UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Desarrollo de una premezcla pastelera con bajo contenido de gluten a base de almendra (*Prunus dulcis*), nuez (*Juglans regia*) y amaranto (*Amaranthus*)

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

Autor: Adrián Josué Avila Armijos.

Tutora: Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

Ambato – Ecuador

Febrero - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

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, 16 de enero de 2025

Firmado electrónicamente por:
MAYRA LILIANA
PAREDES ESCOBAR

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar.

050187395-4

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Adrián Josué Avila Armijos, 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 Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



_____

Adrián Josué Avila Armijos

180490151-8

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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



_____

Adrián Josué Avila Armijos

180490151-8

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 Faculta de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY DEL POZO LEON

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
MIRARI YOSUNE ARANCIBIA SORIA

Dra. Mirari Yosune Arancibia Soria
180214246-1

Firmado electrónicamente por:
RUBEN DARIO VILCACUNDO CHAMORRO

Dr. Rubén Darío Vilcacundo Chamorro
180273810-2

Ambato, 30 de enero de 2025

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación es dedicado en primer lugar a Dios, por ser mi refugio en los momentos difíciles y mi guía en cada paso de la carrera. A la Virgen María, por su infinito amor y protección inquebrantable.

A mi mamá Nancy, por ser el ejemplo más puro de amor, fortaleza y dedicación; gracias por enseñarme a soñar y luchar por mis metas.

A mi hermano William, por su apoyo incondicional y por recordarme siempre que los sueños se construyen juntos.

A mi papá Mario y a mi abuelito Rodrigo, quienes desde el cielo han sido mi fuerza silenciosa. Su amor y legado viven en mi corazón y me impulsan a dar lo mejor de mí.

Esta tesis es para todos ustedes, que han sido mi mayor motivación y mi más grande inspiración.

Con todo mi amor y gratitud Josué Avila

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios y la Virgen María, quienes me ha guiado en cada paso de mi vida y me ha dado la fortaleza para superar los obstáculos que se presentaron a lo largo de mi carrera.

A mi familia, el pilar fundamental en mi vida. A mi mamá Nancy, por su amor incondicional, sacrificios y palabras de aliento que siempre me impulsaron a dar lo mejor de mí. A mi hermano William, por su apoyo constante y por ser mi compañero en los momentos más importantes.

A mi papá Mario y a mi abuelito Rodrigo quienes, aunque ya no están físicamente conmigo, han sido una fuente de inspiración y motivación. Sus enseñanzas, recuerdos y amor eterno me han acompañado en todo momento.

A mi tutora Dra. Mayra Paredes, por su paciencia, orientación y confianza en este proyecto. Su guía fue crucial para alcanzar este logro. También agradezco al Ing. Carlos Moreno, por compartir su conocimiento, sus consejos y por alentarme a superar mis propios límites.

A mis amigos Andrés A., Steven C., Michael C., Liliana C., Liz F., Jonathan M., Cristian J., Marco O., Carlos M., Andrés P., Nicolás L., Kevin A., David S., quienes estuvieron conmigo en cada etapa de este proceso, brindándome apoyo, risas y compañía en los momentos difíciles. En especial, quiero agradecer a una persona muy especial, Andrea C. cuyo apoyo y presencia marcaron una diferencia significativa en mi camino personal y profesional.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la FCIAB, por brindarme las herramientas y el entorno necesario para crecer, aprender y desarrollar este trabajo.

Finalmente, agradezco a la industria Molinos Miraflores S.A. que me apoyó con un análisis fundamental para esta investigación. Su colaboración fue clave para el desarrollo de este trabajo.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro y por haber contribuido a que este sueño se hiciera realidad.

Josué Avila

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS xi
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE ANEXOS xiii
RESUMEN EJECUTIVO xiv
ABSTRACT xv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes Investigativos 1
1.2 Tendencia de alimentos saludables en Ecuador 1
1.3 Perfil del consumidor 2
1.4 Productos pasteleros 3
1.4.1 Tipos de Harina 5
1.4.1.1 Harinas convencionales 5
1.4.1.2 Harinas no convencionales 5
1.4.2 Almendra (Prunus dulcis) 5
1.4.3 Nuez (Juglans regia) 6
1.4.4 Amaranto (*Amaranthus*) 7
1.5 Objetivos 9
1.5.1 Objetivo General 9
1.5.2 Objetivos Específicos 9
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 10
2.1. Materiales y Métodos 10
2.1.1. Materiales 10

2.1.1.1. Ingredientes principales 10
2.1.1.2. Ingredientes secundarios 10
2.1.1.3. Aditivos 10
2.1.2. Equipos y utensilios 11
2.1.3. Panel sensorial 11
2.2. Métodos 11
2.2.1. Evaluación del efecto de la harina de amaranto en la premezcla pastelera 11
2.2.1.1. Proceso de elaboración de la harina de amaranto 11
2.2.1.2. Proceso de elaboración de la harina de nuez y almendra 12
2.2.1.3. Evaluación del efecto de la proporción de la harina de amaranto en la premezcla pastelera sobre su textura y volumen 13
2.2.1.4. Análisis del contenido de gluten en la premezcla pastelera 14
2.2.1.5. Proceso de elaboración de muffins 15
2.2.2. Análisis de las propiedades sensoriales de la premezcla pastelera 16
2.2.2.1. Análisis sensorial 16
2.2.3. Determinación de la composición proximal del producto de mayor aceptación 16
2.2.3.1. Determinación de humedad 16
2.2.3.2. Determinación de proteína 17
2.2.3.3. Determinación de grasa 18
2.2.3.4. Determinación de cenizas totales 18
2.2.3.5. Determinación de carbohidratos 19
2.2.3.6. Determinación del tamaño de partícula 19
2.2.3.7. Determinación de textura 19
2.2.3.8. Determinación de volumen 20
3. CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33
3.1. Análisis y discusión de los resultados 33
3.2. Evaluación del efecto de la harina de amaranto en la premezcla pastelera sobre su textura y volumen 33
3.2.1. Desarrollo de la harina de amaranto 33
3.2.2. Desarrollo de la harina de nuez y almendra 33

3.2.3. Desarrollo de la premezcla pastelera 33
3.2.4. Análisis del contenido de gluten en la premezcla pastelera 34
3.2.5. Calidad de la masa de los muffins 35
3.2.6. Elaboración de los muffins 36
3.2.7. Evaluación del perfil de textura de los muffins 37
3.2.8. Evaluación del volumen de los muffins 38
3.3. Análisis de las propiedades sensoriales de la premezcla pastelera 39
3.3.1. Evaluación de aceptabilidad de la premezcla pastelera a través del análisis sensorial de muffins 39
3.3.2. Color 40
3.3.3. Olor 41
3.3.4. Textura 41
3.3.5. Sabor 41
3.3.6. Aceptabilidad 42
3.4. Determinación de la composición proximal del producto de mayor aceptabilidad 42
4. CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45
4.1. Conclusiones y Recomendaciones 45
4.1.1. Conclusiones 45
4.1.2. Recomendaciones 46
MATERIALES DE REFERENCIA 47
ANEXOS 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Tipos de consumidores saludables. 3
Tabla 2 - Descripción de la formulación de la premezcla pastelera. 14
Tabla 3 - Equivalencia del contenido de gluten seco en % de masa..... 14
Tabla 4 - Descripción de la formulación para la elaboración de muffins. 15
Tabla 5 - Valores obtenidos del análisis mixográfico Chopin S 36
Tabla 6 - Valores obtenidos del análisis de textura de los muffins. 38
Tabla 7 - Valores obtenidos del análisis de volumen de los muffins de un peso de 18 gramos.. 39
Tabla 8 - Valores obtenidos de la prueba de Tukey del análisis sensorial de la premezcla pastelera. 39
Tabla 9 - Valores obtenidos de la composición proximal de la premezcla pastelera para la elaboración de los muffins. 44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Identificación de las principales provincias productoras y consumidoras de almendra en Ecuador. 6
Figura 2 - Identificación de las principales provincias consumidoras de nuez en Ecuador. 7
Figura 3 - Identificación de las principales provincias productoras y consumidoras de amaranto en Ecuador. 8
Figura 4 - Diagrama de procesos para la elaboración de harina de amaranto. 12
Figura 5 - Diagrama de procesos para la elaboración de harina de nuez y almendra. 13
Figura 6 - Diagrama de procesos para la elaboración de muffins. 15
Figura 7- Muffins obtenidos a partir de las formulaciones de la premezcla pastelera. 36
Figura 8 - Valores obtenidos del análisis de textura de los muffins. 38
Figura 9 - Valores obtenidos (escala hedónica) del análisis sensorial de los muffins. 40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 - Obtención de la harina de almendra (Prunus dulcis), nuez (Juglans regia) y amaranto (Amaranthus)..... 55
Anexo 2 - Análisis del contenido de gluten en la premezcla pastelera 55
Anexo 3 - Elaboración de los muffins..... 55
Anexo 4 - Análisis del perfil de textura de los muffins..... 56
Anexo 5 - Análisis de volumen de los muffins 56
Anexo 6 - Análisis sensorial..... 57
Anexo 7 - Análisis de la composición proximal 58
Anexo 8 - Análisis del tamaño de partícula 59
Anexo 9 - Análisis farinográfico..... 60
Anexo 10 - Análisis mixográfico 60

RESUMEN EJECUTIVO

Actualmente, el interés por el consumo de alimentos saludables, seguros y nutritivos adaptados a las necesidades del consumidor han impulsado el desarrollo de productos con bajo contenido de gluten. Esta investigación contribuye al campo de la salud, innovación y seguridad alimentaria mediante el desarrollo de un producto que diversifica el uso de cultivos andinos subutilizados. Dentro de la investigación se desarrolló una premezcla pastelera con bajo contenido de gluten a base de almendra (*Prunus* dulcis), nuez (*Juglans regia*) y amaranto (*Amaranthus*), permitiendo a las personas con baja tolerancia al gluten disfrutar de una dieta variada sin comprometer su salud. Se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA) para evaluar el efecto de la harina de amaranto sobre el volumen y la textura de los muffins. Se realizaron pruebas sensoriales para determinar la aceptabilidad del color, olor, textura y sabor. Adicionalmente, se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos y reológicos para determinar la composición proximal del producto, y el contenido de gluten. Los resultados indicaron que la incorporación de la premezcla pastelera mejoró el perfil nutricional de los muffins, incrementando el contenido de proteína a14,20 por ciento y grasa a17,60 por ciento. Sin embargo, este incremento afectó negativamente el volumen de los muffins con respecto a la muestra testigo. Este trabajo sienta las bases para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria alimentaria.

Palabras claves: alimentos saludables, gluten, premezclas pasteleras, almendra, nuez, amaranto, muffins, pruebas sensoriales, composición proximal, perfil nutricional.

ABSTRACT

The interest in the consumption of healthy, safe, and nutritious foods adapted to consumer needs has driven the development of products with low gluten content. This study contributes to the field of health, innovation, and food safety by developing a product that diversifies the use of underutilized Andean crops. As part of the research, a low-gluten confectionery premix based on almond (*Prunus dulcis*), nut (*Juglans regia*) and amaranth (*Amaranthus*) was developed, allowing people with low tolerance to gluten to enjoy a varied diet without compromising their health. A completely randomized experimental design (CRD) was used to evaluate the effect of amaranth flour on the volume and texture of muffins. Sensory tests were conducted to determine the acceptability of the color, odor, texture, and flavor. In addition, physicochemical and rheological analyses were performed to determine the proximal composition of the product and gluten content. The results indicated that the incorporation of the cake premix improved the nutritional profile of the muffins, increasing the protein content to 14.20 and fat to 17.60 percent. However, this increase negatively affected the volume of the muffins compared to the control sample. Consequently, this research work lays the foundation for further research and applications in the food industry.

Keywords: healthy food, gluten, cake premix, almond, nut, amaranth, muffins, sensory tests, proximal composition, nutritional profile.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

Este proyecto de investigación se centra en la salud y nutrición de personas con intolerancia leve al gluten, una afección inmunológica crónica que afecta al 1% de la población mundial **(Zegarra et al., 2019).** Estas personas enfrentan serios riesgos de salud al consumir alimentos con gluten, presente en cereales convencionales como trigo, centeno y cebada, lo que limita sus opciones alimenticias y afecta su bienestar general **(D. Salazar et al., 2021)**. Esta situación plantea la necesidad urgente de desarrollar productos seguros, nutritivos y variados para este grupo de personas.

Por ello, el desarrollo de una premezcla pastelera a base de frutos secos y amaranto representa una innovación significativa frente a las premezclas comerciales, que suelen contener ingredientes procesados y de bajo valor nutricional. Esta premezcla utiliza ingredientes naturales y nutritivos, como almendras, nueces y amaranto, lo que mejora su perfil nutricional.

Esta opción es ideal para quienes tienen intolerancia leve al gluten, permitiéndoles disfrutar de una dieta variada sin comprometer su salud **(Moreno et al., 2014).** La combinación de frutos secos y amaranto ofrece un producto seguro y una alternativa saludable. Donde, las almendras y nueces aportan proteínas, fibra y grasas saludables, mejorando también las propiedades organolépticas de los productos horneados, mientras que el amaranto, un pseudocereal ancestral, añade fibra y otros nutrientes esenciales **(Caisaguano, 2019)**. Además de su valor nutricional, el uso de ingredientes sostenibles busca contribuir a una industria alimentaria más responsable. Esta investigación no solo se centra en mejorar los productos horneados, sino también en promover prácticas sostenibles.

Finalmente, la formulación de esta premezcla con bajo contenido de gluten ofrece varios beneficios. En primer lugar, brinda una alternativa segura para las personas con intolerancia leve al gluten, permitiéndoles disfrutar de productos horneados sin comprometer su salud. Según **Hernández et al. (2018)**, esta premezcla es libre de gluten, lo que la convierte en una opción saludable tanto para quienes siguen una dieta baja en gluten, ya sea por razones de salud como por preferencia personal.

En general, esta investigación busca contribuir significativamente al campo de la salud y la seguridad alimentaria mediante la formulación de una premezcla innovadora que no solo cumpla con los requerimientos nutricionales de personas con intolerancia leve al gluten, sino que también mantenga un alto estándar sensorial. Además, promueve el uso de ingredientes naturales y sostenibles, alineándose con la creciente demanda del mercado por opciones más saludables y responsables.

1.2 Tendencia de alimentos saludables en Ecuador

La tendencia hacia alimentos saludables está influenciada por varios factores perceptivos y decisivos en la sociedad. En Europa y Latinoamérica, el consumo de alimentos saludables ha aumentado

significativamente, especialmente entre mujeres y personas fitness, quienes buscan alimentos que aporten beneficios para la salud y prevengan enfermedades **(O. Martínez et al., 2021)**. A pesar de esta preocupación por el autocuidado, el consumo frecuente de comidas rápidas y bajas en nutrientes sigue siendo un problema, ya que se ingieren en grandes cantidades, afectando negativamente la salud **(Murillo & Rodríguez, 2018)**.

En Ecuador, el consumo de verduras, frutas y frutos secos es bajo, mientras que la ingesta de grasas saturadas y azúcares es elevada, desencadenando problemas de obesidad y diabetes en la sociedad. Para esto, muchas industrias alimenticias han comenzado a desarrollar productos bajos en azucares y carbohidratos, y son enriquecidos con proteínas, vitaminas y fibra, con el objetivo de promover una alimentación más saludable y prevenir riesgos para la salud a largo plazo **(Salazar, 2016)**.

Por ello, el consumo creciente de carbohidratos refinados, como azúcares y cereales procesados, ha contribuido al aumento de la obesidad y la diabetes en las últimas décadas en el Ecuador. Actualmente, más del 60% de los adultos padece sobrepeso u obesidad, lo que eleva el riesgo de desarrollar enfermedades metabólicas, como la diabetes tipo II **(Dávila et al., 2023)**. Este cambio en los hábitos alimentarios, impulsado por la adopción de dietas urbanas más calóricas y ricas en grasas y azúcares, ha generado una crisis de salud pública. Si estas tendencias continúan, se proyecta que para 2050 la obesidad y la diabetes crecerán sustancialmente, agravando el sistema de la salud pública **(Bernstein, 2008; Vinueza et al., 2023)**.

Por otra parte, el mercado de productos saludables ha crecido considerablemente en el país. Tanto las tiendas especializadas en alimentos orgánicos, sin gluten y bajos en azúcar, como los supermercados tradicionales han ampliado su oferta en esta categoría. Ingredientes como la quinua, el amaranto, las frutas orgánicas y los frutos secos destacan por su valor nutricional. Donde, el auge de opciones vegetarianas, veganas y sin lácteos responde a las nuevas preferencias de los consumidores, quienes buscan alternativas más saludables y sostenibles.

A pesar de los avances tecnológicos que predominan día a día, el acceso a alimentos saludables sigue siendo un desafío para algunas poblaciones, especialmente en zonas rurales y de bajos recursos. La dieta tradicional, rica en carbohidratos y frituras, aún predomina en muchos hogares ecuatorianos. Sin embargo, la tendencia hacia una alimentación más saludable se consolida, sobre todo entre las nuevas generaciones, lo que proyecta un futuro optimista para la nutrición en el Ecuador.

1.3 Perfil del consumidor

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, hoy en día las personas demandan el consumo de alimentos que promuevan un estilo de vida más saludable para mantener su estado físico. Esta tendencia refleja la importancia de una dieta equilibrada para prevenir enfermedades, mejorar los niveles de energía y afrontar el envejecimiento de manera más llevadera.

Entre las personas que llevan ese estilo de vida más sano, se identifican cuatro diferentes tipos de consumidores enfocados en el consumo de alimentos saludables (ver Tabla 1).

Tabla 1 - Tipos de consumidores saludables.

Tipo de consumidor	Descripción
Consumidor Saludable	Los consumidores saludables son personas que priorizan hábitos alimenticios sanos, optando por alimentos nutritivos, bajos en grasa y azúcar.
Consumidor Eco – Auténtico	Los consumidores eco-auténticos no solo priorizan la salud, sino también el cuidado del medio ambiente. Reconocen que los productos ECO/BIO se fabrican de manera responsable y sostenible, reduciendo su impacto ambiental.
Consumidor Trendy	Estos consumidores suelen seguir la tendencia ECO y BIO, argumentando que les permiten cuidar su bienestar, sin considerar aspectos nutricionales o de sostenibilidad.
Consumidor Orgánico	Estos consumidores prefieren alimentos orgánicos de calidad, con buen sabor, ingredientes ecológicos, insumos no procesados y libres de químicos.

Nota: Información tomada de Arevalo et al. (2021)**.**

1.4 Productos pasteleros

Los productos de pastelería son alimentos procesados que se producen a partir de la fermentación y horneo de una masa que se elabora mediante una mezcla de diversos ingredientes, como leche, huevos, azúcar, sal, mantequilla y levadura, proceso mediante el cual se obtiene las galletas, pasteles, bizcochos, muffins, entre otros **(Vázquez-Chávez & Hernández-López, 2023)**.

En Ecuador, la harina de trigo es el ingrediente principal para la elaboración de pasteles debido a su gran riqueza nutricional. Sin embargo, se intenta emplear harinas no convencionales que no contengan gluten en su composición, pero que contemplen atributos organolépticos de calidad como su sabor, aroma y textura, similares a los de la harina de trigo, de igual manera deben poseer propiedades nutritivas como proteínas, fibra, vitaminas, minerales y grasas que son muy saludables en proporciones adecuadas para mejorar la calidad de vida de las personas celiacas **(Mera-Carbo et al., 2020)**.

Actualmente en nuestro país, el sector de la panadería y pastelería ha experimentado un notable crecimiento, impulsado por la demanda de productos locales y la reactivación económica. Este auge se evidencia en el impulso de harinas especializadas para repostería, promovida por empresas como Molinos Miraflores, que ofrecen capacitaciones para mejorar la calidad y fomentar la innovación entre pequeños productores **(Molinos Miraflores, 2020)**. La importancia de este sector en la economía ecuatoriana es indiscutible, con una demanda creciente de harinas especializadas que recalca el papel fundamental de la panificación en la economía local y la necesidad de garantizar una oferta constante de materias primas **(S. Salazar, 2016)**.

Sin embargo, el Ecuador enfrenta un importante desafío debido a su alta dependencia de las importaciones de trigo, ya que solo el 10% del consumo nacional proviene de la producción local, mientras el 90% restante se importa, principalmente de Canadá, Argentina y Estados Unidos. En 2015, la producción nacional alcanzó apenas 6,268 toneladas métricas frente a una demanda superior a 900,000 toneladas, evidenciando la insuficiencia del suministro interno **(OEC, 2013)**. Aunque el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Ministerio de Agricultura han promovido el cultivo de trigo en provincias como Carchi, Imbabura y Chimborazo, la oferta local sigue siendo limitada **(Yanez, 2015)**. Esta situación resalta la urgencia de implementar estrategias para fortalecer la autosuficiencia en la producción de trigo sin comprometer los estándares de calidad **(Arancel Nacional de Importaciones del Ecuador, 2022)**.

En cuanto, a la calidad de los productos pasteleros es esencial su control con el fin de garantizar la seguridad alimentaria, cumplir con las expectativas del consumidor y conservar sus propiedades sensoriales y nutricionales **(Pérez de León, 2019)**. La calidad en este ámbito incluye no solo el sabor, textura y apariencia, sino también frescura, valor nutricional y seguridad microbiológica **(Yumi, 2019)**. Un control adecuado permite que el producto final cumpla con los estándares establecidos, previniendo problemas de contaminación, variaciones en el sabor y textura que puedan comprometer su aceptabilidad **(Bravo, 2023)**.

Existen técnicas y herramientas para controlar la calidad en los productos de pastelería. Uno de los métodos más empleados es el análisis sensorial, el cual evalúa las propiedades organolépticas del producto, como el color, aroma, apariencia, textura y sabor, a través de panelistas especializados o consumidores semi entrenados **(Hernandez, 2005)**. Además, se utilizan técnicas de laboratorio como la medición del contenido de humedad, que influye en la frescura y vida útil de producto. También se usan dispositivos como el mixolab, farinógrafo y el alveógrafo, los cuales permiten evaluar la calidad de la harina y las propiedades reológicas de las masas, lo que influye directamente en la textura y el volumen de los productos horneados **(Lascano, 2010; Plaza, 2016)**.

Finalmente, la implementación de sistemas de gestión de calidad, como las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y la norma HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), es crucial

en el proceso de producción **(Vasallo & Vega, 2020)**. Estos sistemas permiten identificar y controlar los riesgos en cada etapa de la elaboración, desde la recepción de la materia prima hasta el empacado final **(Bastidas, 2024)**. Además, gracias a estas técnicas, se garantiza que los productos de pastelería sean seguros para el consumo y conserven su calidad constantemente, lo que es esencial para la satisfacción del cliente y el éxito comercial **(Yumi, 2019)**.

1.4.1 Tipos de Harina

Los dos tipos de harinas que actualmente se consumen y se elaboran, son las siguientes:

1.4.1.1 Harinas convencionales

Se conoce comúnmente como harinas convencionales aquellas que se obtienen a partir del proceso de la molienda del grano del cereal, donde el trigo es uno de los granos más utilizados para la obtención de harina, debido a su gran formación de gluten **(de la Vega, 2019).** De igual manera, se compone de dos proteínas solubles llamadas gliadina y glutenina, las cuales tienen la capacidad de aglutinarse, es decir, que son propiedades únicas del trigo **(Mesas & Alegre, 2002).**

Además, la harina de trigo es utilizada en la industria alimenticia para la fabricación de fideos, panes, galletas, bizcochos, productos de repostería y pastelería, al igual de ser utilizada en productos no alimentos como la fabricación de biomateriales y bioplásticos **(Chaquilla et al., 2018).**

1.4.1.2 Harinas no convencionales

En cuanto, a las harinas no convencionales se las conoce como la sustitución de la harina de trigo, que pueden obtenerse a partir de granos no tradicionales como arroz, maíz, soja, yuca, frutos secos, amaranto, quinua, entre otros **(Moreno et al., 2014)**. Los cuales brindan un sin número de beneficios para la salud del consumidor como proteínas, vitaminas, fibra, grasas saludables, entre otros nutrientes esenciales.

Actualmente, se han desarrollado nuevas tecnologías de transformación de granos, con el propósito de desarrollar productos que sean beneficiosos para la salud **(Vásquez Lara et al., 2017)**. Como resultado, se ha innovado en el desarrollo de nuevos productos de repostería, panadería y pastelería utilizando harina no tradicional en su elaboración, ya que aportan fibra, vitaminas, proteínas y componentes bioactivos al consumidor **(Villa & Mejía, 2015)**.

1.4.2 Almendra (Prunus dulcis)

La almendra (*Prunus dulcis*), es un árbol perteneciente a la familia Rosaceae, que es conocido por sus semillas comestibles, que tienen un alto valor nutricional. Este árbol se encuentra en países como Estados Unidos, España, Australia, China, entre otros, donde se cultivan en climas mediterráneos, subtropicales y templados **(M. Martínez et al., 2018)**. Además, la almendra tiene un alto contenido de proteínas, grasas saludables, fibra, vitaminas y minerales, destacando su contenido en vitamina E,

magnesio y antioxidantes, las cuales habitualmente se consumen crudas o tostadas, y son utilizadas en la fabricación de diversos productos alimenticios y cosméticos **(Arrázola et al., 2014)**.

La producción de almendra en Ecuador está en crecimiento, especialmente en provincias con condiciones climáticas propicias para el cultivo de árboles de frutos secos. Las zonas productoras más destacadas es la Costa, principalmente en Guayas y Manabí, donde se ha desarrollado infraestructura agrícola destinada a la producción de almendras y cacao **(Vera et al., 2021)**.

En cuanto, al consumo de almendras ha aumentado considerablemente en provincias urbanas como Pichincha y Guayas, el cual se ha impulsado por tendencias de alimentación saludable y el interés en productos con beneficios nutricionales. Este crecimiento refleja un cambio en las preferencias alimentarias, ya que las almendras son una fuente de ácidos grasos saludables, proteínas y fibra, lo que las convierte en un ingrediente cada vez más popular en snacks, repostería y productos derivados, como la leche de almendra **(Tamayo et al., 2024)**.

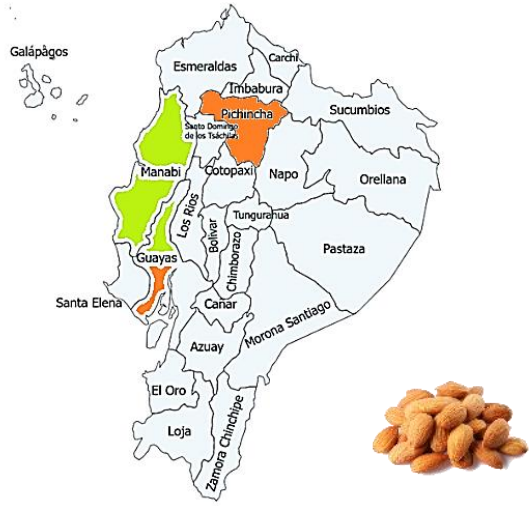


Figura 1 - Identificación de las principales provincias productoras y consumidoras de almendra en Ecuador.

Nota. En la figura se presenta el mapa de Ecuador, destacando en color verde las provincias productoras de almendra y en anaranjado las principales provincias consumidoras.

1.4.3 Nuez (Juglans regia)

La Nuez (*Juglans regia*), es un árbol perteneciente a la familia Juglandaceae, que se caracteriza por sus frutos comestibles, es originario de Asia Central y crece en climas templados. El fruto de la nuez se encuentra almacenado en una cáscara dura y arrugada, el cual contiene ácidos grasos, omega-3, proteínas, fibra, vitaminas y minerales, así como antioxidantes y polifenoles, los cuales promueven grandes beneficios para la salud, como la protección cardiovascular **(Viera et al., 2019)**.

Según, **M. Martínez et al. (2012)** afirman que las nueces se usan y se consumen tanto frescas como secas, las cuales son empleadas en una amplia gama de recetas culinarias, así como en las industrias de confitería, pastelería y panadería, donde sus características organolépticas, como su sabor, aroma y textura, desempeñan un papel importante en la elaboración de productos horneados.

En Ecuador, el consumo de nueces ha crecido especialmente en las provincias de Pichincha y Guayas, donde los consumidores muestran un mayor interés en productos naturales y saludables. A pesar de la creciente demanda, la producción nacional de nueces es limitada, lo que impulsa la importación de otros países para satisfacer el mercado local **(Arévalo-Chávez et al., 2018)**. Las nueces son valoradas en Ecuador por su contenido de grasas saludables, proteínas y antioxidantes, atributos que impulsan su popularidad en dietas enfocadas en mejorar la salud cardiovascular y general **(Arboleda et al., 2022).**

Aunque la producción de nueces aún no alcanza el nivel de productos agrícolas exportados tradicionalmente como el banano o el cacao, el aumento del consumo interno sugiere un mercado en expansión, alineado con tendencias globales de alimentación saludable **(Paucar, 2018)**.

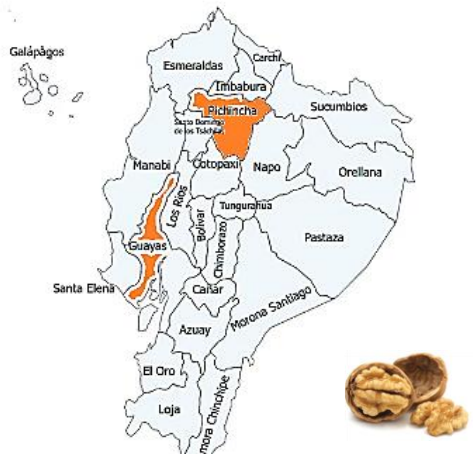


Figura 2 - Identificación de las principales provincias consumidoras de nuez en Ecuador.

1.4.4 Amaranto (*Amaranthus*)

El amaranto (*Amaranthus*), es una planta perteneciente a la familia Amaranthaceae, que se destaca especialmente por su amplia implementación en la agricultura y la industria alimentaria debido a su alto valor nutricional. Se cultiva principalmente por sus semillas y hojas comestibles, especialmente por su resistencia a condiciones adversas y su capacidad para adaptarse a suelos pobres **(Espitia et al., 2021)**.

Las semillas del amaranto son ricas en proteínas, fibra y nutrientes de alta calidad libres de gluten, lo que las hace valiosas para personas intolerantes. Además, se puede consumir de varias maneras, desde la cocción hasta la molienda para la obtención de harina. El amaranto ha sido cultivado durante muchos siglos en América Latina, siendo actualmente notorio por todo el mundo, debido a su gran potencial como cultivo sostenible y alimento funcional **(Algara et al., 2013; Hernández et al., 2018)**.

La producción de amaranto en Ecuador ha ganado relevancia en los últimos años debido a su alto valor nutricional, particularmente en proteínas y aminoácidos esenciales. Este pseudocereal se cultiva principalmente en la región andina, en provincias como Imbabura, Cotopaxi y Chimborazo, que agrupan alrededor de 3,068 hectáreas de cultivo **(Albuja et al., 2020)**. Las condiciones climáticas y de altitud en estas áreas, junto con prácticas agrícolas tradicionales, favorecen la biodiversidad y promueven el desarrollo sostenible **(Suarez Mora & Silva Pérez, 2023)**.

En términos de consumo, el amaranto es valorado especialmente en Imbabura y Cotopaxi, donde se utiliza en alimentos típicos y es promovido en mercados locales por sus beneficios para la salud **(Artieda & Bravo, 2021)**. Aunque su comercialización sigue siendo limitada frente a productos más convencionales, el interés creciente de consumidores que buscan opciones saludables y nutritivas ha ampliado su presencia en ferias y locales de productos naturales. Además, el Ecuador ha empezado a considerar el amaranto para la exportación, dado su potencial en mercados internacionales, especialmente en la Unión Europea y Estados Unidos **(Suarez Mora & Silva Pérez, 2023)**.

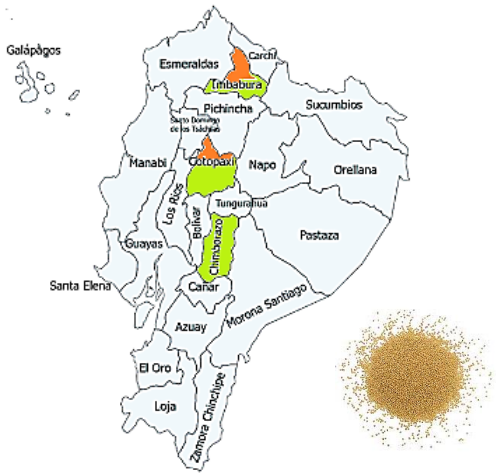


Figura 3 - Identificación de las principales provincias productoras y consumidoras de amaranto en Ecuador.

Nota. En la figura se presenta el mapa de Ecuador, destacando en color verde las provincias productoras de amaranto y en anaranjado las principales provincias consumidoras.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Desarrollar una premezcla pastelera con bajo contenido de gluten a base de almendra (*Prunus dulcis*), nuez (*Juglans regia*) y amaranto (*Amaranthus*).

1.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la harina de amaranto en la premezcla pastelera sobre su textura y volumen.
- Analizar las propiedades sensoriales de la premezcla pastelera.
- Determinar la composición proximal del producto de mayor aceptabilidad.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1. Materiales y Métodos

La fase experimental de esta investigación se llevó a cabo utilizando los recursos, materias primas, equipos y utensilios que se detallan a continuación.

2.1.1. Materiales

2.1.1.1. Ingredientes principales

- **Almendra *(Prunus dulcis)*:** Se utilizó almendra de la variedad Rosaceae, adquirida en locales de especerías en la ciudad de Ambato. La almendra fue seleccionada, molida y tamizada para ser incorporada como ingrediente en la premezcla.
- **Nuez *(Juglans regia)*:** Se utilizó nuez de la variedad Juglandaceae, adquirida en locales de especerías en la ciudad de Ambato. La nuez fue seleccionada, molida y tamizada para ser incorporada como ingrediente en la premezcla.
- **Amaranto (*Amaranthus*):** Se utilizó amaranto de la variedad Amaranthaceae, adquirido en locales de especerías en la ciudad de Ambato. El amaranto fue seleccionado, humedecido con agua potable para ablandar su capa externa, molido y tamizado para ser incorporado como ingrediente base de la premezcla.

2.1.1.2. Ingredientes secundarios

- **Huevos:** Se utilizó huevos, adquirido en supermercados de Ambato, con la finalidad de emulsificar, dar estructura y humedad a la masa.
- **Azúcar:** Se utilizó azúcar, adquirida en supermercados de Ambato, con la finalidad de endulzar y dar textura a la masa.
- **Leche:** Se utilizó leche, adquirida en supermercados de Ambato, con la finalidad de emulsificar, humedecer, aportar sabor y nutrientes a la masa.
- **Mantequilla:** Se utilizó mantequilla, adquirida en supermercados de Ambato, con la finalidad de engrasar, dar sabor y textura a la masa.

2.1.1.3. Aditivos

- **GranoMix:** Se utilizó este aditivo, adquirido en una tienda online denominada GranoTec, para mejorar la textura, el sabor, la retención de agua y la estabilidad de la masa.
- **Polvo de hornear:** Se utilizó polvo de hornear, adquirido en supermercados de Ambato, como agente leudante para facilitar la elevación de la masa durante el proceso de horneado.

- **Cloruro de sodio (sal común):** Se utilizó sal, adquirida en supermercados de Ambato, para realzar los sabores del producto, controlar la fermentación y el desarrolló de gluten, así como para mejorar la textura.

2.1.2. Equipos y utensilios

- **Balanza:** Utilizada para medir la masa de los ingredientes o muestras.
- **Balanza analítica:** Utilizada para pesar muestras pequeñas o reactivos con gran exactitud.
- **Estufa:** Utilizada para secar muestras, eliminar la humedad o desnaturalizar componentes. Es fundamental en la determinación del contenido de humedad de los alimentos y en los procesos de deshidratación.
- **Mufla:** Utilizada para incinerar muestras y eliminar materia orgánica, la cual es fundamental para el análisis de cenizas.
- **Molino de discos:** Utilizado para triturar y pulverizar muestras de alimentos en partículas finas.
- **Tamizador:** Utilizado para separar partículas según su tamaño mediante mallas o tamices. Este análisis de granulometría es fundamental para evaluar la textura y calidad de los productos alimenticios.
- **Farinógrafo:** Este equipo evalúo las propiedades de la harina y su comportamiento durante la mezcla y amasado.
- **Mixolab:** Este equipo evalúo la calidad de las harinas y su comportamiento en procesos de cocción.

2.1.3. Panel sensorial

Se conformó un panel sensorial de 20 catadores semi entrenados, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos, que participaron en las pruebas de preferencia de las formulaciones desarrolladas. Los participantes, de entre 20 y 30 años, tenían hábitos de consumo regulares de productos pasteleros y no presentaban alergias conocidas a los ingredientes.

2.2. Métodos

2.2.1. Evaluación del efecto de la harina de amaranto en la premezcla pastelera

2.2.1.1. Proceso de elaboración de la harina de amaranto

La harina de amaranto se desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, siguiendo la metodología descrita por **E. Martínez & Mátar (2017)**, donde los procesos básicos (ver Figura 4) son descritos a continuación:

1. **Limpieza:** Previo a la etapa de molienda se retiró las impurezas y partículas extrañas del grano mediante un proceso de aireado o el uso de equipos vibratorios.
2. **Acondicionamiento:** En esta etapa se añadió agua potable para humedecer la capa externa del grano del pseudocereal, con el objetivo de suavizar el endospermo y facilitar el proceso de molienda.
3. **Molienda:** En esta etapa, se redujo el tamaño de partícula del pseudocereal, utilizando un molino de discos consiguiendo su máximo rendimiento. Este proceso se lo realizó entre 3 y 5 veces.
4. **Tamizado:** Después del proceso de molienda, toda la harina obtenida se colocó en un tamizador de varias bandejas, el cual está constituido por tamices de diferentes granulometrías.
5. **Envasado:** En este proceso, el producto se colocó en bolsas de polipropileno para conservar su calidad, lo que ayudó a inhibir la humedad y evitar la proliferación de microorganismos
6. **Almacenamiento:** En esta última etapa la harina se almacenó a una temperatura de 20 a 27°C y con una humedad relativa entre 8 y 12%.

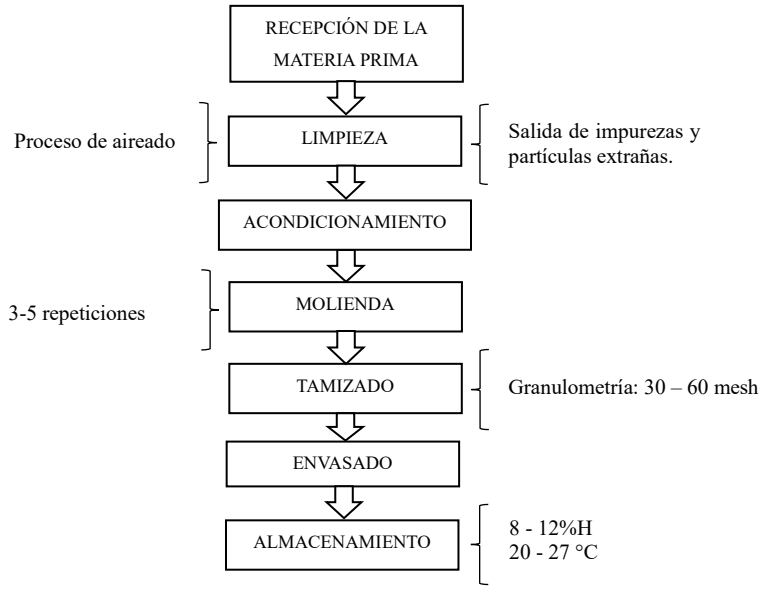


Figura 4 - Diagrama de procesos para la elaboración de harina de amaranto.

Nota. Adaptado de "Elaboración de harina de amaranto" (p. 88), Martínez & Mátar 2017, *UTN Facultad Regional San Rafael.*

2.2.1.2. Proceso de elaboración de la harina de nuez y almendra

En los laboratorios de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato se elaboraron las harinas de nuez y almendra, siguiendo la metodología descrita a continuación.

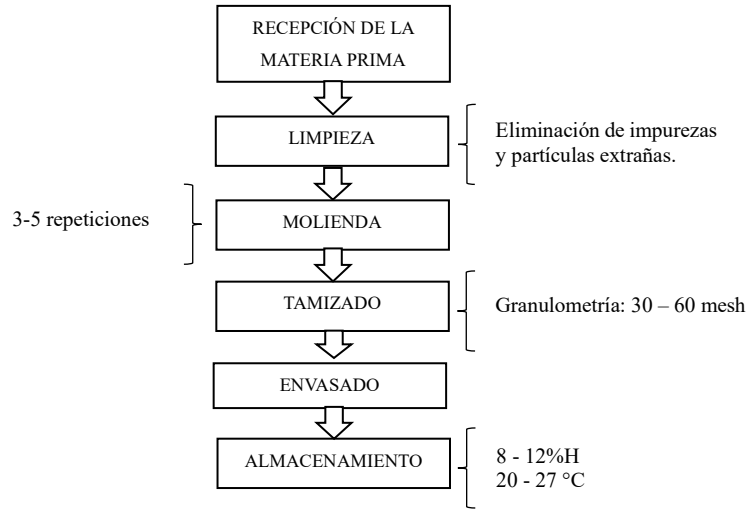


Figura 5 - Diagrama de procesos para la elaboración de harina de nuez y almendra.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.1.3. Evaluación del efecto de la proporción de la harina de amaranto en la premezcla pastelera sobre su textura y volumen

Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres repeticiones por formulación para evaluar el impacto de la proporción de harina de amaranto en la premezcla pastelera, analizando los factores de volumen y textura de los muffins. Las variables consideradas fueron:

Variables

Variables dependientes

- Análisis sensorial (color, olor, sabor, aceptabilidad).
- Textura y volumen.

Variables independientes

- Porcentaje de harina de amaranto (*Amaranthus*).
- Porcentaje de harina de trigo.

Diseño experimental

En la Tabla 2 se presentan las proporciones de las harinas de amaranto, nuez y almendra empleadas para formular la premezcla pastelera. El diseño experimental aplicado permitió optimizar la calidad del producto, logrando una alta aceptabilidad entre los consumidores.

Tabla 2 - *Descripción de la formulación de la premezcla pastelera.*

Variables	Formulación testigo (%)	Formulación 1 (%)	Formulación 2 (%)
Harina de trigo	80,0	50,0	-
Harina de amaranto	-	30,0	80,0
Harina de nuez	10,0	10,0	10,0
Harina de almendra	10,0	10,0	10,0

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se empleó el programa estadístico SPSS y Excel, para realizar el diseño experimental DCA correspondiente a las variables dependientes de ambas formulaciones, incluyendo los resultados del análisis de texturometría. Además, se aplicó la metodología descrita por **Osorio (2018)**, contempla un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas en los datos obtenidos del análisis sensorial y de textura. Consecuentemente, para las muestras que presentaron desigualdades significativas, se empleó una prueba de comparación múltiple (Tukey) con un nivel de confianza del 95%.

2.2.1.4. Análisis del contenido de gluten en la premezcla pastelera

Se determinó el contenido de gluten húmedo de la premezcla pastelera siguiendo la metodología establecida en la norma **NTE INEN 21415-1 (2013) & NTE INEN 21415-3 (2014)**. Se pesaron 30 gramos de muestra y se mezclaron con 16.5 mL de solución de NaCl (2-2,5%) hasta formar una masa, registrando su peso inicial. A continuación, la masa se enjuagó bajo un chorro de agua durante 8 minutos, presionándola y retirándola del chorro en siete ocasiones para eliminar completamente el almidón, comprobando su ausencia con una solución de yodo. Finalmente, el gluten obtenido se comprimió para eliminar la mayor cantidad de agua posible, se dejó reposar durante 30 minutos y se registró su peso final. Para determinar al gluten seco se colocó el gluten húmedo previamente obtenido en una estufa a 110 ºC por 4 horas, se enfrió en un desecador y luego se registró el peso obtenido. Para identificar si el contenido de gluten es bajo se debe comparar los valores obtenidos con la siguiente tabla.

Tabla 3 - *Equivalencia del contenido de gluten seco en % de masa.*

% de gluten	Equivalencia
Más del 13	Excepcional
10.1 - 13.0	Muy alto
8.1 - 10.0	Alto
6.1 – 8.0	Mediano
4.1 – 6.0	Bajo
Menos de 4	Muy bajo

Adicionalmente, la reología de la masa se analizó utilizando el equipo Mixolab, con apoyo técnico de los especialistas de laboratorio de la industria Molinos Miraflores. Según **Sacón et al. (2016)**, mencionan que este dispositivo permite obtener resultados sobre el índice de gluten, la absorción de agua, el tiempo de desarrollo, el índice de amasado, la viscosidad, la estabilidad y el debilitamiento de la masa, previo al proceso de elaboración de los muffins.

2.2.1.5. Proceso de elaboración de muffins

Para el proceso de elaboración de muffins, se siguió la metodología propuesta por **(Mera-Carbo et al., 2020)**.

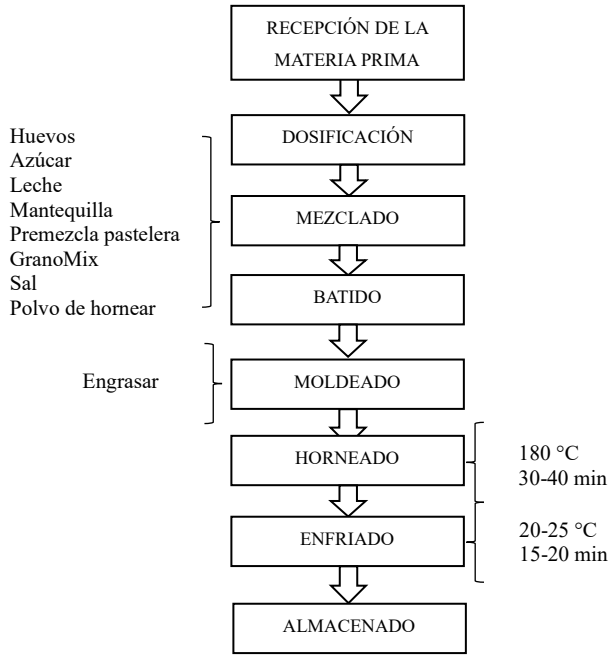


Figura 6 - Diagrama de procesos para la elaboración de muffins.

Nota. Adaptado de "Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum Spp.)* por harina de amaranto (*Amaranthus spp*.) y quinua (*Chenopodium quinoa willd*.) en galletas." (p. 58), por Mera-Carbo et al. 2020, *Ciencia y Tecnología de Alimentos 30*(1).

A continuación, en la Tabla 4. se presenta los porcentajes utilizados en cada proceso de elaboración de los muffins.

Tabla 4 - *Descripción de la formulación para la elaboración de muffins.*

Ingredientes	Formulación testigo (%)	Formulación 1 (%)	Formulación 2 (%)
Huevos	6,0	6,0	6,0
Azúcar	15,0	15,0	15,0
Leche	20,0	20,0	20,0

Mantequilla	15,0	15,0	15,0
Harina de trigo	34,0	17,0	-
Premezcla pastelera	-	17,0	34,0
GranoMix	6,0	6,0	6,0
Sal	2,0	2,0	2,0
Polvo de hornear	2,0	2,0	2,0
Total	100	100	100

Fuente: Silva, 2024.

2.2.2. Análisis de las propiedades sensoriales de la premezcla pastelera

2.2.2.1. Análisis sensorial

Se realizaron pruebas de degustación para determinar la formulación de mayor aceptación en la elaboración de los muffins. Estas pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de catación de la planta piloto de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, donde 20 catadores semi entrenados evaluaron las propiedades de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad. El análisis sensorial se llevó a cabo mediante la implementación de una escala hedónica de 4 puntos, según la metodología descrita por **Cárdenas et al. (2018) & Zegarra et al. (2019),** donde las alternativas fueron: 4: Me gusta mucho; 3: Me gusta; 2: No me gusta; 1: Me desagrada. Además, se entregó a cada catador muestras codificadas con cinco dígitos de manera aleatoria y se les proporcionó un vaso de agua para que puedan enjuagar sus paladares entre cada muestra evaluada.

2.2.3. Determinación de la composición proximal del producto de mayor aceptación

Se realizó un análisis proximal del producto de mayor aceptación, utilizando varias metodologías de acuerdo con las **Normas Técnicas Ecuatorianas INEN**, que respaldan la composición de harinas de origen vegetal. Los análisis fisicoquímicos incluidos fueron: humedad, proteínas, cenizas, grasa y tamaño de partícula.

2.2.3.1. Determinación de humedad

Se determinó la humedad de la premezcla pastelera siguiendo la metodología establecida en la norma **NTE INEN-ISO 712 (2013)**. Para ello, se pesó 3 gramos de la muestra y se registró su masa inicial junto con la del plato previamente secado y tarado (M_0). Luego, la muestra se secó a 130°C durante 60 minutos, y se anotó la masa total del plato con la muestra seca (M_1). Este proceso se realizó por triplicado, y los resultados se expresaron como porcentaje del peso total. El contenido de humedad se calculó empleando la ecuación siguiente:

$$\%\mathbf{H} = \left(1 - \frac{M_1}{M_0}\right) \text{ x } 100$$

Ecuación 1. Contenido de humedad de la premezcla pastelera.

Donde:

H = contenido de humedad (%).

M_1 = es la masa de la muestra después del secado (g).

M_0 = es la masa de la muestra (g).

Adicionalmente, se verificó el contenido de humedad de la premezcla pastelera mediante el uso de una balanza infrarroja, donde se realizó el proceso por triplicado.

2.2.3.2. Determinación de proteína

El contenido de proteína de la premezcla pastelera se determinó en el laboratorio de control y análisis de alimentos (LACONAL), a través del método Kjeldahl basándose en la metodología descrita en la normativa **AOAC Ed. 22,2023 2001.11**. Se preparó 0,5 gramos de la muestra de la premezcla pastelera sobre papel libre de nitrógeno y se colocó en un tubo ketter. Se añadieron 20 ml de ácido sulfúrico al 95%, junto con sulfato de potasio y sulfato de cobre, y se digirió a 420°C durante 60 minutos en un depurador Turbosog Gerhardt. Después de enfriar durante 20 minutos, se agregaron 50 ml de NaOH y 70 ml de agua destilada. La solución se transfirió al destilador de proteínas Vapodest Gerhardt, donde se destiló durante 7 minutos, utilizando un refrigerante sumergido en una muestra de ácido bórico al 4% (color rosa) como indicador. La solución verde resultante se tituló con HCl 0.1 N hasta el cambio de color a rosa. Finalmente, se calculó el contenido de proteína en porcentaje (ver Anexo 7) empleando la ecuación siguiente:

$$\%\mathbf{P} = \frac{(V_s - V_b) * (N * M * F)}{W * 10}$$

Ecuación 2. Contenido de proteína de la premezcla pastelera.

Donde:

V_s = volumen del ácido estandarizado empleado para determinar la prueba (mL).

V_b = volumen del ácido estandarizado empleado para determinar el blanco del reactivo (mL).

N = normalidad del HCl.

M = molaridad del HCl equivalente a: 14,01.

F = factor de conversión del contenido de nitrógeno a proteínas equivalente a: 6,25.

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

2.2.3.3. Determinación de grasa

El contenido de grasa de la premezcla pastelera se determinó en el laboratorio de control y análisis de alimentos (LACONAL), a través del método gravimétrico basándose en la metodología descrita en la normativa **AOAC Ed. 22,2023 2003.06.** Se pesó 0,5 gramos de la muestra, que se secaron en una mufla Barnstead Termolyne a 105°C durante 3 horas. Luego, la muestra se colocó en un dedal de extracción libre de grasa. Simultáneamente, se pesó el recolector de grasa de aluminio y se añadieron 50 ml de éter de petróleo en los recipientes correspondientes. Los dedales y recolectores se introdujeron en un analizador de grasa Selecta DET-GRAS, donde se realizó un proceso de tres etapas: ebullición a 125°C durante 40 minutos, enjuague durante 60 minutos y recolección durante 30 minutos. Finalmente, se calculó el contenido de grasa en porcentaje (ver Anexo 7) empleando la ecuación siguiente:

$$\%\mathbf{G} = \frac{(\mathrm{M}_2 - \mathrm{M}_1)}{\mathrm{M}} \text{ x } 100$$

Ecuación 3. Contenido de grasa de la premezcla pastelera.

Donde:

G = contenido de grasa inmersa en la muestra de harina vegetal (%).

M = masa de la muestra (g).

M_1 = masa del balón vacío (g).

M_2 = masa del balón con grasa (g).

2.2.3.4. Determinación de cenizas totales

El contenido de cenizas totales de la premezcla pastelera se determinó en el laboratorio de control y análisis de alimentos (LACONAL), a través del método gravimétrico basándose en la metodología descrita en las normativas **AOAC Ed. 22,2023 923.03; NTE INEN-ISO 2171 (2013)**. Se preparó 2 gramos de la muestra, los cuales se colocaron en un crisol esterilizado. Simultáneamente, se incineró en una mufla Barnstead Termolyne a 550°C durante 5 horas, hasta obtener únicamente cenizas. Finalmente, se pesó la ceniza resultante y se calculó el porcentaje de cenizas (ver Anexo 7) empleando la ecuación siguiente:

$$\%\mathbf{Ce} = \frac{(\mathrm{M}_1 - \mathrm{M}_0)}{\mathrm{M}_2} \text{ x } 100$$

Ecuación 4. Contenido de cenizas totales de la premezcla pastelera.

Donde:

M_0 = masa de la muestra (g).

M_1 = masa del crisol (g).

M_2 = masa del crisol y del residuo incinerado (g).

2.2.3.5. Determinación de carbohidratos

Se determinó el contenido de carbohidratos de la premezcla pastelera mediante la metodología descrita por **Fon Fay & Zumbado (2019)**, que calcula el porcentaje de carbohidratos como la diferencia entre el 100% y la suma de los porcentajes de los macronutrientes previamente determinados. Este calculó se realizó utilizando la ecuación siguiente:

$$\%\mathbf{C} = 100\% - (\%\mathrm{H} - \%\mathrm{P} - \%\mathrm{G} - \%\mathrm{C})$$

Ecuación 5. Contenido de carbohidratos de la premezcla pastelera.

Donde:

%H = contenido de humedad (%).

%P = contenido de proteína (%).

%G = contenido de grasa (%).

%C = contenido de cenizas (%).

2.2.3.6. Determinación del tamaño de partícula

Se determinó el tamaño de partícula de la premezcla pastelera siguiendo la metodología establecida en la norma **NTE INEN 517 (2013)**. Para ello, se pesó 100 gramos de la muestra en un agitador Retsch cuatro tamices dispuestos en orden decreciente según el tamaño de abertura: 30 (500 µm), 60 (250 µm), 80 (180 µm) y 100 (150 µm) y el colectador, donde la muestra fue sometida a vibración durante 5 minutos (ver Anexo 7.1). Posteriormente, se pesaron los tamices para determinar la finura y el índice de uniformidad de la harina. Finalmente, se calculó el porcentaje acumulado de harina retenida en cada tamiz utilizando la ecuación siguiente:

$$\%\mathbf{M_R} = \frac{\mathrm{m_2} - \mathrm{m_1}}{\mathrm{m}} \text{ x } 100$$

Ecuación 6. Contenido del tamaño de partícula de la premezcla pastelera.

Donde:

M_R = masa retenida de la harina (%).

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

m_1 = masa del papel sin harina (g).

m_2 = masa del papel con la muestra de harina (g).

2.2.3.7. Determinación de textura

Se determinó el perfil de textura de los muffins siguiendo la metodología de **López et al. (2017)**. Para ello, se cortaron horizontalmente los muffins hasta obtener una altura de 25 mm desde la base, quitando

su parte superior. Secuencialmente, se empleó un Texturómetro Brookfield con una sonda de TA4/1000, realizando dos ciclos de compresión al 50% de deformación, a una velocidad de 1 mm/s y con un tiempo de espera de 5 segundos entre cada ciclo (ver Anexo 4). Se efectuaron seis repeticiones por muestra, registrándose valores de dureza (N), adhesividad (mJ), resilencia, cohesividad, elasticidad (mm) y masticabilidad (mJ).

2.2.3.8. Determinación de volumen

Se determinó el volumen de los muffins siguiendo la metodología establecida en la norma **NTE INEN 394 (2013)**. Para este procedimiento, se retiró la pirutina de los muffins que pesaban 18 gramos. Posteriormente, se introdujo una cantidad determinada de semillas de trigo en un vaso de precipitación de 100 mL, se colocó el muffin en el interior y se completó el volumen hasta alcanzar los 100 mL. A continuación, las semillas de trigo se transfirieron a una probeta de 100 mL para determinar el espacio que ocupa el muffin en un volumen conocido (ver Anexo 5). Este calculó se realizó utilizando la ecuación siguiente:

$$\mathbf{V_{Específico=}} V_1 - V_2$$

Ecuación 7. Contenido del volumen específico de los muffins.

Donde:

$V_{Específico=}$ contenido del volumen específico (cm^3).

$V_{1=}$ contenido del volumen inicial (mL).

$V_{2=}$ contenido del volumen final (mL).

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

Esta sección expone los resultados del análisis del efecto de la harina de amaranto, las propiedades sensoriales y la composición proximal de la premezcla pastelera, así como las investigaciones previas más relevantes y sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

3.2. Evaluación del efecto de la harina de amaranto en la premezcla pastelera sobre su textura y volumen

3.2.1. Desarrollo de la harina de amaranto

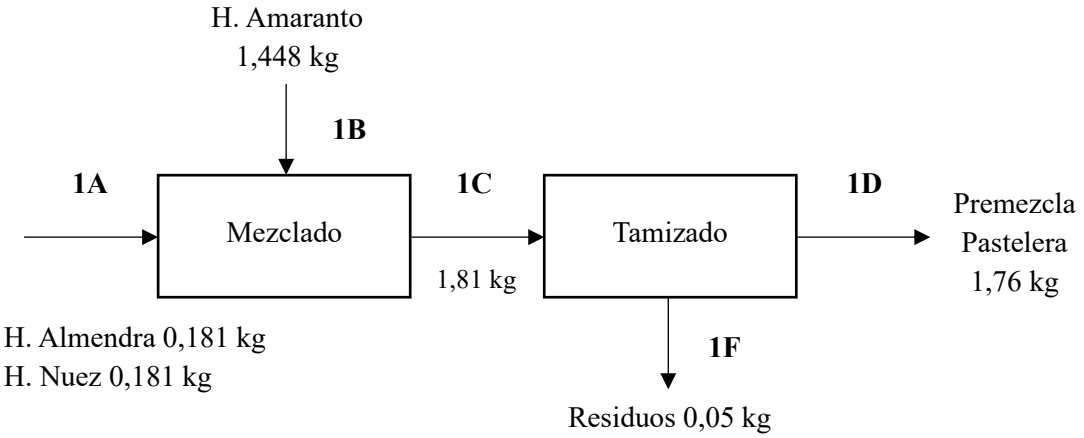
La obtención de harina de amaranto implicó procesos claves, como el acondicionamiento y el tamizado (ver Anexo 1), siendo el tamaño de partícula un factor crucial. Para este proyecto, se emplearon tamices con numeración del N°30 al N°100, además de un recolector. Donde el tamaño de partícula utilizado fue el ideal, el cual facilitó la optimización de las propiedades funcionales y de la calidad de los muffins.

3.2.2. Desarrollo de la harina de nuez y almendra

Para la obtención de la harina de nuez y almendra se realizaron procesos específicos (ver Anexo 1), donde el tamaño de partícula desempeñó un papel crucial al igual que la harina de amaranto. Se emplearon tamices con numeración entre N°30 y N°100, junto con un recolector, para garantizar una granulometría uniforme. Donde el tamaño de partícula es fundamental para asegurar la consistencia de las formulaciones, un aspecto clave en el desarrollo de premezclas bajas en gluten con alta aceptabilidad sensorial y características específicas.

3.2.3. Desarrollo de la premezcla pastelera

Se desarrollaron dos formulaciones de premezcla pastelera para evaluar su aceptabilidad. La Formulación I contenía 50% de harina de trigo, 30% de harina de amaranto, 10% de harina de nuez y 10% de harina de almendra. Por su parte, la Formulación II consistió en 80% de harina de amaranto, 10% de harina de nuez y 10% de harina de almendra. Tras su elaboración, la Formulación II presentó mejores características organolépticas, como color y olor (ver Anexo 1), atribuibles al uso de harinas no convencionales.



Entradas (E) = 1A+1B+1C

Salidas (S) = 1C+1F+1D

E = S = 3,62 kg

Figura 6 – Balance de masa de la formulación de mayor aceptabilidad (Formulación II).

3.2.4. Análisis del contenido de gluten en la premezcla pastelera

Los datos de la Tabla 8 muestran que la formulación testigo presentó un contenido de gluten de 10,85 ± 0,82%, mientras que la formulación II alcanzó 2,80 ± 0,45%, evidenciando una diferencia significativa. Este resultado se debe a las partículas residuales del trigo o harina de trigo adheridos en el molino y el tamiz utilizados para el desarrollo de la premezcla pastelera, ya que el amaranto, la almendra y la nuez son naturalmente libres de gluten. Según las normas **NTE INEN 21415-1 (2013) & NTE INEN 21415-3 (2014)**, la formulación II cumple con los criterios para clasificarse como baja en gluten, como se detalla en la Tabla 3.

Según **Vázquez & Hernández (2023**) mencionan que el contenido de gluten influye significativamente en las propiedades funcionales y de textura de los productos horneados. La harina de trigo tiene un alto valor proteico debido a su composición de gluten, el cual proporciona características esenciales como consistencia, elasticidad, mantenimiento de forma y retención de gases en la masa **(Villa & Mejía, 2015)**. Estas propiedades permiten obtener productos con una estructura bien definida y esponjosidad, aspectos que son difíciles de replicar en formulaciones con harinas no convencionales.

En contraste, las harinas no convencionales, como las de camote, almendra, nuez y pseudocereales, no contienen gluten y, por lo tanto, no generan la red proteica necesaria para formar estructuras con alveolos grandes, características de productos elaborados con harina de trigo **(Villa & Mejía, 2015)**. Por ejemplo, en el desarrollo de muffins reducidos en gluten, **Neri (2016)** reportó que los elaborados con harina de camote presentaron un contenido de gluten entre 3,84% y 4,64%, mientras que el control

con harina de trigo osciló entre 9,78% y 13,10%. El gluten analizado debe ser amarillo o gris, con olor agradable y cierta elasticidad; sin embargo, puede haber variantes con baja elasticidad **(Saavedra, 2017)**. Además, una mayor proporción de gluten húmedo respecto al seco indica una mejor calidad de la harina **(Saavedra, 2017)**. Estos hallazgos evidencian la complejidad de utilizar harinas no convencionales, ya que la ausencia de gluten afecta directamente la textura y las propiedades funcionales de los productos.

La aceptación sensorial de los productos pasteleros sin gluten depende en gran medida de la incorporación y concentración de los ingredientes alternativos o sustitutos del trigo. Según **Villa & Mejía (2015)** esta aceptación está directamente vinculada a la composición, formulación y los procesos de elaboración, los cuales deben compensar las funciones del gluten. Este desafío resulta particularmente relevante en productos como panes y muffins, donde la textura y el volumen son aspectos claves.

Además, el contenido de gluten en los alimentos varía según los ingredientes y el proceso de elaboración. En este sentido, los productos elaborados con pseudocereales pueden cumplir con los requisitos para ser considerados "exentos de gluten". De acuerdo con las normativas del **Codex Alimentario (2018)**, los panes elaborados con harinas no convencionales que contenga menos de 20 mg/kg de gluten puede clasificarse como "libre de gluten". Esto demuestra que, con una formulación adecuada, es posible desarrollar productos sin gluten que cumplan con los estándares regulatorios y las expectativas sensoriales del consumidor.

3.2.5. Calidad de la masa de los muffins

La mixografía permitió medir y estandarizar la calidad de la masa, proporcionando información clave sobre la absorción de agua, humedad, tiempo de desarrollo, estabilidad y debilitamiento de la masa. En la Tabla 5 se presentan los valores obtenidos del análisis mixográfico tanto de la formulación testigo como de la formulación II empleada en el desarrollo de los muffins. En cuanto al porcentaje de hidratación, se observó una diferencia significativa entre ambas muestras, donde la formulación testigo requirió un 58,5 % de agua, mientras que la formulación II solo un 44 % (ver Anexo 7.3). Esta disminución puede atribuirse a la incorporación de harinas no convencionales en la premezcla pastelera, lo que afecta la capacidad de hidratación.

Respecto a los valores de humedad, la formulación testigo presentó un 12,8 %, mientras que la formulación II alcanzó un 9 %. Según la norma **NTE INEN-ISO 712 (2013)**, ambos valores se encuentran dentro del rango establecido.

Tabla 5 - *Valores obtenidos del análisis mixográfico Chopin S*

Parámetros	Formulación testigo	Formulación II
Absorción (%)	59,10	45,30
Humedad (%)	12,80	9,00
Tiempo de desarrollo (min)	1,80	1,00
Estabilidad (min)	4,90	1,50
Debilitamiento (Nm)	0,108	0,172

Nota. En la tabla se presenta los parámetros de la reología de la masa. Formulación testigo (80 % harina de trigo, 10 % harina de nuez, 10 % harina de almendra) y Formulación II (80 % harina de amaranto, 10 % harina de nuez, 10 % harina de almendra).

Según **Paredes et al. (2012)** el índice de absorción de agua mide la cantidad necesaria para que la masa alcance la consistencia adecuada. En este estudio, la formulación II presentó una absorción de agua del 45,30%, mientras que la formulación testigo mostró un 59,10%. Esta diferencia se debe al bajo contenido de gluten presente en la formulación II, que limita su capacidad para retener agua.

El tiempo de desarrollo, corresponde al intervalo (tiempo) necesario para formar la masa y lograr la óptima interacción entre la harina y el agua, la cual fue de 1 minuto en la formulación II. Mientras, que en la formulación testigo requirió 1,80 minutos debido a la formación de la red proteica generada por el gluten presente en la harina de trigo. El parámetro de estabilidad permite clasificar las harinas como fuertes o débiles **(Eliel. Martínez et al., 2014)**. La formulación II se clasificó como harina débil, debido a que alcanzó la estabilidad de la masa en 1,50 minutos, lo que la hace adecuada para productos de pastelería y repostería. El factor de debilitamiento indica la resistencia de la masa al amasado excesivo, donde la formulación II reportó un valor de 0,172 Nm en comparación con la formulación testigo que fue 0,108 Nm, reflejando una menor resistencia estructural **(Paredes et al., 2012)**.

3.2.6. Elaboración de los muffins

En la Figura 7 se observan los muffins que se obtuvieron a partir de la formulación de la premezcla pastelera a base de almendra, nuez y amaranto.

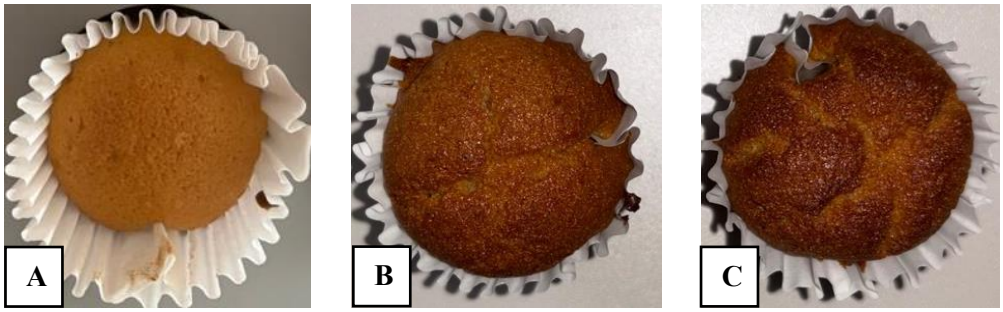


Figura 7- Muffins obtenidos a partir de las formulaciones de la premezcla pastelera.

Nota. En la figura se observa la vista superior de los muffins. En donde A: Tratamiento testigo (80% harina de trigo, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra), B: Tratamiento I (50% harina de trigo, 30% harina de amaranto, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra), C: Tratamiento II (80% harina de amaranto, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra).

3.2.7. Evaluación del perfil de textura de los muffins

Los valores del perfil de textura se presentan en la Tabla 6. No se observaron diferencias significativas en adhesividad, resiliencia y cohesividad ($p > 0,05$); en contraste, la dureza, elasticidad y masticabilidad mostraron diferencias significativas ($p<0,05$). Esto podría atribuirse al alto contenido de proteínas y minerales de las harinas elaboradas a partir de pseudocereales y cereales, que, aunque carecen de gluten presentan propiedades similares a las de la harina de trigo **(Correa, 2017; Saavedra, 2017)**.

El factor de adhesividad de los muffins está relacionado con el contenido de humedad, por los altos niveles de agua presentes en la almendra y la nuez. Sin embargo, durante el almacenamiento, la pérdida gradual de agua disminuye la pegajosidad de los productos pasteleros. Según la investigación de **D. Silva (2019)** sobre el aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para la elaboración de muffins, los valores de cohesividad y elasticidad (mm) fueron 0,38 y 5,51, respectivamente, para la muestra control, mientras que, para los muffins elaborados con, los valores fueron 0,34 y 5,25. Los resultados obtenidos en esta investigación son comparables tanto con la muestra control, como de los muffins elaborados a partir de la premezcla pastelera.

En cuanto a los factores de dureza y masticabilidad, los muffins elaborados con la premezcla pastelera presentaron valores inferiores en comparación con los de la formulación testigo. Esta diferencia podría atribuirse a las características de los ingredientes utilizados en cada formulación. El uso de harinas no convencionales, al diferir en composición de la harina de trigo, puede influir en la textura del producto final.

En particular, la ausencia de gluten y el nivel de proteínas en las materias primas empleadas afectan significativamente estas propiedades **(Villa & Mejía, 2015)**. **Vázquez-Chávez & Hernández-López (2023)** señalan que los productos pasteleros hechos con aceite requieren mayor energía de masticabilidad en comparación con los muffins hechos de margarina. El aumento o disminución de la masticabilidad puede deberse al contenido de grasa, fibra y gluten, en el cual la formulación II de este trabajo presenta cantidades menores en estos componentes, otorgando una excelente masticabilidad y menor dureza con respecto a la formulación testigo (ver Figura 8).

Por otro lado, **Chambi (2019)** destaca que los azúcares reductores de los cultivos andinos contribuyen a mantener la esponjosidad y jugosidad del producto final, aunque esto depende de la variedad del cultivo. Asimismo, los azúcares reductores tienden a caramelizarse durante el proceso de horneado, reforzando la estructura y textura de los muffins **(Gao et al., 2017)**.

Tabla 6 *- Valores obtenidos del análisis de textura de los muffins.*

Factores	Formulación testigo	Formulación II
Dureza (N)	46,87 ± 2,82 [a]	22,91 ± 1,14 [b]
Adhesividad (mJ)	0,08 ± 0,16 [ab]	0.20 ± 0,27 [ab]
Resiliencia	0,08 ± 0,02 [ab]	0,07 ± 0,01 [ab]
Cohesividad	0,42 ± 0,07 [ab]	0,48 ± 0,01 [ab]
Elasticidad (mm)	8,34 ± 0,42 [a]	7,57 ± 0,12 [b]
Masticabilidad (mJ)	169,87 ± 9,61 [a]	83,83 ± 3,98 [b]

Nota. La tabla muestra los factores evaluados en el análisis de textura, indicando que los valores con letras diferentes son estadísticamente distintos. Donde los resultados obtenidos son el promedio de las seis réplicas realizadas en el texturómetro Brookfield para cada formulación.

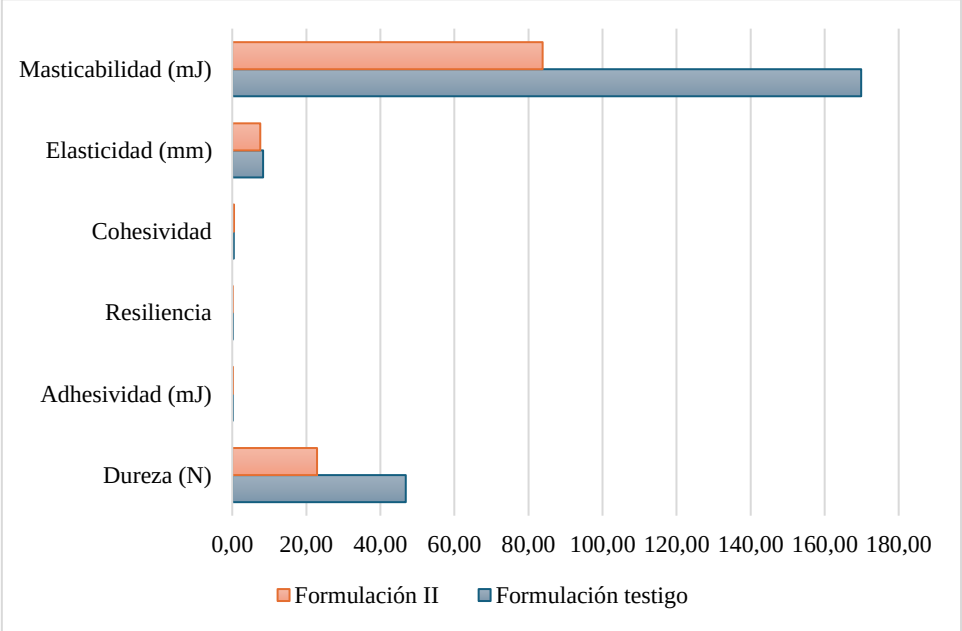


Figura 8 - Valores obtenidos del análisis de textura de los muffins.

3.2.8. Evaluación del volumen de los muffins

La Tabla 7 muestra los resultados del volumen de los muffins. La formulación II registró 36 cm^3, un valor significativamente menor al de la formulación testigo, que alcanzó 41,25 cm^3. Según **Ochoa et al. (2017)** esta variación podría atribuirse a la cantidad de CO_2 generado durante la fermentación, la adición de polvo de hornear y la capacidad de absorción de agua en la masa. **Villa & Mejía (2015)** destacan que la estructura del gluten favorece la retención de gases durante la fermentación, lo que contribuye a un mayor volumen en productos horneados. En este sentido, la formulación testigo compuesta por 80% de harina de trigo, 10% de harina de nuez y 10% de harina de almendra, presentó

un volumen superior en comparación con la formulación II. La ausencia de gluten en esta última afectó negativamente el volumen, obteniendo como resultado muffins de altura y volumen menores.

Tabla 7 - *Valores obtenidos del análisis de volumen de los muffins de un peso de 18 gramos.*

Muestras	N° Repeticiones	V1 (Volumen inicial cm^3)	V2 (Volumen final cm^3)	Resultado V1-V2 (cm^3)	Promedio volumétrico (cm^3)
Formulación testigo	1	100	60	40	41,25
	2	100	58	42	
	3	100	62	38	
	4	100	55	45	
Formulación II	1	100	62	38	36,00
	2	100	63	37	
	3	100	62	38	
	4	100	69	31	

Nota. La tabla muestra el volumen específico de los muffins: Formulación testigo (80 % harina de trigo, 10 % harina de nuez, 10 % harina de almendra) y Formulación II (80 % harina de amaranto, 10 % harina de nuez, 10 % harina de almendra).

3.3. Análisis de las propiedades sensoriales de la premezcla pastelera

3.3.1. Evaluación de aceptabilidad de la premezcla pastelera a través del análisis sensorial de muffins

La determinación de la aceptabilidad de la premezcla pastelera con mayor preferencia se evaluó mediante un análisis sensorial, utilizando un diseño completamente al azar en los programas SPSS y Excel. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Los resultados se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8 - *Valores obtenidos de la prueba de Tukey del análisis sensorial de la premezcla pastelera.*

Parámetros	Formulación testigo	Formulación I	Formulación II
Color	3,65 ± 0,34 [a]	3,45 ± 0,26 [a]	2,75 ± 0,51 [b]
Olor	3,25 ± 0,46 [a]	3,35 ± 0,56 [a]	3,45 ± 0,26 [a]
Textura	3,60 ± 0,35 [a]	3,05 ± 0,47 [b]	3,50 ± 0,26 [a]
Sabor	3,35 ± 0,24 [a]	3,35 ± 0,24 [a]	3,90 ± 0,09 [b]
Aceptabilidad	3,45 ± 0,13 [a]	3,35 ± 0,24 [a]	3,85 ± 0,13 [b]

Nota. En la tabla se presentan los parámetros evaluados de los muffins: Formulación testigo (80% harina de trigo, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra), Formulación I (50% harina de trigo, 30% harina de amaranto, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra) y Formulación II (80% harina de amaranto, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra). Las letras (a, b) indican diferencias significativas entre filas para cada parámetro, según la prueba de Tukey al 95% de confianza.

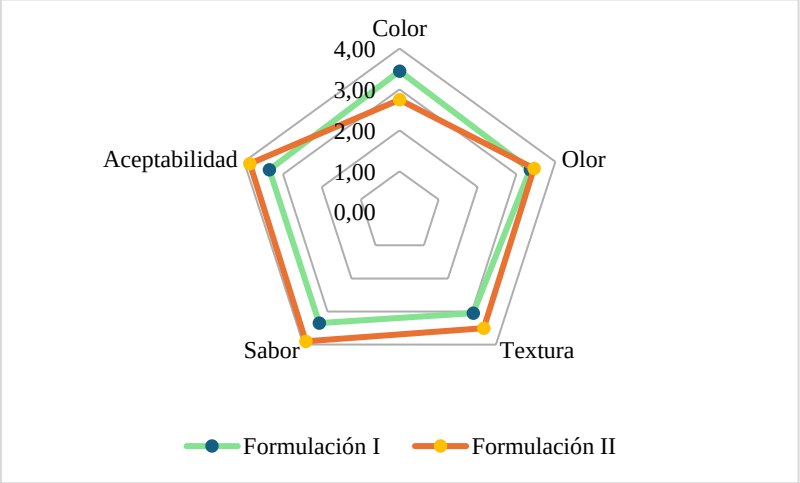


Figura 9 - Valores obtenidos (escala hedónica) del análisis sensorial de los muffins.

Nota. La figura presenta los parámetros evaluados por 20 catadores semi-entrenados utilizando una escala hedónica. En donde Valor 1: me desagrada, Valor 2: no me gusta, Valor 3: Me gusta y Valor 4: Me gusta mucho.

Cárdenas et al. (2018) destacan que el análisis sensorial es esencial para evaluar la aceptabilidad o el rechazo de un producto, como en el caso de los muffins. Este análisis se centra en las características organolépticas, como color, olor, sabor y textura, siendo el color el primer parámetro evaluado visualmente, seguido por el sabor, que es igualmente crucial. Los resultados presentados en la Tabla 8 muestran una preferencia por la formulación II, que incluso superó a la formulación testigo. Esta preferencia podría atribuirse al sabor característico de los ingredientes empleados en la formulación II, compuesta por 80% de harina de amaranto, 10% de harina de nuez y 10% de harina de almendra. Sin embargo, en cuanto al color, esta formulación obtuvo una puntuación inferior en comparación con la formulación alternativa (ver Figura 9).

3.3.2. Color

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis sensorial para el parámetro de color. La formulación II obtuvo la menor aceptabilidad, con una valoración promedio de 2,75 ± 0,51% en la escala hedónica, correspondiente a “no me gusta”. Esto podría atribuirse a la tonalidad oscura de los muffins en comparación con las otras formulaciones (ver Figura 7). Según **Plustea et al. (2022)** la intensidad del

color de la corteza de productos de panadería y repostería se generan principalmente durante el proceso de horneado, debido a la reacción de Maillard que ocurre entre proteínas y azúcares reductores presentes en el producto. En contraste, la formulación testigo y la formulación I mostraron mejores resultados en este parámetro, probablemente por el uso de harina de trigo en ambas. Estos resultados destacan que la incorporación de harinas no convencionales en productos horneados presenta desafíos en la aceptación del consumidor, aunque el parámetro de sabor puede influir positivamente en dicha aceptación. **Arrázola et al. (2014)** aluden que las harinas no convencionales, como las de camote, amaranto, nuez, quinoa y cañihua, son fuentes de compuestos bioactivos, entre ellos antocianinas, betalaínas, carotenoides y flavonoides. Estos pigmentos naturales contribuyen a colores característicos de las materias primas, como tonos morados, cafés y amarillos. Por ejemplo, **Neri (2016)** reportó que el uso de harina de camote morado en muffins generó tonalidades oscuras y violetas en los productos finales, atribuibles a su alto contenido de antocianinas.

3.3.3. Olor

En la Figura 9 se presentan los resultados del análisis sensorial para el parámetro de olor. La Formulación II obtuvo la mayor aceptabilidad, con una valoración promedio de 3,45 ± 0,26% en la escala hedónica, equivalente a “me gusta”. Este resultado podría deberse al aroma característico de la almendra y la nuez utilizadas en la premezcla pastelera de los muffins, en comparación con las otras formulaciones. No obstante, las formulaciones testigo y I, que contienen harina de trigo, también fueron aceptadas por los catadores, lo que sugiere que el parámetro de olor no influye significativamente en la preferencia del consumidor.

3.3.4. Textura

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis sensorial para el parámetro de textura. Las formulaciones testigo y II, mostraron una alta aceptabilidad con valoraciones promedio de 3,60 ± 0,35% y 3,50 ± 0,26% en la escala hedónica, correspondientes a la categoría "me gusta", superando a la formulación I. Este comportamiento podría atribuirse a la incorporación de la harina de amaranto en la formulación I, cuya composición proximal, al diferir de la harina de trigo, puede afectar las propiedades texturales. Según **M. Martínez et al. (2018)** la ausencia de gluten y el nivel de proteínas en los frutos secos como la almendra y nuez influyen significativamente en el perfil de textura de productos horneados, particularmente en factores como la dureza y la masticabilidad, tal como se detalla en la Tabla 5.

3.3.5. Sabor

En la Tabla 8 se presentan los resultados del análisis sensorial para el parámetro de sabor. La formulación II obtuvo la mayor aceptabilidad, con una valoración promedio de 3,90 ± 0,09% en la escala hedónica, equivalente a “me gusta mucho”, superando a las formulaciones testigo y I. Este

resultado se atribuye a la composición de la premezcla pastelera, que contiene 80% de harina de amaranto, 10% de harina de nuez y 10% de harina de almendra, lo que proporciona un sabor auténtico. Por su parte, **Vázquez-Chávez & Hernández-López (2023)** señalan que el sabor puede variar según el proceso de cocción y la combinación de los ingredientes, influyendo también en la textura.

3.3.6. Aceptabilidad

Los parámetros clave para evaluar la aceptabilidad de un producto son el color, olor, sabor y textura, los cuales influyen directamente en la percepción sensorial y satisfacción del consumidor **(Ruiz & Herrero, 2022; Vázquez-Chávez & Hernández-López, 2023)**. En la Figura 9 se presenta la tendencia de aceptabilidad de los diferentes tratamientos de muffins. La formulación II (80% harina de amaranto, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra) obtuvo la mayor aceptabilidad, con un 96%, destacando en sabor y textura. Seguido de la formulación testigo (80% harina de trigo, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra), con un 86%, ocupando el segundo lugar. Finalmente, la formulación I (50% harina de trigo, 30% harina de amaranto, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra) alcanzó un 83% de aceptabilidad. Los resultados son positivos, ya que todos los tratamientos son mayores al 80%, lo que demuestra que la premezcla pastelera con bajo contenido de gluten es una opción viable para la innovación de nuevos productos.

3.4. Determinación de la composición proximal del producto de mayor aceptabilidad

Los resultados de la composición proximal del producto con mayor aceptabilidad se presentan en la Tabla 9. El contenido de humedad es un parámetro crítico en productos farináceos, ya que influye directamente en la actividad microbiana y, por ende, en la vida útil del producto **(Vermelho et al., 2024)**. El valor promedio obtenido fue de 9,00 ± 0,40%, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos en la **(NTE INEN-ISO 712, 2013)**. Según **Shahzad et al. (2019)** la variabilidad del contenido de humedad depende de factores como la manipulación, el almacenamiento y el procesamiento de las harinas. **Parrales (2015)** destacó que un menor contenido de humedad contribuye a una mejor conservación y estabilidad del producto al reducir la actividad microbiana.

Los resultados del porcentaje de proteína del producto con mayor aceptabilidad se presentan en la Tabla 9. La formulación II utilizada para los muffins mostró un contenido de proteína de 14,20 ± 0,05 %. Este valor está directamente relacionado con las características de las materias primas empleadas, ya que, según **Rosero et al. (2020)** el contenido de proteína en las materias primas puede variar debido a factores como el clima, la zona geográfica, la genética, las prácticas agrícolas, el tipo de suelo y los métodos de procesamiento. Por ejemplo, **E. Martínez & Mátar (2017)** reportaron un 16,42 % de proteína en la harina de amaranto, un valor superior al obtenido en este estudio. Asimismo, se ha observado que la incorporación de pseudocereales como la quinua incrementa el contenido de proteína

al aumentar su nivel de sustitución **(Turkut et al., 2016)**. Un resultado similar fue reportado por **Villa & Mejía (2015)** en su investigación sobre la producción de pan, la sustitución de harina de trigo por harinas no convencionales tiende a reducir el contenido proteico a medida que se incrementa el porcentaje de sustitución.

En cuanto al contenido de grasa, el porcentaje de sustitución de harina de trigo por harinas no convencionales no mostró diferencias significativas al aumentar o disminuir. Además, se observa que la variación depende del contenido de grasa presente en la premezcla pastelera, como se muestra en la Tabla 9. La formulación II presentó un contenido de grasa de 17,60 ± 0,05%, convirtiéndose en el segundo componente más abundante después de la proteína. Este resultado puede atribuirse al contenido de grasa de las harinas empleadas en la formulación. Según **M. Martínez et al. (2012)** la harina de trigo contiene entre 1,5% y 2,5% de grasa, mientras que la harina de amaranto un 6%, y la harina de nuez un 1,2%. **Vázquez-Chávez & Hernández-López (2023)** señalan que el contenido de grasa en los productos pasteleros contribuye a cualidades como esponjosidad y textura. No obstante, el bajo contenido de grasa en los cultivos andinos impide que se observen diferencias significativas al sustituir harina de trigo. De manera similar, **Urbina et al. (2023)** reportaron que la incorporación de harinas de quinua y amaranto no influyó en la textura de los productos horneados desarrollados.

El porcentaje de ceniza en una muestra representa la fracción inorgánica del alimento y es un parámetro clave tanto para la información de la tabla nutricional como para las características de procesamiento de productos alimenticios derivados de cereales **(Bilge et al., 2016)**. En la formulación II, se obtuvo un contenido de ceniza de 2,21 ± 0,20%, significativamente mayor que el 1,65 ± 0,31% registrado en la formulación testigo (ver Tabla 9). Según **E. Martínez & Mátar (2017)** los valores de ceniza no deben exceder el 2,8%, lo que confirma que nuestro resultado es viable al encontrarse dentro de este rango. Por otro lado, **Li et al. (2023)** señalan que el contenido de ceniza varía entre el 0,1% y el 2,5% en diferentes grupos de alimentos, desempeñando un papel relevante en la conformación de la matriz alimentaria.

Los resultados del contenido de carbohidratos del producto con mayor aceptabilidad se presentan en la Tabla 9. La formulación II, utilizada en la elaboración de los muffins, mostró un contenido de carbohidratos de 56,99 ± 0,70%. Este valor podría atribuirse a la proporción de harina de amaranto empleada, que influye en su composición de proteínas y grasas **(Hernández et al., 2018)**. Según **E. Martínez & Mátar (2017)** la harina de amaranto contiene aproximadamente un 60 % de carbohidratos. El estudio de **Zegarra et al. (2019)** sobre la elaboración de pan libre de gluten, reportó un contenido de carbohidratos del 59,94 % al emplear pseudocereales en su formulación, valor similar al obtenido en esta investigación. El contenido de carbohidratos se calcula como la diferencia entre el 100% y la suma de los porcentajes de humedad, proteína, grasa y ceniza. Estos valores están directamente relacionados con el aporte calórico que los muffins ofrecen al consumidor.

El 67,85% de las partículas de la premezcla pastelera quedó retenido en la malla N°80 (180 µm), como se muestra en la Tabla 9. Según la norma **NTE INEN 517 (2013)** las harinas deben atravesar como mínimo, un tamiz N°60, con una retención máxima del 95%. Por lo tanto, la premezcla cumple con los parámetros de granulometría establecidos. **Bezerra et al. (2018)** destacan que una granulometría uniforme mejora la calidad sensorial, la textura, el sabor y la apariencia visual del producto final. Asimismo, **Ahmed et al. (2016)** señalan que las harinas finas incrementan la dureza de los productos horneados y reducen su elasticidad, mientras que las harinas más gruesas afectan negativamente estos factores (ver Tabla 5). No obstante, **Belorio et al. (2019)** advierten que una granulometría excesivamente fina no garantiza la calidad del producto final.

Tabla 9 - *Valores obtenidos de la composición proximal de la premezcla pastelera para la elaboración de los muffins.*

Parámetros	**Formulación testigo**	**Formulación II**
Humedad (%)	12,80 ± 0,38	9,00 ± 0,40
Proteína (%)	13,62 ± 0,20	14,20 ± 0,05
Grasa (%)	12,38 ± 0,20	17,60 ± 0,05
Ceniza (%)	1,65 ± 0,31	2,21 ± 0,20
Carbohidratos (%)	59,32 ± 0,86	56,99 ± 0,70
Gluten (%)	10,85 ± 0,82	2,80 ± 0,45
Tamaño de partícula (%)	82,55 ± 0,34	67,85 ± 0,42

Nota. Valores medios obtenidos ± desviación estándar (n=3).

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones y Recomendaciones

4.1.1. Conclusiones

- En esta investigación se determinó la concentración óptima de harina de amaranto para las formulaciones, destacando la formulación II (80% harina de amaranto, 10% harina de nuez, 10% harina de almendra), que obtuvo un 96% de aceptación. El análisis del perfil de textura y volumen de los muffins mostró que la concentración de amaranto en la premezcla pastelera influye significativamente en los valores de dureza de 22,91 N y volumen de 36 cm^3, ambos menores que los de la formulación testigo.

- Los resultados obtenidos en el análisis sensorial de los muffins indicaron que la formulación II obtuvo las mejores valoraciones en los parámetros de olor, sabor, textura y aceptabilidad, superando la media entre los catadores. No obstante, en el parámetro de color, presentó valores inferiores a la media, probablemente debido al tono oscuro característico de las harinas utilizadas, que se transfirió al producto final.

- La composición proximal de los muffins elaborados con la formulación de mayor aceptabilidad mostró contenidos de humedad (9,00 ± 0,40%), carbohidratos (56,99 ± 0,70%) y gluten (2,80 ± 0,45%) inferiores en comparación con la formulación testigo. En cuanto, los valores de proteína (14,20 ± 0,05%), grasa (17,60 ± 0,05%) y cenizas (2,21 ± 0,20%) fueron superiores, debido a la materia prima empleada. Estos resultados son relevantes para determinar el aporte nutricional y energético que ofrecen los muffins al consumirlos.

4.1.2. Recomendaciones

- Para futuras investigaciones, se recomienda valorar el uso de colorantes naturales para mejorar la tonalidad de los muffins.

- Se sugiere utilizar la premezcla pastelera desarrollada en esta investigación como alternativa a la harina de trigo, fomentando la innovación en el desarrollo de nuevos productos de repostería bajos en gluten.

- Con el fin de ampliar la investigación se recomienda incluir análisis fisicoquímicos de pH, acidez titulable y colorimetría, con la finalidad de mejorar la formulación de mayor aceptabilidad.

MATERIALES DE REFERENCIA

Ahmed, J., Al-Attar, H., & Arfat, Y. A. (2016). Effect of particle size on compositional, functional, pasting and rheological properties of commercial water chestnut flour. *Food Hydrocolloids*, *52*, 888–895. https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2015.08.028

Albuja, L., Basantes, T., & Aragón, J. (2020). Análisis económico de cultivos andinos presentes en las provincias de Imbabura y Carchi –Ecuador. *Revista Argentina de Economía Agraria*, *21*(1), 43–60. https://raea.org.ar/revistaaaea_arg/article/view/38/34

Algara, P., Gallegos, J., & Reyes, J. (2013). AMARANTO: Efectos en la nutrición y la salud. *TLATEMOANI*, *12*. http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.htm

Arancel Nacional de Importaciones del Ecuador. (2022). *Ficha sectorial trigo subgerencia de análisis de productos y servicios*. https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2022/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Trigo.pdf?utm_source

Arboleda, X., Bermúdez, N., & Camino, S. (2022). Producción y rentabilidad empresarial en el sector agrícola del Ecuador. *Revista CEPAL*. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e49dc963-9443-40d5-9fda-edd7a0617edb/content

Arevalo, R., Gamboa, F., Gonzalez, J., & Orjuela, P. (2021). *Hábitos de consumo de pastelería saludable*. https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10933/ArevaloRuben2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Arévalo-Chávez, P., Arévalo-Chávez, F., Guadalupe, J., & Palacio, A. (2018). El Sector Agrícola en Ecuador: Análisis de Correlación entre Utilidad, Participación de Mercado y Estructura de Capital. *Economía y Negocios - UTE*, *9*(1). https://doi.org/10.29019/eyn.v9i1.430

Arrázola, G., Grané, N., & Dicenta, F. (2014). Importancia de los glucósidos cianogénicos en el sabor de frutos de almendro (Prunus dulcis Miller) y su incidencia en la agroindustria. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *8*(1), 57–66. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-21732014000100006&script=sci_arttext

Artieda, M., & Bravo, G. (2021). *Análisis del consumo alimentario del amaranto para innovar y fomentar la revalorización del patrimonio gastronómico del Ecuador en base a la dieta andina* [Universidad Técnica Particular de Loja]. http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/28770

Bastidas, K. (2024). *Elaboración de una línea de premezclas en polvo para recetas de pasteles en la pastelería Doña Leyda del cantón la maná, provincia de Cotopaxi* [Universidad Regional Autónoma de los Andes "UNIANDES"]. https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/17643/1/UA-GAS-PDI-001-2024.pdf

Belorio, M., Sahagún, M., & Gómez, M. (2019). Influence of Flour Particle Size Distribution on the Quality of Maize Gluten-Free Cookies. *Foods 2019, Vol. 8, Page 83*, *8*(2), 83. https://doi.org/10.3390/FOODS8020083

Bernstein, A. (2008). Patrones emergentes de sobrepeso y obesidad en Ecuador. *Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health*, *24*(1). https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/rpsp/v24n1/v24n1a10.pdf

Bezerra, M., Damasceno, K., & Moreira, R. (2018). Chemical, granulometric and technological characteristics of whole flours from commercial cultivars of cowpea. *Revista Caatinga*, *31*(1), 217–224. https://doi.org/10.1590/1983-21252018V31N125RC

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*(1), 74–78. https://doi.org/10.1016/J.SAB.2016.08.023

Bravo, J. (2023). *Aseguramiento de la calidad en la competitividad de MYPES del sector de panificación y pastelería de Lima* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/63ad95f1-c0f8-4842-b863-4ea9dfdb658b/content

Caisaguano, B. (2019). *Caracterización de la harina de Quinua (Chenopodium Quinoa) y Amaranto (Amaranthus) para la elaboración de pasta*. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6003

Cárdenas, N., Cevallos, C., Salazar, J., Romero, E., Gallegos, P., & Cáceres, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial. *Dominio de Las Ciencias*, *4*(3), 253–263. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6560198

Chambi, F. (2019). *Elaboración de cup –cakes con sustitución parcial deharina de trigo con harina de quinua (Chenopodium quinoa), kiwicha (Amaranthus caudatus), cañihua (Chenopodium pallidicaule) y sustitución de grasa por gomas de linaza (Linum usitatissimum) y chía(Salvia hispánica)*. https://doi.org/10.3390/agronomy11091693

Codex Alimentario. (2018). *NORMA RELATIVA A LOS ALIMENTOS PARA REGÍMENES ESPECIALES DESTINADOS A PERSONAS INTOLERANTES AL GLUTEN*. https://www.fao.org/input/download/standards/291/CXS_118s_2015.pdf

Correa, B. (2017). *Sustitución parcial de Harina de trigo por Harina de quinua (Chenopodium quinoa willd) para elaboración de pan de molde* [Universidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud]. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11159/1/CORREA%20ESTUPI%c3%91AN%20BEATRIZ%20MADELAINE.pdf

Dávila, J., Montenegro, E., Macías, Á., & Tayupanda, J. (2023). La diabetes mellitus y diabetes gestacional, en adolescente, en el mundo y en el Ecuador, manejo, prevención, tratamiento y mortalidad. *RECIMUNDO*, *7*(2), 33–48. https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.33-48

Espitia, E., Sesma, L., Valverde, M., González, L., Escobedo, D., & Aguilar, M. (2021). Tiene el amaranto el potencial agronómico para ser un fenómeno mundial como la quinua. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *12*(8). https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v12n8/2007-0934-remexca-12-08-1459.pdf

Fon Fay, F., & Zumbado, H. (2019). *Análisis proximal en alimentos. Fundamentos teóricos y técnicas experimentales* (ColloQuium, Ed.; 1st ed.). 2019. https://www.researchgate.net/profile/Hector-Zumbado-Fernandez/publication/368653469_Analisis_proximal_en_alimentos_Fundamentos_teoricos_y_tecnicas_experimentales/links/63f310cf19130a1a4a92ba7a/Analisis-proximal-en-alimentos-Fundamentos-teoricos-y-tecnicas-experimentales.pdf

Gao, J., Brennan, M. A., Mason, S. L., & Brennan, C. S. (2017). Effects of sugar substitution with "Stevianna" on the sensory characteristics of muffins. *Journal of Food Quality*, *2017*. https://doi.org/10.1155/2017/8636043

Hernández, B., Peña, V., Torres, N., Espinoza, V., & Ramírez, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (Amaranthus spp.). *Journal of Negative & No Positive Results*, *3*(6). https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410

Hernandez, E. (2005). *Evaluación Sensorial* [Universidad Nacional abierta y adistancia - UNAD]. http://surl.li/gwcxdx

Lascano, A. (2010). *Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: Cebada (Hordeum vulgare), Maíz (Zea mays), Quinua (Chenopodium quinoa), Trigo (Triticum vulgare) y Tubérculo: Papa (Solanum tuberosum) nacionales con Trigo (Triticum vulgare) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias*. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a9159f18-4701-42ee-902c-03e85eaab717/content

Li, J., Zhang, S., Liu, C., Yin, Y., Sun, X., & Wu, J. (2023). Characterization of ash content in wheat flour using data fusion. *Infrared Physics & Technology*, *133*, 104792. https://doi.org/10.1016/J.INFRARED.2023.104792

López, J., Cardona, M., & Rodríguez, E. (2017). Efecto del ácido fumárico en las características de calidad de muffins. *Revista Lasallista de Investigacion*, *14*(2), 9–19. https://doi.org/10.22507/rli.v14n2a1

Martínez, E., & Mátar, I. (2017). *Elaboración de harina de amaranto*. https://acortar.link/wVhGwD

Martínez, Eliel., Villaseñor, Eduardo., Santa Rosa, Rene., Espitia, Eduardo., & Herrera, P. (2014). La calidad industrial de trigo harinero de temporal en México . *Ciencia y Tecnología*, *2*(2), 32–37. https://www.somecta.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/CYTAM-2014-2-2.pdf

Martínez, M., Penci, M., Modesto, D., Ribotta, P., & Marín, M. (2012). Aportes a la sustentabilidad de la cadena de valor de frutos secos: obtención de aceite y harina de nuez (Juglans regia L.) y almendra (Prunus amygdalus L.). *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, *1*.

Martínez, M., Velázquez, R., & Coleto, J. (2018). El sector de frutos secos (III): Análisis comercial del almendro. *La Agricultura y La Ganadería Extremeñas*. https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2018/2018-08-el-sector-de-frutos-secos-iii-analisis.pdf

Martínez, O., Iriondo, A., Gómez, J., & Dolores del Castillo, M. (2021). Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario. *Distribuciónyconsumo*, *1*, 51–62. https://digital.csic.es/bitstream/10261/253463/1/nuevatendealimen.pdf

Mera-Carbo, M., Parraga-Álava, C., Muñoz-Murillo, P., & Verduga-López, C. (2020). Sustitución parcial de harina de trigo (Triticum Spp.) por harina de amaranto (Amaranthus spp.) y quinua (Chenopodium quinoa willd.) en galletas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *30*(1). https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/91/76

Molinos Miraflores. (2020). *Molinos Miraflores capacita en la ciudad de Santo Domingo - Molinos Miraflores S.A.* https://www.molinosmiraflores.com/molinos-miraflores-capacita-en-la-ciudad-de-santo-domingo/?utm_source

Moreno, M., Comino, I., & Sousa, C. (2014). Cereales alternativos como potencial materia prima para el desarrollo de alimentos sin gluten en la dieta de pacientes celíacos y sensibles al gluten. *Nutrition and Food Sciences*, *2*(3). www.austinpublishinggroup.org

Murillo, A., & Rodríguez, D. (2018). *Alimentación saludable, la gran tendencia del consumo actual* [UniversidadAutonomadeOccidente].

https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/4d349168-aa75-429a-8667-a724f1412b44/content

Neri, M. (2016). *Aprovechamiento del camote (Ipomoea batatas) para el desarrollo de harinas funcionales y su aplicación en la elaboración de muffins reducidos en gluten*. https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/a6624583-fd60-427e-b7e5-52360d2ce18e

NTE INEN 394. (2013). *Conservas vegetales. Determinación del volumen ocupado por el producto.* https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar

NTE INEN 517. (2013). *Harina de origen vegetal. Determinación del tamaño de partícula*. https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar

NTE INEN 21415-1. (2013). *Trigo y Harina de Trigo. Contenido de gluten. PARTE 1: Determinación de gluten húmedo mediante un método manual*. https://drive.google.com/file/d/1gCPU9M3jtiiFiFBGtl50hgLRUh0upUjP/view

NTE INEN 21415-3. (2014). *Trigo y Harina de Trigo. Contenido de gluten. PARTE 3: Determinación de gluten seco a partir de gluten húmedo mediante un método de secado en estufa.* https://drive.google.com/file/d/1Ko0SsMLXUVODEsUnslLWZeZhv3yHXYLG/view

NTE INEN-ISO 712. (2013). *Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia (IDT)*. https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar

NTE INEN-ISO 2171. (2013). *Cereales, leguminosas y subproductos. Determinación del rendimiento de cenizas por incineración (IDT)*. https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar

Ochoa, J., Betancur, M., & Sandoval, E. (2017). Efecto del ácido fumárico en las características de calidad de muffins. *Revista Lasallista de Investigacion*, *14*(2), 9–19. https://doi.org/10.22507/rli.v14n2a1

OEC. (2013). *Observatorio de Complejidad Económica*. https://oec.world/es/profile/bilateral-product/wheat/reporter/ecu

Osorio, M. (2018). *Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos*. https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/86773ba5-da93-49df-933a-4d83f9625074/content

Paredes, Mayra., Sandoval, Galo., Álvarez, Mario., & Lascano, Alexandra. (2012). Estudio reológico de las mezclas de harinas: trigo (Triticum vulgare), cebada (Hordeum vulgare) y papas (Solanum tuberosum) para la utilización en la elaboración de pan. *Scientia Agropecuaria*, *3*(2), 123–131. https://www.redalyc.org/pdf/3576/357633702003.pdf

Paucar, S. (2018). *Plan de negocio para la exportación de nuez de macadamia seca a Montreal-Canadá* [Universidad de las Américas]. https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8656/1/UDLA-EC-TINI-2018-44.pdf

Pérez de León, R. (2019). *Análisis de la vida útil durante el almacenamiento y control de calidad en la producción de productos de pastelería y bollería*. https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2019/hdl_2072_366009/TFM_rperezdeleon.pdf

Plaza, M. (2016). *Modificación física de harina de trigo sarraceno. Impacto sobre la reología de las masas y la calidad de los panes sin gluten* [Universidad de Valladolid]. https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/29442/TFM-L352.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Plustea, L., Negrea, M., Cocan, I., Radulov, I., Tulcan, C., Berbecea, A., Popescu, I., Obistioiu, D., Hotea, I., Suster, G., Boeriu, A. E., & Alexa, E. (2022). *Lupin (Lupinus spp.)-Fortified Bread: A Sustainable, Nutritionally, Functionally, and Technologically Valuable Solution for Bakery*. https://doi.org/10.3390/foods11142067

Rosero, A., Sierra, C., Pastrana, I., Granda, L., Pérez, J. L., Martínez, R., Morelo, J., Espitia, L., Araujo, H., & De Paula, C. (2020). Genotypic and environmental factors influence the proximate composition and quality attributes of sweetpotato (Ipomoea batatas L.). *Agriculture and Food Security*, *9*(1), 1–17. https://doi.org/10.1186/S40066-020-00268-4/TABLES/8

Ruiz, C., & Herrero, A. (2022). Sensory Analysis and Consumer Research in New Product Development. *Journal Foods*, *10*(3). https://doi.org/10.3390/foods11142067

Saavedra, W. (2017). *Análisis de textura en cereales* [Universidad Nacional de Trujillo]. https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/140efe27-9d40-4756-ace4-50a31111ba1c/content

Sacón, E., Bernal, I., Dueñas, A., Cobeña, G., & López, N. (2016). Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan. *Scielo*, *36*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000300011

Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from ecuador. *Agronomy*, *11*(9). https://doi.org/10.3390/agronomy11091693

Salazar, S. (2016). Programas sociales de alimentación y nutrición del Estado ecuatoriano, estrategia nacional en favor de la alimentación saludable. *Economía,XLI*, 73–96. http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_41/Pdf/Rev41Salazar.pdf

Shahzad, K., Nawaz, S., Zahid, S., Saeed, S., Ahid, A., Hassan, A., & Husain, S. (2019). Comparative Physicochemical and Microbiological Assessment ofBranded and Unbranded Whole Wheat Flours in Pakistan. *Quality Assessment of Whole Wheat Flours*, *1*, 24–32. https://v2.pjsir.org/index.php/biological-sciences/article/view/348/211

Silva, D. (2019). *Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/578905d4-98c1-4901-8871-ad45b5750efb/content

Silva, J. (2024). *Formulación de un mix en polvo para pasteles sabor chocolate a base de harinas alternativas* [Universidad Autónoma del Estado de México]. http://hdl.handle.net/20.500.11799/139985

Suarez Mora, O. M., & Silva Pérez, E. J. (2023). Análisis de la producción y exportación de amaranto para determinar su gestión logística a la Unión Europea. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico - Profesional, ISSN-e 2550-682X, Vol. 8, Nº. 8 (AGOSTO 2023), 2023, Págs. 3-26*, *8*(8), 3–26. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9152400

Tamayo, J., Arroba, E., Pérez, V., & Córdova, A. (2024). Producción y comercialización del sector agrícola en el Ecuador. *Revista de Investigación SIGMA-ESPE*, *11*. https://doi.org/10.24133/zcqpss24

Turkut, G., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, *69*, 174–181. https://doi.org/10.1016/J.JCS.2016.03.005

Urbina, K., Santacruz, S., Guapi, G., Revilla, K., & Aldas, J. (2023). Caracterización fisicoquímica de los cereales y funcionalidad de las harinas de amaranto (Amaranthus caudatus) y quinoa (Chenopodium quinoa). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, *10*(2), 33–41. https://doi.org/10.23850/24220582.5708

Vasallo, M., & Vega, Y. (2020). *Desarrollo del sistema HACCP en la panadería y pastelería sello dorado E.U.* [Universidad distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/e2bf6e37-7af3-428a-9969-6aafae0462f7/content

Vázquez, L., & Hernández, C. (2023). Características Físicas y Sensoriales de Pastel elaborado con Margarina, Aceite y su mezcla. *Investigación y Desarrollo En Ciancia y Tecnología de Alimentos*, *8*, 62–67. https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.13

Vázquez-Chávez, L., & Hernández-López, C. (2023). *Características Físicas y Sensoriales de Pastel elaborado con Margarina, Aceite y su mezcla*. *8*, 62–67.

Vera, J., Álvarez, M., & Ibáñez, A. (2021). Sistema de producción de la almendra y del cacao: Una caracterización necesaria. *Revista de Ciencias Sociales*, *XXVII*, 372–390. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8081778

Vermelho, A. B., Moreira, J. V., Junior, A. N., da Silva, C. R., Cardoso, V. da S., & Akamine, I. T. (2024). Microbial Preservation and Contamination Control in the Baking Industry. *Fermentation Journal* , *10*(5), 231. https://doi.org/10.3390/FERMENTATION10050231

Viera, I., Hamdi, A., Jiménez, A., Rodríguez, R., Espejo, J., & Guillén, R. (2019). Composición nutricional y actividad antioxidante de diferentes variedades de nuez (Juglans regia L.) de Nerpio (España) en comparación con variedades comerciales. *Grasas y Aceites*, *70*(3), 1–8. https://doi.org/10.3989/gya.0932182

Villa, S., & Mejía, J. (2015). *Desarrollo de recetas de pastelería aplicando siete harinas alternativas* [Facultad de Ciencia de la Hospitalidad]. http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23199

Vinueza, A., Tapia, E., Tapia, G., Nicolalde, T., & Carpio, T. (2023). Estado nutricional de los adultos ecuatorianos y su distribución según las características sociodemográficas. Estudio transversal. *NutriciónHospitalaria*, *1*, 102–108. https://doi.org/10.20960/nh.4083

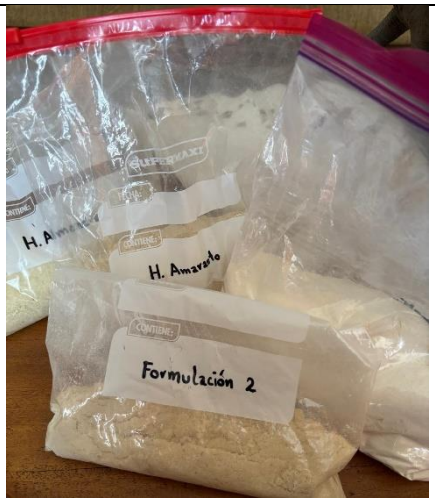
Yanez, A. (2015). *Análisis de las importaciones de trigo en el Ecuador durante el periodo 2015 – 2019* [UTMACH]. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15907/1/E-11849_YANEZ%20RIOS%20ANGEL%20RAMIRO.pdf?utm_source

Yumi, D. (2019). *Diseño de un manual BPM para la panadería pastelería La Corteza* [Universidad de las Américas]. https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/11203/1/UDLA-EC-TLG-2019-17.pdf

Zegarra, S., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2019). Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. *Revista Chilena de Nutrición*, *46*(5), 561–570. https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561

ANEXOS

Anexo 1 - Obtención de la harina de almendra (Prunus dulcis), nuez (Juglans regia) y amaranto (Amaranthus).



Anexo 2 - Análisis del contenido de gluten en la premezcla pastelera





Anexo 3 - Elaboración de los muffins





Anexo 4 - Análisis del perfil de textura de los muffins






Anexo 5 - Análisis de volumen de los muffins






Anexo 6 - Análisis sensorial

"Desarrollo de una premezcla pastelera con bajo contenido de gluten a base de almendra (*Prunus dulcis*), nuez (*Juglans regia*) y amaranto (*Amaranthus*)"

FICHA DE CATACIÓN

Nombre y Apellido: _____ Fecha: / / 2024

Género: Masculino ☐ Femenino ☐ Edad: _____

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA CATA

Pruebe cada una de las muestras en el orden indicado y marque con una X en la escala de su preferencia.Enjuáguese la boca cada vez que vaya a probar una nueva muestra.

Parámetros	Escala	Códigos	
		HTA01	PAA02
Color	4.- Me gusta mucho		
	3.- Me gusta		
	2.- No me gusta		
	1.- Me desagrada		
Olor	4.- Me gusta mucho		
	3.- Me gusta		
	2.- No me gusta		
	1.- Me desagrada		
Textura	4.- Me gusta mucho		
	3.- Me gusta		
	2.- No me gusta		
	1.- Me desagrada		
Sabor	4.- Me gusta mucho		
	3.- Me gusta		
	2.- No me gusta		
	1.- Me desagrada		
Aceptabilidad	4.- Me gusta mucho		
	3.- Me gusta		
	2.- No me gusta		
	1.- Me desagrada		

COMENTARIOS: ……..……
……

¡Gracias por su colaboración!







Anexo 7 - Análisis de la composición proximal

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

LACONAL

01519

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 24-176			R01-7.8 03
Solicitud Nº: 24-176			Pág.:1 de 1
Fecha recepción:	25 de Noviembre de 2024	Fecha de ejecución de ensayos: 27 al 29 de Noviembre de 2024	
Información del cliente:			
Empresa:		C.I./RUC:	1804901518
Representante:	Adrian Avila	Tlf:	0960155989
Dirección:	Ambato	Email:	aavila1518@uta.edu.ec
Ciudad:	Ambato		
Descripción de las muestras:			
Producto:	Premezcla Pastelera; Muffins de harina de trigo; Muffins de premezcla	Peso	10g de cada muestra
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase:	Funda plástica
Lote:	n/a	No de muestras:	tres
F. Elb.:	21 de octubre de 2024	F. Exp.:	n/a
Conservación: Ambiente:X	Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab:	30 días
Cierres seguridad: Ninguno: X	Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente:	21 de octubre de 2024

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Premezcla pastelera	**17624400**	**Ninguno**	Cenizas, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 923.03	**%**	**2,21**
			Proteína total, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	**%(Nx6,25)**	**14,2**
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	**%**	**17,6**
Muffins de harina de trigo	**17624401**	**Ninguno**	Volumen ocupado por el producto, Volumetría	INEN 394	**cm³**	**41,3**
Muffins de premezcla	**17624402**	**Ninguno**	Volumen ocupado por el producto, Volumetría	INEN 394	**cm³**	**36,0**

Conds. Ambientales: 22,9°C; 44.1%HR

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 29 de Noviembre de 2024 FP

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".

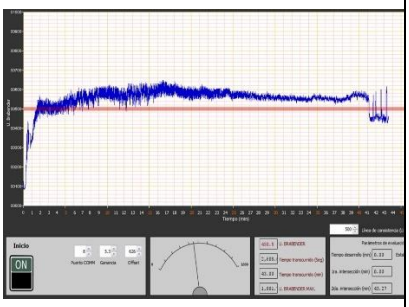
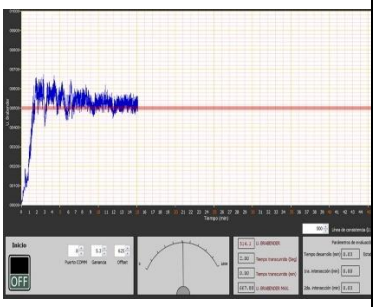
UTA
Dir.: Universidad Técnica de Ambato. Campus Huachi. Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 http://laconal.uta.edu.ec laconal@uta.edu.ec

		
Proteína	Grasa	Ceniza
		
Humedad Formulación testigo	Humedad Formulación II	Resultado de Humedad

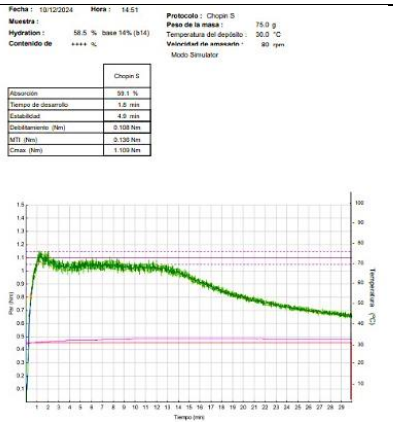
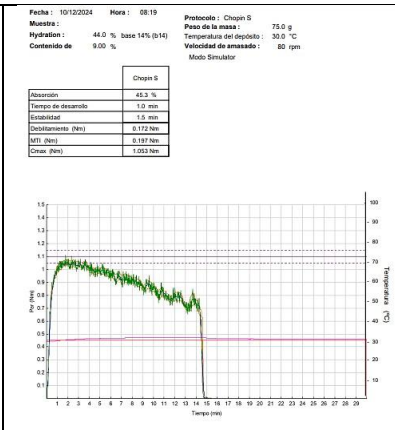
Anexo 8 - Análisis del tamaño de partícula

		
Juego de tamices	Tamizador	Tamaño de partícula

Anexo 9 - Análisis farinográfico

		
Farinógrafo	Resultado Formulación testigo	Resultado Formulación II

Anexo 10 - Análisis mixográfico

		
Baño maría	Resultado Formulación testigo	Resultado Formulación II