



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Formulación de una galleta funcional para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales de la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*)

Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Artículos académicos o científicos, previo la obtención del 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: Carlos Andrés Salazar Yanalá

Tutor: Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez

Ambato – Ecuador

Agosto - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez

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 Artículos académicos o científicos, 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, 28 de Junio de 2024.

Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez

1803321502

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Andrés Salazar Yanalá, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Artículos académicos o científicos, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Carlos Andrés Salazar Yanalá

1850213990

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso 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.



Carlos Andrés Salazar Yanalá

1850213990

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Artículos académicos o científicos, 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 constancia firman:

Presidente del Tribunal

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

C.I. 0501873954

Mg. Manuel Israel Guanoquiza Rivera

C.I. 0502966377

Ambato, 01 de Agosto de 2024

DEDICATORIA

El presente escrito va dedicado a Dios que ha sido mi fortaleza en todo momento, a mis padres, Carlos Salazar y Yolanda Yanalá, quienes con su amor y apoyo incondicional permitieron que me formara adecuadamente. Los valores que me enseñaron fueron cruciales para alcanzar este logro.

A mi futuro yo, para que no olvide nunca que todo es posible con mucho esfuerzo y dedicación, y que nada es un obstáculo cuando se desea algo de verdad.

Finalmente, dedico este escrito a todos los docentes que he tenido a lo largo de mi formación académica, Ing. Esteban Fuentes, Ing. Mayra Paredes, Ing. Diego Salazar, Ing. Santiago Cadena, en especial a ustedes que han servido de guía y apoyo para este trabajo.

Andrés Salazar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por hacer posible todo lo logrado y por ser la fuente de fortaleza y guía durante toda mi formación.

A mi padre, que ha sido el principal apoyo en cada momento de mi formación académica, gracias por ser padre, maestro, consejero y nunca faltarme en cualquier capricho durante todos estos años. Además, a mi madre, que ha sido mi confidente y soporte emocional en los momentos buenos y malos.

A mis hermanos, que han aportado un granito de arena para ayudarme a ser la persona que soy, a Evelin, por todo su apoyo en los momentos difíciles, a José Luis, por ser un ejemplo de hermano mayor, a Elizabeth, por guiarme en un deporte que me permitió ser disciplinado y perseverante, y a Verónica, por enseñarme a nunca rendirme y velar siempre por mi felicidad.

A mis amigos y compañeros, que han compartido la mayor parte del tiempo de la carrera conmigo y que han sido un apoyo enorme para seguir avanzando semestre tras semestre, Emy, Monse, Liz, Andrea, Jessica, Luzmila, Nathaly, Ibeth, María, Yannick, Luis, Arbolito, Mario, “Los más Fieles de la FCIAL” (Andrés, Daniel, Ciro, José, Sebas, Pablito, Fernando), las señoras de la asociación de estudiantes, Rommel mi hermano que estuvo conmigo desde el inicio de la carrera y en cada materia donde nos apoyamos y ayudamos mutuamente para no dejarnos atrás y lograr obtener nuestro título a la vez, y Daya por ser la persona que siempre me dio aliento y fuerza en los días difíciles cuando la tesis se ponía imposible. Amigos todo su apoyo fue incondicional e irremplazable, las noches largas de estudio, los momentos de risa cuando más lo necesitaba, es imposible explicar con palabras la gratitud que tengo hacia ustedes.

A mi tutor, PhD. Esteban Fuentes quien fue de gran ayuda durante todo mi proceso de titulación. Gracias a su tiempo, esfuerzo, sugerencias y correcciones, logré desarrollar un excelente artículo. Y finalmente, a la PhD. Mayra Paredes, que mostro siempre su preocupación por todos sus estudiantes en cada etapa de la redacción de este trabajo.

INDICE 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
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN EJECUTIVO	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1. Justificación	2
1.1.2. Origen del Chocho	3
1.1.3. Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	3
1.1.4. Alcaloides del chocho	3
1.1.5. Desamargado del Chocho	4
1.1.6. Harina de Chocho	4
1.1.7. Galletas	4
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO II.- ARTÍCULO ACEPTADO PARA PUBLICACIÓN	7
CAPÍTULO III.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
3.1. Conclusiones.....	22
3.2. Recomendaciones	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
ANÉXOS	25

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 . Hoja de cata utilizada para el análisis sensorial de aceptabilidad de las galletas de harina de chocho.....	25
Anexo 2. Hoja de cata utilizada para prueba discriminativa triangular entre las galletas de harina de chocho.	26
Anexo 3. Replica de análisis de proteína mediante dumas de harina de chocho.	27
Anexo 4. Replica de análisis de proteína mediante dumas de galleta de harina de chocho.....	28
Anexo 5. Replica de análisis de textura de galleta 100% harina de chocho.	29
Anexo 6. Replica de análisis de textura de galleta 50% harina de chocho y 50% harina de trigo.	29
Anexo 7. Replica de análisis de textura de galleta 100% harina de chocho.	30
Anexo 8. Comportamiento reológico de réplica de harina de chocho en análisis de Mixolab.	30
Anexo 9. Horneado de galletas.	31
Anexo 10. Galletas horneadas.	31
Anexo 11. Cata de galletas elaboradas para el análisis sensorial.	31
Anexo 12. Muestras para los diferentes análisis sensoriales.	32
Anexo 13. Análisis de humedad de las muestras de galleta y harina de chocho.	32
Anexo 14. Análisis de cenizas de las muestras de galleta y harina de chocho.	32
Anexo 15. Análisis de proteína en Dumas de galleta y harina de chocho.	33
Anexo 16. Análisis de textura de las diferentes formulaciones de galleta.	33
Anexo 17. Análisis en Mixolab de la harina de chocho.....	33
Anexo 18. Certificado de análisis de grasa y fibra realizados en LACONAL.	34

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, la perspectiva de la población ante la salud y nutrición ha cambiado radicalmente debido a la creciente conciencia de las enfermedades derivadas de una mala alimentación. En este sentido, la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) emerge como una interesante alternativa como ingrediente para el desarrollo de alimentos funcionales gracias a su elevado contenido de proteínas y fibras. Este estudio formuló una galleta funcional utilizando harina de chocho, y se analizaron sus propiedades físicoquímicas, reológicas y de textura tanto de la harina como de la galleta con mejor aceptabilidad, tras haber realizado una evaluación sensorial de aceptabilidad y triangular con las demás formulaciones de galletas. La harina reveló un elevado contenido proteico (49.58 por ciento) y de fibra dietética total (24.40 por ciento) con respecto a la harina de trigo. La galleta de harina de chocho presentó igualmente un destacable porcentaje de proteína (26.31 por ciento) cinco veces más alto que las galletas de harina de trigo comerciales. En los análisis de textura, se encontró que la harina de chocho le otorgo más dureza y fracturabilidad a las galletas. Finalmente, el análisis reológico realizado en Mixolab, indicó que la harina de chocho posee un desarrollo de masa (120 Nm) y poder de hinchamiento (0.50 Nm) comparables a la harina de trigo. El estudio sugiere que la galleta de harina de chocho desarrollada podría resultar como una posible alternativa de snack para celíacos con alto contenido proteico y un nivel de aceptabilidad agradable para todo tipo de consumidor.

Palabras Clave: Harinas no convencionales, alimentos funcionales, chocho, trigo, galletas, libre de gluten, mixolab, texturómetro.

ABSTRACT

Nowadays, the population's perspective on health and nutrition has changed radically due to the growing awareness of diseases resulting from poor nutrition. In this regard, lupin flour (*Lupinus mutabilis*) emerges as an interesting alternative ingredient for the development of functional foods due to its high protein and fibre content. This study formulated a functional cookie using lupin flour, and analysed the physicochemical, rheological and textural properties of both the flour and the cookie with the best acceptability, after performing a sensory acceptability evaluation and triangulating with the other cookie formulations. The flour revealed high protein (49.58 percent) and total dietary fibre (24.40 percent) content compared to wheat flour. The lupin flour cookie also had a remarkable protein percentage (26.31 percent) five times higher than commercial wheat flour cookies. In the texture analysis, it was found that the lupin flour gave the cookies more hardness and fracturability. Finally, rheological analysis at Mixolab indicated that lupin flour has comparable dough development (120 Nm) and swelling power (0.50 Nm) to wheat flour. The study suggests that the developed lupin flour cookie could be a possible snack alternative for coeliacs with high protein content and a pleasant level of acceptability for all types of consumers.

Keywords: Non-conventional flours, functional foods, lupin, wheat, cookies, gluten free, mixolab, texturometer.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

La perspectiva de la salud y la nutrición saludable ha cambiado drásticamente los últimos años debido a la conciencia de la población y los gobiernos sobre las enfermedades resultantes de una mala alimentación repleta de carbohidratos. Actualmente, se han buscado diferentes maneras de promover el consumo de alimentos funcionales, los cuales están colmados de compuestos bioactivos como antioxidantes, vitaminas, minerales, probióticos, prebióticos y más **(Berru et al., 2021)**. Las leguminosas con su alto contenido proteico son consideradas como alimento funcional y puede ser aprovechado incluso para recuperación de tierras consideradas pobres. El chocho es considerado de las leguminosas más prometedoras debido a su contenido proteico de alta calidad y sus posibles impactos positivos en la salud **(Gulisano et al., 2019)**.

Por otro lado, una pequeña parte de la población sufre de intolerancia a un conjunto de proteínas de tipo prolamina y glutelina que comúnmente es conocido como gluten. Habitualmente, el gluten se encuentra directamente relacionado con el trigo a pesar de encontrarse también en cereales como el centeno o la cebada. Además, el gluten brinda grandes virtudes al tratarse de obtener una masa viscoelástica que es capaz de retener gas y posteriormente transformarse en productos horneados muy apetecibles como panes, biscochos o galletas. Sin embargo, ciertas personas debido a su predisposición genética no son capaces de asimilar este tipo de alimentos y sus nutrientes con normalidad, por lo que sufren daños a nivel intestinal y problemas potenciales de salud **(Villanueva Flores, 2017)**.

Bajo el contexto anterior, el objetivo de la presente investigación es desarrollar una formulación que permita la producción de un alimento libre de gluten, con la finalidad de evitar los problemas antes mencionados. Esto se conseguirá mediante la utilización de harina de chocho para aprovechar las propiedades funcionales de la leguminosa que destaca por su elevado índice de proteínas. Además, existen proteínas específicas como la vicilina en el chocho que poseen propiedades de alta hidrofobicidad a pH neutros y como resultado de la precipitación de micelas se producen propiedades viscoelásticas comparables a las del gluten **(Carvajal-Larenas et al., 2016)**.

1.1.1. Justificación

En la industria alimentaria la búsqueda de alternativas saludables y nutritivas ha llevado a un creciente interés en el uso de ingredientes naturales con propiedades beneficiosas para la salud (**Carrera & Alberto, 2022**). En este sentido la harina de chocho, derivada de la leguminosa (chocho o tarwi) ha sido reconocida por su excepcional contenido de proteínas, fibras dietéticas, y una amplia gama de nutrientes esenciales como calcio, hierro y zinc (**Curti et al., 2022**). En cuanto a la formulación de galletas, se plantea el enriquecimiento con harina de chocho a diferentes porcentajes con la finalidad de aprovechar sus propiedades nutricionales y mejorar el valor agregado de los productos horneados.

El desarrollo de productos enriquecidos con ingredientes funcionales como la harina de chocho ha ganado gran popularidad en la industria alimentaria, concretamente en el contexto de la creciente concienciación sobre la importancia de mantener una dieta equilibrada y nutritiva. En la actualidad, los productos a base de harina de altramuz se han desarrollado como aperitivos mediante procesos de extrusión. En el contexto de los productos de panadería, hay productos como panes y galletas que utilizan harina de chocho para enriquecerlos y aumentar su contenido proteico. Sin embargo, las variedades utilizadas para estos productos son principalmente *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* y *Lupinus angustifolius*, y existen muy pocos estudios que utilicen *Lupinus mutabilis* (**Aranda Tarazona et al., 2021; Mostafa et al., 2022**). El valioso contenido nutricional del chocho puede ser aprovechado mediante la elaboración de una galleta que a más de contener altos niveles de proteína y demás nutrientes, sería una gran alternativa como snack para personas celiacas al ser libre de gluten.

Actualmente, Ecuador mantiene 61 empresas pertenecientes a la industria de elaboración de productos de panadería secos como galletas, bizcochos, panecillos, entre otros (**Ríos Albuja, 2013**). Los análisis de composición de harina de chocho demuestran que evidentemente la proteína del tarwi está al nivel de granos como la soya que poseen niveles de proteína de entre el 35 y 50% (**Bracamonte Herrera, 2023**). De lo expuesto con anterioridad, se hipotetiza que si se logra mejorar la combinación de harina de chocho y otros componentes saludables al elaborar galletas posiblemente se obtenga un incremento notable en el nivel de proteínas y fibras lo que puede contribuir a enriquecer la calidad nutricional del producto terminado.

El presente estudio plantea una posible alternativa de un snack para celiacos, no solo con un alto contenido proteico sino con un sabor agradable y aceptable para todo tipo de consumidor. Además, el estudio busca una mejor comprensión de la alimentación funcional al otorgar una comprensión más profunda de los beneficios potenciales que contiene la harina de chocho en la elaboración de galletas.

1.1.2. Origen del Chocho

La antigüedad del chocho se remonta hasta hace aproximadamente 1800 años de la actualidad. Se ha encontrado basta evidencia que confirma que la domesticación de las semillas de chocho empezó en el Valle de Mantaro ubicado en la región de Cajamarca al norte de Perú. Sin embargo, se estima que el *Lupinus mutabilis* (Chocho) se separó de su progenitor silvestre *Lupinus piurensis* hace aproximadamente 2600 años. Además, se considera que el chocho es uno de los denominados cultivos perdidos de los incas y en la actualidad es de gran importancia a nivel regional cultivándose y comercializándose en las regiones altas de Ecuador, Perú y Bolivia. Perú lidera en cuanto a área de cultivo de chocho con 10.628 ha, logrando un rendimiento por hectárea de 648 kg, seguido de Ecuador que cultiva 5.974 ha con un rendimiento de 400 kg/ha, y finalmente Bolivia con 1.895 ha y 648 kg/ha de rendimiento (Atchison et al., 2016; Gulisano et al., 2019).

1.1.3. Chocho (*Lupinus mutabilis*)

Existen varias especies de chocho que son cultivadas actualmente en el mundo, el *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* y *Lupinus angustifolius* son de origen europeo y también representan la mayoría de las especies de chocho cultivadas en todo el mundo. Sin embargo, existe una prometedora especie la cual es exclusiva de ciertas partes de América del Sur conocida como *Lupinus mutabilis*. Esta última, es una especie de la leguminosa que en la actualidad genera una gran atención en el sector europeo, ya que es visto como una interesante fuente de proteína y aceite, además de evaluarse como un cultivo potencial.

Su proteína posee un alto contenido de lisina y es rico en abundantes grasas beneficiosas para la salud. Además, sus propiedades son comparables a la soja incluso superándola en ciertos casos; a diferencia de la soja, el chocho no es especialmente conocido por ser una planta modificada genéticamente y contener isoflavonas, las cuales generan gran controversia en cuanto a sus consecuencias para el cuerpo humano. En cambio, el chocho, debido a su composición química contiene abundantes compuestos que otorgan propiedades beneficiosas para la salud. Entre estos compuestos se encuentran carotenoides, tococromanoles, oligosacáridos y compuestos fenólicos (Calupíña Jácome & Tipán Tipán, 2020; Czubinski et al., 2021; Guilengue et al., 2019).

1.1.4. Alcaloides del chocho

Aun cuando el chocho posee una diversidad de propiedades beneficiosas para la salud, también se caracteriza por poseer un elevado contenido de alcaloides amargos. Estos deben ser eliminados antes de consumirlo y se logra mediante un tratamiento conocido como desamargado (Berru et al., 2021). El chocho, específicamente de la especie *Lupinus mutabilis*, suele contener niveles de alcaloides que varían entre 30 y 40 g/kg de chocho (3 y 4% en peso de materia seca) (Villacrés et al., 2020). Sin embargo, la industria alimentaria ya ha definido un umbral de contenido de alcaloides para las semillas

de chocho del 0.02%. Los alcaloides quinolizidínicos son los responsables del sabor amargo y la toxicidad anticolinérgica del chocho antes de ser desamargado. A pesar de los inconvenientes causados por los alcaloides, contribuyen significativamente en la defensa contra depredadores, patógenos y permiten que se formen reservas de nitrógeno para la planta (Gulisano et al., 2019).

1.1.5. Desamargado del Chocho

Para la reducción de alcaloides en las semillas de chocho se pueden utilizar diferentes tipos de desamargado. Estos tratamientos se pueden clasificar en biológicos, químicos y acuosos.

Cada uno tiene sus ventajas y sus desventajas ya que depende mucho del presupuesto e infraestructura que se le quiera invertir. Sin embargo, si se busca mantener propiedades como el sabor natural del chocho, la mejor opción serían los tratamientos acuosos, ya que no requieren productos químicos ni infraestructuras complicadas (Carvajal-Larenas et al., 2016). El tratamiento acuoso puede ser realizado remojando las semillas con una relación 1:6 entre semilla y agua durante 12 horas. Luego las semillas son cocinadas durante 1 hora con un cambio de agua a los 30 minutos. Por último, se realiza un lavado continuo de las semillas mediante una corriente de agua durante 5 días (Cortés-Avendaño et al., 2020). Finalizado el tratamiento, el nivel de alcaloides presentes en el chocho es reducido a niveles tan bajos que son considerados seguros para el consumo humano (Villacrés et al., 2020).

1.1.6. Harina de Chocho

A pesar de que la harina de chocho no goza de gran popularidad, es bastante utilizada como complemento para varios tipos de productos, como concentrados proteicos, productos de panadería, pastelería, entre otros. Esto se debe a la calidad nutritiva y a las propiedades funcionales que posee la harina de chocho. Además, se conoce que la harina de chocho contiene grandes cantidades de fibra dietética, tanto de fracciones solubles como insolubles, representando aproximadamente el 27-31% del peso del grano.

Incluso posee un envidiable contenido proteico que ronda entre 41-44%, convirtiendo a la harina en un ingrediente con un valor nutricional y comercial significativamente alto. Por otro lado, desde el contexto de productos sin gluten, la harina de altramuz puede mejorar el contenido de proteínas y valor nutricional de este tipo de productos (Albuja-Vaca et al., 2020; Olukomaiya et al., 2020).

1.1.7. Galletas

Las galletas básicamente son alimentos obtenidos mediante un proceso de horneado de una mezcla compuesta por harinas, grasas, azúcares y alimentos que puedan complementar a la galleta con aromas o sabores adicionales. Actualmente son consideradas un producto de mucha demanda y bajo costo de producción (Quezada Correa et al., 2019). El sabor, la apariencia, la textura, el color, la dureza y el

volumen son atributos que caracterizan a una buena galleta y todos estos se ven directamente relacionados con cantidad de grasa y azúcar presentes en la composición de la galleta. El ingrediente principal de una galleta suele ser harina de trigo, sin embargo, en el sentido de una galleta libre de gluten, la utilización de harina de chocho como principal ingrediente podría resultar en una galleta que supere significativamente el contenido proteico de una galleta de trigo tradicional (**Cabrera Mera et al., 2023; Kohli, Jain, Singh, & Kumar, 2023**).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Formular una galleta funcional para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales de la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Validar la formulación más optima de galletas con y sin gluten mediante diferentes pruebas de análisis sensorial.
- Evaluar las propiedades tecnológicas de la harina y la galleta con mejor formulación mediante análisis reológico (Mixolab) y de textura (Texturómetro).
- Definir la composición nutricional de la harina y la galleta con mejor formulación mediante análisis físicoquímico.



CARTA DE ACEPTACIÓN

La revista científica certifica la aceptación del artículo
titulado: Formulation of a functional cookie to take advantage of the nutritional properties of
lupin flour (*Lupinus mutabilis*)

Autores: Andrés Salazar, Mirari Arancibia, María del Pilar Mora, Gustavo Guerrero, Alex
Valencia y Esteban Fuentes

Ha sido aceptado para publicación en el volumen 31-1
24/06/2024

Revista electrónica por
CHRISTIAN DAVID FRANCO
CRESPO
Razón:
Localización:
Fecha: 2024-07-01 T11 26:56:229487

Christian Franco Crespo
Editor en Jefe



Formulation of a functional cookie to take advantage of the nutritional properties of lupin flour (*Lupinus mutabilis*)**Formulación de una galleta funcional para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales de la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*)**

Andrés Salazar ^{1*}; Mirari Arancibia ¹; María del Pilar Mora ²; Gustavo Guerrero ²; Alex Valencia ¹; Esteban Fuentes ^{1,3*}

ABSTRACT

The perspective on health and nutrition has changed radically due to the growing awareness of diseases resulting from poor nutrition. In this sense, lupin flour (*Lupinus mutabilis*) emerges as an interesting alternative as an ingredient for the development of functional foods thanks to its high protein and fibre content. This study formulated a functional cookie with lupin flour, analysing its physicochemical, rheological and textural properties, as well as its acceptability through sensory analysis. The flour revealed a high protein (49.58%) and total dietary fibre (24.40%) content compared to wheat flour. The lupin flour cookie had a protein percentage (26.31%) five times higher than commercial wheat flour cookie. Texture analysis indicated higher hardness and fracturability. Finally, rheological analysis at Mixolab indicated that lupin flour has a dough development (120 Nm) and swelling power (0.50 Nm) comparable to wheat flour. The study suggests that the developed lupin flour cookie could be a possible snack alternative for coeliacs with high protein content and a pleasant level of acceptability for all types of consumers.

Keywords: Flours, lupin, wheat, cookies, gluten free, mixolab, texturometer.

RESUMEN

La perspectiva sobre la salud y nutrición ha cambiado radicalmente debido a la creciente conciencia de las enfermedades derivadas de una mala alimentación. En este sentido, la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) emerge como una interesante alternativa como ingrediente para el desarrollo de alimentos funcionales gracias a su elevado contenido de proteínas y fibra. Este estudio formuló una galleta funcional con harina de chocho, analizando sus propiedades fisicoquímicas, reológicas y de textura, además de su aceptabilidad mediante análisis sensoriales. La harina reveló un elevado contenido proteico (49.58%) y de fibra dietética total (24.40%) comparado con la harina de trigo. La galleta de harina de chocho presentó un porcentaje de proteína (26.31%) cinco veces más alto que las galletas de harina de trigo comerciales. El análisis de textura indicó mayor dureza y fracturabilidad. Finalmente, el análisis reológico realizado en Mixolab, indicó que la harina de chocho posee un desarrollo de masa (120 Nm) y poder de hinchamiento (0.50 Nm) comparables a la harina de trigo. El estudio sugiere que la galleta de harina de chocho desarrollada podría resultar como una posible alternativa de snack para celíacos con alto contenido proteico y un nivel de aceptabilidad agradable para todo tipo de consumidor.

Palabras clave: Harinas, chocho, trigo, galletas, libre de gluten, mixolab, texturómetro.

Recibido 19 de abril de 2024Aceptado 26 de junio de 2024



Copyright: © 2024 by the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license.

¹ Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador.

² Alimentarte S.A. BIC. Manuel Quiroga y Toa, 170809. Quito-Ecuador.

³ Grupo G+ BioFood and Engineering, Facultad de Ciencia e Ingeniería de los Alimentos, Universidad Técnica de Ambato Avenida Los Chasquis y Río Payamino, 180150- Ambato-Ecuador.

* Autores para correspondencia: Telf de contacto +593998059096; email: csalazar3990@uta.edu.ec ; e.fuentes@uta.edu.ec

1. INTRODUCTION

The perspective of health and healthy nutrition has changed drastically in recent years due to the awareness of the population and governments about the diseases resulting from a poor diet full of carbohydrates. Currently, different ways have been sought to promote the consumption of functional foods, which are packed with bioactive compounds such as antioxidants, vitamins, minerals, probiotics, prebiotics, and more (Berru et al., 2021). Legumes with their high protein content are considered as functional food and can be used even for reclamation of land considered poor. The lupin (*Lupinus mutabilis*) is considered one of the most promising legumes due to its high-quality protein content and its possible positive impacts on health (Gulisano, Alves, Martins, & Trindade, 2019).

In this sense, lupin flour, derived from the legume (lupin or tarwi) has been recognized for its exceptional content of protein, dietary fiber, and a wide range of essential nutrients such as calcium, iron and zinc (Curti, Alcócer, Rivas, Vinderola, & Ramón, 2022). As for the formulation of cookies, the enrichment with lupin flour at different percentages is proposed in order to take advantage of its nutritional properties and improve the added value of baked products.

The development of products enriched with functional ingredients such as lupin flour has gained widespread popularity in the food industry, specifically in the context of the growing awareness of the importance of maintaining a balanced and nutritious diet. Currently, lupin flour products have been developed as snacks through extrusion processes. In the context of baked goods, there are products such as breads and cookies that use lupin flour to enrich them and increase their protein content. However, the varieties used for these products are mostly *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* and *Lupinus angustifolius*, and there are very few studies using *Lupinus mutabilis* (Aranda Tarazona et al., 2021; Mostafa, El-Desouky, Sharoba, Mohamed, & Morsy, 2022). However, a small part of the population due to their genetic predisposition suffers from intolerance to a set of prolamin and glutelin type proteins that is commonly known as gluten, so that, being unable to assimilate foods with this protein, they suffer damage at the intestinal level and potential health problems (Villanueva Flores, 2017). Under this context, the objective of the present research is to develop a formulation that allows the production of a gluten-free food taking advantage of the nutritional properties of lupin flour, in order to avoid the aforementioned problems.

Currently, Ecuador maintains 61 companies belonging to the processing industry of dry bakery products such as cookies, biscuits, muffins and among others (Ríos Albuja, 2013). Composition analysis of lupin flour shows that evidently lupin protein is at the level of grains such as soybean that have protein levels between 35 and 50% (Bracamonte Herrera, 2023). In particular, lupin has a protein content of 49.6 g per 100 g of flour. However, for the production of cookies, a large part of the protein content initially present in the flour is lost due to the thermal treatment that they undergo (Asalde Montero & Iparraguirre Lozano, 2023). From the above, it is hypothesized that if it is possible to improve the combination of lupin flour and other healthy components when making cookies, it is possible to obtain a significant increase in the level of protein and fiber, which can contribute to enrich the nutritional quality of the finished product.

The present study proposes a possible alternative snack for celiacs, not only with a high protein content but also with a pleasant taste acceptable to all types of consumers. In addition, the study seeks a better

understanding of functional food by providing a deeper understanding of the potential benefits of lupin flour in the production of cookies. Finally, by improving the nutritional quality of the cookies and generating a higher level of awareness of the value of local food ingredients such as lupin, the pre-sent study could lay the foundation for the production of healthier foods with a better level of sustainability, thus contributing significantly to the general welfare of the population and to the development of the food industry as a whole.

2. MATERIALS AND METHODS

This research studies the use of the nutritional properties of lupin flour in the formulation of a cookie, for which physicochemical, sensory, rheological and texture analyses were carried out. The physicochemical and rheological analyses were carried out in triplicate except for the texture analysis where ten replicates were performed to obtain more reliable results.

Raw Materials

The wheat flour, peeled walnuts, butter, egg yolks and powdered sugar were obtained from markets and supermarkets in Ambato city. The lupin flour was provided by ALIMENTARTE S.A. BIC.

Cookie Making

Stainless steel utensils and equipment were used to make the cookies. To start mixing the ingredients, we used the creaming-method. The first step was to melt the unsalted butter and then mix it with the powdered sugar, using a mixer at its lowest speed for a period of 5 minutes, then the egg yolk was added and beaten until a homogeneous mixture without lumps was obtained. Afterwards, the lupin and wheat flour were added according to the different proportions described in Table 1, the nuts were added and mixed and kneaded again for 3 more minutes. The proportions of the other ingredients used are described in Table 2.

The dough was left to rest for 15 minutes at a temperature between 15 and 18 °C. Then, small portions of 50 grams of the mixture were taken to be rolled with a rolling pin to a thickness of approximately 5 mm. With a 2.5 cm diameter circular cookie cutter, the dough was cut out and the circles of dough were placed on a baking sheet. Finally, the cookies were baked at a temperature of 180°C and after 15 minutes were re-moved from the oven (Cabrera Mera, Benavides Panchana, Cortez Espinoza, Aldas Morejon, & Revilla Escobar, 2023).

Table 1. Flour proportions for each cookie formulation.

Formulations	Description
LMS	0% Lupin flour + 100% Wheat flour
LMC	50% Lupin flour + 50% Wheat flour
LMP	100% Lupin flour + 0% Wheat flour

Table 2. Proportion of ingredients in each cookie formulation

*Ingredients	LMS %	LMC %	LMP %
Wheat Flour	32.18	16.09	-
Lupin Flour	-	16.09	32.18
Nuts	18.39	18.39	18.39
Butter	27.59	27.59	27.59
Sugar	9.20	9.20	9.20
Eggs	12.64	12.64	12.64

* The proportions of the ingredients are expressed as a percentage.

Sensory Analysis

Produced cookies, were used to sensory analysis, to determine the acceptability of the best cookie formulation, a panel of 15 trained judges participated on the different characteristics of the product. Parameters such as color, odor, taste, flavor, texture, and acceptability of the cookies were evaluated along with a five-point hedonic scale with 1 = do not like at all, 2 = do not like moderately, 3 = neither like nor dislike, 4 = like moderately, and 5 = like very much (Lin et al., 2017). Each panelist was given a tasting card along with instructions to mark their response according to their perception. They were also asked to indicate any novelties in the comments section of the tasting card.

Triangular Discriminative Test

For the second part of the sensory evaluation, two triangular tests were performed to know if a significant difference is found between cookies due to the partial substitution of flours, first a test was performed with the LMS and LMC formulations, and then another one with the LMC and LMP formulations described in Table 1. In the first case, two cookies were taken from the LMS formulation and one cookie from the LMC formulation. And in the second case, two cookies of the LMC formulation and one cookie of the LMP formulation were taken (Garrido et al., 2009). Similarly, a tasting card was given to each panelist and the instructions of the test were explained to them so that they could adequately mark their answer.

Rheological Analysis of Lupin Flour

The lupin flour was evaluated in the Mixolab equipment (CHOPIN Technologies) where different farinographic parameters such as water absorption rate, stability and weakening, development time, dough development, gelatinization and starch power, retrogradation and amylase activity were determined. The method applied was the one described in the manual standardized by AACC 54-60.01 (Acurio, Villacrés, & Paredes, 2018).

Texture Analysis of Cookies

The Brookfield texturometer was used to determine the hardness and fracturability properties of the cookie with the guidance of the manual. A cylindrical probe (TA39) and a luminaire base (TA-BT-KIT) were used, and the texturometer was configured with a speed of 2 mm/s and a penetration distance of 5 mm (Aponte, Franco-Crespo, & Jacome, 2023).

Physicochemical analysis of the lupin flour and the cookie

For the determination of the nutritional properties of the flour and cookie with the best formulation, protein determination analysis were performed following the methodology AOAC 992.23, (2023), fat according to AOAC 2003.06, (2023), ash by the method of AOAC 923.03, (2023), moisture according to AOAC 925.10, (2023), dietary fiber by the methodology of AOAC 985.29, (2023), carbohydrates according to the guidelines of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, (2002) and energy using the method used by Deng, Wang, Zhong, & Yu, (2018).

3. RESULTS

The sensory analysis for the determination of the cookie with the best acceptability was carried out using a five-point hedonic scale where three cookies substituted with different percentages of lupin flour (0%, 50% and 100%) were compared. Table 3 shows the different scores obtained in the sensory evaluation. The results obtained reflected that there is no significant difference ($p > 0.05$) between the white (LMS) and the other cookie formulations substituted with lupin flour in the sensory parameters analysed (color, odor, flavor and texture). However, in acceptability, there is a significant difference between the control with a score of $3.33 (\pm 0.90)$ and the LMP formulation with $4.60 (\pm 0.51)$, which indicates that the most acceptable formulation was the one composed of 100% lupin flour (Figure 1). On the other hand, in previous studies where cookies were made by substituting lupin flour at different percentages, it was found that the formulation with 8% substitution showed better sensory properties (Mostafa et al., 2022). However, within the formulation of the cookies produced in the present study, there were pieces of nuts that contributed a slight bitterness to the cookies, and this was balanced with the bitterness of the lupin flour. In this way, a balance between the three formulations was achieved, making the panelists' perception of the flavor of the cookies fairer.

Table 3. Mean sensory scores of different cookies with lupin flour substitutions.

Formulations	Color	Odor	Taste	Texture	Acceptability
LMS	3.93 $\pm$ 0.80a	3.60 $\pm$ 1.18a	3.87 $\pm$ 1.19a	3.47 $\pm$ 0.92a	3.33 $\pm$ 0.90b
LMC	3.80 $\pm$ 0.68a	3.07 $\pm$ 0.70a	3.27 $\pm$ 0.88a	3.00 $\pm$ 0.85a	2.73 $\pm$ 0.96b
LMP	3.80 $\pm$ 0.77a	3.53 $\pm$ 1.06a	3.67 $\pm$ 1.18a	3.53 $\pm$ 1.13a	4.60 $\pm$ 0.51a

LMS: formulation composed of 100% wheat flour, LMC: formulation composed of 50% wheat flour and 50% lupin flour, LMP: formulation composed of 100% lupin flour. Results are reported as means $\pm$ standard deviation (SD) of three cookie formulations, data marked with a different letter in the same column are significantly different ($p > 0.05$).

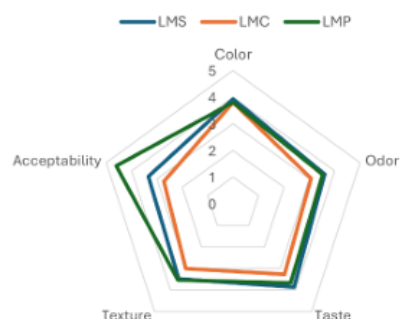


Figure 1. Sensory analysis of different cookies with lupin flour substitutions.

In the second sensory evaluation, a triangular discriminative test was applied, which consisted of comparing the formulations LMS with LMC (Part 1) and LMC with LMP (Part 2) to find out if there are significant differences in the flavor of the cookies. For this purpose, the chi-square test was used, where a null hypothesis (H_0) indicating that no significant sensory difference was perceived between the cookies and an alternative hypothesis (H_1) indicating that a significant sensory difference was perceived between the cookies. In Table 4, the calculated chi-square values of the two evaluated pairs can be observed. The first part of the evaluation where the LMS and LMC formulations are related presented a chi-square value of 1.20 which is lower than the chi of tables accepting the H_0 , therefore, no significant differences have been found in the taste of the cookies. In the second part of the evaluation, the LMC and LMP formulations were related, where a chi-square value of 0.30 was obtained, which is also lower than the chi of the tables, accepting the H_0 and, therefore, it is concluded that no significant differences were found in the flavour of these cookies. However, the chi value of the second part of the evaluation was significantly lower than that of the first part, indicating that there was a percentage of panelists who did find a difference in the taste of the cookies. Therefore, it can be understood that, thanks to the presence of nuts in the cookie formulation, the bitterness of the lupin flour was attenuated, avoiding the perception of significant differences in its flavour (Garrido et al., 2009).

Table 4. Chi-square results of triangular discriminative test.

Tests	Calculated Chi	Chi of tables
Part 1	1.20	3.85
Part 2	0.30	3.85

Part 1: Triangular test between LMS and LMC formulation, Part 2: Triangular test between LMC and LMP formulations.

The nutritional composition of lupin flour is shown in Table 5 together with the composition of enriched and bleached wheat flour. This type of flour was used because it is considered a multipurpose flour. The wheat flour composition data were obtained from the U.S. Department of Agriculture, (2020). First of all, as it can be observed, compared to wheat flour which only has 10.90% of protein, lupin flour represents 49.58% of its entire composition, being almost 5 times higher than wheat flour. In previous studies, lupin flour presented very similar protein values that ranged from 39.40% to

53.60% due to the different debittering treatments used and the nutrients present in the environment in which it is surrounded (Curti et al., 2022; Mostafa et al., 2022). Therefore, it can be intuited that due to the high protein content of lupin flour compared to wheat flour, it could be considered as an ingredient with high commercial value and as an attractive alternative for the development of gluten-free products.

The fat content of the lupin flour obtained was 14.10%, within which approximately 80% contains monounsaturated and polyunsaturated fatty acids such as oleic (46.40%) and linoleic (33.10%) acid, associated with the reduction of cardiovascular diseases and great health benefits (Carvajal-Larenas, Linnemann, Nout, Koziol, & van Boekel, 2016; Visioli & Poli, 2020). Under the same context, wheat flour has only 1.48% fat of its total composition, where 78.62% contains unsaturated fatty acids consisting mainly of oleic acid (20.28%) and linoleic acid (57.67%) (Nikolić et al., 2008).

The values obtained in the determination of ash and moisture of lupin flour were 0.07% and 7.43%, respectively, comparable to those of wheat flour with an ash content of 0.42% and moisture of 9.83%. The low ash levels in the lupin flour could be attributed to the debittering treatments performed, which include soaking and cooking. As a consequence of these processes, several soluble minerals may be lost from the lupin, reducing the total ash content. On the other hand, the moisture content of lupin flour is within acceptable ranges and is similar to values reported in previous studies (Mostafa et al., 2022).

The total dietary fiber content of the lupin flour obtained was 24.40% in contrast to wheat flour, which only has 0.07%. Although the fiber content of lupin flour is apparently high, it was possibly reduced due to the debittering process, and the insoluble fraction of the fiber could also be affected by the detachment of the lupin husk in the soaking and cooking processes. In this way, the difference in the total dietary fiber values obtained and those presented by Curti et al., (2022), where a total dietary fiber content of 35.2% is obtained. In the same context, within the dietary fiber of lupin flour there are soluble and insoluble dietary fibers, where the insoluble ones have an effect on the volume of fecal material and are not used by intestinal bacteria. While the soluble ones, can be metabolized into beneficial compounds and positively regulate the intestinal microbiota (Guan, Yu, & Feng, 2021).

The carbohydrate value obtained from lupin flour, as opposed to its other components, was 4.41%. This value is low in comparison with wheat flour where its carbohydrate content represents 77.30% of its total composition. According to the proximate analysis of lupin flour by Curti et al., (2022) no carbohydrates were found in the composition of the flour, however, this result may differ due to the debittering of lupin. In addition, the result obtained can be considered favourable due to the fact that nowadays the market is looking for alternatives with less carbohydrates and more proteins.

Even when the amount of energy of the flours (kcal) appears to be similar, it can be understood that in lupin flour most of the energy comes from protein, while in wheat flour it comes from carbohydrates. Specifically, lupin flour provides 344.07 kcal, whereas wheat flour provides 366 kcal, as the protein, fat and carbohydrate content of the flours were taken into account for the energy calculation.

Table 5. Nutritional composition of lupin flour vs wheat flour.

Features	Lupin flour		*Wheat Flour
Protein (%)	49.58	± 0.98	10.90
Fat (%)	14.10	± 0.00	1.48
Ash (%)	0.07	± 0.03	0.42
Humidity (%)	7.43	± 0.03	9.83
Total dietary fiber (%)	24.40	± 0.00	0.07
Carbohydrates (%)	4.41	± 0.99	77.30
Energy (kcal)	344.07	± 0.03	366.00

Results are reported as means ± standard deviation (SD).

* Values obtained from the U.S. Department of Agriculture, (2020).

The nutritional composition of the lupin flour cookie (LFC) is detailed in Table 6 together with the composition of the wheat flour cookie with pecans (WFC). This cookie was used since its composition and ingredients are similar to formulated lupin flour cookie. The wheat flour cookie composition data were obtained from the U.S. Department of Agriculture, (2019). The protein content obtained in LFC was 26.31% as opposed to WFC which has only 4.90%. Evidently this large difference is due to the lupin flour, which has a high protein content. In addition, the protein values comply with NTE INEN 2085:2005, which establishes that the cookie must exceed 3% protein (INEN, 2005). Being a cookie composed entirely of lupin flour, it is completely free of gluten, avoiding the annoying digestive problems suffered by a small part of the population due to gluten intolerance.

The fat content of the LFC was 43.30% which is a little high due to the fact that the cookie has nuts and butter in its formulation. However, there is not an abysmal difference with WFC which has 32.50% fat. The absence of gluten in the lupin flour requires the use of fats, such as butter, to maintain an adequate texture. However, cookies composed of 10% lupin flour had a fat percentage of approximately 20%. This is due to the fact that the rest of their composition is wheat flour, reducing the amount of butter required (Mostafa et al., 2022).

The ash value of the LFC that was determined was 0.08%, which is extremely low compared to studies that reported ash values of approximately 0.80%. However, this difference is attributed to the substitution of only 10% lupin flour in this formulation (Mostafa et al., 2022). In addition, it also differs with the ash content of WFC (1%).

The moisture value obtained for the LFC was 5.48%, being within the maximum allowed moisture range for cookies of 10% as established by NTE INEN 2085:2005, as well as the WFC complies with the standard, maintaining a moisture content of 3.30% (INEN, 2005).

The total dietary fiber content of the LFC obtained was 17.80%. This value is attributed to the fiber content of the lupin flour, surpassing the WFC, which has only 1.80% of total dietary fiber. In addition, the low fiber content of WFC is due to the presence of nuts in its formulation, and not to the wheat flour. However, in studies where 10% substitutions of lupin flour are made for cookies, fiber values of approximately 0.70% are presented. Possibly, due to the low amount of lupin flour used (Mostafa et al., 2022).

The carbohydrate value obtained by difference of the other components was 7.03% for LFC and 58.30% for WFC. The low percentage of carbohydrates in LFC can be very attractive to the market by providing healthier and more nutritious properties, since there is currently a tendency for the population to consume healthier foods (Aranda Tarazona et al., 2021).

The energy intake of LFC (518.36 kcal) was relatively lower than that of wheat (542 kcal). However, most of the energy provided by LFC is from protein and fat, while WFC is mostly from fat and carbohydrates.

Table 6. Nutritional composition of lupin flour cookie vs wheat flour cookie.

Features	Lupin flour Cookie	*Wheat Flour Cookie
Protein (%)	26.31 ± 0.88	4.90
Fat (%)	43.30 ± 0.00	32.50
Ash (%)	0.08 ± 0.01	1.00
Humidity (%)	5.48 ± 0.16	3.30
Total dietary fiber (%)	17.80 ± 0.00	1.80
Carbohydrates (%)	7.03 ± 0.85	58.30
Energy (kcal)	518.36 ± 0.65	542.00

Results are reported as means ± standard deviation (SD).

*Values obtained from the U.S. Department of Agriculture, (2019).

A comparison between the nutritional composition of cookies and flours is shown in the Figure 2, where is clearly visible the difference related to the amount of carbohydrates contained in the wheat compared to lupin, also the protein present in lupin is considerably superior, about the fat, the quantity of fat is clearly changed due to the ingredients used in the cookie formulation but is lightly superior in lupin due to its nature.

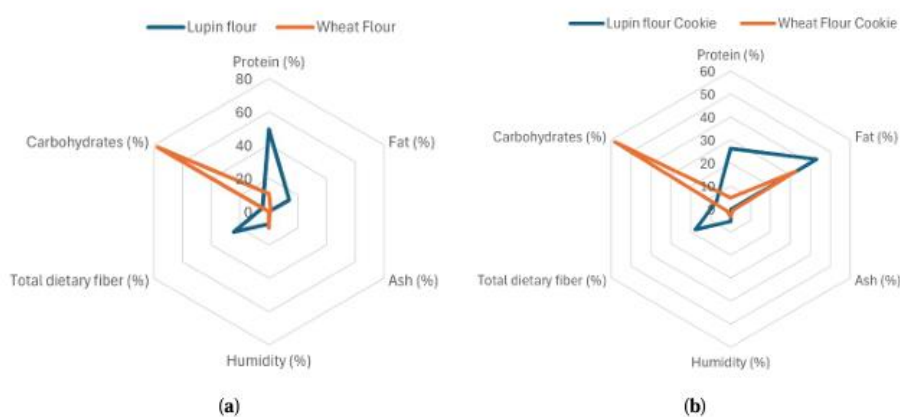


Figure 2. Comparison of nutritional composition of cookies and flours used in the study: (a) lupin flour vs wheat flour, (b) lupin flour cookie vs wheat flour cookie.

Additionally, a texture analysis of the cookies was performed to determine their hardness and fracturability as shown in Table 7. These parameters were determined with the help of the Brookfield Texturometer. For the analysis a TA39 cylindrical probe was used together with the TA-BT-KIT fixture base which compressed the cookies at a penetration distance of 5 mm and a speed of 2 mm/s simulating the bite force of a human. By performing this procedure, the cookie can be broken by measuring the parameters of hardness, as the cookie penetrates, and fracturability, as it retracts.

It should be noted that the values for both hardness and fracturability were identical, which is in line with previous research. However, a high deviation was observed in the results obtained. This is attributed to the presence of nut pieces scattered inside the cookie, which could have caused this variability. Hardness and fracturability are directly related between the water content of the cookie, its different individual ingredients and the chemical bonds between complex molecules such as starch, proteins and their ability to both bind and retain water. In addition, a significant difference was found in the hardness and fracturability parameters ($p > 0.05$) between the LMS formulation and the LMC and LMP formulations. This may be due to the proportion of ingredients used in the three formulations, since the same amount of butter was used for all of them, which may have influenced the result of the analysis of the parameters, causing the cookies with the presence of lupin flour in their formulation to present higher hardness and fracturability. The higher hardness in the cookies with lupin flour could be explained by the relation between starch and protein, because the protein in the cookies with lupin flour is higher, which would lead to a harder structure, and the high presence of fibre could also contribute even more to their hardness (Aponte et al., 2023; Kukurová et al., 2023).

Table 7. Textural properties of cookies.

Formulations	Hardness			Fracturability		
LMS	179.30	±	46.26b	179.30	±	46.26b
LMC	287.40	±	75.85a	287.40	±	75.85a
LMP	287.90	±	77.98a	287.90	±	77.98a

LMS: formulation composed of 100% wheat flour, LMC: formulation composed of 50% wheat flour and 50% lupin flour, LMP: formulation composed of 100% lupin flour. Results are reported as means $\pm$ standard deviation (SD) of three cookie formulations, data marked with a different letter in the same column are significantly different ($p > 0.05$).

Table 8 presents the analysis of the rheological properties performed by Mixolab, where it was observed that the dough development (C1) of the lupin flour sample was 1.20 (± 0.04) Nm which represents the maximum torque during mixing, similar to values presented by different wheat flours from other studies with 1.11 (± 0.04) Nm.

In the zone of thermal weakening of the proteins, a mass weakening (C1-C2) occurs due to the unfolding of hydrophobic proteins. Here a torque decrease was observed at a weakening rate (α) of -0.05 (± 0.00) Nm/min until reaching a swelling power (C2) of 0.50 (± 0.01) Nm which is equivalent to that presented by wheat flours with 0.47 (± 0.03) Nm.

In the second heating phase, the starch gelatinization rate (β) between C2 and C3 was 0.02 (± 0.03) Nm/min. Here the dough was heated with the water released by the denatured proteins causing starch gelatinization. The consistency of the dough increases due to swelling and hydration of the starch granules. Finally, when mechanical shear forces and temperature split the granules, the process stops.

In the lupin flour sample, the starch gelatinization (C3) was $0.88 (\pm 0.35)$ Nm as opposed to the wheat flour which presents a torque of $2.21 (\pm 0.18)$ Nm. This indicates that the dough of lupin flour is possibly not very viscous, which is why it is ideal for cookies.

After reaching 90°C in the analysis, at an enzymatic hydrolysis rate (γ) of $-0.05 (\pm 0.03)$ Nm/min produced between C3 and C4, a strength for amylasic activity (C4) in lupin flour of $0.83 (\pm 0.35)$ Nm was obtained. On the other hand, wheat flour presented force values of $1.84 (\pm 0.17)$ Nm, which indicates that the starch degrading capacity of lupin flour is lower.

Finally, there was a cooling of the starch gel where there was an increase in the consistency of the dough up to C5, corresponding to the end of the starch retrogradation period, and strength values of $1.58 (\pm 0.12)$ Nm were obtained compared to the wheat flour where values of $3.12 (\pm 0.31)$ Nm were obtained. This indicates that the retrogradation in the lupin flour sample is rather slow (Acurio et al., 2018; Banu, Stoenescu, Ionescu, & Aprodu, 2011).

Table 8. Mixolab's characteristics of lupin flour.

Replicas	C1	C2	C3	C4	C5	α	β	γ	Amplitude	Stability
	(Nm)					(Nm/min)			(Nm)	(min)
1	1.250	0.498	0.682	0.632	1.717	-0.046	-0.002	-0.062	0.110	7.6
2	1.178	0.513	0.668	0.613	1.486	-0.046	0.012	-0.072	0.126	8.7
3	1.177	0.490	1.289	1.236	1.546	-0.052	0.052	-0.012	0.083	8.6
Media $\pm$	1.20	0.50	0.88	0.83	1.58	$-0.05 \pm$	$0.02 \pm$	$-0.05 \pm$	$0.11 \pm$	$8.30 \pm$
	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$	$\pm$					
DE	0.04	0.01	0.35	0.35	0.12	0.00	0.03	0.03	0.02	0.61

4. CONCLUSIONS

Sensory evaluations showed that there were only significant differences in the acceptability of the cookies. The most accepted cookie formulation was the one containing 100% lupin flour (LMP), maybe due to a sensory panel who was looking for the product with more nutritional benefits. On the other hand, in the second sensory evaluation, it was observed that there were no significant differences between the two pairs evaluated because the chi-square values calculated were lower than those of the tables.

The physicochemical analysis of lupin flour showed that it is evidently far superior to wheat flour in terms of protein, fat and fiber content. It should be noted that its caloric contribution does not come mainly from carbohydrates as in the case of wheat flour. Thanks to the properties of lupin flour, it was possible to develop a cookie that significantly surpasses wheat flour cookies with a similar composition, highlighting mainly its protein and fiber levels, as well as its low percentage of carbohydrates.

Finally, the rheological and textural properties of both the lupin flour and the cookie with the best acceptability were defined. The texture analysis performed in the Brookfield Texturometer revealed that the cookie composed of 100% lupin flour presented the highest values of hardness and fracturability. In the rheological analysis of lupin flour, a dough development and starch swelling

power similar to wheat flour were observed; however, in the properties of starch gelatinization, amylasic activity and retrogradation, values far below those of wheat flour were obtained.

Author Contributions: Investigation, Andrés Salazar and Mirari Arancibia; Methodology, María del Pilar Mora and Gustavo Guerrero; Writing – review & editing, Alex Valencia, Esteban Fuentes. “All authors have read and accepted the published version of the manuscript.”

Conflicts of Interest: “The authors declare no conflicts of interest.”

REFERENCES

- Acurio, P., Villacrés, E., & Paredes, M. (2018). Modificación de las propiedades reológicas y panificables mediante fermentación del almidón de maíz variedad INIAP 122. In *Ciencia e Ingeniería*.
- AOAC 923.03. (2023). Method 923.03: Ash in Foods. Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.).
- AOAC 925.10. (2023). Method 925.10: Solids (Total) and Moisture in Flour. Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.).
- AOAC 985.29. (2023). Methods 985.29: Total Dietary Fiber in Foods. Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.).
- AOAC 992.23. (2023). Method 992.23: Crude protein in cereal grains and oilseeds. Official Methods of Analysis of AOAC International (22nd ed.).
- AOAC 2003.06. (2023). Method 2003.06: Crude Fat in Feeds, Cereal Grains, and Forages. Official Methods of Analysis of AOAC International.
- Aponte, E., Franco-Crespo, C., & Jacome, A. (2023). Factibilidad del uso de pseudocereales andinos en el desarrollo de barras energéticas. *Revista Ciencia UNEMI*, 16(43), 1–10.
- Aranda Tarazona, J. J., Bocanegra Reyes, G. I., Pantoja-Tirado, L., Prieto Rosales, G. P., Rodríguez-Paucar, G., & Aguirre Vargas, E. (2021). Efecto de la temperatura de extrusión en la mezcla de harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y arroz (*Oryza sativa*) para la producción de un Snack. *TAYACAJA*, 4(1), 122–134. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.158>
- Asalde Montero, N. A., & Iparraguirre Lozano, M. (2023). Determinación de las características nutricionales y sensoriales de galletas fortificadas con cushuro (*Nostoc sphaericum* vauch) y tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet). Repositorio Institucional - ULCB. Retrieved from <http://repositorio.ulcb.edu.pe/xmlui/handle/ULCB/1217>
- Banu, I., Stoenescu, G., Ionescu, V., & Aprodu, I. (2011). Estimation of the Baking Quality of Wheat Flours Based on Rheological Parameters of the Mixolab Curve. *Czech J. Food Sci*, 29(1), 35–44.

- Berru, L. B., Glorio-Paulet, P., Basso, C., Scarafoni, A., Camarena, F., Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2021). Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(1), 98–104. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00880-0>
- Bracamonte Herrera, Á. J. (2023). Caracterización fisicoquímica y reológica de galletas sustituidas parcialmente por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y harina de kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5908>
- Cabrera Mera, V. J., Benavides Panchana, J. I., Cortez Espinoza, A. C., Aldas Morejon, J. P., & Revilla Escobar, K. Y. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum 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>
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016, July 3). *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 56, pp. 1454–1487. Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Curti, C., Alcócer, J., Rivas, M., Vinderola, G., & Ramón, A. (2022). Harinas de lupino blanco (*Lupinus albus*) y andino (*L. mutabilis*) aptas para consumo: características físico-químicas y funcionales. Retrieved from <https://creativecommons.org>.
- Deng, Y., Wang, Y., Zhong, G., & Yu, X. (2018). Simultaneous quantitative analysis of protein, carbohydrate and fat in nutritionally complete formulas of medical foods by near-infrared spectroscopy. *Infrared Physics and Technology*, 93, 124–129. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.07.027>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2002). Food energy-methods of analysis and conversion factors.
- Garrido, F., Jara, K., Wittig De Penna, E., Dondero, M., Mendoza, S., & González, S. (2009). Aceptabilidad de sopas deshidratadas de leguminosas adicionadas de realzadores del sabor (umami). *Rev Chil Nutr*, 36(4), 1105–1112.
- Guan, Z.-W., Yu, E.-Z., & Feng, Q. (2021). Soluble Dietary Fiber, One of the Most Important Nutrients for the Gut Microbiota. *Molecules*, 26(22), 6802. <https://doi.org/10.3390/molecules26226802>
- Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. (2019, October 30). Genetics and Breeding of *Lupinus mutabilis*: An Emerging Protein Crop. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 10. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385>
- INEN, N. (2005). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2085:2005. Galletas. Requisitos .
- Kukurová, K., Rerková, L., Belovic, M., Perović, L., Torbica, A., & Ciesarová, Z. (2023). The impact of asparaginase on textural properties of wholegrain cereal biscuits enriched with sea buckthorn pomace. *Microbiol Biotech Food Sciences*, 13(1).

- Lin, S., Chi, W., Hu, J., Pan, Q., Zheng, B., & Zeng, S. (2017). Sensory and nutritional properties of chinese olive pomace based high fibre biscuit. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(7), 495–501. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-12-1908>
- Mostafa, G. M., El-Desouky, A. I., Sharoba, A. M., Mohamed, Z. E.-O. M., & Morsy, M. K. (2022). Physicochemical and Sensory Properties of Biscuit Fortified With Bitter Lupine. *Annals Of Agricultural Science*, 60(3), 869. Retrieved from <https://assjm.journals.ekb.eg>
- Nikolić, N., Radulović, N., Momčilović, B., Nikolić, G., Lazić, M., & Todorovic, Z. (2008). Fatty acids composition and rheology properties of wheat and wheat and white or brown rice flour mixture. *European Food Research and Technology*, 227(5), 1543–1548. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0877-z>
- Ríos Albuja, C. A. (2013). Plan de negocios para la industrialización y comercialización de consumo masivo de galletas gourmet en Quito-Ecuador. Retrieved from <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/1547>
- U.S. Department of Agriculture. (2019). FoodData Central: Cookies, shortbread, commercially prepared, pecan. Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/174968/nutrients>
- U.S. Department of Agriculture. (2020). FoodData Central: Flour, wheat, all-purpose, enriched, bleached. Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/789890/nutrients>
- Villanueva Flores, R. (2017). Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Ingeniería Industrial*, 35, 183–194. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337453922009>
- Visioli, F., & Poli, A. (2020). Fatty Acids and Cardiovascular Risk. Evidence, Lack of Evidence, and Diligence. *Nutrients*, 12(12), 3782. <https://doi.org/10.3390/nu12123782>

CAPÍTULO III.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

- Las evaluaciones sensoriales realizadas demostraron que solo existió diferencias significativas en la aceptabilidad de las galletas. La formulación de galleta más aceptada fue la que contenía un 100% de harina de chocho (LMP). Posiblemente debido a que se valoró mucho más el aporte nutricional que netamente el sabor de la galleta. Por otro lado, en la segunda evaluación sensorial, se observó que no existieron diferencias significativas entre los dos pares evaluados debido a que los valores de chi-cuadrado calculados fueron menores a los de tablas.
- El análisis físicoquímico de la harina de chocho demostró que evidentemente es muy superior a la harina de trigo en cuanto a contenido proteico, grasa y fibra. Cabe destacar que su aporte calórico no proviene principalmente de carbohidratos como en el caso de la harina de trigo. Gracias a las propiedades de la harina de chocho, se logró desarrollar una galleta que de igual manera supera significativamente a galletas de harina de trigo con una composición similar, destacándose principalmente sus niveles de proteína y fibra, así como su bajo porcentaje de carbohidratos.
- Finalmente, se definieron las propiedades reológicas y de textura, tanto de la harina de chocho como de la galleta con mejor aceptabilidad. El análisis de textura realizado en el Texturómetro Brookfield, reveló que la galleta compuesta de un 100% de harina de chocho presentó los valores más altos de dureza y fracturabilidad. En el análisis reológico de la harina de chocho, se observó un desarrollo de masa y poder de hinchamiento del almidón similares a la harina de trigo, sin embargo, en las propiedades de gelatinización del almidón, actividad amilásica y retrogradación se obtuvieron valores muy lejanos, por debajo de los que presenta la harina de trigo.

3.2. Recomendaciones

- Realizar análisis de digestibilidad in vitro de las galletas de harina de chocho para evaluar la descomposición de sus nutrientes y su absorción en el organismo.
- Verificar la eliminación de alcaloides de la harina de chocho mediante gravimetría o HPLC para evitar posibles intoxicaciones en los consumidores.
- Realizar un análisis de granulometría de la harina de chocho para observar su impacto en la elaboración de galletas, evaluando las diferentes granulometrías obtenidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuja-Vaca, D., Yépez, C., Vernaza, M. G., & Navarrete, D. (2020). Gluten-free pasta: Development of a new formulation based on rice and lupine bean flour (*Lupinus mutabilis*) using a mixture-process design. *Food Science and Technology (Brazil)*, 40(2), 408–414. <https://doi.org/10.1590/fst.02319>
- Aranda Tarazona, J. J., Bocanegra Reyes, G. I., Pantoja-Tirado, L., Prieto Rosales, G. P., Rodríguez-Paucar, G., & Aguirre Vargas, E. (2021). Efecto de la temperatura de extrusión en la mezcla de harinas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y arroz *Oryza sativa*) para la producción de un Snack. *TAYACAJA*, 4(1), 122–134. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i1.158>
- Atchison, G. W., Nevado, B., Eastwood, R. J., Contreras-Ortiz, N., Reynel, C., Madriñán, S., Filatov, D. A., & Hughes, C. E. (2016). Lost crops of the Incas: Origins of domestication of the Andean pulse crop tarwi, *Lupinus mutabilis*. *American Journal of Botany*, 103(9), 1592–1606. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600171>
- Berru, L. B., Glorio-Paulet, P., Basso, C., Scarafoni, A., Camarena, F., Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2021). Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(1), 98–104. <https://doi.org/10.1007/s11130-021-00880-0>
- Bracamonte Herrera, Á. J. (2023). *Caracterización fisicoquímica y reológica de galletas sustituidas parcialmente por harina de tarwi (Lupinus mutabilis) y harina de kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5908>
- Cabrera Mera, V. J., Benavides Panchana, J. I., Cortez Espinoza, A. C., Aldas Morejon, J. P., & Revilla Escobar, K. Y. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum 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>
- Calupiña Jácome, X. A., & Tipán Tipán, F. L. (2020). *Estudio del estado del arte de tres tipos de desamargado (tradicional, fermentación y germinación), de dos ecotipos de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) y de dos índices de madurez, para determinación su factibilidad*.
- Carrera, L., & Alberto, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Revista Qualitas*, 24(24), 066–075. <https://doi.org/10.55867/QUAL24.05>
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. En *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 56, Número 9, pp. 1454–1487). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Cortés-Avendaño, P., Tarvainen, M., Suomela, J. P., Glorio-Paulet, P., Yang, B., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of *Lupinus mutabilis* Sweet after Aqueous Debittering Process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 184–191. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00799-y>

- Curti, C., Alcócer, J., Rivas, M., Vinderola, G., & Ramón, A. (2022). *Harinas de lupino blanco (Lupinus albus) y andino (L. mutabilis) aptas para consumo: características físico-químicas y funcionales*. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Czubinski, J., Grygier, A., & Siger, A. (2021). Lupinus mutabilis seed composition and its comparison with other lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103875>
- Guilengue, N., Alves, S., Talhinhos, P., & Neves-Martins, J. (2019). Genetic and Genomic Diversity in a Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) Germplasm Collection and Adaptability to Mediterranean Climate Conditions. *Agronomy* 2020, Vol. 10, Page 21, 10(1), 21. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY10010021>
- Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. (2019). Genetics and Breeding of Lupinus mutabilis: An Emerging Protein Crop. En *Frontiers in Plant Science* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385>
- Kohli, D., Jain, A., Singh, O., & Kumar, S. (2023). Gluten free approach of biscuits preparation. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100683>
- Mostafa, G. M., El-Desouky, A. I., Sharoba, A. M., Mohamed, Z. E.-O. M., & Morsy, M. K. (2022). Physicochemical and Sensory Properties of Biscuit Fortified With Bitter Lupine. *Annals Of Agricultural Science*, 60(3), 869. <https://assjm.journals.ekb.eg>
- Olukomaiya, O. O., Adiamo, O. Q., Fernando, W. C., Mereddy, R., Li, X., & Sultanbawa, Y. (2020). Effect of solid-state fermentation on proximate composition, anti-nutritional factor, microbiological and functional properties of lupin flour. *Food Chemistry*, 315. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126238>
- Quezada Correa, L. M., Contreras Dioses, O. D., Martínez Mora, E. O., Mero Delgado, F. M., & González Valarezo, H. M. (2019). Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (Colocasia esculenta) sobre las propiedades reológicas de la masa y sensoriales de galletas dulces. *Revista Alimentos Hoy*, 27(47).
- Ríos Albuja, C. A. (2013). *Plan de negocios para la industrialización y comercialización de consumo masivo de galletas gourmet en Quito-Ecuador*. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/1547>
- Villacrés, E., Álvarez, J., & Rosell, C. (2020). Effects of two debittering processes on the alkaloid content and quality characteristics of lupin (Lupinus mutabilis Sweet). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 2166–2175. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10240>
- Villanueva Flores, R. (2017). Productos libres de gluten: un reto para la industria de los alimentos. *Ingeniería Industrial*, 35, 183–194. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337453922009>

ANÉXOS

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

ANÁLISIS SENSORIAL

TEMA: “Formulación de una galleta libre de gluten a partir de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) para el aprovechamiento de sus propiedades nutricionales.”

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones:

- Se le entregaran 3 diferentes tipos de galleta.
- Pruebe cada muestra de galleta de izquierda a derecha y marque con una X la alternativa que mejor describa su atributo sensorial.
- Enjuague su boca con agua luego de consumir cada galleta, para limpiar su paladar y continuar con las siguientes.

Atributo	Alternativa	Muestras		
		LMP	LMS	LMC
COLOR	1. No me gusta en absoluto			
	2. No me gusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
OLOR	1. No me gusta en absoluto			
	2. No me gusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
SABOR	1. No me gusta en absoluto			
	2. No me gusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
TEXTURA	1. No me gusta en absoluto			
	2. No me gusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			
ACEPTABILIDAD	1. No me gusta en absoluto			
	2. No me gusta moderadamente			
	3. No me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta moderadamente			
	5. Me gusta mucho			

Observaciones: _____

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 1 . Hoja de cata utilizada para el análisis sensorial de aceptabilidad de las galletas de harina de chocho.

**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

PRUEBA TRIANGULAR

TEMA: “Formulación de una galleta libre de gluten a partir de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) para el aprovechamiento de sus propiedades nutricionales.”

Nombre: _____

Fecha: _____

Instrucciones:

- Se le entregaran 3 muestras de galleta de las cuales dos son iguales y una es diferente.
- Pruebe cada galleta de izquierda a derecha y marque con una X la muestra diferente al resto.
- Enjuague su boca con agua luego de consumir una galleta, para limpiar su paladar y continuar con las siguientes.

PARTE 1

Muestra	Muestra diferente	Observaciones
397		
256		
875		

PARTE 2

Muestra	Muestra diferente	Observaciones
659		
813		
173		

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 2. Hoja de cata utilizada para prueba discriminativa triangular entre las galletas de harina de chocho.

NDA Dumas Nitrogen Analyser

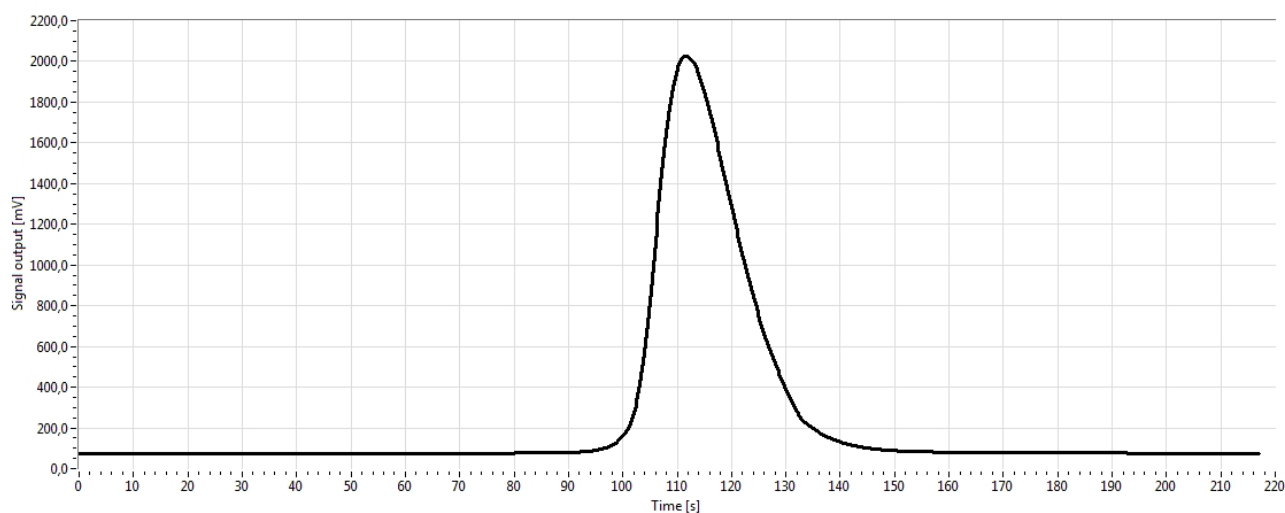
Laboratory information:

Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:

Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [%] Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
15/02/24	11:16:51	HARINA DE CHOCHO R1	99,76	400,0	1,6	267,0	23	6,25	35051,4	8,072	8,091	50,571



Working Calibration:

$$Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0$$

Temperature [°C]:

Combustion furnace: 1030,4
Reduction furnace: 650,3

Flow rate [ml/min]:

MFC1 carrier: 190,0
MFC2 carrier: 219,8

Anexo 3. Replica de análisis de proteína mediante dumas de harina de chocho.

NDA Dumas Nitrogen Analyser

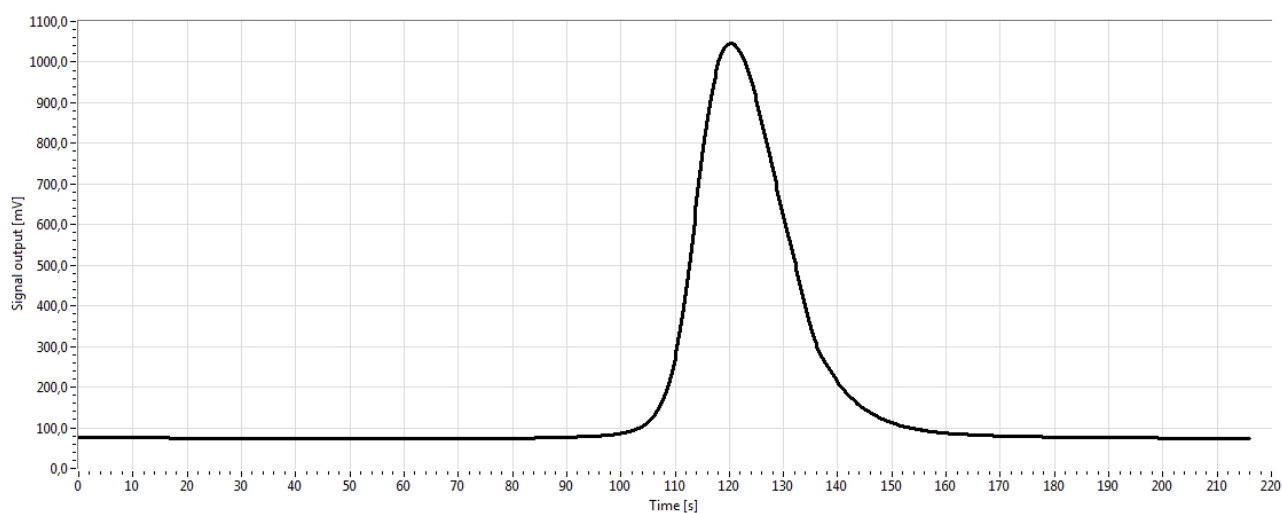
Laboratory information:

Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:

Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [%] Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
15/02/24	11:08:17	¡ALLETA DE CHOCHO R:	100,64	400,0	1,6	266,0	23	6,25	19550,4	4,2673	4,24	26,501



Working Calibration:

$$Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0$$

Temperature [°C]:

Combustion furnace: 1029,3
Reduction furnace: 649,9

Flow rate [ml/min]:

MFC1 carrier: 189,9
MFC2 carrier: 220,0

Anexo 4. Replica de análisis de proteína mediante dumas de galleta de harina de chocho.

INFORME DATOS

Descripción Muestra			Notas:		
Nombre Producto: T1 CS-1					
Nº lote: 06623145					
Nº muestra: 1					
Dimensiones:					
Forma: Bloque					
Longitud:	30,00	mm			
Anchura:	30,00	mm			
Altura:	10,00	mm			
Método Test					
Fecha:		19/03/2024	Hora:		16:06:56
Tipo de Test:		Compresión	Tpo. Recuperación:		0 s
Objetivo:		5,0 mm	Mismo activador:		Falso
Esperar t.:		0 s	Velocidad Pretest:		0,5 mm/s
Carga Activación:		15 g	Fr. Muestreo:		10 puntos/seg
Vel. Test:		0,5 mm/s	Sonda:		TA39
Velocidad Vuelta:		0,5 mm/s	Elemento:		TA-BT-KI
Contador ciclos:		1	Celda Carga:		10000g
Resultados					
Ciclo 1 Dureza:		202			g
Adhesividad:		0,0			mJ
Fracturabilidad:		202			g
con 0% de sensibilidad de carga					

Anexo 5. Replica de análisis de textura de galleta 100% harina de chocho.

INFORME DATOS

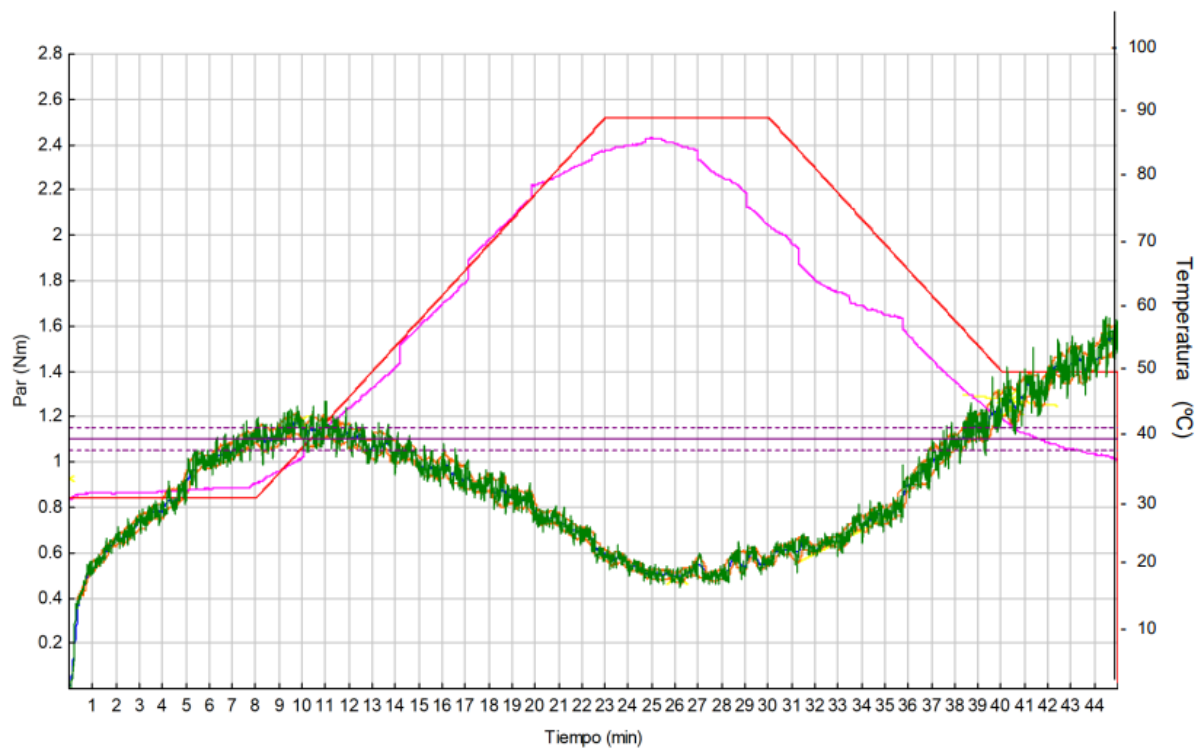
Descripción Muestra			Notas:		
Nombre Producto: T2 CS-1					
Nº lote: 06623145					
Nº muestra: 1					
Dimensiones:					
Forma: Bloque					
Longitud:	25,00	mm			
Anchura:	25,00	mm			
Altura:	10,00	mm			
Método Test					
Fecha:		21/03/2024	Hora:		11:31:30
Tipo de Test:		Compresión	Tpo. Recuperación:		0 s
Objetivo:		5,0 mm	Mismo activador:		Falso
Esperar t.:		0 s	Velocidad Pretest:		0,5 mm/s
Carga Activación:		15 g	Fr. Muestreo:		10 puntos/seg
Vel. Test:		0,5 mm/s	Sonda:		TA39
Velocidad Vuelta:		4,50 mm/s	Elemento:		TA-BT-KI
Contador ciclos:		1	Celda Carga:		10000g
Resultados					
Ciclo 1 Dureza:		303			g
Fracturabilidad:		303			g
con 0% de sensibilidad de carga					

Anexo 6. Replica de análisis de textura de galleta 50% harina de chocho y 50% harina de trigo.

INFORME DATOS

Descripción Muestra		Notas:	
Nombre Producto:	T3 CS-1		
Nº lote:	06623145		
Nº muestra:	1		
Dimensiones:			
Forma:	Bloque		
Longitud:	26,67	mm	
Anchura:	26,67	mm	
Altura:	9,00	mm	
Método Test			
Fecha:	20/02/2024	Hora:	10:14:05
Tipo de Test:	Compresión	Tpo. Recuperación:	0 s
Objetivo:	3,0	mm	Mismo activador: Falso
Esperar t.:	0	s	Velocidad Pretest: 0,5 mm/s
Carga Activación:	15	g	Fr. Muestreo: 10 puntos/seg
Vel. Test:	0,5	mm/s	Sonda: TA39
Velocidad Vuelta:	0,5	mm/s	Elemento: TA-BT-KI
Contador ciclos:	1		Celda Carga: 10000g
Resultados			
Ciclo 1 Dureza:	364	g	
Adhesividad:	0,1	mJ	
Fracturabilidad:	364	g	
con 0% de sensibilidad de carga			

Anexo 7. Replica de análisis de textura de galleta 100% harina de chocho.



Anexo 8. Comportamiento reológico de réplica de harina de chocho en análisis de Mixolab.



Anexo 9. Horneado de galletas.



Anexo 10. Galletas horneadas.



Anexo 11. Cata de galletas elaboradas para el análisis sensorial.



Anexo 12. Muestras para los diferentes análisis sensoriales.



Anexo 13. Análisis de humedad de las muestras de galleta y harina de chocho.



Anexo 14. Análisis de cenizas de las muestras de galleta y harina de chocho.



Anexo 15. Análisis de proteína en Dumas de galleta y harina de chocho.



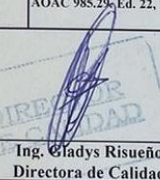
Anexo 16. Análisis de textura de las diferentes formulaciones de galleta.



Anexo 17. Análisis en Mixolab de la harina de chocho.

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

01307

Solicitud N°: 23-253		Certificado No: 23-253		R01-7.8 03		
Fecha recepción: 05 de febrero de 2024		Fecha de ejecución de ensayos: 07 al 09 de febrero de 2024				
Información del cliente:						
Empresa:		C.I./RUC: 1850213990				
Representante: Carlos Salazar		TIF: 0998059096				
Dirección: Ambato		Email: csalazar3990@gmail.com				
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto:	Harina de chocho, galleta de harina chocho	Peso:	200g			
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase:	Envase Plástico			
Lote:	n/a	No de muestras:	Dos			
F. Elb.:	n/a	F. Exp.:	n/a			
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab: 15 días				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente: 05 de febrero de 2024				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Harina de chocho	25323489	Ninguno	Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	14,1
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29, Ed. 22, 2023	%	24,4
Galleta de chocho	25323490	Ninguno	Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	43,3
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29, Ed. 22, 2023	%	17,8
Conds. Ambientales: 21,6°C; 59,0%HR						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 13 de marzo de 2024						

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. Sólo 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 según el proceso legal pertinente".

Anexo 18. Certificado de análisis de grasa y fibra realizados en LACONAL.