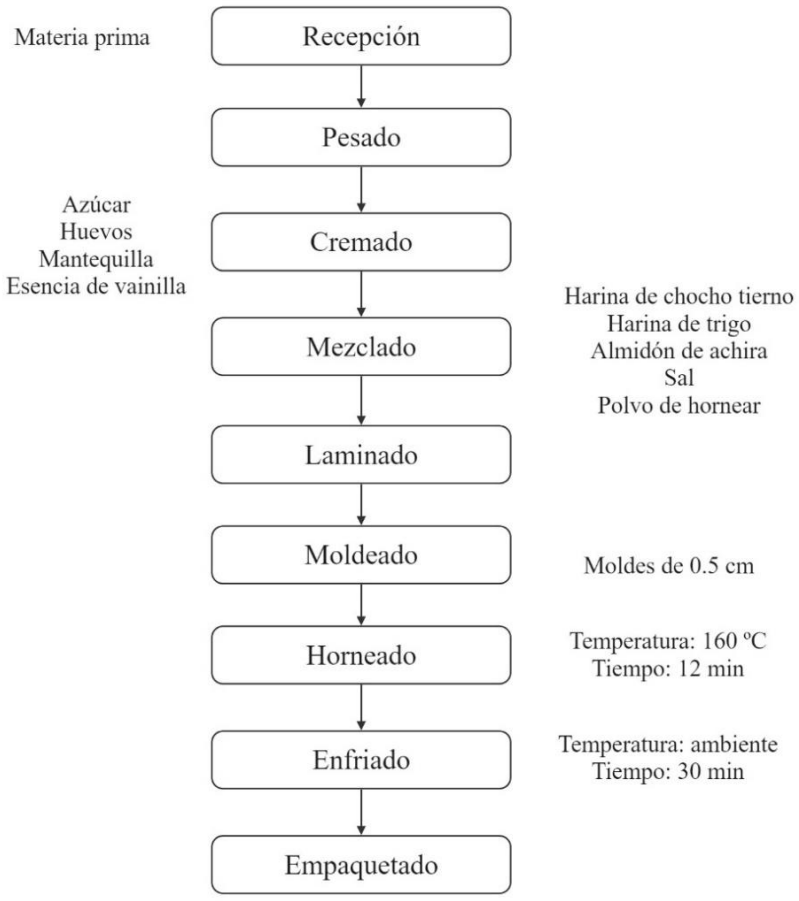


Figura 10. Diagrama de flujo para la elaboración de una galleta de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet) y almidón de achira (*Canna edulis Ker* Gawl).

Inicialmente, se recibió y pesó la materia prima. A continuación, se realizó el cremado, batiendo la mantequilla, los huevos, el azúcar y la esencia de vainilla con una batidora manual a velocidad 1 durante 5 minutos, hasta lograr una mezcla uniforme. Luego, se añadieron la harina de chocho tierno, la harina de trigo y el almidón de achira en diferentes proporciones, de acuerdo con la sustitución descrita por **Soler et al. (2017)**, en un rango del 10% al 30% (**Tabla 9**). Además, se agregaron la sal y el polvo de

hornear, y con la ayuda de la batidora se mezclaron y amasaron a velocidad 1, durante 3 minutos. La masa resultante se laminó con un rodillo de madera hasta lograr el espesor deseado para cada galleta. Después, se cortó la masa con moldes metálicos en forma circular y se colocó en bandejas engrasadas durante 10 minutos para su relajación.

Posteriormente, se hornearon durante 12 minutos a una temperatura de 160°C en un horno (INOX, Ecuador). Una vez terminada la cocción, las galletas se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 minutos, para luego ser empacadas en bolsas Ziploc y almacenadas para su análisis posterior.

En la **Tabla 9**, se muestra el porcentaje de cada uno de los ingredientes para el proceso de elaboración de las galletas

Tabla 9

Descripción de la formulación en porcentaje para la elaboración de galleta

Ingredientes	Formulación testigo (T1)	Formulación 1 (T2)	Formulación 2 (T3)	Formulación 3 (T4)
	[%]	[%]	[%]	[%]
Harina de trigo	50	10	10	10
Harina de chocho tierno	-	30	20	10
Almidón de achira	-	10	20	30
Azúcar	14.4	14.4	14.4	14.4
Sal	0.58	0.58	0.58	0.58
Mantequilla	23	23	23	23
Huevo	10.50	10.50	10.50	10.50
Esencia de vainilla	0.58	0.58	0.58	0.58
Polvo de hornear	0.94	0.94	0.94	0.94
Total	**100**	**100**	**100**	**100**

2.2.3.2. Análisis sensorial

Para determinar la aceptabilidad del mejor tratamiento de galletas, se realizaron pruebas de degustación en el laboratorio de cata de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, con un panel de 20 catadores no entenados y semi entrenados. Se evaluaron los atributos de olor, color, sabor, textura y aceptabilidad del producto, utilizando la metodología descrita por **Ortega et al. (2016)**, en el

que se empleó una escala hedónica de 5 puntos; 5: Me gusta mucho, 4: Me gusta, 3: Me es indiferente, 2: Me gusta poco, 1: No me gusta. La hoja de cata se muestra en el Anexo 6. A cada juez se le entregaron las muestras con su respectiva codificación de 4 dígitos de manera aleatoria. Además, se facilitó un vaso de agua a los jueces para que pudieran limpiar su paladar entre cada muestra evaluada.

2.2.3.3. Determinación de la mejor formulación

Para determinar el tratamiento óptimo, se priorizó el atributo de aceptabilidad, considerando un índice superior al 80% basado en los datos obtenidos del análisis sensorial. El índice de aceptabilidad se calculó empleando la Ecuación 8.

$$Índice\ de\ aceptabilidad = \frac{Alternativa\ 5 + Alternativa\ 4}{Total\ de\ catadores} \times 100\%$$

Ecuación 8. Porcentaje de aceptabilidad de la mejor formulación de galleta

2.2.4. Realización de un análisis bromatológico, microbiológico y de textura a la mejor formulación de galleta

2.2.4.1. Determinación del contenido de proteína de la galleta

La determinación del contenido de proteína se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) mediante el método Kjeldahl, basado en la metodología descrita en la normativa **AOAC 2001.11 Ed.22 (2019)**. Se preparó 1 g de muestra de galleta sobre papel celofán y se colocó en un vaso de precipitación. Se añadieron 20 ml de ácido sulfúrico al 95% con sulfato de potasio y sulfato de cobre, y se digestó a 420°C durante 60 minutos en un depurador Turbosog Gerhardt TT625. Tras enfriarse durante 20 minutos, se agregaron 50 ml de NaOH y 70 ml de agua destilada. Luego, se transfirió la solución al destilador de proteínas Vapodest Gerhardt TT625, donde se destiló durante 390 segundos con refrigerante sumergido en una muestra indicadora de ácido bórico al 4% (color rosa). La solución verde resultante se tituló con HCl 0.1 N hasta el cambio de color a rosa. Finalmente, se calculó el porcentaje de proteína utilizando una fórmula específica. Los detalles y resultados se encuentran en el Anexo 5.

$$\%\ Proteína = \frac{(V_s - V_b) \cdot N \cdot 14.01 \cdot 6.25}{W \cdot 10}$$

Ecuación 9. Contenido de proteína de la galleta

Donde:

Vs = volumen del ácido estandarizado utilizado para valorar la prueba (mL).

Vb = volumen del ácido estandarizado utilizado para valorar el blanco de reactivo (mL).

M = molaridad del HCl; 14,01.

N = normalidad del HCl.

W = peso de la muestra de la prueba (g).

F = Factor de conversión N a proteína (6,25).

2.2.4.2. Determinación del contenido de humedad de la galleta

La determinación del contenido de humedad se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) mediante el método gravimétrico, basado en la metodología descrita en la normativa AOAC Ed.22, 2023 925.10. El procedimiento consistió en pesar 5 g de la galleta molida en crisoles, que luego se transfirieron a una estufa a una temperatura de 130 °C durante 2 horas. Transcurrido ese tiempo, se apagó la estufa y, una vez enfriados los crisoles con la muestra, se volvieron a pesar. El porcentaje de humedad se calculó utilizando la ecuación 10. Los resultados obtenidos se muestran en el Anexo 5.

$$Pc = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100$$

Ecuación 10. Contenido de humedad de la galleta

Donde:

Pc = pérdida por calentamiento, en (%) de masa.

m1 = masa inicial de la muestra (g).

m2 = masa del producto seco (g).

2.2.4.3. Determinación de la concentración de ion hidrógeno (pH) de la galleta

Para medir la concentración de ion hidrógeno o pH en productos alimenticios, se aplicó el método descrito por la normativa **(NTE INEN 526, 2013)**. Se pesaron 10 g de la muestra preparada y se colocaron en un vaso de precipitación. Posteriormente, se añadieron 100 cm^3 de agua destilada y se agitó durante 30 minutos hasta que las partículas se suspendieron. Luego, se dejó reposar durante 10 minutos para que el líquido se decantara. Se extrajo el líquido sobrenadante y se introdujo el electrodo del potenciómetro para realizar la determinación del pH mediante lectura directa.

2.2.4.4. Determinación de aerobios mesófilos de la galleta

El análisis de aerobios mesófilos se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) utilizando el método **(AOAC 990.12 Ed.22, 2023)**. El proceso comenzó con la desinfección de la muestra para prevenir la contaminación. Luego, se preparó una mezcla con 10 g de harina de chocho tierno y 90 ml de agua peptonada, la cual fue homogeneizada durante 30 segundos. A continuación, se realizaron tres diluciones: 10^{-1}, 10^{-3} y 10^{-5}. Finalmente, se colocó 1 mL de la muestra preparada en placas Petrifilm y se dejó incubar por 48 horas a 35°C. Los resultados obtenidos se muestran en el Anexo 5.

2.2.4.5. Determinación de mohos y levaduras de la galleta

El conteo de mohos y levaduras se llevó a cabo en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) siguiendo la metodología descrita en la normativa **(AOAC 997.02 Ed.22, 2019)**. El proceso comenzó con la desinfección de la muestra para prevenir la contaminación. Luego, se preparó una mezcla con 10 g de harina de chocho tierno y 90 ml de agua peptonada, la cual fue homogeneizada durante 30 segundos. A continuación, se realizaron tres diluciones: 10^{-1}, 10^{-3} y 10^{-5}. En cada placa de Petri se colocó 1 mL de la muestra junto con el medio correspondiente, se agitó suavemente para permitir la solidificación y posteriormente se incubaron verticalmente a 25 ºC durante 5 días.

2.2.4.6. Determinación de perfil de textura de la galleta

La determinación de textura se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) utilizando un texturómetro Brookfield (PRO CT3), siguiendo la metodología del manual del equipo. La galleta se colocó entre la sonda cilíndrica plana de 2 mm (TA39) y la mesa base de fijación (TA-BT-KIT). A medida que la sonda descendió, rompió la superficie y penetró en la galleta, proporcionando datos sobre la dureza en el ciclo 1 y la fracturabilidad de la muestra **(BROOKFIELD AMATEK, 2019)**. Los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 5.

CAPÍTULO III. - RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Análisis de la harina de chocho tierno

3.1.1.1. Análisis fisicoquímicos de la harina de chocho tierno

Los resultados de la composición fisicoquímica de la harina de chocho tierno se presentan a continuación en la **Tabla 10**. Un parámetro muy importante que controlar en productos farináceos es el contenido de humedad, debido al efecto directo que tiene sobre la actividad microbiológica y vida útil de los alimentos harinosos **(Vermelho, et al., 2024)**. El valor promedio de humedad encontrado en la harina de chocho tierno fue de 9.19%, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos para harinas (%H <14%) según la normativa **(NTE INEN 616, 2015)**. Investigaciones previas realizadas por **Nasir, Butt, Anjum, Sharif, & Minhas (2003)** y **Shahzada et al. (2019)**, indican que la variabilidad en el contenido de humedad en harinas está estrechamente vinculada con las prácticas de manipulación, almacenamiento y procesamiento. Un menor contenido de humedad contribuye a una mejor conservación y a una menor pérdida de calidad, gracias a la reducción de la actividad microbiana y la respiración. Adicionalmente, **Mamani & Molina (2015)**, **Castillo & Olivos (2018)**, y **Toapanta (2023)** reportaron valores similares de contenido de humedad en harinas de chocho convencionales (grano seco), con un contenido de humedad de 6.74%, 8.95% y 7%, respectivamente.

La ceniza representa la fracción inorgánica de los alimentos, y su medición es fundamental tanto para el etiquetado nutricional como para las características de procesamiento de productos alimentarios derivados de cereales **(Bilge, et al., 2016)**. El contenido de cenizas de la muestra de harina de chocho tierno fue del 0.28%, como se muestra en la **Tabla 10**. Según la normativa **NTE INEN 616 (2015)**, el límite máximo permitido es del 0.8%, por lo que el valor obtenido se encuentra dentro del rango aceptable. Asimismo, **Li, Liu, Yin, Sun, & Wu (2023)** mencionan que el contenido de cenizas varía entre 0.1% y 2.5% en peso húmedo en diferentes grupos de alimentos, desempeñado un papel crucial en la matriz alimentaria. Estudios previos realizados por **Villamagua (2013)**, **Mamani & Molina (2015)** y **Parreño (2017)** sobre harinas de chocho convencional han registrado porcentajes de cenizas de 1.56%, 2.6% y 1.58%, respectivamente, valores superiores a los encontrados en la presente investigación. La baja concentración de cenizas en la harina de chocho tierno podría atribuirse probablemente a la escasa presencia de cenizas en el grano de chocho tierno, estimada en aproximadamente 0.37% antes de su procesamiento **(Ullco, 2019)**.

El pH en productos farináceos juega un papel crucial debido a su influencia en la estabilidad y las características sensoriales de los productos donde se emplean las harinas **(Salazar, et al., 2021)**. El valor de pH obtenido en este estudio fue de 6.8, como se detalla en la **Tabla 10**, indicando un carácter

ligeramente ácido. Similarmente, **Ocaña (2019)** reportó un pH cercano, con un valor de 6.41. Según **Egan, Kirk, & Sawyer (1981)**, el pH de las harinas generalmente oscila entre 6 y 6.8, coincidiendo con los resultados obtenidos en esta investigación.

En cuanto al porcentaje de acidez titulable, el valor promedio obtenido fue del 0.143% en términos de ácido sulfúrico, como se presenta en la **Tabla 10**. De acuerdo con la normativa **NTE INEN 616 (2015)**, el valor obtenido se encuentra dentro de los estándares establecidos, cuyo límite máximo permitido es de 0.2%. Según **Zarate & Rodríguez (2020)**, un bajo índice de acidez en la harina indica un buen estado de conservación, ya que reduce el riego de degradación con el tiempo. Por el contrario, una mala conservación podría ocasionar que la harina se vuelva rancia con mayor facilidad. Además, según **Tintaya (2017)**, el índice de acidez refleja la cantidad de ácidos grasos libres presentes en la harina, siendo un indicador de la susceptibilidad de los lípidos a la oxidación durante el almacenamiento, cuando los lípidos se descomponen debido a la acción de las lipasas, liberando ácidos grasos libres. Los valores obtenidos en este estudio son comparables a los reportados por **Apunte & León (2012)** y **Ocaña (2019)**, quienes encontraron porcentajes de 0.154%, y 0.12%, respectivamente, en la harina de chocho convencional.

En referencia al porcentaje promedio de retención de harina de chocho tierno en la malla N80 (180 μm) fue del 59.17%, como se muestra en la **Tabla 10**. Según la normativa **NTE INEN 616 (2015)**, las harinas deben pasar por el tamiz N70 (212 μm) como mínimo, con un porcentaje de retención máximo del 95%. Por lo tanto, la harina de chocho tierno cumple con los requisitos granulométricos establecidos por la normativa. **Silva, Ascheri, Pereira, & Modesta (2009)** y **Rios et al. (2018)** indican que una granulometría uniforme mejora la calidad sensorial del producto final, incluyendo su textura, sabor y apariencia visual. Asimismo, **Zucco, Borsuk, & Arntfield (2011)** señalan que la inclusión de harinas más finas aumenta significativamente la dureza de las galletas y disminuye su extensibilidad, mientras que las harinas más gruesas tienen un efecto opuesto en estos parámetros. Sin embargo, **Pyler (1988)** menciona que una harina de grano muy fino no garantiza calidad. Los porcentajes elevados de partículas finas pueden afectar la estructura interna de los productos de panadería, aumentando la humedad y gomosidad.

Tabla 10

Resultados del análisis fisicoquímico de la harina de chocho tierno

Análisis	Resultado %
Humedad	9.19±0.34
Cenizas	0.28±0.06
pH	6.80±0.05
Acidez titulable	0.143±0.006

Tamaño de partícula	59.17±3.74

Nota: Valor medio ± desviación estándar (n=3).

3.1.1.2. Análisis nutricionales de la harina de chocho tierno

El chocho es una leguminosa con un alto contenido de proteínas, que oscila entre 41% y 51%, destacándose principalmente la lisina y leucina **(Villacrés, Peralta, & Álvarez, 2003)**. La harina de chocho tierno obtuvo un contenido proteico del 50.8%, como se muestra en la **Tabla 11**, superando el mínimo establecido por la normativa **(NTE INEN 616, 2015)**. Según **Sulas, Canu, Ledda, Carroni, & Salis (2016)**, el alto contenido proteico del chocho se debe a su carácter leguminoso, que le confiere una alta capacidad de fijación de nitrógeno. Estudios realizados por **Castillo & Olivos (2018)**; **Pantoja-Tirado, Prieto-Rosales, & Aguirre (2020)** y **Cárdenas & Gil (2023)** en harinas de chocho convencional reportan porcentajes de 49.47%, 49.04% y 49.01%, respectivamente, valores similares a los obtenidos en este estudio. Por otro lado, **Apunte & León (2012)** en su investigación descubrieron que el porcentaje de proteínas presentes en la harina de chocho es de 44.40%, significativamente inferior al contenido encontrado en nuestra harina, obtenida de un cultivo con una madurez fisiológica menor. **Williams & Harrison (1983)** mencionan que las características fisicoquímicas de las semillas tiernas son ligeramente superiores y presentan un menor contenido de alcaloides. Además, **Aylas (2017)** indica que el contenido de proteínas varía según el origen geográfico de los granos de chocho, el estado de madurez, la época de siembra y el proceso de obtención de la harina.

El contenido de materia grasa en la harina de chocho tierno fue del 19.4%, siendo el segundo componente más abundante después de la proteína, como se detalla en la **Tabla 11**. El valor obtenido, es mayor al establecido por la **NTE INEN 616 (2015)**, siendo el porcentaje máximo de materia grasa de 2%. Investigaciones llevadas a cabo por **Gutiérrez (2022)**, **Quispe (2022)** y **Ponce Pinos (2018)** han reportado valores similares, con 22.86%, 20.1% y 25.47%, respectivamente, en harina de chocho convencional. **Gross et al. (1988)** menciona que el ciclo de maduración de las semillas de chocho influye en la composición de sus componentes, observándose un aumento en el contenido de grasa a medida que las semillas maduran. Además, **Carvajal-Larenas et al. (2016)** señalan que las plantas con un periodo vegetativo más largo tienen más tiempo para convertir los carbohidratos en lípidos. Por otro lado, **Villacrés, Navarrete, Lucero, Espín, & Peralta** (2010) destacan que el chocho exhibe un alto contenido de materia grasa debido a su abundancia en ácidos grasos insaturados. **Jacobsen & Mujica (2006)**; indican que, los ácidos grasos predominantes en el chocho son el oleico (40.4%), linoleico (37.1%) y linolénico (2.9%), todos ellos beneficiosos para la salud.

En cuanto al contenido total de fibra, la harina derivada de chocho tierno presenta un promedio de 16.2%, como se detalla en la **Tabla 11**. Este valor se asemeja a los reportados por **Gutiérrez (2022)** con

un 15.68% y **Bracamonte (2023)** con un 15.6% para harinas de chocho convencional. Por otro lado, **Sadva (2019)** encontró valores de fibra significativamente más altos, alcanzando un 73.41%, lo cual podría atribuirse a los parámetros utilizados durante el proceso de desamargado (cocción y lavado) y a la presencia de la cáscara del chocho en su procesamiento **(Carvajal-Larenas et al., 2016)**. De acuerdo con **Malekipoor, Johnson, & Bhattarai (2022)**, la cáscara del chocho representa aproximadamente el 25% del peso de la semilla y está compuesta principalmente por polisacáridos estructurales no amiláceos, clasificados como fibras dietéticas insolubles. La cáscara del chocho es rica en compuestos como celulosa, hemicelulosa y lignina **(Leidi, et al., 2018)**.

Tabla 11

Resultados de los análisis nutricionales de la harina de chocho tierno

Análisis	Resultado %
Proteína	50.8
Grasa	19.4
Fibra dietética	16.2

3.1.1.3. Análisis microbiológicos de la harina de chocho tierno

El recuento de mohos y levaduras sirve como indicador de la calidad microbiológica y la seguridad de alimentaria, dado que estos organismos pueden alterar las características físicas y químicas de los alimentos, ocasionado su deterioro y posibles riesgos para la salud de los consumidores **(Freire, 2021)**. En la **Tabla 12** se presentan los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de chocho tierno, evidenciando una baja carga microbiana en comparación con los valores de referencia establecidos por la norma ecuatoriana **(NTE INEN 616, 2015)**. Según, **Gira (2022)**, la ausencia de microorganismos en las harinas se atribuye principalmente a las condiciones de almacenamiento, incluyendo la temperatura, la humedad relativa y el contenido de humedad en la harina.

Tabla 12

Resultados de los análisis microbiológicos de la harina de chocho tierno

Análisis	Resultado	Máximo	Métodos utilizados
Mohos (UPM/g)	10 (e)	1.0×10^4	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed.22, 2023
Levaduras (UPL/g)	50 (e)	1.0×10^4	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed.22, 2023

Nota: UPM: Unidades Formadoras de Colonias; UPL: Unidades Propagadoras de Levaduras. El resultado marcado con (e) es valor estimado de contaje, en la dilución más baja.

3.1.2. Galleta a partir de la sustitución parcial del trigo y la incorporación de harina de chocho tierno y almidón de achira

En la Figura 11 se presenta la galleta obtenida a partir de la formulación de harina de chocho tierno y almidón de achira.



Figura 11. Galletas obtenidas. A: Tratamiento 1 (50 % harina de trigo), B: Tratamiento 2 (10% harina de trigo, 30% de harina de chocho tierno y 10 de almidón de achira), C: Tratamiento 3 (20% harina de trigo, 20% de harina de chocho tierno y 10 de almidón de achira), D: Tratamiento 4 (10% harina de trigo, 30% de harina de chocho tierno y 10 de almidón de achira).

3.1.3. Análisis sensorial

3.1.3.1. Determinación de la mejor formulación de galleta por análisis sensorial

Los atributos de color, olor, sabor y textura, de acuerdo con **Malekipoor, Johnson & Bhattarai (2022)**, son factores fundamentales en la aceptabilidad general de un producto debido a su impacto directo en la percepción sensorial y la satisfacción del consumidor. En la **Figura 12** se observa el índice de aceptabilidad de los distintos tratamientos de galleta. El tratamiento con mayor porcentaje de aceptabilidad fue el T4 (30% de almidón de achira - 10% de harina de chocho tierno), con un 95%, destacándose el sabor y el color como los atributos más preferidos por los catadores. En cuanto, al tratamiento T3 (20% de almidón de achira - 20% de harina de chocho tierno) alcanzó un 90% de aceptabilidad, siendo el segundo porcentaje más alto. El tratamiento T1 (muestra control) obtuvo un 85% de aceptabilidad, situándose en tercer lugar. Finalmente, el tratamiento T2 (10% de almidón de achira - 30% de harina de chocho tierno) presentó el porcentaje más bajo de aceptabilidad con un 40%. Los altos porcentajes de aceptabilidad en los tratamientos T4, T3 y T1 se atribuyen a sus destacadas características organolépticas, ubicándose estos dentro del nivel de aceptabilidad >80%. **Kohajdova, Karovičová, & Štefan (2011)** indican que la adicción de hasta un 10% de harina de chocho en el uso de productos de panadería y pastelería proporciona atributos de olor y sabor neutros, y una textura suave, lo cual minimiza la reducción de su aceptabilidad. Por su parte, **Hugo (2014)** en su estudio señala que la incorporación del 30, 40 y 50% de almidón de achira en productos de repostería proporcionan las mejores características de color, aroma, sabor, apariencia y textura. Por lo tanto, la sustitución parcial

de la harina de trigo por harina y almidón no convencionales constituyen una opción viable para el desarrollo de nuevos productos.

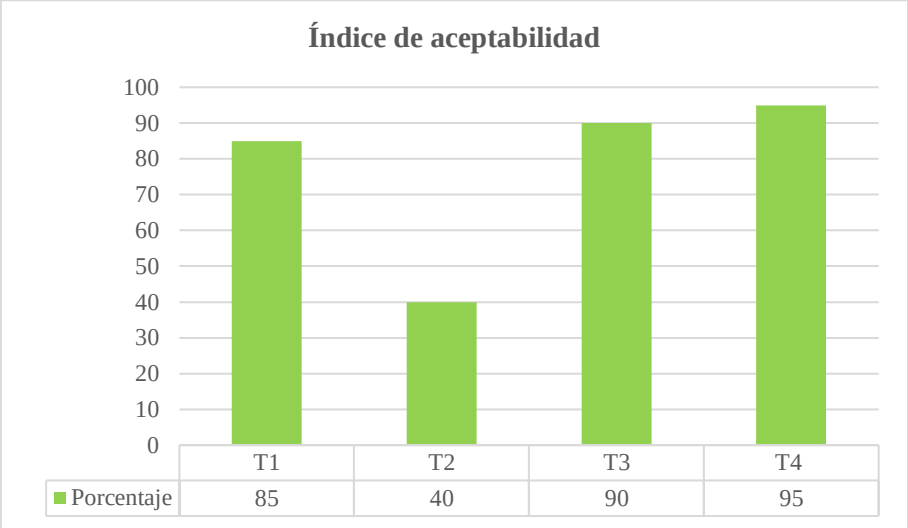


Figura 12. Índice de aceptabilidad de las galletas de chocho tierno y almidón de achira.

3.1.3.2. Apreciación de los atributos

A. Sabor

El sabor, junto con la textura, el olor y el color, son una de características más importante para determinar la aceptabilidad de las galletas **(Zucco, Borsuk, & Arntfield, 2011)**. En la **Figura 13** se muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial para el atributo sabor. El tratamiento de mayor aceptación fue el T4 (30% de almidón de achira - 10% de harina de chocho tierno), con una ponderación de 4.2, que en la escala hedónica significa "me gusta", mostrando así una potencial aceptación del producto. Comparándolo con el tratamiento T1 (muestra control), que obtuvo un valor de 4.15, también interpretado como "me gusta", se aprecia un sabor dulce, sin rancidez, lo que le otorga una característica agradable. Según lo citado por **Kohajdova, Karovičová, & Štefan (2011)**, la incorporación de hasta un 10% de harina de chocho en alimentos proporcionan sabores neutros, minimizando la reducción de su aceptabilidad. No obstante, **Villarino, Jayasena, Coorey, Chakrabarti-Bell, & Johnson (2016)** mencionan en su estudio que una sustitución superior al 10% de la harina de chocho tiene algunas limitaciones como ingrediente enriquecedor en los alimentos debido su ligero sabor a frijol. Por otro lado, el tratamiento T2 y el T3 obtuvieron puntuaciones de 3.05 y 4.1, respectivamente, que se interpretan como "me es indiferente" y "me gusta" en la escala hedónica.

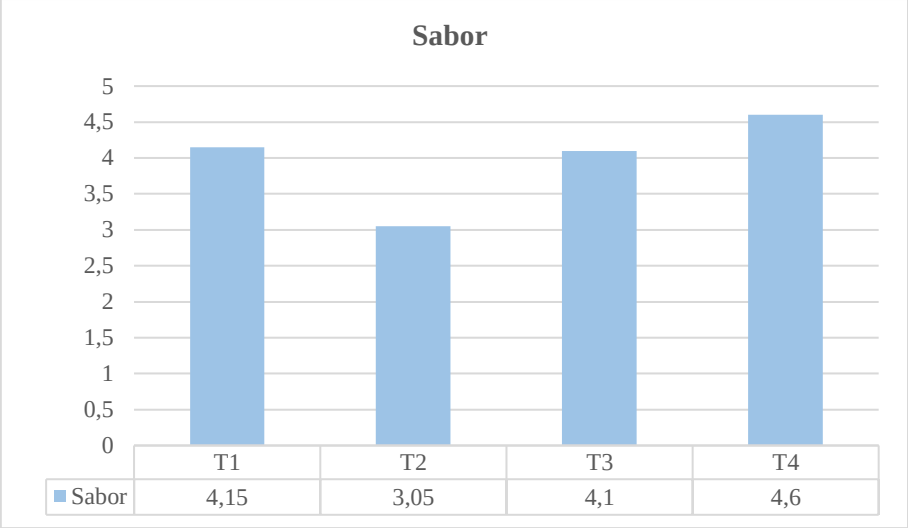


Figura 13. Análisis estadístico obtenido del sabor de las galletas.

B. Color

En la **Figura 14** se muestran los resultados del color de los tratamientos estudiados. En cuanto, al T2 presentó el menor grado de aceptabilidad con una ponderación de 2.15, que en la escala hedónica se traduce como “me gusta poco”, esto puede deberse a la tonalidad más oscura que adquirió a comparación con los demás tratamientos. Según **Plustea, et al (2022)**, la coloración intensa de la corteza de la galleta se genera principalmente durante el proceso de horneado, a partir de la reacción de Maillard que se produce entre los azúcares reductores y las proteínas, ocasionando pigmentos marrones que oscurecen el producto. El T3 mostró un valor de aceptabilidad de 3.35, lo cual corresponde a un "me es indiferente" en la escala hedónica, destacando así que las galletas tienen un color agradable. Sin embargo, el T4 tuvo un valor de 4.55 interpretándose como "me gusta", aunque tiende más al "me gusta mucho", en contraste, el T1 (muestra control) alcanzó un valor de 4.35, lo que indica un nivel de "me gusta". Este resultado sugiere que el atributo de color fue del agrado de los catadores, ya que las galletas no se habían horneado en exceso y tanto la reacción de Maillard como la caramelización no se habían producido hasta el punto de influir negativamente en la formación del color **(Chung, Cho, & Lim, 2014)**. Además, el color verde lima, dado por los pigmentos o colorantes naturales presentes en la harina de chocho tierno, fue bien apreciado por los catadores.

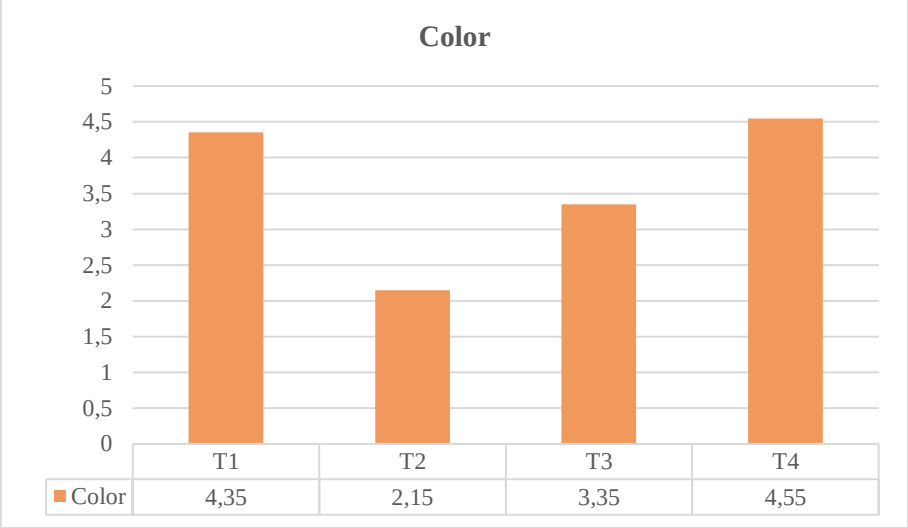


Figura 14. Análisis estadístico obtenido del color de las galletas.

C. Olor

En la **Figura 15** se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial para el atributo olor. Los tratamientos T2 y T3 obtuvieron los resultados más bajos de aceptabilidad, con puntaciones de 3.2 y 3.45, respectivamente. Estos valores se traducen como "me es indiferente" en la escala hedónica, aunque el T3 tiende hacia "me gusta", lo que sugiere que las galletas tienen un olor agradable, con un leve aroma a la harina de chocho tierno. Por otro lado, el tratamiento T4 obtuvo una ponderación de 4.2, igual a la de T2, interpretándose como "me gusta" en la escala hedónica. Por lo tanto, es posible sugerir que el aspecto olor de las galletas elaboradas con 30% de almidón de achira y 10% de harina de chocho tierno es similar al de la muestra control con 50% de harina de trigo.

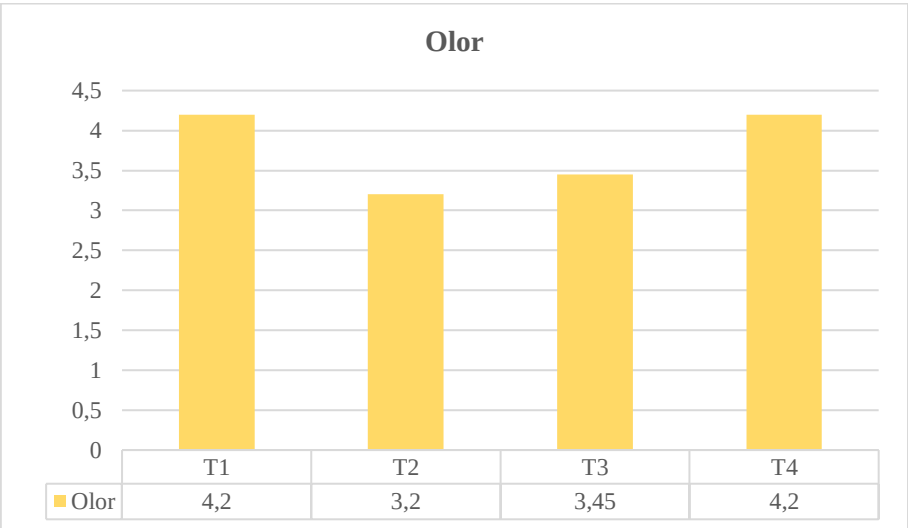


Figura 15. Análisis estadístico obtenido del olor de las galletas.

D. Textura

La propiedad textural es uno de los principales factores que contribuyen a la calidad comestible de las galletas **(Chung, Cho, & Lim, 2014).** Cuando se estima sensorialmente, la dureza es la fuerza necesaria para morder la galleta. En la **Figura 16** se muestran los resultados de la textura de los tratamientos estudiados. De acuerdo con los resultados obtenidos, los mayores niveles de aceptabilidad se encontraron en el T1 (muestra control) y en el T4 (10% de harina de chocho tierno - 30% almidón de achira) con una puntuación de 4.2, ambos ubicados en el nivel "me gusta" de la escala hedónica, lo que sugiere que las galletas tienen una textura buena. Según **Kohajdova, Karovičová, & Štefan (2011)**, la adición de hasta un 10% de harina de chocho mejora la capacidad de retención de agua, la textura y vida útil de productos de repostería sin efectos perjudiciales sobre su calidad. En cuanto, al tratamiento T3 obtuvo un valor de 3.7, lo que en la escala hedónica significa "me es indiferente", aunque tiende más al "me gusta". Por otro lado, el tratamiento T2 recibió la menor puntuación de 3.4, interpretándose como "me es indiferente". Este resultado puede significar que el atributo de textura fue del agrado para los catadores.

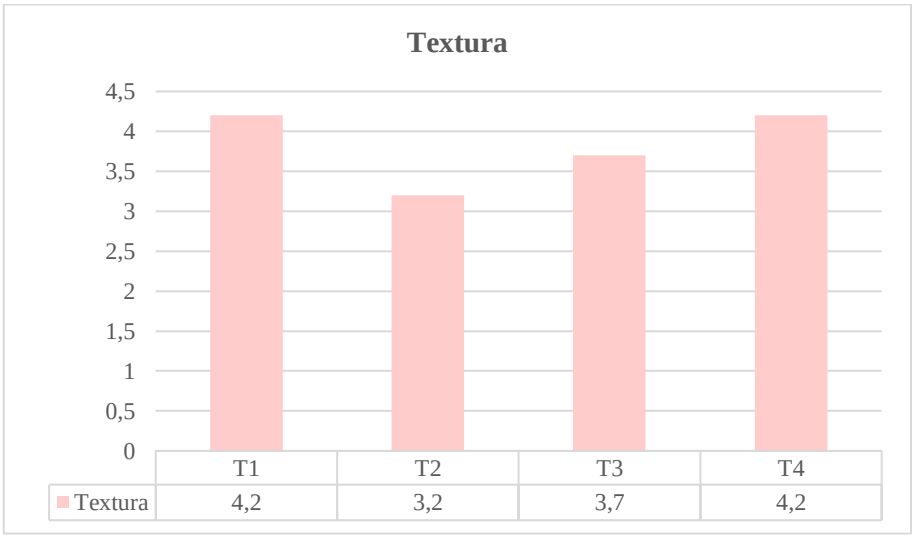


Figura 16. Análisis estadístico obtenido de la textura de las galletas.

3.1.4. Análisis de la galleta de harina de chocho tierno y almidón de achira de la mejor formulación

3.1.4.1. Análisis bromatológicos

El contenido de humedad en la elaboración de galletas es un parámetro importante de calidad a considerar, dado que una variabilidad considerable puede ocasionar problemas relacionados con la dureza, textura y vida útil del producto **(Chung, Cho, & Lim, 2014)**. La humedad obtenida del mejor tratamiento (T4) fue del 9.06%, como aprecia en la **Tabla 13**, valor que se encuentra dentro de los

límites establecidos para galletas (%H <10%) según la normativa **(NTE INEN 2085, 2005).** Este valor supera los reportados por **Chiriguaya (2020)** con 3.45% en galletas de harina de trigo con chocho y cañihua, y a los encontrados por **Cabrera-Mera et al. (2023)** con una 3.88% en galletas de harina de trigo y chocho. Según **Castillo & Olivos (2018)**, la inclusión de harina de chocho en la elaboración de galletas aumenta el contenido de humedad, debido a que la harina de chocho tiene una humedad de 8.95 %. Lo mismo sucede con el almidón de achira, que posee una humedad promedio de 16.59% **(de León et al., 2023)**. Por otro lado, **Llumipinga (2022)** indica que la incorporación de harinas y almidones no convencionales en productos de panificación y pastelería provocan un incremento del contenido de humedad, ya que componentes como proteínas, almidón y fibra pueden contribuir a la retención de humedad durante el horneado y a evitar el deterioro prematuro del producto. Asimismo, **Bojana et al. (2014)** señalan que las condiciones de horneado tienen un impacto directo en el contenido de humedad de las galletas y están estrechamente relacionados con la pérdida de peso durante el proceso de horneado.

En la **Tabla 13** se muestra el contenido de pH del mejor tratamiento (T4) de galleta, con un valor de 7.42, cumpliendo con los parámetros establecidos por la normativa **NTE INEN 2085 (2005)**, lo que indica que no hubo ninguna modificación durante su procesamiento. **Ogunjobi & Ogunwolu (2010)** menciona que el valor del pH es uno de los parámetros esenciales que pueden afectar el sabor de las galletas. En la investigación realizada por **Chiriguaya (2020)**, se reporta un pH de 6.43 en el desarrollo de una galleta utilizando un 10% de harina de cañihua y 30% de harina de chocho. Asimismo, **Erazo & Terán (2008)** registraron un pH similar de 6.52 para una galleta en la que se incluyeron harinas de quinua y chocho, valores de pH apropiados para inhibir la proliferación de mohos y levaduras.

La cantidad de proteínas presente en la galleta del mejor tratamiento (T4) registró un valor de 9.18%, como se detalla en la **Tabla 13**, superando el valor mínimo requerido del 3% establecido por la normativa **(NTE INEN 2085, 2005)**. Este incremento se atribuye al elevado contenido proteico presente en la harina de chocho tierno. Según lo citado por **Llumipinga (2022)** la incorporación de harinas no convencionales en productos de panificación y pastelería puede aumentar el valor nutricional, si se logra el porcentaje óptimo de sustitución. **Chiriguaya (2020)** en su estudio obtuvo un contenido proteico de 16.23 % al incorporar harinas de chocho convencional y cañihua en la formulación de galletas. Por otro lado, **Liendo & Silva (2015)** reportaron valores cercanos de proteína a nuestra galleta que variaron entre 10.02%, 9.70% y 9.45% debido a diferentes formulaciones de harina y almidón en la elaboración de galletas. La disminución del contenido de proteínas en la galleta se debe a la reducción de harina y al consiguiente aumento del almidón en la formulación de la mezcla.

Tabla 13

Resultados de los análisis bromatológicos del mejor tratamiento (T4)

Análisis	Resultado
pH	7.42
Humedad (%)	9.06
Proteína (%)	9.18

3.1.4.2. Análisis microbiológicos

Los resultados del análisis microbiológico de la mejor formulación (T4) de galleta se muestran en la **Tabla 14**, indicando una baja carga microbiológica en comparación con los valores de referencia establecidos en la normativa (NTE INEN 2085, 2005). En cuanto al análisis de mohos y levaduras, los resultados fueron <10 UPM/g y 30e UPL/g, respectivamente. Por otro lado, en lo que respecta al análisis de aerobios mesófilos se obtuvo un valor de $1.5x10^2$ UFC/g. Por lo tanto, la formulación de la galleta analizada indica que su proceso de elaboración se realizó en condiciones sanitarias apropiadas, lo que inhibió el crecimiento microbiano, haciéndola apta para el consumo humano.

Tabla 14

Resultados de los análisis microbiológicos del mejor tratamiento (T4)

Análisis	Resultado	Máximo	Métodos utilizados
Mohos (UPM/g)	<10	2.0×10^2	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed.22, 2023
Levaduras (UPL/g)	30 (e)	1.0×10^4	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed.22, 2023
Aerobios mesófilos (UFC/g)	$1.5x10^2$	1.0×10^4	PE-03-7.2-MB AOAC 997.12. Ed.22, 2023

Nota: UPM: Unidades Propagadoras de Mohos; UPL: Unidades Propagadoras de Levaduras; UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

El resultado marcado con (e) es valor estimado de contaje, en la dilución más baja.

3.1.4.3.Análisis de textura con Brookfield CT3

El análisis del perfil de textura (TPA) se ha utilizado ampliamente para evaluar las características texturales de los alimentos sólidos, como indican **Nishinari (2020)** y **Suriya, Rajput, Reddy, Haripriya, & Bashir (2017)**, quienes destacan que las propiedades texturales de las galletas son cruciales para su aceptación por parte de los consumidores. **Cheng & Bhat (2016)**, subrayan que la

dureza y fracturabilidad son parámetros clave en estas evaluaciones, siendo la dureza una medida de frescura que refleja la fuerza necesaria para romper la galleta, simulando la primera mordida. Por otro lado, la fracturabilidad indica la distancia a la cual la galleta se factura o rompe **(Odry & Elba, 2021)**.

En este estudio, el tratamiento (T4) fue la galleta más preferida por los catadores, mostrando una dureza y fracturabilidad de 4.22 N según la **Tabla 15**. Este resultado se compara con **Odry & Elba (2021)**, quienes encontraron que la adición de harina de *Phaseolus vulgaris* o *Cajanus cajan* aumentó la dureza de las galletas, aunque con valores más bajos de fracturabilidad. **Soler et al, 2017** un aumento en la dureza al sustituir hasta un 30% de harina de trigo por harina de frijol, mientras que la fracturabilidad fue mayor con una formulación que contenía un 10% de harina de frijol.

De acuerdo con **Bojana et al. (2014)** y **Sarmiento (2017)** la dureza y la fracturabilidad de las galletas están fuertemente correlacionadas con el contenido de humedad, la actividad de agua (aw), el tiempo y la temperatura de horneo, los ingredientes utilizados y el espesor del producto. Las proteínas, siendo polímeros fundamentales, ejercen una significativa influencia en los atributos de textura y el perfil nutricional de las galletas **Xu, Zhang, Wang, & Li (2020)**, han reportado que su adición mejora la dureza de las mismas. Además, **Hoseney & Rogers (1994)** y **Cheng & Bhat (2016)**, sostienen que la dureza de las de las galletas está relacionada con la interacción entre las proteínas y el almidón a través de enlaces de hidrógeno, lo cual podría explicar la mejora en la firmeza de la textura debido a su influencia durante el desarrollo de la masa.

Szczesniak & Friedman (1963) indican que alimentos con alta dureza y baja cohesividad, como las galletas sustituidas, requieren menos fuerza para fracturarlos. **Pyler (1988)** clasifica los ingredientes según su función en la elaboración de galletas, donde la grasa actúa como ablandador, la harina como endurecedor, y las proteínas del huevo contribuyen a la estructura celular estable. Además, **Engleson & Atwell (2008)** destacan que la textura de las galletas depende principalmente del contenido de azúcar y grasa, dado que a menor cantidad de grasa resulta en mayor dureza y fracturabilidad.

Tabla 15

Resultados obtenidos de textura del mejor tratamiento (T4)

Técnica	Método utilizado	Resultados
	Textura comprensión	N
Ciclo 1 Dureza	Texturómetro BROOKFIELD	4.22
Fracturabilidad		4.22

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La obtención y caracterización funcional de la harina de chocho tierno mediante parámetros fisicoquímicos han mostrado valores comparables a los de la harina de chocho seco en términos de contenido de proteínas, fibra y grasa. Estos resultados indican que la harina de chocho tierno es adecuada para la formulación de nuevos productos, lo cual representa un avance significativo respecto al uso tradicional del grano de chocho seco.

- Se ha logrado identificar la formulación óptima para desarrollar una galleta que sustituya parcialmente la harina de trigo por harina de chocho tierno y almidón de achira, mediante un análisis sensorial detallado. Entre las diversas formulaciones evaluadas, el tratamiento T4 (10% de harina de chocho tierno y 30% de almidón de achira) ha exhibido la mayor aceptabilidad entre los catadores, alcanzando un índice de aprobación del 95%. Este tratamiento se destacó por su excelente sabor, color, textura y aceptación general.

- El análisis bromatológico indicó que el tratamiento T4, que fue el más aceptado, mostró un notable incremento en el contenido de proteínas en comparación con las galletas convencionales, mejorando así sus propiedades nutricionales. Los resultados de humedad y pH indicaron que es factible desarrollar una galleta parcialmente sustituida con harina de chocho tierno y almidón de achira con un bajo riesgo microbiológico. Además, el análisis del perfil de textura (TPA) reveló un aumento en la dureza y fracturabilidad de la galleta, lo que sugiere que la sustitución de ingredientes como la harina de chocho tierno puede modificar estas características debido a su alto contenido proteico.

4.2. Recomendaciones

- Para futuras investigaciones, se recomienda considerar la harina de chocho tierno como una alternativa viable para el desarrollo de nuevos productos alimenticios, dado su alto valor nutricional comparable al de la harina de chocho seco. Además, esta opción ofrece ventajas significativas en su procesamiento debido a su bajo contenido de alcaloides, lo que simplifica el proceso de desamargado en comparación con la harina de chocho seco.

- Se recomienda explorar nuevas formulaciones de galletas que incrementen la proporción de sustitución de harina de chocho tierno y almidón de achira, con el propósito de evaluar su impacto en las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas del producto final.

- Con el fin de ampliar la investigación, se sugiere incorporar análisis específicos centrados en la composición proximal de la galleta, abordando aspectos como el contenido de fibra, carbohidratos, cenizas, grasa, entre otros parámetros relevantes.

MATERIALES DE REFERENCIA

Abrigo, P. (2017). El procesamiento de los cultivos autóctonos como alternativa microempresarial. *NNOVA Research Journal, 2*(4), 88-111. https://doi.org/10.33890/innova.v2.n4.2017.156

Aguagallo, M. (2023). *Elaboracion de galletas con harina de chocho y quinua, edulzadas con miel de abeja.* [Tesis de grado], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/18794

Ahmed, H., Satheesh, N., y Dibaba, K. (2018). Functional, physical and sensory properties of cookies prepared from okara, red teff and wheat flours. *Croatian journal of food science and technology, 10*(1), 23-32. https://hrcak.srce.hr/file/295302

Allauca, V. (2005). *Desarrollo de la tecnología de elaboración de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) germinado fresco para aumentar el valor nutritivo del grano.* [Tesis previa para la obtención del título de Doctora en Bioquímica y Farmacia], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Riobamba.

AOAC 2001.11 Ed.22. (2019). *Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds.*

AOAC 2003.06 Ed.22. (2023). *Determinación de grasa: Gravimetría.*

AOAC 985.29 Ed.22. (2019). *Total dietary fiber in foods enzymatic-gravimetric method.*

AOAC 990.12 Ed.22. (2023). *Aerobic plate count in foods. Dry rehydr.*

AOAC 997.02 Ed.22. (2019). *Yeast and mold count in foods.*

Apunte, G., y León, G. (2012). *Utilización de harina de chocho (Lupinus Mutabilis) como ingrediente en la elaboración de pan.* [Tesis de Titulación], Escuela Superior Politécnica del Litorial, Guayaquil. https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/d71f88a8-17fc-4ddd-81d3-7b072a997b2b/D-79714.pdf

Aylas, R. (2017). *Desarrollo de una mezcla alimenticia en polvo de balanceado valor proteico y libre de gluten, a base de harinas extruidas de cereales, pseudocereales y leguminosas.* [Tesis de Maestría], Universidad de Chile, Chile. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/138454

Baldeón, P. (2012). *Procesamiento del Chocho (Lupinus mutabilis Sweet) para la obtencion de leche y yogurt como alimentos alternativos de consumo humano.* [Tesis de Pregrado], Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

Balfourier, F., Bouchet, S., Robert, S., De Oliveira, R., Rimbert, H., Kitt, J., . . . Paux, E. (2019). Worldwide phylogeography and history of wheat genetic diversity. *Science advances, 5*(5), eaav0536. https://doi.org/10.1126/sciadv.aav0536

Basantes. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador.* Pichincha: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf

Basantes, F., Aragón, P., y Albuja, M. (2022). *Cultivos Andinos de importancia agro productiva y comercial en la Zona 1 del Ecuador.* Ibarra: Editorial UTN.

Bilge, G., Sezer, B., Eseller, K. E., Berberoglu, H., Koksel, H., & Boyaci, I. H. (2016). Ash analysis of flour sample by using laser-induced breakdown spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 124*, 74-78. https://doi.org/10.1016/j.sab.2016.08.023

Bohórquez, Y., Bonilla, M., Pérez, I., Quintero, S., & Vargas, J. (2017). Caracterización y potencial uso de la raíz achira (*Canna Edulis* Ker). *Vía Innova, 4*(1), 89-97. https://doi.org/10.23850/2422068X.1184

Bojana, M. Š., Nataša, M. N., Olivera, D. Š., Mladenka, V. P., Jovana, J. K., Anamarija, I. M., . . . Aleksandra, Ĉ. M. (2014). The influence of baking time and temperature on characteristics of gluten free cookies enriched with blueberry pomace. *Food and Feed Research, 41*(1), 39-46. https://www.researchgate.net/publication/276431041_The_influence_of_baking_time_and_temperature_on_characteristics_of_gluten_free_cookies_enriched_with_blueberry_pomace/fulltext/55f7352608ae07629dc23a79/The-influence-of-baking-time-and-temperature-on-char

Bracamonte, Á. (2023). *Caracterización fisicoquímica y reológica de galletas sustituidas parcialmente por harinas de tarwi (Lupinus mutabilis) y harina de kañiwa (Chenopodium pallidicaule).* [Tesis de título profesional], Universidad Nacional Agraria, Lima. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5908/bracamonte-herrera-alvaro-josue.pdf?sequence=2&isAllowed=y

BROOKFIELD AMATEK. (2019). *CT3 TEXTURE ANALYZER Operating Instructions.* https://www.brookfieldengineering.com

Bustillos, K. (2022). *Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (Triticum aestivum) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda.* [Tesis de Titulación], Universidad Técnica de Ambato, Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36531/1/CAL%20011.pdf

Cabrera, V., Benavides, J., Cortez, A., Aldas, J., y Revilla, K. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticun aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de

galletas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 10*(2), 23-33. https://doi.org/10.23850/24220582.5736

Cabrera-Mera, J. V., Benavides-Panchana, J. I., Cortez-Espinoza, A. C., Aldas-Morejon, J., & Revilla-Escobar, K. Y. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticun aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 10*(2), 23-32. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9063224

Caicedo, G. (2014). El cultivo de achira: Alternativa de producción para el pequeño productor. In *Raíces andinas. Contribución al conocimiento y a la capacitación. Achira (Canna edulis)* (pp. 149-156). Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

Caicedo, S. (18 de Junio de 2021). Webinar sobre el cultivo, procesamiento y preparaciones con el LUPINO [video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=72rKldT1a7g&t=2850s

Caiza, E. (10 de Mayo de 2019). Diferentes postres gourmet con ingredientes andinos. *El Comercio*. https://www.elcomercio.com/tendencias/diferentes-postres-gourmet-ingredientes-andinos.html

Çakir, Ö., Uçarli, C., Tarhan, Ç., Pekmez, M., y Turgut-Kara, N. (2019). Nutritional and health benefits of legumes and their distinctive genomic properties. *Food Science and Technology (Brazil), 39*(1), 1-12. https://doi.org/10.1590/fst.42117

Carbajal, Á. (2018). Manual de nutrición y dietética. *Facultad de Farmacia.* Universidad Complutense de Madrid, Madrid. https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/

Cardenas, L. E., y Gil, E. E. (2023). *Características químicas, termodinámicas, comportamiento de flujo y desarrollo de productos con adición de harina de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet).* [Tesis de título profesional], Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/51e4d69a-6591-490e-bdc4-fff485ac3f7b/content

Carhuallanqui, S., Ccora, A. M., Vilcapoma, L., & Casas, J. P. (2022). Caracterización del tarwi (*Lupinus mutabilis*) y diseño de un prototipo de desamargador para la reducción de alcaloides. *Journal Agri-Food Science, 3*(1), 53-60. https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/jafs/article/view/1441

Carrillo, J. (2014). *Determinación de los requerimientos de riego del cultivo de Achira (Canna edulis, Ker Gawier; Canna indica, L) y sus estadios fenológicos, con riego por asperción, en el sector Cabrería - Chumberos, perteneciente al sistema de riego Palmira.* [Tesis de Maestría], Universidad de Loja, Loja.

Cartay, R. (26 de Febreo de 2020). *Achira (Canna indica) sagú, bijao o capacho: alimento y medicina*. Del Amazonas: https://delamazonas.com/plantas-medicinales/achira/?fbclid=IwAR3L1k5yPbnVjKfgyFb-KahK7VseHRQdRD0Y9b5nQ5TDh355WjaeuswVpXE

Carvajal-Larenas, F. E., Nout, M. .., van Boekel, M. A., Koziol, M., & Linnemann, A. R. (2016). Modelling of the aqueous debittering process of *Lupinus mutabilis* Sweet. *LWT - Food Science and Technology, 53*(2), 507-516. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.017

Carvajal-Larenas, F. E., Nout, M. J., van Boekel, M. A., Koziol, M., & Linnemann, A. R. (2013). Modelling of the aqueous debittering process of Lupinus mutabilis Sweet. *LWT - Food Science and Technology, 53*(2), 507-516. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.017

Castillo, L. (6 de Julio de 2016). La achira es parte de la cultura ancestral del cantón Girón. *El Comercio*. La achira es parte de la cultura ancestral del cantón Girón: https://www.elcomercio.com/tendencias/achira-tuberculo-festival-gastronomia-azuay.html

Castillo, R., y Olivos, A. (2018). *Formulación de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (triticum durum) por harina de tarwi (lupinos mutabilis) y harina de loche (curcuvita moschata).* [Tesis de Titulación], [Tesis de titulación], Pimentel. https://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/7289

Celi, A. (2022). *La producción de chocho en el Ecuador y su contribución a la soberanía alimentaria.* [Tesis de Pregrado], Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil.

Cheng, Y. F., y Bhat, R. (2016). Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour. *Food Bioscience, 14*, 54-61. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.03.002

Chicaiza, J. (2019). *Evaluacion del comportamiento en cosecha y poscosecha de 2 ecotipos de chochos (lupinus mutabilis), nativo y peruano a diferentes índices en grano tierno, en la provincia de Cotopaxi, periodo 2019-2020.* [Tesis de pregrado], Universidad Tecnica de Cotopaxi, Latacunga.

Chiriguaya, A. (2020). *Producción de una galleta incorporando en su formulación harinas obtenidas de chocho (Lupinus mutabilis) y cañihua (Chenopodium pallidicaule).* [Tesis de titulación], Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CHIRIGUAYA SALAVARRIA ANTHONY MOISES.pdf

Chung, H.-J., Cho, A., y Lim, S.-T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology, 57*(1), 260-266. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.018

CIEN. (1 de Diciembre de 2022). *Panorama Internacional y Nacional de galletas.* Retrieved Marzo de 15 de 2024, from Centro de investigación de economía y negocios globales.

Clicodigital. (16 de Abril de 2023). *A history of cookies*. Retrieved 25 de Enero de 2024, from MrWaffle: https://mrwaffle.be/a-history-of-cookie

Córdova, J. (2020). *Componentes de valor funcional y proteico antes y después de la extrusión y secado en Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) desamargado.* [Tesis de Doctorado], Universidad Nacional Agraria, Lima. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4468

Córdova-Ramos, J., Glorio-Paulet, P., Hidalgo, A., & Camarena, F. (2020). Efecto del proceso tecnológico sobre la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales del lupino (*Lupinus*) andino. *Scientia Agropecuaria, 11*(2), 157-165. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.02

Cortés-Avendaño, P., Tarvainen, M., Soumela, J., Glorio-Paulet, P., Yang, B., & Carrasco, R. (2020). Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of *Lupinus mutabilis* Sweet after Aqueous Debittering Process. *Plant Foods Hum Nutr, 75*, 184-191. https://doi.org/10.1007/s11130-020-00799-y

Czaja, T., Sobota, A., & Szostak, R. (2022). Quantification of Ash and Moisture in Wheat Flour by Raman Spectroscopy. *Foods, 9*, 280. https://doi.org/10.3390/foods9030280

Data Bridge. (2022). *Global Biscuits Market – Industry Trends and Forecast to 2029*. Food & Beverage: https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-biscuits-market

DATASET. (10 de Marzo de 2021). *Nutritional value of whole grains*. Retrieved 27 de Mayo de 2024, from European Commission: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion-knowledge-gateway/whole-grain-nutritional-value-whole-2_en

de León, C. M., Noriega-Verdugo, D., Villavicencio-Yanos, C., Fierro-Valverde, L., & Echavarria-Velez, A. P. (2023). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de achira (*Canna edulis* ker). *FACSALUD-UNEMI, 7*(12), 44-51. https://doi.org/FACSALUD-UNEM

Del Salto, J. (2019). *El chocho: Patrimonio alimentario ecuatoriano y la universalidad de uso.* [Tesis de Pregrado], Universiad Técnica de Ambato, Ambato.

Dubcovsky, J., y Dvorak, J. (2007). Genome plasticity a key factor in the success of polyploid wheat under domestication. *Science, 316*(5833), 1862-1866. https://doi.org/10.1126/science.1143986

Egan, H., Kirk, R. S., y Sawyer, R. (1981). *Analisis químico de alimentos de Pearson.* Editorial CECSA México.

Engleson, J., y Atwell, B. (2008). Gluten-free product development. *Cereal Foods World, 53*(4), 180-184. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20083193126

Erazo, J., y Terán, L. (2008). *Elaboración de Galletas Integrales enriquecidas con quinua (Chenopodium quinoa L.) y chocho (Lupinus mutabilis Sweet) edulcoradas con panela.* [Tesis de grado], Universidad Técnica del Norte, Ibarra. https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/328/1/03%20AGI%20221%20TESIS.pdf

ESPAC. (2022). *Información productiva territorial*. Retrieved 26 de Mayo de 2024, from Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC): https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Estrada Rivera, K. D. (2012). *Lupinus mutabilis in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance.* [Tesis de Doctorado], Universidad de Wageningen, Wageningen.

Estrada Rivera, K. D. (2020). *Producción y obtención de almidón de achira Canna edulis con fines comerciales en el municipio de Algeciras Huila.* [Tesis de pregrado], Universidad de la Salle, Yopal. https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/195/?utm_source=ciencia.lasalle.edu.co%2Fingenieria_agronomica%2F195&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Fernández, R. d. (2018). *Características reológicas, nutricionales y sensoriales de panes elaborados a partir de granos de chocho (Lupinus mutabilis) fermentados como masas madres Tipo II.* [Tesis de grado], Universidad del Azuay, Cuenca. https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8000/1/13724.pdf

Freire, D. (2021). Estudio de coliformes totales, mohos y levaduras en panaderías de la ciudad Ambato. *Revista Universidad y Sociedad, 13*(3), 477-483. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000300477

Garg, M., Sharma, A., Vats, S., Tiwari, A., Mishra, V., & Krishania, M. (2021). Vitamins in Cereals: A Critical Review of Content, Health Effects, Processing Losses, Bioaccessibility, Fortification, and Biofortification Strategies for Their Improvement. *Frontiers in Nutrition, 8*, 586815. https://doi.org/10.3389/fnut.2021.586815

GBIF Secretariat. (2023). Canna edulis Ker Gawl. *GBIF Backbone Taxonomy*. https://doi.org/10.15468/39omei

Gidley, M. J., Hanashiro, I., Hani, N. M., Hill, S. E., Huber, A., Jane, J.-L., . . . Gilbert, R. G. (2010). Reliable measurements of the size distributions of starch molecules in solution: Current dilemmas and recommendations. *Carbohydrate Polymers, 79*(2), 255-261. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.07.056

Gira, P. C. (2022). Elaboración experimental de harina de tarwi (Lupinus Mutabilis) como complemento alimenticio para consumo humano periodo 2000-2019. *Ventana Científica Estudiantil, 3*(4), 1-16. https://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ventana-cientifica-estudiantil/article/view/1301/1308

Gómez, A., y Soto, J. (2019). Obtención y caracterización de harina de arroz para uso en productos de pastelería sin glúten. *Revista Competitividad e Innovación, 1*(1), 41-45.

González, D. (2020). *Sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum spp) por la corteza de cacao (Theobroma cacao) en la elaboración de galletas aplicando el método de Polish.* [Tesis de Titulación], Universidad Agraria del Ecuador, Milagro. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GONZALEZ%20GARCIA%20DAYANA%20GISELLA.pdf

Gresta, F., Wink, M., Prins, U., Abberton, M., Capraro, J., Scarafoni, A., & Hill, G. (2017). Lupins in European cropping systems. In *Legumes in cropping systems* (pp. 88-108). Wallingford, UK: CABI.

Gross, R., Von Baer, E., Koch, F., Marquard, R., Trugo, L., & Wink, M. (1988). Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low-alkaloid content. *Journal of food composition and analysis, 1*(4), 353-361. https://doi.org/10.1016/0889-1575(88)90035-X

Guacho, L., Atehortua, M., Curruchich, W., y Hernández, A. (2023). Consecuencias de la reducción de cultivos andinos: situación nutricional. *INNOVARE, 12*(1), 16-22. https://www.unitec.edu/innovare/published/volume-12/number-1/120104-consecuencias-de-la-reduccion-de-cultivos-andinos-situacion-nutricional-de-tres-comunidades-kichwa-de-ecuador.pdf

Gutiérrez, C. (2022). *Elaboración de pan de molde con sustitución parcial de harina de quinua y tarwi.* [Tesis de título profesional], Universidad Nacional Agraria, Lima. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5393

Hatzold, T., Elmadfa, I., Gross, R., Wink, M., Hartmann, T., & Witte, L. (1983). Quinolizidine alkaloids in seeds of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 31*(5), 934-938. https://doi.org/10.1021/jf00119a003

Hoseney, R. C., y Rogers, D. E. (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. *The science of cookie and cracker production, 1*, 203-225.

Hugo, M. P. (2014). *Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo (triticum aestivum l.) por almidón de achira (canna edulis) En las características calóricas, físico- químicas y organolépticas del cupcake.* [Tesis de grado], Universidad Estatal Amazónica, Puyo. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8277665

Hwang, I., Lee, H.-W., Lee, H., Yang, J.-S., Seo, H., Chung, Y.-J., & Kim, S. (2020). Rapid and Simultaneous Quantification of Five Quinolizidine Alkaloids in *Lupinus angustifolius* L. and Its Processed Foods byUPLC−MS/MS. *ACS Omega, 5*(33), 20825-20830. https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01929

Indexmundi. (2022). Importaciones de Trigo de Ecuador. Ecuador - Importaciones de Trigo: https://www.indexmundi.com/agriculture/?pais=ec&producto=trigo&variable=importaciones&l=es

Jacobsen, E., y Mujica, A. (2006). El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los andes centrales, 28*(1), 458-482. http://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2028.pdf

Jacobsen, S., Mujica, A., y Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología, 13*(36), 14-24. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70503603

Jarrín, M. P. (2003). *Tratamiento del agua de desamargado del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) proveniente de la planta piloto de la estación Santa Catalina INIAP.* [Tesis de Doctorado], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/353

Játiva, M., Bonilla, A., Barrera, A., & Barrera, A. (2019). Determinación de los requerimientos de riego por aspersión en el cultivo de la achira (*Canna edulis*) y la influencia en sus etapas fenológicas. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 4*(8), 908-939. https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.553

Keeler, R. F., Cronin, E. H., & Shupe, J. L. (1976). Lupin alkaloids from teratogenic and nonteratogenic lupins. IV. Concentration of total alkaloids, individual major alkaloids, and the teratogen

anagyrine as a function of plant part and stage of growth and their relationship to crooked calf disease. *Journal of Toxicology Environmental and Health, 1*(6), 899-908.

Khalid, A., Hameed, A., & Tahir, M. F. (2023). Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. *Frontiers in Nutrition, 10*, 1-14. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053196

Khan, M. K., Karnpanit, W., Nasar-Abbas, S. M., Huma, Z.-e., y Jayasena, V. (2015). Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review. *International Journal of Food Science & Technology, 50*(9), 2004-2012. https://doi.org/10.1111/ijfs.12796

Kohajdova, Z., Karovičová, J., y Štefan, S. (2011). Lupin composition and possible use in bakery – a review. *Czech Journal of Food Sciences, 29*(3), 203–211. https://cjfs.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2011/03/01.pdf

Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodriguez, J. P., Ramos, Á., Alandia, G., & Jacobsen, S.-E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of functional foods, 51*, 86-93. https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007

Li, S. z., Liu, C., Yin, Y., Sun, X., y Wu, J. (2023). Characterization of ash content in wheat flour using data fusion. *Infrared Physics & Technology, 133*. https://doi.org/10.1016/j.infrared.2023.104792

Liendo Bastardo, M., y Silva Chavéz, M. (2015). Producto tipo galleta elaborado con mezcla de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan* L.) y almidón de maíz (*Zea mays* L.). *Saber, 27*(1), 78-86. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000100010

Llerena, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Revista Qualitas, 24*(24), 066 - 075. https://doi.org/10.55867/qual24.05

Llumipinga, N. A. (2022). *Efecto de la adición de harinas no convencionales para la producción y enriquecimiento de productos de panificación y pastelería.* [Tesis de Titulación], Universidad Técnica de Ambato, Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34932/1/AL%20823.pdf

Lobo-Arias, M., Medina-Cano, C., Grisales-Arias, J., Yepes-Agudelo, A., & Álvarez-Guzmán, J. (2016). Caracterización y evaluación morfológicas de la colección colombiana de achira, *Canna edulis* Ker Gawl. (*Cannaceae*). *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria, 18*(1), 47-73. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:558

Malekipoor, R., Johnson, S. K., y Bhattarai, R. R. (2022). Lupin kernel fibre: Nutritional composition, processing methods, physicochemical properties, consumer acceptability and health effects of its enriched products. *Nutrients, 14*(14), 2845. https://doi.org/10.3390/nu14142845

Mamani, E., y Molina, C. (2015). *Calidad proteica y grado de satisfacción de la galleta elaborada a base de mezclas de harina de tarwi, cuchucho, cañihua y gluten.* [Tesis de grado], Universidad Nacional del Altiplano, Puno. https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3274895

Maningat, C. C., Seib, P. A., Bassi, S. D., Woo, K. S., & Lasater, G. D. (2009). Wheat starch: production, properties, modification and uses. In J. Bemiller, & R. Whistler, *Starch: Chemistry and Technology* (pp. 441–510). New York: Elsevie. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00010-0

Marcos, C. (2020). *Estudio de viabilidad y plan de negocio para un proyecto de "Producción y comercialización de narina de bellota".* [Tesis de Grado], Universidad de Sevilla, Sevilla. https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/104393/TFG-2859-MARCOS LERIA.pdf?sequence=1

Martí del Moral, A., Calvo, C., & Martínez, A. (2020). Ultra-processed food consumption and obesity—a systematic review. *Nutrición Hospitalaria, 1*(177-185), 38. https://doi.org/10.20960/nh.03151

Marti, A., Calvo, C., y Martínez, A. (2021). Consumo de alimentos ultraprocesados y obesidad: una revisión. *Nutrición Hospitalaria, 38*(1), 177-185. https://doi.org/10.20960/nh.03151

Martínez Flores, L. A., Ruivenkamp, G., & Jongerden, J. (2016). Fitomejoramiento y racionalidad social: los efectos no intencionales de la liberación de una semilla de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. *Antípoda. Revista De Antropología Y Arqueología, 1*(26). https://doi.org/10.7440/antipoda26.2016.03

Martins, Z., Pinho, O., y Ferreira, I. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology, 67*, 106-128. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003

Mayorga, F. (2021). *Productos de panadería en Ecuador.* Observatorio Económico y Social de Tungurahua: https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2023/10/Productos-de-panaderia-en-Ecuador.pdf

Mazón, N. (29 de Octubre de 2018). *El chocho o tarwi como recurso genético de la región andina [Seminario online]*. Quito, Ecuador: Interaprendizaje- IPDRS. https://bit.ly/2rsbfFF

Melese, A. D., y Keyata, E. O. (2022). Effects of blending ratios and baking temperature on physicochemical properties and sensory acceptability of biscuits prepared from pumpkin, common bean, and wheat composite flour. *Heliyon, 8*(10), e10848. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10848

Mendez-Montealvo, G., Velazquez, G., Fonseca-Florido, H. A., Morales-Sanchez, E., & Soler, A. (2022). Insights on the acid hydrolysis of achira (*Canna edulis*) starch: Crystalline and double-helical structure changes impacting functionality. *LWT, 153*, 112509. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112509

Morocho, J. A. (2013). *La achira y su aplicación en la cocina de tendencia vanguardista.* [Tesis de Pregrado], Universidad de Cuenca, Cuenca. http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1599

Nasir, M., Butt, M. S., Anjum, F. M., Sharif, M. K., y Minhas, R. (2003). Effect of Moisture on the Shelf Life of Wheat Flour. *International Journal of Agriculture & Biology, 5*(4), 458-459. https://www.fspublishers.org/published_papers/37521_..pdf

Nishinari, K. (Ed.). (2020). *Textural characteristics of world foods.* John Wiley & Sons.

NTE INEN 2085. (2005). *Galletas. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización. https://ia804701.us.archive.org/13/items/ec.nte.2085.2005/ec.nte.2085.2005.pdf

NTE INEN 2390. (2004). *Leguminosas. Grano desamargado de chocho. Requisitos.* Instituto Ecuatoriano de Normalización. https://ia802909.us.archive.org/26/items/ec.nte.2390.2005/ec.nte.2390.2005.pdf

NTE INEN 517. (2012). *Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partículas.* Instituto Ecuatoriano de Normalización. https://archive.org/details/ec.nte.0517.1981/page/n1/mode/2up

NTE INEN 521. (1980). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la acidez titulable.* Instituto Ecuatoriano de. https://archive.org/details/ec.nte.0521.1981/page/n3/mode/2up

NTE INEN 526. (2013). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de ion hidrógeno o pH.* Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

NTE INEN 616. (2015). *Harina de trigro. Requisitos.* Instituto Ecuatorioano de Normalización. https://docplayer.es/32084179-Nte-inen-616-cuarta-revision.html

NTE INEN-ISO 2171. (2007). *Cereales, legumbres y subproductos - Determinación del rendimiento de cenizas por incineración.* Instituto Ecuatoriano y Normalización. Cereales, legumbres y subproductos - Determinación del rendimiento de cenizas por incineración

Ocaña, I. (2019). *Caracterización Fisicoquímica, Nutricional y Reológica De Cultivos Andinos Infrautilizados.* [Tesis de Titulación], Universidad Técnica de Ambato, Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/30002/1/AL%20707.pdf

Odry, V., y Elba, S. (2021). Textura y análisis descriptivo cuantitativo de galletas elaboradas con harinas de granos fermentados de *Phaseolus vulgaris* o *Cajanus cajan*. *Revista de la Facultad de Farmacia, 63*(2), 8-17. https://www.researchgate.net/profile/Odry-Vivas/publication/357352274_Textura_y_analisis_descriptivo_cuantitativo_de_galletas_elaboradas_con_harinas_de_granos_fermentados_de_Phaseolus_vulgaris_o_Cajanus_cajan/links/61c9d504d4500608166fa8bc/Textura-y-anali

OECD-FAO. (2023). *Cereals.* https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ad1141f6-9699-413e-be6c-aea6d3cae4a3/content

Ogunjobi, M. A., y Ogunwolu, S. O. (2010). Physicochemical and sensory properties of cassava flour biscuits supplemented with cashew apple powder. *Journal of Food Technology, 8*(1), 24-29. https://www.researchgate.net/profile/Semiu-Ogunwolu/publication/250303866_Physicochemical_and_Sensory_Properties_of_Cassava_Flour_Biscuits_Suplemented_with_Cashew_Apple_Powder/links/5435010f0cf2dc341daf6334/Physicochemical-and-Sensory-Properties-of-Cassav

ONUAA. (2023). *CODEX Alimentarius - Categoría de alimentos*. Retrieved 15 de Junio de 2024, from GSFA Online: https://www.fao.org/gsfaonline/foods/index.html?expand=113

Organización Panamericana de la Salud. (16 de Junio de 2021). *Alimentación saludable*. OPS: https://www.paho.org/es/temas/alimentacion-saludable

Orozco, P. (2018). *Plan de negocio para una pastelería con enfoque saludable con una aplicación móvil que contabiliza calorías y el valor nutricional.* [Tesis de licenciatura en Administración de Empresas], Universidad de Piura, Piura.

Ortega, M., Barboza, Y., Piñero, M. P., y Parra, K. (2016). Formulación y evaluación de una galleta elaborada con avena, linaza y pseudofruto del caujil como alternativa de un alimento funcional. *Multiciencias, 16*, 76-86. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90450808010

Orús, A. (8 de Diciembre de 2022). *Consumo de confitería y dulces a nivel mundial por segmento en 2021*. Statista: https://es.statista.com/estadisticas/1350742/consumo-de-confiteria-y-dulces-a-nivel-mundial-por-segmento/#:~:text=En%202021%2C%20se%20consumieron%20a,sector%20de%20la%20confitería%20global

Pantoja-Tirado, L., Prieto-Rosales, G., y Aguirre Vargas, E. (2020). Caracterización de la harina de quinua (*Chenopodium* Willd.) and tarwi flour (*Lupinus mutabilis* Sweet) for industrialization. *TAYACAJA, 3*(1), 76-83. https://doi.org/10.46908/rict.v3i1.72

Paredes, M. (2013). *Estudio de Triticum aestivum para la concepción de un método estándar de extracción y caracterización de gliadinas.* [Tesis de Titulación], Universidad Austral de Chile, Valdivia. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fap227e/doc/fap227e.pdf

Parra-Gallardo, G., Quimbiulco-Sánchez, K., Salas-Sanjuán, M. d., del Moral, F., & Valenzuela, J. L. (2023). Alternative development and processing of fermented beverage and tempeh using green beans from four genotypes of Lupinus mutabilis. *Fermentation, 9*(7), 590. https://doi.org/10.3390/fermentation9070590

Parreño, L. A. (2017). *Parámetros productivos de pollos de engorde, alimentados con una dieta que contiene harina de chocho (Lupinus mutabilis Sweet), comparado con un alimento comercial, con soya.* [Tesis de Titulación], Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9135?mode=full

Peñaranda, O., Perilla, J., & Algecira, N. (2008). Revisión de la modificación química del almidón con ácidos. *Revista ingeniería e investigación, 28*(3), 47-52. http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v23n3/v28n3a06.pdf

Pepe, M. (2012). *Comparación de las mezclas de harina de trigo (Triticum spp) y chocho (Lupinus mutabilis) en la evaluación sensorial de pastas.* [Tesis de Grado], Universidad Técnica de Ambato, Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3055/1/AL479.pdf

Peralta, E. (2016). *El chocho en Ecuador "estado del arte".* Quito, Ecuador: INIAP, PRONALAEG. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3938

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., & Rodríguez, D. (2014). *Manual agrícola de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades, costos de producción (4a ed.).* Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (Publicación Miscelánea no. 69).

Peralta, I. E., Murillo, Á., Mazón, N., Villacrés, E., & Rivera, M. (2013). *Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: Chocho, quinua y amaranto, para la sierra de Ecuador (3a ed.).* Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. (Publicación Miscelánea no. 151).

Pérez, M., y Pacheco, E. (1989). *Estracción y estudio del almidón de achira (Canna edulis).* [Tesis Ingeniero de Alimentos], Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Plustea, L., Negrea, M., Cocan, I., Radulov, I., Tulcan, C., Berbecea, A., . . . Alexa, E. (2022). Lupin (*Lupinus spp.*)-fortified bread: A sustainable, nutritionally, functionally, and technologically valuable solution for bakery. *Foods, 11*(14), 2067. https://doi.org/10.3390/foods11142067

Ponce, M. (2015). *Fideos con harina de chocho: Un estudio demuestra la ganancia en contenido nutricional de una pasta alimenticia y la conservación de sus propiedades, al sustituir parte de la sémola de trigo por harina de chocho.* [Tesis de Pregrado], Universidad San Franscisco de Quito USFQ, Quito. https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/5615/1/122805.pdf

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Velásquez, J., Noroña, P., & Jiménez, C. (2022). *Manual para la producción sostenible de trigo en la Sierra ecuatoriana.* Quito-Ecuador: Manual No. 132. INIAP.

Ponce-Pinos, S. P. (2018). *Comparación de harina de chocho (Lupinus mutabilis sweet) deshidratada y liofilizada, para la elaboración de pan artesanal.* [Tesis de Titulación], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11691/1/84T00613.pdf

Pruna, D. (2020). *Determinación de los compuestos bioactivos y tiempo de vida útil de un spaghetti elaborado a partir de cultivos andinos y residuos agroindustriales.* [Tesis de Titulación], Universidad Técnica de Ambato, Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12640

Pyler, E. J. (1988). *Baking: science and technology* (Tercera ed., Vol. 2). Kansas: Sosland Publishing Company.

Qian, M., Liu, D., Zhang, X., Yin, Z., Ismail, B., Ye, X., & Guo, M. (2021). A review of active packaging in bakery products: Applications and future trends. *Trends in Food Science & Technology, 114*, 459-471. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.009

Quelal, M. (2019). *Estudio de la comercialización del chocho desamargado (Lupinus mutabilis Sweet) en el Distritrito de Metropolitano de Quito.* [Tesis de Maestría], Universidad Andina Simón Bolívar, Quito.

Quipo, P. (29 de Julio de 2018). *Hoja ancestral de uso múltiple*. Retrieved 21 de Diciembre de 2023, from Heraldo: https://www.elheraldo.com.ec/hoja-ancestral-de-uso-multiple/

Quispe, E. (2022). *Evaluación de las propiedades fisicoquimicas de la harina del Lupinus mutabilis Sweet (Tarwi) desamargado.* [Tesis de título profesional], Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ad83097f-2315-45ba-9af9-84b57cb44523/content

Quitio, E. D., y Solórzano, S. J. (2018). *Estudio bibliográfico de tres tipos de desamargado (tradicional, fermentaciòn y germinaciòn) en diferentes índices de madurez de chocho (lupinus mutabilis sweet) en dos variedades (andino INIAP 450 y guaranguito iniap 451) para determinar su eficacia.* [Tesis de pregrado], Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf

Ramirez, N. d. (2022). *Evaluación del comportamiento agronómico y calidad tecnológica de trigos (Triticum aestivum L. y Triticum durum L.) cultivados en La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.* [Tesis de Maestría], Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León. http://eprints.uanl.mx/25422/

Ramón Ccana, F. C. (2017). *Efecto del estrés abiótico post-cosecha en las características físico-químicas y de algunos metabolitos primarios de mashua morada (Tropaeolum tuberosum Ruíz & Pavón).* [Tesis de Licenciatura], Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3009

Ramos Gamiño, F. (2013). *Maíz, trigo y arroz: los cereales que alimentan al mundo* (Vol. No. 5). Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Rios, M. J., Damasceno-Silva, K. J., Moreira-Araújo, R. S., Figueiredo, E. A., Rocha, M. D., & Hashimoto, J. (2018). Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. *Revista Caatinga, 31*(01), 217-224. https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n125rc

Rivera-Arredondo, M., Rodríguez-Ángeles, M., Rivera-Sarabia, M., y Espinoza-Zamora, J. (2022). Compositional determination of cereal flour of Zea mays, Sorghum and Triticum spp. *Journal of Natural and Agricultural Sciences, 9*(24), 11-17. https://doi.org/10.35429/JNAS.2022.24.9.11.17

Rodríguez, A. (2009). *Evaluación "in vitro" de la actividad antibacteriana de los alcaloides del agua de desamargado del chocho (Lupinus mutabilis Sweet).* [Tesis de Pregrado], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

Romero, D. (14 de Noviembre de 2019). *La industria panificadora se halla en crecimiento*. Líderes: https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-panificadora-crecimiento-ecuador-produccion.html

Rosell, C. M., Cortez, G., y Repo-Carrasco, R. (2009). Breadmaking use of andean crops quinoa, kañiwa, kiwicha, and tarwi. *Cereal chemistry, 86*(4), 386-392. https://doi.org/10.1094/CCHEM-86-4-0386

Sadva, J. (2019). *Obtención y caracterización funcional de harina de cáscara de chocho (Lupinus mutabilis).* [Tesis de Grado], Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba. http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6141/1/TESIS%20FINAL.pdf

Saini, P., Kaur, H., Tyagi, V., Saini, P., Ahmed, N., Dhaliwal, H. S., & Sheikh, I. (2023). Nutritional value and end-use quality of durum wheat. *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS, 51*, 283–294. https://doi.org/10.1007/s42976-022-00305-x

Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M., & Pilar, M. (2021). Characterization and Technological Potential of Underutilized Ancestral Andean Crop Flours from Ecuador. *Agronomy, 11*(9), 1-28. https://doi.org/10.3390/agronomy11091693

Sánchez, J. (2004). Las especies del género Canna L. (Cannaceae) cultivadas en España. 1-6.

Sarmiento, A. (2017). Estudio de los efectos acoplados en la formulación y condiciones de horneado sobre la reología y texturometría de las galletas tipo cracker. 1-23. https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/0b4747da-0943-4646-8dcd-c95e7646535c/content

Shahzada, K., Nawaz, S., Zahid, S., Saeed, S., Saleem, Y., Rashid, A. A., . . . Husain, S. (2019). Comparative physicochemical and microbiological assessment of branded and unbranded whole wheat flours in Pakistan. *Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series B: Biological Sciences, 62B*(1), 24-32. https://doi.org/10.52763/PJSIR.BIOL.SCI.62.1.2019.24.32

Shevkani, K., Singh, N., Bajaj, R., & Kaur, A. (2016). Wheat starch production, structure, functionality and applications—a review. *International Journal of Food Science & Technology, 5*. https://doi.org/10.1111/ijfs.13266

Silva, R. F., Ascheri, J. L., Pereira, R. G., y Modesta, R. C. (2009). Aceitabilidade de biscoitos e bolos à base de arroz com café extrusados. *Food Science and Technology, 29*, 815-819. https://www.redalyc.org/pdf/3959/395940098018.pdf

Soler, N., Castillo, O., Rodríguez, G., Perales-Torres, A., y González, A. (23 de Marzo de 2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 67*(3), 227 - 234. https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/3/art-8/

Spina, A., Saletti, R., Fabroni, S., Natalello, A., Cunsolo, V., Scarangella, M., . . . Muccilli, V. (2022). Multielemental, Nutritional, and Proteomic Characterization of Different Lupinus spp.

Genotypes: A Source of Nutrients for Dietary Use. *Molecules, 27*(24), 8771. https://doi.org/10.3390/molecules27248771

Sulas, L., Canu, S., Ledda, L., Carroni, A. M., y Salis, M. (2016). Yield and nitrogen fixation potential from white lupine grown in rainfed Mediterranean environments. *Scientia Agricola, 73*(4), 338-346. https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0299

Suriya, M., Rajput, R., Reddy, C. K., Haripriya, S., y Bashir, M. (2017). Functional and physicochemical characteristics of cookies prepared from *Amorphophallus paeoniifolius* flour. *Journal of Food science and Technology, 54*(7), 2156–2165. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2656-y

Szczesniak, A. S., y Friedman, H. H. (1963). Development of standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the objective and the sensory methods of texture evaluation. *Journal of Food Science, 28*(4), 397-403. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00217.x

The Vintage News. (17 de Septiembre de 2016). *Cookies originated from Persia, shortly after the use of sugar became relatively common in the region*. Retrieved 4 de Marzo de 2014, from The Vintage News: https://www.thevintagenews.com/2016/09/17/cookies-originated-persia-shortly-use-sugar-became-relatively-common-region/

Tintaya, E. (2017). *Determinación de las propiedades físicas, químicas y nutricionales de harina instantánea de tarwi (Lupinus tomentosus).* [Tesis de Titulación], Universidad Peruana Unión, Juliaca. https://core.ac.uk/download/478791616.pdf

Toapanta Moreno, A. S. (2023). *Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y chachafruto, y su aplicación en la elaboración de pan.* [Tesis de Titulación], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/18799/1/27T00586.pdf

Toaquiza, J. (2018). *Evaluación de índices de cosecha (gano tierno y grano seco) del chocho (Lupinus mutabilis), en el sector de Salache bajo, Latacunga, Cotopaxi, 2017.* [Tesis de pregrado], Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5234/6/PC-000350.pdf

Ullco, M. (2019). *Evaluacion de estrategias poscosecha (temperatura y desinfección) en chocho verde a dos índices de cosecha, en camous experimental Salache, en el periodo 2018-2019.* [Tesis de pregrado], Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6296

Vegas, R., Zavaleta, A., y Vegas, C. (2017). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de lupinus mutabilis "tarwi" variedad criolla. *Agroindustrial Science, 7*(1), 49-55. 10.17268/agroind.science.2017.01.05

Velasco Laiton, I. Y., Sana Pulido, W. A., Morillo Coronado, A. C., y Morillo Coronado, Y. (2022). Morphoagronomic characterization of accessions of *Triticum aestivum* L. *Revista de Ciencias Agrícolas, 39*(SPE), 69-84. https://doi.org/10.22267/rcia.202239E.196

Vermelho, A. B., Moreira, J. V., Junior, A. N., da Silva, C. R., Cardoso, V. d., & Akamine, I. T. (2024). Microbial preservation and contamination control in the baking industry. *Fermentation, 10*(5), 231. https://doi.org/10.3390/fermentation10050231

Vilcanqui-Pérez, F., y Vílchez-Perales, C. (2017). Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 67*(2), 146-156. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000200010&lng=es&tlng=es.

Villacrés, E., Navarrete, P. M., Lucero, O., Espín, S., & Peralta, E. (2010). Evaluación del rendimiento, características físico-químicas y nutraceúticas del aceite de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet). *Revista Tecnológica ESPOL - RTE, 23*(2), 57-62. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1499

Villacrés, E., Peralta, E., Cuadrado, L., Revelo, J., Abdo, S., & Aldaz, R. (2009). *Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho (Lupinus mutabilis Sweet).* Quito, Ecuador: Grafistas. (Boletín Técnico no. 133). http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/453

Villacrés, E., Peralta, I. E., y Álvarez, M. d. (2003). *Chochos en su punto: Recetario.* Quito-Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2702

Villamagua, L. (2013). *Elaboración de una mezcla alimenticia a base de chocho y maíz, que contribuya a mejorar el estado nutricional de los niños y niñas menores de 5 años de los barrios San Vicente, La Loma, Sagrado Corazón, Cochaloma, San Vicente, de la Comunidad de Cangahua.* [Tesis de Titulación], Pontífica Universidad, Quito. https://rraae.cedia.edu.ec/Record/PUCE_3f176f311d5aef68e07fab4a61150898

Villarino, C. B., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., y Johnson, S. K. (2016). Nutritional, health, and technological functionality of lupin flour addition to bread and other baked products: Benefits and challenges. *Critical reviews in food science and nutrition, 56*(5), 835-857. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.814044

Viveros, G. (2016). *Industrialización del chocho (Lupinus mutabilis) en la elaboración de hojuelas confitadas.* [Tesis de Titulación], Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Túlcan. http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/486/1/298 industrializacion del chocho en la elaboracion de hojuelas.pdf

Wieser, H., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2020). *Wheat-an exceptional crop: Botanical features, chemistry, utilization, nutritional and health aspects.* Elsevier.

Williams, W., y Harrison, J. (1983). Alkaloid concentration during development in three Lupinus species and the expression of genes for alkaloid biosynthesis in seedlings. *Phytochemistry, 22*(1), 85-90. https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)80063-1

Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., y Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in food science & technology, 103*, 200-213. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.017

Yaruro, N. C. (2018). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, térmicas y microestructurales del almidón de Achira (Canna edulis).* [Tesis de Maestría], Universidad Nacional de Colombia, Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69533/1143232250.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Yépez, S. (2016). *Plan de negocios para la creación de una empresa dedicada a la elaboración y la comercialización de galletas saludables elaboradas a base de vegetales: zanahoria, remolacha y camote en la ciudad de Quito.* [Tesis de Pregrado], Universidad de las Américas, Quito. https://doi.org/https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5727

Zarate, V. L., y Rodriguez, C. G. (2020). *Elaboración de un puré instantáneo a partir de tarwi (Lupinus mutabilis sweet) y arracacha (Arracacia xanthorrhiza) con alto valor nutricional.* [Tesis de Titulación], Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2795064

Zavaleta, A. I. (2018). *Lupinus mutabilis (Tarwi) Leguminosa andina con gran potencial industrial* (Primera ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Zhao, H., Guo, B., Wei, Y., Zhang, B. S., Zhang, L., & Yan, J. (2011). Determining the Geographic Origin of Wheat Using Multielement Analysis and Multivariate Statistics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59*(9), 4397–4402. https://doi.org/10.1021/jf200108d

Zucco, F., Borsuk, Y., y Arntfield, S. D. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *LWT-Food Science and Technology, 44*(10), 2070-2076. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.06.007

ANEXOS

Obtención y elaboración de la harina de chocho tierno

Anexo 1. Recepción del chocho tierno desamargado



Anexo 2. Selección y pesaje



Anexo 3. Lavado



Anexo 4. Licuado



Anexo 5. Prensado



Anexos 6. Secado



Anexo 7. Molienda



Anexo 8. Tamizado



Anexo 9. Empaquetado



Análisis realizados a la harina de chocho tierno

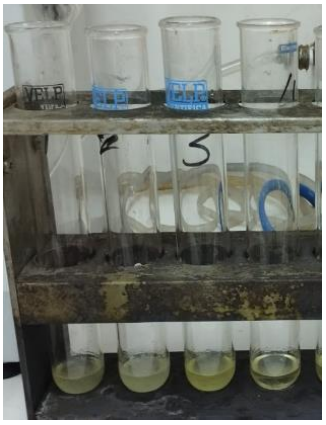
Anexo 10. Determinación de humedad de la harina



Anexo 11. Determinación de fibra de la harina



Anexo 12. Determinación de proteínas de la harina



Anexo 13. Determinación cenizas de la harina



Anexo 14. Determinación del pH de la harina



Anexos 15. Análisis del tamaño de partículas



Anexo 16. Análisis de acidez titulable de la harina



Proceso de elaboración de las galletas a partir de trigo sustituido parcialmente con una mezcla de harina de chocho tierno y almidón de achira.

Anexo 17. Recepción de los ingredientes para las galletas



Anexo 18. Pesado de los ingredientes



Anexo 19. Mezclado



Anexo 20. Laminado



Anexo 21. Moldeado



Anexos 22. Horneado



Anexo 23. Enfriado



Anexo 24. Empaquetado



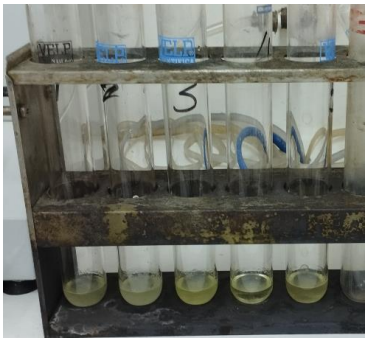
Análisis sensorial realizados a la mejor formulación

Anexo 25. Análisis sensorial

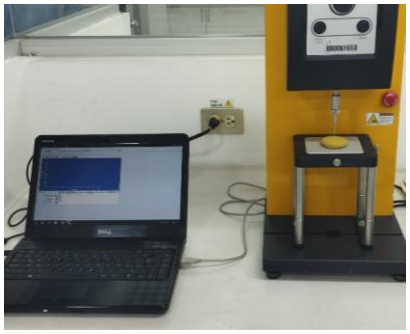




Anexo 26. Determinación de proteínas de la galleta (T4)



Anexo 27. Análisis de textura a la galleta (T4)



Anexos 28. Análisis de pH a la galleta (T4)



Anexo 29. Resultados de los análisis nutricionales y microbiológicos de la mejor formulación de galleta de chocho tierno y achira, realizados en LACONAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 10-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

01249

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:23-246					R01-7.8.03
Solicitud N°: 23-246					Pág.: 1 de 2
Fecha recepción:	08 de diciembre de 2023		Fecha de ejecución de ensayos: 12 al 18 de diciembre de 2023		
Información del cliente:					
Empresa:			C.I./RUC:	1850601715	
Representante:	Michael Carrera		Tlf:	0984423153	
Dirección:	Ambato		Email:	mcarrera1715@uta.edu.ec	
Ciudad:	Ambato				
Descripción de las muestras:					
Producto:	Harina y Galleta		Peso:	1 kg	
Marca comercial: n/a			Tipo de envase:	Funda Plástica	
Lote:	n/a		No de muestras:	una	
F. Elb.: n/a			F. Exp.: n/a		
Conservación: Ambiente: X	Refrigeración:	Congelación:	Almac. en Lab:	30 días	
Cierres seguridad: Ninguno: X	Intactos:	Rotos:	Muestreo por el cliente:	06 de diciembre de 2023	

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Harina de chocho tierno	24623480	Ninguno	*Proteína, Kjeldhal	PE03-7.2-FQ AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	50,8
			*Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	19,4
			*Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 22, 2023	%	16,2
			*Acidez, Potenciometría	INEN 521	% Ácido sulfúrico	0,149
			Mohos, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPM/g	10 (e)
			Levaduras, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPL/g	50 (e)
Galleta de chocho, achira y trigo	24623481	Ninguno	Proteína, Kjeldhal	PE03-7.2-FQ AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	9,18
			Humedad, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 925.10	%	9,06
			*pH, Potenciometría	AOAC 981.12. Ed. 22, 2023	Unidades de pH	7,42
			Aerobios Mesofilos, Petrifilm	PE03-7.2-MB AOAC 990.12. Ed. 22, 2023	UFC/g	$1,5x10^2$
			Mohos, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPM/g	<10
			Levaduras, Petrifilm	PE-02-7.2-MB AOAC 997.02. Ed. 22, 2023	UPL/g	30 (e)
			*Textura (Texturometro Brookfield):			
			Ciclo 1 Dureza	Brookfield	N	4,22
			Fracturabilidad		N	4,22

UTA

Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5817; 5518 http://laconal.uta.edu.ec laconal@uta.edu.ec

Certificado No:23-246	Pág.: 2 de 2

Conds. Ambientales: 21,6°C; 55,0%HR

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

El resultado marcado con (e) es valor estimado de contaje, en la dilución más baja.

Se adjunta: 21 hojas de respaldo

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 19 de diciembre de 2023

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.
El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Solo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada acorde al proceso legal pertinente".

Anexo 30. Hoja para el análisis sensorial de las galletas a partir de trigo (*Triticun aestivum* L.) sustituido parcialmente con una mezcla de harina de chocho tierno (*Lupinus mutabilis* Sweet) y almidón de achira (*Canna edulis* Ker Gawl).

NOMBRE: _____ **FECHA:** _____

INSTRUCCIONES: Las muestras de la galleta serán catados en el orden establecido. Marque con una X en la alternativa que describa de mejor manera el atributo.

RECOMENDACIÓN: Después de consumir una muestra tomar un sorbo de agua.

Atributo	Categoría	Muestras			
		Blanco	M-979	C-517	I-351
COLOR	No me gusta				
	Me gusta poco				
	Me es indiferente				
	Me gusta				
	Me gusta mucho				
OLOR	No me gusta				
	Me gusta poco				
	Me es indiferente				
	Me gusta				
	Me gusta mucho				
SABOR	No me gusta				
	Me gusta poco				
	Me es indiferente				
	Me gusta				
	Me gusta mucho				
CROCANCIA	No me gusta				
	Me gusta poco				
	Me es indiferente				
	Me gusta				
	Me gusta mucho				
ACEPTABILIDAD	No me gusta				
	Me gusta poco				
	Me es indiferente				
	Me gusta				
	Me gusta mucho				

COMENTARIO: _____

¡Gracias por su participación!