



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
PROYECTO DE TITULACIÓN

**“ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN
PARCIAL DE HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON
ESPIRULINA”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero/a Agroindustrial

Autores:

Almachi Cajas Kerly Estefania
Ríos Guanín Brayán Steeven

Tutor:

Ph.D. Evelyn Andrea Rivera Toapanta.

LA MANÁ – ECUADOR
AGOSTO - 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Almachi Cajas Kerly Estefania, con cédula de ciudadanía No. 0503816712, Rios Guanin Brayan Steeven, con cédula de ciudadanía No. 1753627353 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA”**, siendo Ing. Evelyn Andrea Rivera Toapanta. Ph.D, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

La Maná, Julio 30 del 2025



Almachi Cajas Kerly Estefania

C.C: 0503816712



Rios Guanin Brayan Steeven

C.C: 1753627353

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ALMACHI CAJAS KERLY ESTEFANIA**, identificada con cédula de ciudadanía No, **0503816712** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. – **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 11 Enero del 2025

Tutor: Ing, Evelyn Andrea Rivera Toapanta, Ph.D

Tema: “ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de Agosto del 2025.



Almachi Cajas Kerly Estefania

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **RIOS GUANIN BRAYAN STEEVEN**, identificada con cédula de ciudadanía No, **1753627353** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. – **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 11 de Enero del 2025

Tutor: Ing, Evelyn Andrea Rivera Toapanta, Ph.D

Tema: “**ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA**” **CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de Agosto del 2025.



Rios Guanin Brayan Steeven

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA”, de Almachi Cajas Kerly Estefania; Rios Guanin Brayan Steeven de la carrera de Agroindustria, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 30 de Julio de 2025

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Evelyn Andrea Rivera', is centered on the page.

Rivera Toapanta Evelyn Andrea. Ph.D
C.C.: 1717656209
TUTORA

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná, Carrera de Agroindustria; por cuanto, los postulantes: Almachi Cajas Kerly Estefania; Rios Guanin Brayan Steeven, con el título del Proyecto de Investigación: **“ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL CON HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 30 de Julio del 2025

Para constancia firman:



M.Sc. Carrera Borja Washington Xavier

Cl. 0502443625

LECTOR 1 (PRESIDENTE)



M.Sc. Casco Toapanta Marjorie Gissela

Cl.0502877525

LECTOR 2 (MIEMBRO)



M.Sc. Gavilánez Buñay Tatiana Carolina

Cl.1600398190

LECTOR 3 (SECRETARIA)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión “La Maná”, por haberme brindado una formación académica rigurosa, pertinente y con profundo sentido social. Esta casa de estudios ha sido mucho más que un entorno de aprendizaje; ha sido el espacio donde forjé mis principios profesionales, donde entendí que el conocimiento cobra mayor valor cuando se pone al servicio de la comunidad. Mi gratitud se extiende a cada uno de mis docentes, quienes, con dedicación incansable, vocación educativa y sensibilidad humana, supieron acompañar mi proceso de crecimiento con generosidad, paciencia y compromiso. Gracias por compartir no solo saberes técnicos, sino también valores esenciales que orientan el ejercicio ético de la profesión. Cada clase, orientación y palabra de aliento fueron semillas que hoy dan fruto en la convicción que tengo sobre el rol transformador de la ciencia.

Almachi Kerly

AGRADECIMIENTO

Quiero extender mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión “La Maná”, por ser el lugar donde no solo adquirí conocimientos, sino también valores, experiencias y aprendizajes que marcaron profundamente mi formación integral. La universidad fue para mí un espacio de descubrimiento, de construcción de sueños y de crecimiento profesional. Hoy, al cerrar esta etapa, me llevo herramientas técnicas, pero sobre todo, la convicción de que el conocimiento tiene sentido cuando se transforma en acción, servicio y compromiso social. A cada docente que me acompañó a lo largo de este proceso formativo, expreso mi más sincero agradecimiento por su entrega constante, por creer en nuestras capacidades y por guiarnos con equilibrio entre exigencia académica y sensibilidad humana. Su paciencia en momentos de incertidumbre, su exigencia en cada etapa del aprendizaje y su disposición para compartir conocimientos con vocación y empatía, fueron fundamentales en mi desarrollo profesional y personal.

Ríos Brayan

DEDICATORIA

Dedico este logro con todo mi amor a mi querida familia y a mi docente tutora Andrea Rivera, por haber sido una fuente constante de motivación sabiduría y paciencia. Gracias por enseñarme con rigurosidad y por acompañarme en este proceso que hoy culmina con éxito. A mis padres, especialmente, les agradezco profundamente por su sacrificio, por sus palabras de aliento cuando las dudas me invadían, y por enseñarme el valor de cada esfuerzo tiene su recompensa, la humildad y la perseverancia. Esta meta alcanzada no es solo mía, sino también de ustedes, porque sin su apoyo nada de esto habrá sido posible.

Almachi Kerly

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi familia, especialmente a mis padres, por su presencia constante, ejemplo de responsabilidad y por enseñarme el valor del esfuerzo. Este resultado también les pertenece, porque cada página escrita lleva el reflejo de su sacrificio y dedicación. Extiendo mis más sincero agradecimiento a mi tutora, Andrea Rivera, por su guía paciente y generosa, por creer en mi capacidad incluso en los momentos más exigentes. Por sembrar en mí la confianza necesaria para culminar este proyecto con sentido y responsabilidad. Su acompañamiento fortaleció mi vocación científica con propósito humano.

Ríos Brayan

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE CHOCHO ENRIQUECIDA CON ESPIRULINA”

Autores:

Almachi Cajas Kerly Estefanía

Ríos Guanín Brayan Steeven

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito desarrollar galletas funcionales que no solo aporten beneficios nutricionales, sino que también conecten con las raíces alimentarias de nuestra región. Para ello, se reemplazó parcialmente la harina de trigo refinada e integral por harina de chocho enriquecida con espirulina, fusionando ingredientes andinos de gran valor con alimentos emergentes. A través de un diseño experimental factorial en Bloques completamente al azar (DBCA), se evaluaron distintas formulaciones considerando su aceptación sensorial, así como sus características fisicoquímicas, y microbiológicas. Los análisis reflejaron una mejora significativa en el contenido de proteínas, fibra y grasas en tratamientos como T4 y T8. Además, todos los tratamientos tuvieron una aceptabilidad de 7 (me gusta moderadamente) por parte de los consumidores y tuvieron mejor acogida a los 30 días. También, se comprobó que las galletas conservan sus propiedades durante 30 días de almacenamiento, sin presencia de *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras, cumpliendo con lo establecido en la normativa NTE INEN 2085. En conclusión, esta investigación, representa una alternativa saludable y viable, que fortalece la soberanía alimentaria, rescata el valor de cultivos locales y promueve un modelo de alimentación potencialmente funcional con identidad ecuatoriana y compromiso social.

Palabras clave: galletas, harina de chocho, espirulina, alimentos funcionales.

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop functional cookies that not only provide nutritional benefits but also connect with the food roots of our region. To this end, refined and whole wheat flour were partially replaced with lupin flour enriched with spirulina, combining high-value Andean ingredients with emerging foods. Using a completely randomized block (CRB) factorial experimental design, different formulations were evaluated based on their sensory acceptance, as well as their physicochemical and microbiological characteristics. The analyses showed a significant improvement in protein, fiber, and fat content in treatments T4 and T8. Furthermore, all treatments had a consumer acceptability rating of 7 (moderately liked) and were more well-received after 30 days. It was also proven that the cookies retain their properties for 30 days of storage, without the presence of *Staphylococcus aureus*, molds, and yeasts, complying with the provisions of the NTE INEN 2085 regulation. In conclusion, this research represents a healthy and viable alternative that strengthens food sovereignty, rescues the value of local crops, and promotes a potentially functional food model with Ecuadorian identity and social commitment.

Keywords: Cookies, lupin flour, spirulina, functional foods.

ÍNDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1. Beneficiarios Directos	4
4.2. Beneficiarios Indirectos	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	5
6.1. OBJETIVO GENERAL	5
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
9. HIPÓTESIS	16
10. METODOLOGIA	16
10.8. Materiales Utilizados	30
10.8.1. Reactivos Utilizados	30
10.8.2. Equipos Utilizados	31
10.10. Análisis Económicos	31
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
11.1. Desarrollo de los prototipos de galletas con diferentes concentraciones de harina de chochos (10 y 20%) y espirulina (0,5 y 1%).	32
11.2. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las diferentes formulaciones de las galletas	33

11.3. Evaluación de la vida útil de las galletas a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente mediante los análisis fisicoquímicos (pH, °Brix y acidez titulable) y sensorial (aceptabilidad).	40
11.5 Análisis Económico	55
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)	56
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
14. BIBLIOGRAFÍA	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas	6
Tabla 2. Taxonomía del chocho	8
Tabla 3. Contenido nutricional del grano del chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).	9
Tabla 4. La taxonomía del trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	11
Tabla 5. Composición de la harina de trigo	11
Tabla 6. Tipos de Harina de trigo	12
Tabla 7. Propiedades físicas:	12
Tabla 8. Taxonomía de la espirulina	12
Tabla 9. Valores nutricionales de espirulina deshidratada por cada 100 gramos.	13
Tabla 10. Variables independientes y dependientes.	18
Tabla 11. Esquema del diseño experimental	19
Tabla 12. Formulación de las galletas con sustitución parcial con harina de chocho enriquecida con espirulina.	23
Tabla 13. Esquema de tratamientos para el análisis nutricional de galletas a base de harina de trigo refinada e integral con sustitución de harina de chocho enriquecido con espirulina.	25
Tabla 14. Requisitos bromatológicos para las galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecidos con espirulina.	26
Tabla 15. Requisitos microbiológicos para las galletas recubiertas.	29
Tabla 16. Escala de valoración para la elaboración sensorial	29
Tabla 17. Lista de materiales aplicados.	30
Tabla 18. Reactivos del laboratorio utilizados en el desarrollo experimental	30
Tabla 19. Descripción del equipamiento técnico aplicado en las etapas experimentales.	31
Tabla 20. Análisis de pH, °Brix y acidez titulable en los diferentes tratamientos de galletas.	35
Tabla 21. Análisis de proteína, grasa, ceniza y fibra de las galletas	39
Tabla 23. Valores de pH, °Brix y acidez titulable en los diferentes tratamientos de formulaciones de galletas en función al tiempo (0,15 y 30 días).	41
Tabla 24. Valores de pH, °Brix y acidez titulable de los tratamientos de galletas en función al tiempo (0,15 y 30 días).	43

Tabla 25 Valores promedio de Polifenoles Totales en los diferentes tratamientos de formulaciones de galletas.	47
Tabla 26. Concentración de los polifenoles de los tratamientos en función del tiempo de almacenamiento	48
Tabla 27. Puntuaciones de la aceptabilidad de los diferentes tratamientos de galletas.	49
Tabla 28. Aceptabilidad en función del tiempo de almacenamiento de las muestras.	50
Tabla 29. Resultados de la Evaluación Microbiológica de los tratamientos	53
Tabla 29. Resultados de la Evaluación Microbiológica de las Muestra	54
Tabla 30. Evaluación económica de las galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecida con espirulina	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espirulina seca en polvo.	13
Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de harina de chocho.	20
Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración de galletas	22
Figura 4. Interacción del Humedad durante el almacenamiento en el tiempo 0 de las galletas con sustitución parcial harina de chocho enriquecida con espirulina.	
Figura 5. Análisis fisicoquímico en función a la interacción de los factores tratamiento por tiempo. a. pH: Interacción tiempo por tratamiento, b. °Brix: Interacción tiempo por tratamiento y c. Acidez: Interacción tiempo por tratamiento	45
Figura 6. Evolución de la aceptabilidad en función del tiempo por tratamiento	51

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Informes mensuales de tutorías del trabajo de titulación. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 2. Informe final del tutor del proyecto de investigación. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 3. Inscripción de la propuesta o plan del proyecto de investigación. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 4. Oficio de selección de tutor de titulación. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 5. Revisión y aprobación del tema de investigación por parte del tutor asignado. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 6. Solicitud para la designación del tribunal de lectores y fecha para la sustentación. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 7. Formulario para correcciones del trabajo de titulación por el tribunal de lectores. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 8. Formulario de representación del plan del proyecto de investigación. **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 9. Documentación Complementaria **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 10. Fotografías de la investigación **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 11. Instrumentos de evaluación sensorial **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 12. Normativas NTE INEN **¡Error! Marcador no definido.**

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto

“Elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecida con espirulina.

Fecha de inicio: Abril 2025

Fecha de finalización: Agosto 2025

Lugar de ejecución: Laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Extensión- La Maná

Carrera que auspicia: Agroindustria

Proyecto de investigación: "Innovación, salud y Sostenibilidad en la Industria alimenticia: Desarrollo de Alimentos Funcionales con materias primas y coproductos autóctonos y exóticos de la provincia de Cotopaxi"

Equipo de trabajo: Almachi Cajas Kerly Estefanía
Ríos Guanín Brayan Steeven
Ph.D. Evelyn Andrea Rivera Toapanta
Tutora del proyecto

Área de conocimiento: Ingeniería, industria y construcción

Línea de investigación: Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

Sublínea de investigación: Análisis cualitativo, cuantitativo y sensorial de alimentos y no alimentos de productos agroindustriales.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El interés por una alimentación saludable y el aprovechamiento de recursos autóctonos ha impulsado el desarrollo de productos funcionales que combinen valor nutricional, sostenibilidad y aceptabilidad sensorial. Esta propuesta se basa en preparar galletas sustituyendo parcialmente la harina tradicional por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) enriquecida con espirulina surge como una alternativa alimentaria innovadora que busca integrar ingredientes andinos tradicionales con superalimentos emergentes de alto impacto nutricional (Benavides et al., 2023). El chocho, leguminosa andina de alto contenido proteico, fibra dietética y micronutrientes, ha sido históricamente subutilizado en productos de panadería, a pesar de su potencial para mejorar el perfil nutricional. Por su parte, la espirulina, una microalga reconocida por su riqueza en proteínas, antioxidantes y lípidos insaturados, ha demostrado propiedades funcionales que podrían favorecer la retención de grasa, mejorar la textura y actuar como emulsificante natural en productos horneados (Izaguirre et al., 2022). Según Pérez et al. (2023) dice que "Las galletas se incluyen dentro del grupo de alimentos con relevancia social, ya que son ampliamente consumidas, bien recibidas por distintos grupos de la población, y destacan por su bajo costo y su composición nutricional mejorada. Están elaboradas con el propósito de aportar nutrientes clave que favorecen una alimentación equilibrada y contribuyen al bienestar nutricional de la población en general." Entre 2020 y 2025, diversas investigaciones han explorado la formulación de galletas funcionales utilizando ingredientes no convencionales. Por ejemplo, Cabrera-Mera et al., (2023) evaluaron la sustitución parcial de harina de trigo por harina de chocho, encontrando mejoras significativas en el contenido proteico y la aceptabilidad sensorial del producto. Asimismo García Sabay (2023), desarrolló galletas artesanales con chocho y otros ingredientes saludables, destacando

su potencial como snack nutritivo para poblaciones con necesidades dietéticas específicas, por consiguiente la integración de ingredientes con propiedades funcionales en productos de panadería representa una oportunidad para redefinir el concepto tradicional de los snacks y alimentos procesados ya que en este sentido, el desarrollo de galletas con harina de chocho y espirulina no solo responde a la demanda de opciones más nutritivas, sino también a la necesidad de fomentar el uso de cultivos locales que promuevan la soberanía alimentaria.

Al emplear chocho como fuente principal de proteína vegetal y espirulina como aditivo funcional, se busca un balance entre valor nutricional, aceptabilidad sensorial y viabilidad tecnológica, estableciendo una propuesta que puede ser escalable para pequeños productores, instituciones educativas o incluso programas de alimentación social (Batallas, 2023).

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La creciente preocupación por la salud y la nutrición ha impulsado el desarrollo de alimentos funcionales que no solo satisfacen las necesidades energéticas, sino que también ofrecen beneficios adicionales. En este contexto, la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) destaca por su alto contenido proteico (aproximadamente 40 y un 50%) y bajo contenido de carbohidratos, lo que la convierte en una alternativa viable para enriquecer productos de panadería y se reconoce por ser una fuente importante de proteínas, fibras y minerales como el calcio y el hierro (Chaquina, 2024). Asimismo, la espirulina (*Arthrospira platensis*) ha sido reconocida por la FAO como una fuente prometedora para combatir la desnutrición, gracias a su concentración de proteínas (60–70%), vitaminas del grupo B, hierro y antioxidantes (FAO, 2008). Su inclusión en productos alimenticios puede contribuir a mejorar el perfil nutricional, especialmente en poblaciones vulnerables. La mezcla de estos dos componentes responde a la necesidad de utilizar productos locales de gran valor nutricional, fomentando la soberanía alimentaria, la recuperación de cultivos antiguos y la creación de proyectos agroindustriales sustentables. Además, la utilización del chocho promueve la economía local al estimular su producción y tratamiento.

Este proyecto está en concordancia con los propósitos de salud pública y desarrollo sostenible, proporcionando un producto revolucionario, saludable y de marca cultural.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios Directos

Los 120 estudiantes (80 mujeres y 40 hombres), de la carrera de Agroindustria y sus 6 docentes (4 mujeres y 2 hombres) vinculados al área de vinculación y desarrollo de alimentos. Gracias a este proyecto, los participantes fortalecieron sus conocimientos en formulación de productos funcionales, con propiedades nutricionales con ingredientes alternativos, y con las técnicas de horneado. En la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecida con espirulina permitió aplicar estos aprendizajes, promoviendo el uso de materias primas locales con alto valor agregado.

4.2. Beneficiarios Indirectos

Se identifican como beneficiarios indirectos a 20 pequeños productores de chocho en el cantón de Salcedo (15 hombres y 5 mujeres), quienes enfrentan desafíos relacionados con el limitado acceso a mercados diferenciados y la baja valorización de su producto a nivel comercial. Esta situación afecta sus ingresos y desincentiva la diversificación productiva. A través del proyecto, se promueve el uso de harina de chocho como ingrediente funcional en la elaboración de galletas, lo que representa una oportunidad para agregar un valor al cultivo tradicional y fomentar su uso en nuevas aplicaciones alimentarias. De manera secundaria, el proyecto podría beneficiar a las familias de los productores y a emprendedores locales interesados en desarrollar productos innovadores y nutritivos a base de ingredientes andinos como el chocho y la espirulina.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Actualmente, los consumidores de galletas en Ecuador adquieren productos con alto contenido de grasas y calorías que afectan a la salud (Eulalia et al., 2020). En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un producto innovador que no solo ofrezca un mejor perfil nutricional, sino que también brinde beneficios adicionales para la salud, una alternativa viable es la incorporación de ingredientes funcionales como la espirulina y la harina de chocho, los cuales poseen un alto valor nutricional.

La alta disponibilidad y consumo de galletas con alto contenido de grasas y calorías en Ecuador, frente a la limitada oferta de alternativas saludables y funcionales, como el desarrollo de galletas a base de harina de trigo refinada e integral con harina de chocho y espirulina, puede contribuir

a mejorar la alimentación de los consumidores ecuatorianos, brindando beneficios nutricionales sin afectar el sabor y la aceptación del producto (Espín, 2024).

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la formulación de galletas a base de harina de trigo refinada, integral y su combinación, en adición con diferentes concentraciones de harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) y espirulina (*Arthrospira platensis*).

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar prototipos de galletas con diferentes concentraciones de harina de chochos (10 y 20%) y espirulina (0,5 y 1%).
- Analizar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las diferentes formulaciones de las galletas.
- Evaluar la vida útil de las galletas a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente a través de análisis fisicoquímicos (pH, °Brix y acidez titulable), polifenoles y sensoriales (aceptabilidad).
- Evaluar la calidad microbiológica de las galletas mediante la cuantificación de mohos, levaduras y *Staphylococcus aureus*, al día 30 de almacenamiento.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la tabla 1 se presenta el esquema metodológico que oriento el desarrollo de las galletas con la sustitución de harina de chocho enriquecida con espirulina. Se describen los objetivos específicos de la investigación.

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIONES
Desarrollar prototipos de galletas con diferentes concentraciones de harina de chochos (10 y 20%) y espirulina (0,5 y 1%).	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar proporciones óptimas de espirulina en productos de panadería. • Selección de ingredientes adicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prototipo de galleta enriquecida con espirulina y harina de chocho • Formulación documentada con parámetros establecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de formulación, aplicados por tratamiento.
Analizar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las diferentes formulaciones de las galletas.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de pH, °Brix y acidez titulable. Medición de polifenoles totales por espectrofotometría. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe nutricional que resalte el contenido proteico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablas comparativas por tratamiento y tiempo
Evaluar la vida útil de las galletas a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente a través de análisis fisicoquímicos (pH, °Brix y acidez titulable) y sensoriales (aceptabilidad).	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación y envío al laboratorio Multianálityca S.A. para los análisis nutricional (Proteínas, fibra, ceniza y grasa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación sensorial con alta aceptación por parte de los consumidores 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro fotográfico de resultados de laboratorio.
Evaluar la calidad microbiológica de las galletas mediante la cuantificación de mohos, levaduras y <i>Staphylococcus aureus</i> , al día 30 de almacenamiento:	<ul style="list-style-type: none"> • Repetición de los análisis fisicoquímicos en cada tiempo. • Evaluación sensorial por consumidores no entrenados. • Preparación de disoluciones para compact Dry 		<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos del comportamiento de los análisis. • Tablas de resultados con letras significativas estadísticas. • Tablas de resultados y discusiones de diferentes tratamientos.

8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

8.1. Bases teóricas

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2085, las galletas se clasifican y definen la siguiente manera:

8.1.1.1. Galletas:

Son productos alimenticios elaborados a partir de masas formadas con harinas de trigo en otras fuentes farináceas, mezcladas con ingredientes aptos para el consumo humano, que adquieren su forma final tras un proceso de horneado.

8.1.1.2. Galletas simples:

Son las galletas que se consumen tal como salen del horno, sin agregarles coberturas ni rellenos.

8.1.1.3. Galletas Saladas:

Presentan un sabor salado característico.

8.1.1.4. Galletas Dulces:

Tienen un sabor dulce gracias a la adición de azúcares u otros endulzantes.

8.1.1.5. Galletas Wafer:

Se elaboran a partir de una masa líquida que se hornea en forma de obleas, las cuales luego se unen con un relleno para formar un sándwich.

8.1.1.6. Galletas con relleno:

Son galletas, simples o tipo wafer, a las que se les añade un relleno interno.

8.1.1.7. Galletas recubiertas o revestidas:

Son aquellas que tienen un baño o cobertura externa, y pueden ser simples o rellenas.

8.1.1.8. Galletas bajas en calorías:

Son productos a los que se les ha reducido al menos un 35 % de su aporte energético en comparación con la galleta tradicional.

8.1.1.9. Agentes de tratamiento de harinas:

Son sustancias que se añaden a la harina para mejorar su color o su comportamiento en el horneado, como blanqueadores, mejoradores y acondicionadores de masa.

8.1.2. Chocho

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa originaria de la región andina de Sudamérica, que se distribuye desde Colombia hasta el norte de Argentina. Aunque se cultiva en varios

países andinos, su consumo alimenticio está principalmente reconocido en Ecuador, Perú y Bolivia.

Su harina destaca por su alto valor nutricional, ya que aporta proteínas de calidad, lisina, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales, lo que la convierte en un ingrediente ideal para enriquecer alimentos como panes, pastas, galletas y ensaladas, e incluso como alternativa a la soya o a la leche (Cabrera, et al. 2023).

Tradicionalmente, esta leguminosa se siembra en los Andes a partir de los 1500 metros sobre el nivel del mar, encontrándose en Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela, Bolivia, Chile y Argentina. Sus semillas han sido un alimento importante por su alto contenido de proteínas y aceites, ocupando un lugar destacado entre los alimentos nativos de alto valor nutritivo a nivel mundial. (Cabrera, et al. 2023).

Como señala Llerana (2022), el chocho posee grandes propiedades nutricionales, puede sustituir la proteína animal y es la única leguminosa de grano comestible originaria de los Andes, cuyo cultivo se mantiene en diferentes sistemas productivos desde Ecuador hasta el noreste de Argentina (Tabla 2).

Tabla 2. Taxonomía del chocho

Nombre científico	<i>Lupinus mutabilis</i>
Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Traqueofita</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabácea</i>
Genero	<i>Lupino</i>
Especie	<i>Lupinis mutabilis</i>

Fuentes: (Suárez, 2023).

8.1.2.1. Propiedades nutricionales del chocho

El chocho (*Lupinus mutabilis*) destaca por su elevado valor nutricional. Según Llerana, (2022) “el grano des amargado contiene aproximadamente un 54 % de proteína, superando significativamente a la soya, que alcanza un 36 %. Incluso, su contenido proteico es superior a la suma de las proteínas presentes en el fréjol y el maní, que tienen 22 % y 27 %

respectivamente. Este nivel proteico depende principalmente de la concentración de aminoácidos y de su grado de digestibilidad”.

Según Villacrés et al., (2006) “La fibra alimentaria presente en la cáscara del grano de chocho está compuesta por elementos que el sistema digestivo humano no puede degradar mediante sus enzimas. En el grano desgrasado, esta fibra alcanza en promedio un 10,37 %, y es relevante por su efecto saciante, ya que ayuda a generar sensación de llenura. Este efecto favorece la prevención de la obesidad, contribuye a reducir el estreñimiento y mejora el tránsito intestinal. Entre los minerales presentes, el calcio es uno de los más destacados, seguido por el fósforo, cuya concentración promedio es de 0,43 %. Este último resulta esencial porque regula el aprovechamiento del calcio, favorece el fortalecimiento de los huesos, la actividad del músculo cardíaco y la producción de energía en el organismo” (Tabla3).

Tabla 3. Contenido nutricional del grano del chocho (*Lupinus mutabilis*).

COMPONENTE		CHOCHO AMARGO (%)	CHOCHO DESAMARGADO (%)
Macro nutrientes	Proteínas	47,80	54,04
	Grasa	18,90	21,22
	Fibra	11,07	10,37
	Ceniza	4,52	2,54
	Extracto libre de nitrógeno	17,62	11,82
Micro nutrientes	Potasio	1,22	0,02
	Magnesio	0,24	0,07
	Calcio	0,12	0,48
	Fósforo	0,60	0,43
	Hierro (pmm)	78,45	72,25
	Zinc (pmm)	42,84	63,21
	Magnesio (pmm)	36,72	18,47
Cobre (pmm)	12,65	7,99	
Alcaloides (%)		3,26	0,03

Fuentes: (Llerena, 2022).

8.1.2.2. Harina de Chocho

La harina de chocho se elabora a partir del grano que ha pasado previamente por un proceso de eliminación de amargor y posterior secado en horno, obteniéndose un producto final de color marrón con propiedades organolépticas favorables. En el ámbito de la panificación, suele incorporarse en proporciones cercanas al 15 % con el propósito de incrementar

significativamente el contenido proteico y calórico de los productos elaborados (Rodríguez, 2024).

Aguagallo (2023), indica que la harina de chocho se obtiene al moler los granos previamente desamargados y deshidratados en horno, dando como resultado un producto con adecuadas características organolépticas. Gracias a su aporte de proteínas y grasas, su incorporación en productos de panificación permite obtener resultados de buena calidad.

8.1.3. Trigo

El trigo (*Triticum aestivum L.*), este cereal es uno de los más cultivados a nivel mundial y constituye una base importante en la alimentación humana. Su color característico es el amarillo, y se emplea principalmente para la producción de harina, fécula, sémola, harina integral, cerveza y una amplia variedad de alimentos (Aguagallo, 2023).

8.1.3.1. Origen

Aguagallo (2023), comentó que el trigo (*Triticum aestivum L.*) tiene un origen que se remonta a unos 11.000 años atrás, en la antigua Mesopotamia, conocida como la “cuna de la civilización”. En esta región, los primeros agricultores comenzaron a cultivar trigo, adoptando prácticas que incluían sembrar, cosechar, desgranar, fermentar y cocer el grano, además de utilizarlo para alimentar al ganado, que les proporcionaba leche, carne y estiércol para fertilizar los campos. Estas actividades permitieron incrementar el tamaño de los cultivos y mejorar las cosechas, lo que impulsó un crecimiento poblacional acelerado y facilitó que los agricultores superaran en número a los cazadores en pocas generaciones. La expansión del cultivo fue notable: hacia el 3000 a. C., el trigo ya había llegado a India, Etiopía, España e Irlanda, y para el 2000 a. C., se había extendido hasta China.

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es considerado el cultivo más relevante a nivel global, superando al maíz y al arroz, debido a que es el cereal de mayor uso en la producción de alimentos, se caracteriza por su versatilidad tecnológica en la industria alimentaria, debido a la presencia del gluten, una proteína que aporta elasticidad y cohesión a las masas panificables, ideal para la formulación de galletas con harina de chocho que juega un rol importante al aportar estructura y mejorar la aceptabilidad sensorial (INIAP, 2021), Tabla 4.

Tabla 4. La taxonomía del trigo (*Triticum aestivum L.*)

Reino	Vegetal
Clase	Angiosperma
Subclase	Monocotiledóneas
Orden	<i>Glumiflorales</i>
Familia	<i>Gramíneas</i>
Género	Triticum
Especie	<i>Vulgare L.</i>

Fuente: (INIAP, 2021).

8.1.4. Harina de Trigo

“Es un producto que se obtiene a partir de molienda o trituración del grano de trigo (*Triticum aestivum. L*) o trigo ramificado (*Triticum compactan Host*) en donde se retira parte de la cascarilla y del germen hasta obtener un polvo fino” (Otavalo, 2021). Así mismo, mediante la trituración del trigo se puede usar ampliamente en la elaboración del pan, existen diversas variedades de trigo como centeno y la cebada (Sifre et al., 2019).

8.1.4.1. Características

La composición de la harina Tabla 5, 6 y 7.

Tabla 5. Composición de la harina de trigo

COMPOSICIÓN	(%)
Almidón	(70-80%)
Proteínas	(10-15%)
Grasas	(1-2%)
Fibra	(1-2%)

Fuente: (Tapia, 2022).

Tabla 6. Tipos de Harina de trigo

HARINA INTEGRAL	HARINA REFINADA
Contiene todo el grano de trigo, incluyendo la cáscara y el germen.	Se elimina la cáscara y el germen, quedando solo el endospermo.

Fuente: (Tapia, 2022).

Tabla 7. Propiedades físicas:

Color	Textura	Olor
blanco o crema	fina o gruesa	suave

Fuente: (Tapia, 2022).

8.1.4.2. Gluten

El gluten es una mezcla de proteínas, principalmente gliadina y glutenina, responsables de aportar elasticidad y esponjosidad a las masas, según el tipo de preparación. Esta proteína se encuentra asociada al almidón y está presente en cereales como el trigo, la cebada, el centeno y la avena. En contraste, existen granos y semillas libres de gluten, entre ellos maíz, arroz, mijo, sorgo, tef, trigo sarraceno, quinua y amaranto, así como legumbres y otras semillas que no contienen esta proteína (Iñaguazo & Medina, 2024).

8.1.5. Espirulina

La espirulina es una cianobacteria con múltiples células que pueden verse como filamentos azul-verdosos al microscopio. Estos filamentos están formados por células cilíndricas dispuestas en hélice no ramificada. En el uso comercial, el nombre común, espirulina, se refiere a la biomasa desecada de la cianobacteria, *Arthrospira platensis*, y es un producto completo de origen biológico que se utiliza habitualmente como alimento, suplemento dietético y complemento nutricional (Malpartida, et al. 2022),

Tabla 8.

Clase	<i>Cyanophyceae</i>
Subclase	<i>Oscillatoriophyceidae</i>
Clase	<i>Cyanophyceae</i>
Orden	<i>Oscillatoriales</i>
Subclase	<i>Oscillatoriophyceidae</i>
Familia	<i>Oscillatoriaceae</i>
Orden	<i>Oscillatoriales</i>
Genero	<i>Arthrospira</i>
Familia	<i>Oscillatoriaceae</i>
Especie	<i>Arthrospira. Máxima</i>
Genero	<i>Arthrospira</i>
Especie	<i>Arthrospira. Máxima</i>

Tabla 8. Taxonomía de la espirulina

Fuentes: (Bach. Avila & Bach. Vigo, 2021).

8.1.5.1. Efectos beneficiosos

La espirulina es una microalga con un alto contenido de magnesio, mineral que contribuye a la producción de hormonas asociadas al bienestar, ayudando a mejorar el estado de ánimo y la disposición. Además, aporta compuestos bioactivos como la ficocianina y diversos antioxidantes, que se han relacionado con efectos protectores sobre la función cognitiva, pudiendo ser beneficiosos frente al Alzheimer y en la reducción del deterioro cerebral asociado al envejecimiento. También, es fuente de ácidos grasos omega-3, con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, que ayudan a disminuir la inflamación, favorecen la hipertrofia muscular y fortalecen el sistema inmunológico al activar las células de defensa. Algunos estudios sugieren que su consumo podría apoyar la inmunidad en personas con VIH, contribuyendo a mejorar su respuesta inmunitaria (Ochoa, 2023).



Figura 1. Espirulina seca en polvo.
Fuente: (Silos & Soria, 2021).

Tabla 9. Valores nutricionales de espirulina deshidratada por cada 100 gramos.

Contenido	Valor (g)
Energía*	335
Proteínas	57,5
Grasa	5,4
Ácidos grasos saturados	2,65
Ácido mirístico	0,075
Ácido palmítico	2,496
Ácido esteárico	0,077
Ácidos grasos monoinsaturados	0,675
Ácido palmitoleico	0,328
Ácido oleico	0,347
Ácidos grasos poliinsaturado	2,08
Ácido linoleico	0,823

*La energía están expresadas en kilocalorías (kcal)

Fuente: (Falla & Meoño, 2023).

8.1.6. Microorganismos indicadores.

8.1.6.1. Microorganismos

Los microorganismos son organismos pequeños, a menudo invisibles a simple vista, que habitan en casi todos los entornos de la tierra, incluido el cuerpo humano, se dividen en dos categorías principales: los microorganismos procariotas, que incluyen bacterias y arqueas que carecen de núcleo membranoso, y los microorganismos eucariotas, que comprenden organismos unicelulares y multicelulares, como algunos hongos, protozoos y algas, que poseen núcleo (Caffrey, 2024).

8.1.6.2. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus forma parte del microbiota habitual del ser humano, encontrándose principalmente en la piel y en la mucosa nasal. Por esta razón, suele emplearse como indicador de higiene personal en los manipuladores de alimentos. Cuando su presencia en los alimentos es elevada, refleja deficiencias en las prácticas de higiene y saneamiento durante la manipulación o el procesamiento. Aunque generalmente es inofensivo, cuando alcanza altas concentraciones puede producir enterotoxinas responsables de intoxicaciones alimentarias conocidas como estafilocócicas. Además, este microorganismo muestra resistencia a ambientes con baja actividad de agua y puede sobrevivir en alimentos ricos en azúcar, comportándose como un patógeno oportunista (Ricardo & Ricardo, 2005).

8.1.6.3. Mohos y Levaduras

8.1.6.3.1. Mohos

Según las NTE INEN 1529-10 10 Son microorganismos filamentosos de tipo aerobio mesófilo, que al cultivarse en medios de agar suelen crecer formando colonias planas o de apariencia esponjosa.

8.1.6.3.2. Levaduras

Son microorganismos eucariotas unicelulares ya que poseen una organización celular compleja que incluye un núcleo, lo que les ha valido la clasificación de eucariotas. Permanecientes al reino de los hongos, que se encuentran junto con mohos y hongos. Donde las hifas pueden o no estar presentes y tienen una fase sexual perfecta o teleomorfa. Sin embargo, las levaduras a las que no se les han descrito aún la fase sexual, y sólo se le conoce la fase anamorfa (Mendoza, 2005).

8.1.7. Ingredientes para la elaboración de galletas

8.1.7.1. Mantequilla

Las grasas desempeñan un papel fundamental en la elaboración de masas, incluso más relevante que la harina y el azúcar. Actúan como agentes antiglutinantes, aportando plasticidad y suavidad, además de funcionar como lubricantes durante el amasado. También influyen directamente en la textura del producto final, haciendo que las galletas sean más ligeras, con mayor longitud, y que presenten menor grosor y peso (Aguagallo, 2023).

8.1.7.2. Huevos

El huevo es un componente esencial en la dieta y tiene una gran cantidad de macronutrientes y micronutrientes: El huevo es una fuente rica en proteínas, minerales y aminoácidos esenciales, los cuales conforman proteínas de alto valor biológico, fáciles de asimilar por el organismo. Entre sus aminoácidos destacan la metionina, lisina y triptófano, lo que lo convierte en un alimento altamente nutritivo. Después de la leche materna, el huevo es considerado la fuente natural con mayor contenido proteico aprovechable para el cuerpo humano (Aguagallo, 2023).

8.1.7.3. Azúcar impalpable

Azúcar impalpable o azúcar glass también conocida en la repostería de donde proviene de la azúcar blanca refinada o molida, donde se requiere la adición de un agente como almidón con el objetivo de conseguir un azúcar glass adecuado (Iñaguazo & Medina, 2024).

8.1.7.4. Chocolate

Las coberturas de chocolate se utilizan frecuentemente en la repostería con el objetivo de cubrir variados productos como bizcochos, pasteles, frutos secos, helados, entre otros. Además de ofrecer un gusto y textura atractivo, también desempeñan un papel protector, como prevenir la pérdida de humedad en los productos de horno (Herrera, 2023).

Los chocolates oscuros tienen alto contenido energético debido a la presencia de carbohidratos, grasas y proteína, fundamental para el desarrollo y mantenimiento celular del cuerpo humano (Chire, et al. 2024). Además, es ideal para utilizar la cobertura combinando con la espirulina una alternativa tanto nutritiva como sensorial.

9. HIPÓTESIS

Ha: El uso de harina de chocho y espirulina en la formulación de galletas a base de harina de trigo genera diferencias significativas en sus características nutricionales, fisicoquímicas, microbiológicas y en la aceptabilidad sensorial del producto final.

Ho: El uso de harina de chocho y espirulina en la formulación de galletas a base de harina de trigo no genera diferencias significativas en sus características nutricionales, fisicoquímicas, microbiológicas y en la aceptabilidad sensorial del producto final.

10. METODOLOGIA

10.1. Ubicación y duración de la experimentación

El desarrollo del proyecto de investigación se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, específicamente en las instalaciones del laboratorio y en la planta de procesos de la institución, este entorno académico brindó condiciones adecuadas en el uso de equipos necesarios para llevar a cabo los análisis fisicoquímicos microbiológicos y sensoriales en el desarrollo de las galletas. Esta investigación tuvo una duración de 120 días, donde se realizaron actividades secuenciales que incluyen formulaciones experimentales, análisis, sesiones de prueba sensorial participativa, procesamientos de resultados y análisis estadísticos.

10.2. Enfoque de investigación

10.2.1. Tipo de investigación

La investigación se enmarca dentro del tipo experimental, ya que implica la manipulación controlada de variables para observar su efecto sobre las características nutricionales, fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de las galletas a través de la incorporación de harina de chocho enriquecida con espirulina. Mediante ensayos regulados, se alteran factores como la proporción de ingredientes, se realizó la evaluación sensorial con el propósito de identificar las variaciones en las características del producto percibidas por los evaluadores.

10.3. Diseño experimental y análisis estadístico

La investigación se estructuró bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial $3 \times 2 \times 2 + 3$ correspondiente a tres factores A, B y C. Los factores evaluados fueron: Factor A: tipo de harina (3 niveles): harina de trigo refinada, harina de trigo integral y combinación de ambas harinas, Factor B: porcentaje de harina de chocho (2 niveles): 10 y 20% y Factor C: porcentaje de espirulina (2 niveles): 0,5 y 1%. Cada combinación factorial conformó un tratamiento, para un total de 15 tratamientos con tres repeticiones cada uno dando un total de 45. Las diferencias entre las medias se cuantificó mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). Además, se llevó a cabo un ANOVA Multifactorial –DBCA para los análisis fisicoquímicos y sensoriales en función al tiempo. Los factores para el análisis fisicoquímico son: Tratamiento y tiempo (0,15 y 30 días). Los factores para el análisis sensorial: tratamientos y consumidores. El análisis de datos fue desarrollado usando el software estadístico STATGRAPHICS Centurión 19, versión 19.6.04 (64 bits).

Los controles se detallan a continuación:

Control 1: Galletas formuladas exclusivamente con harina de trigo (sin harina de chocho y espirulina).

Control 2: Galletas elaboradas con harina de trigo integral (sin harina de chocho y espirulina).

Control 3: Galletas elaboradas con una combinación de harina de trigo refinada e integral (sin harina de chocho y espirulina).

10.3.1. Factores en estudio

Ver en la tabla 13.

Las variables independientes fueron:

- Niveles de concentración de harina de chocho (%) 10, 20
- Niveles de concentración de espirulina al (%) 0,5, 1

- Niveles de concentración de harina de trigo refinada e integral

Las variables dependientes fueron

- Variables sensoriales (aceptación general)
- Variables fisicoquímicas (pH, °Brix, acidez titulable y polifenoles totales)
- Variables nutricionales (proteínas, grasa, fibra, ceniza)
- Variables microbiológicas (mohos, levaduras y *estafilococos aureus*)

Tabla 10. Variables independientes y dependientes.

Variables Independientes	Variables dependientes
Harina de trigo refinada	Fisicoquímicos
Harina de trigo integral	Valor Nutricional
Combinación de las dos harinas	Aceptabilidad sensorial
Harina de chocho	Microbiológicas
Espirulina	

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

10.3.2. Factores

En este estudio se emplearon tres factores principales, diseño de bloques completamente al azar los factores considerados son (Ver, Tabla 11):

Factor A: Tipo de harina base, con tres niveles: harina de trigo refinada (A1), harina de trigo integral (A), y una combinación de amabas (A1 + A2).

Factor B: Concentración de harina de chocho (10 y 20%)

Factor C: Concentración de espirulina (0.5 y 1%)

Cada combinación de factores fue distribuida aleatoriamente en las unidades experimentales. Esta perspectiva permitió evaluar el impacto de las distintas formulaciones, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales correspondientes al producto final.

Tabla 11. Esquema del diseño experimental

FACTORES EN ESTUDIO							
Control	Tipo de Harina	Harina de chocho, %		Espirulina, %			
	(A)	(B)		(C)			
Control 1	A1	Harina de trigo refinada	B1	10	C1	0,5	T1
				C2	1	T2	
			B2	20	C1	0,5	T3
				C2	1	T4	
Control 2	A2	Harina de trigo integral	B1	10	C1	0,5	T5
				C2	1	T6	
			B2	20	C1	0,5	T7
				C2	1	T8	
Control 3	A3	Combinación de las dos Harinas A1+A2	B1	10	C1	0,5	T9
				C2	1	T10	
			B2	20	C1	0,5	T11
				C2	1	T12	

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

10.3.3. Tratamientos

Los tratamientos se realizaron varias combinaciones de los tres factores con dos diferentes concentraciones de harina de chocho (10 y 20%), y dos en concentración de espirulina (0,5 y 1%), que por cada nivel de harina de chocho y de espirulina, se definieron 2 tratamientos, resultando en un total de múltiples formulaciones que permiten evaluar el impacto sobre las características del producto final realizado.

10.3.3.1. Total de tratamientos

Se implementó un total de 15 unidades experimentales, conformadas por 12 tratamientos y 3 controles, con estas propuestas posibilitaron una valoración completa del comportamiento del

producto en relación con las variables sugeridas; tipo de harina, concentración de harina de chocho y de espirulina.

10.4. Metodología experimental

El diagrama de flujo de la obtención de la harina de chochos (Ver Figura 2) y la elaboración de las galletas a base de harina de trigo refinada e integral, con sustitución parcial de harina de chocho y enriquecida con espirulina (Ver Figura 3).

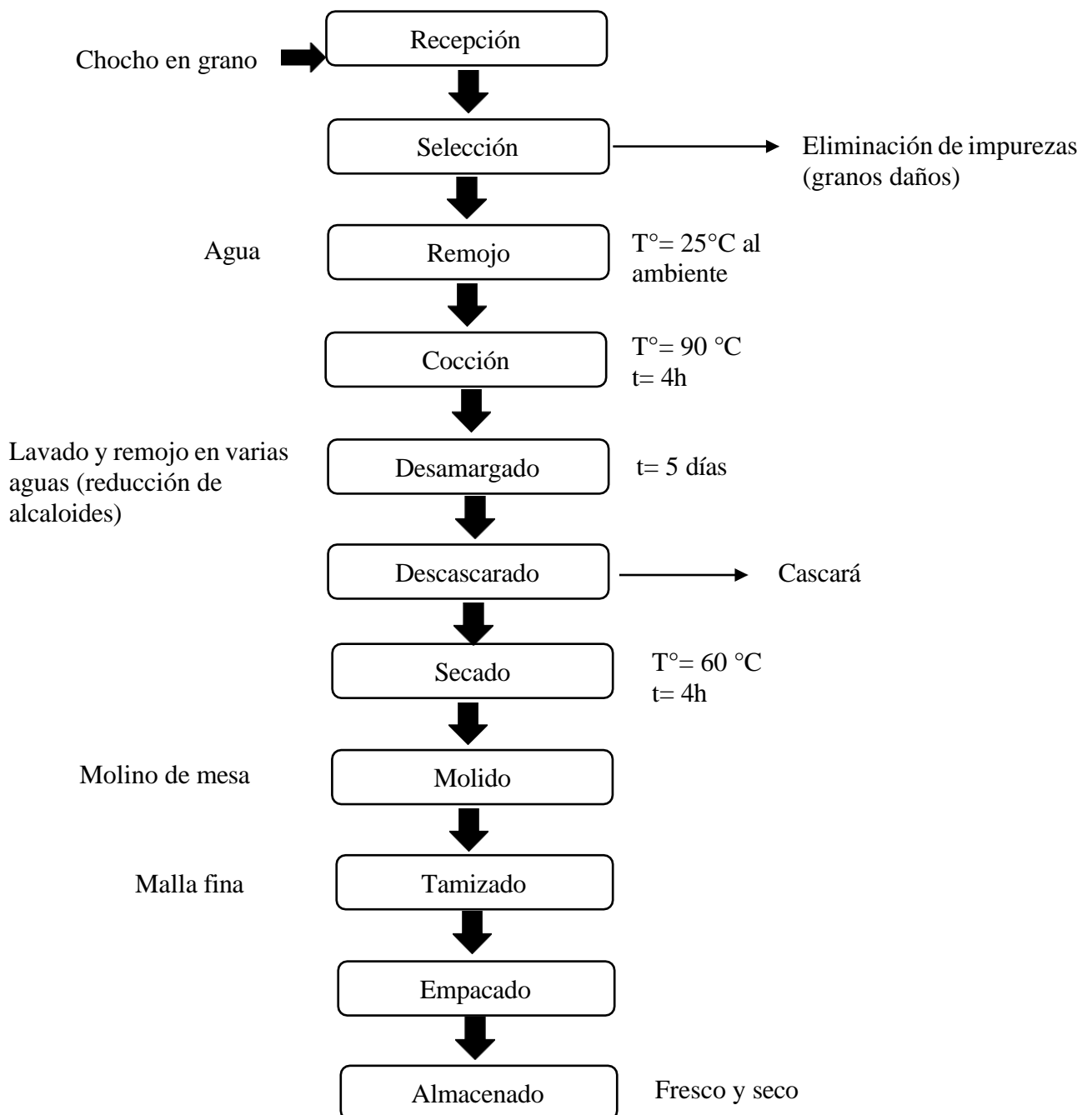


Figura 2. Diagrama de flujo de la elaboración de harina de chocho.

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

10.4.1. Elaboración de galletas

La elaboración de las galletas se realizó siguiendo un proceso controlado, que incluyó la mezcla de ingredientes, amasado, moldeado, horneado y enfriado antes de su evaluación. Se describe en la tabla 12:

10.4.1.1. Proceso descriptivo de elaboración de las galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecida con espirulina

Recepción de materias primas: (Harinas de trigo refinado e integral, de chocho), azúcar impalpable, huevos, mantequilla, chocolate negro y espirulina seco en polvo, se verifica las cantidades.

Pesado: cada ingrediente fue pesado con precisión utilizando una balanza para cumplir la formulación.

Mezclado: Mezclado de ingredientes en un recipiente amplio, la mezcla se ejecutó manualmente durante 4 minutos a temperatura ambiente, hasta obtener una textura homogénea, y suave.

Reposo: refrigeración por un tiempo continuo de 1 hora a 4°C para que la masa adquiriera una textura firme, óptima para el proceso de laminado.

Laminado: Extensión de masa con rodillo sobre superficie limpia, con el objetivo de obtener un grosor uniforme.

Moldeado: Corte manual con moldes. Masa cortada en porciones uniformes con moldes de tamaño 2" manualmente.

Horneado: Cocción en horno precalentado a 170°C durante 12 minutos, color dorado y textura crujiente

Enfriado: En rejillas, enfriamiento natural por 20 minutos para estabilizar forma y textura.

Cobertura con Chocolate y espirulina:

- Derretido de chocolate a baño maría (48°C)
- Enriquecimiento con la espirulina a temperatura ambiente.
- Chocolate fundido en las galletas.

Empacado: Una vez endurecido el chocolate, fueron colocadas en empaques de fundas Doypack metalizadas de 10x12 cm, con cierre hermético.

Almacenado: Lugar seco, fresco y alejado de la luz directa y a temperatura ambiente (27°C).

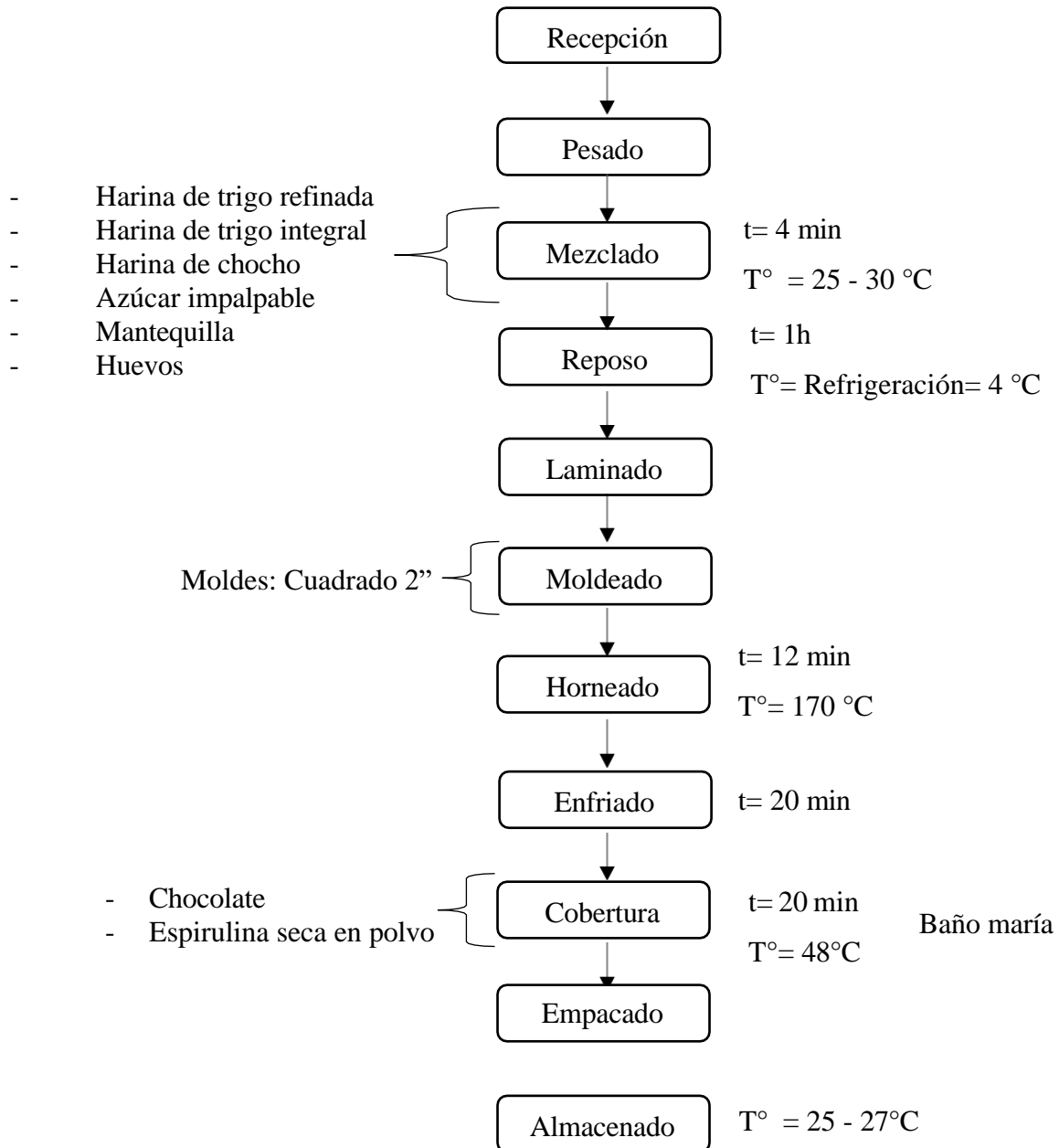


Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración de galletas

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

Tabla 12. Formulación de las galletas con sustitución parcial con harina de chocho enriquecida con espirulina.

Tratamientos	Harina de trigo refinada (g)	Harina de trigo integral (g)	Harina de chocho (g)	Espirulina (g)	Mantequilla (g)	Azúcar (g)	Huevos (u)
C1	100	0	0	0	50	20	1
C2	0	100	0	0	50	20	1
C3	50	50	0	0	50	20	1
T1	90	0	10	0.5	50	20	1
T2	90	0	10	1	50	20	1
T3	80	0	20	0.5	50	20	1
T4	80	0	20	1	50	20	1
T5	0	90	10	0.5	50	20	1
T6	0	90	10	1	50	20	1
T7	0	80	20	0.5	50	20	1
T8	0	80	20	1	50	20	1
T9	45	45	10	0.5	50	20	1
T10	45	45	10	1	50	20	1
T11	40	40	20	0.5	50	20	1
T12	40	40	20	1	50	20	1

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

10.5. Análisis Fisicoquímico

10.5.1. Determinación de pH

Se determinó el pH mediante la norma NTE INEN 526, en recipientes herméticos, asegurando que estuvieran llenos para evitar aire. Se homogenizó la muestra y se realizó la determinación por triplicado. Se verificó el potenciómetro con soluciones estándar. Se pesaron 1g de muestra, añadiendo 100 cm³ de agua destilada. Después de 30 minutos de agitación a 25°C, se dejó reposar 10 minutos para decantar el líquido. Finalmente, se determinó el pH del sobrenadante, cuidando que los electrodos no tocaran las paredes ni partículas sólidas (Gómez & Rodríguez, 2021).

10.5.2. Determinación de °Brix

La determinación de °Brix, se trituró la muestra, pesando 1g y diluyéndola en 10ml de agua destilada. Se calibró el refractómetro (BOECO, Germany), con rango de medición de 0-95% y se midieron los grados °Brix realizando mediciones por triplicado, mediante la norma NTE INEN-ISO 2085:2005.

10.5.3. Determinación de acidez

La determinación se llevó a cabo mediante Méndez (2020), se trituró una galleta y se pesó 1g de muestra, que se diluyó en 10 ml de agua destilada, se mezcló esta solución en un vaso precipitado y se transfirió a un matraz de 250 ml, e añadieron 4 gotas de fenolftaleína y se tituló lentamente con NaOH 0.1 N, registrando el volumen usado, este proceso se repitió tres veces para asegurar resultados precisos y se facilitó un cálculo con la ecuación 2 para del porcentaje de acidez, mediante la norma NTE INEN 518. Los resultados obtenidos de la acidez titulable son expresados en gramos de ácido cítrico por 100 ml.

Ecuación 1

$$\%A = \frac{v \times N \times PM}{pm}$$

En donde:

V: volumen de NaOH, N: normalidad de NaOH

PM: peso molecular de Acido cítrico, pm: peso de la muestra

10.5.4. Determinación de Polifenoles Totales

Se preparó una solución estándar de ácido gálico en concentraciones de 0, 5, 10, 50, 75, 100, 250, 500, y 1000 µg/ml, pronto se prepararon tubos de ensayo numerados a los que se les añadió agua destilada, se pesó 0,5g de muestra colocados en tubos centrifuga junto al fluoruro de sodio y metanol, después se colocó a la centrifuga detrás de ese tiempo se utilizó de 100 µL de cada solución estándar en matraces de 10 mL, añadiendo 6 mL de agua destilada y 500 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu a cada matraz, al homogenizarse se dejó reposar en oscuridad durante 8 minutos, se adiciono 1500 µL de carbonato sódico al 75 % que se llevó a un volumen final de 10 mL con agua destilada, nuevamente se dejó homogeneizar y reposar 2 horas en oscuridad, se tomó a medir la absorbancia a 765 nm y construir la curva de calibración (García et al., 2015).

10.6. Análisis Nutricional

Los análisis bromatológicos se seleccionaron estratégicamente los tratamientos con mayor porcentaje de chocho y espirulina (T4, T8, T12), incluyendo un control (C1), caracterizados por contener el mayor porcentaje de ingredientes de 1% de espirulina y 20% de harina de chocho, con los análisis enviados y realizados en el Laboratorio Multianalytica S.A., Quito, Ecuador.

Tabla 13. Esquema de tratamientos para el análisis nutricional de galletas a base de harina de trigo refinada e integral con sustitución de harina de chocho enriquecido con espirulina.

Tratamientos	Tipo de harinas	Harina de chocho %	Espirulina %
T4	Harina de trigo refinada	20%	1%
T8	Harina de trigo integral	20%	1%
T12	Combinación de los dos tipos de harinas	20%	1%
Control	Harina de trigo refinada		
C1		0	0

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025) Donde: T4: Harina de trigo refinada+ H. Chocho 20% + 1% espirulina; T8: Harina de trigo integral + H. Chocho 20% + 1% Espirulina; T12: Combinación de 2 harinas + Harina de trigo refinada + Harina de trigo integral +H. chocho 20% + 1% Espirulina; C1: Harina de trigo refinada.

Tabla 14. Requisitos bromatológicos para las galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecidos con espirulina.

Requisitos	Min	Max	Método de ensayo
pH en solución acuosa al 10%	5,5	9,5	NTE INEN 526
Proteína % (%N x 5,7)	3	...	NTE INEN 519
Humedad %	...	10	NTE INEN 518

Fuente: (INEN 2085, 2005).

Dónde: pH en solución acuosa al 10%+min;5,5-max; 9,5 basado a la norma NTE INEN 526; Proteína%(%N*5,7)+ min;3 basado en la norma NTE INEN 519;Humedad% max10 basado en la norma NTE INEN 518.

10.6.1. Determinación de humedad

Se describió el método para medir la humedad en harina. Se requirió una balanza, estufa regulable a 105°C, desecador y cápsulas. Se pesó la cápsula con harina, se seca a 105°C durante 6 horas y se vuelve a pesar. Finalmente, se calcula el contenido de humedad utilizando la siguiente ecuación como establece la NTE INEN 518.

Ecuación 2:

$$P_c = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Siendo:

P_c = pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa.

m₁ = masa del pesafiltro vacío con tapa, en g.

m₂ = masa del pesafiltro y tapa, con la muestra sin secar, en g.

m₃ = masa del pesafiltro y tapa, con la muestra seca, en g.

Este proceso garantiza una medición precisa de la humedad en las muestras.

10.6.2. Determinación de proteínas

Según la norma la determinación del contenido de proteínas fue realizada mediante el método Kjeldahl, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma AOAC 2001.11. Este método se basa en la cuantificación del nitrógeno total presente en la muestra, asumiendo que todo el nitrógeno proviene de compuestos proteicos.

10.6.3. Determinación de grasa

Determinado por el método Soxhlet, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma AOAC 2003.06. Este procedimiento se basa en la extracción continua de lípidos mediante un solvente orgánico (éter de petróleo), aplicando calor para facilitar la solubilización de la fracción grasa presente en la muestra.

10.6.4. Determinación de fibra

Determinado de la fibra bruta en las formulaciones desarrolladas se realizó mediante el método por el método gravimétrico establecido en la norma NTE INEN 522:201, para la cuantificación de la fibra dietaria total en alimentos. Dado que las galletas contienen chocho y espirulina como ingredientes, este análisis resulta clave para validar su aporte nutricional.

10.6.5. Determinación de ceniza

La cuantificación se realizó mediante el método directo AOAC 923.03, reconocido internacionalmente para evaluar el contenido mineral total de alimentos. La aplicación de este método en las formulaciones seleccionadas permitirá determinar la presencia de macro y micronutrientes como la ceniza, provenientes de los ingredientes utilizados.

10.7. Análisis de Vida Útil

Para estimar la vida útil de las galletas, estas fueron almacenadas en condiciones controladas a una temperatura similar a la de comercialización (27 ± 3 °C) y evaluadas en distintos intervalos de tiempo (0, 15 y 30 días), hasta que se evidenciaron cambios en sus características de calidad que marcaron el fin de su vida útil. Durante el período de tiempo se realizaron los análisis fisicoquímicos (pH, °Brix, acidez) y aceptabilidad sensorial, en 0, 15 y 30 días de almacenamiento. Adicionalmente, se llevaron a cabo estudios microbiológicos en el día 30. Este estudio contempló el conteo de mohos, levaduras y *Staphylococcus aureus*, siguiendo los métodos didácticos de las normativas. Finalmente, para ver si la concentración de los polifenoles fue afectada con el transcurso del tiempo, se determinó en los 0 y 30 días de almacenamiento.

10.7.1 Análisis Microbiológicos

Se efectuó el análisis microbiológico con el objetivo de identificar la carga microbiana y verificar la inocuidad del producto, calidad sanitaria de las galletas, mediante la evaluación de la presencia de mohos, levaduras y *Staphylococcus aureus*. Estos parámetros permiten establecer el nivel de inocuidad del producto y verificar su cumplimiento con las normativas microbiológicas vigentes NTE INEN 1529-10.

10.7.2 Determinación de Mohos y levaduras

El análisis de mohos y levaduras se efectuó mediante las placas de Compact Dry YM. Para la determinación de este análisis se tritura las galletas y tomar 1g de la misma en un recipiente estéril y se agregó 9ml de agua de peptona de cada muestra y con sus respectivas repeticiones obteniendo una dilución (10^{-1}), pronto se realizó nuevamente una homogenización agitando la nueva disolución (10^{-2}) que contiene en la muestra. Inmediatamente con la micropipeta colocar 1000 μ l de la muestra diluida (10^{-2}) en las placas se inoculo en el centro en cada tratamiento, se llevó al lugar para incubar durante 5 días en una temperatura de 25°C.

El método Compact Dry es reconocido por su seguridad y fiabilidad para la detección y cuantificación de microorganismos en alimentos y diversas materias primas, incluidas las farmacéuticas. Este sistema emplea placas cromogénicas listas para usar, que permiten una diferenciación visual sencilla de los microorganismos y resultan útiles tanto para el control en proceso como para la verificación del producto final (Compact Dry Latam, 2025).

En el caso de las placas Compact Dry YM, los mohos y las levaduras generan reacciones cromáticas diferenciadas. El sustrato cromogénico X-Phos produce una coloración azul característica en la mayoría de las levaduras, mientras que los mohos desarrollan su morfología tridimensional típica con tonalidades diversas, lo que facilita su identificación (Yang et al., 2022).

10.7.3 Determinación de Estafilococos Aureus (*Staphylococcus aureus*)

Se tomó 1g de la muestra a en un recipiente estéril y se agregó 9ml de agua de peptona de cada muestra y con sus respectivas repeticiones obteniendo una dilución (10^{-1}), pronto se realizó nuevamente una homogenización agitando la nueva disolución (10^{-2}) que contiene en la

muestra. Inmediatamente con la micro pipeta colocar 1000ul de la muestra diluida (10^{-2}) en las caja, se inoculo en el centro en cada tratamiento, se llevó al lugar para incubar durante 24h en una temperatura de 30°. Para la determinación se llevó a cabo el procedimiento mediante el método Compact Dry X- SA.

Tabla 15. Requisitos microbiológicos para las galletas recubiertas.

Requisitos	n	m	M	Método de ensayo
Mohos y levaduras upc/g	3	2.0×10^2	5.0×10^2	NTE INEN 1529-10
Estafilococos aureus				

Fuente: (INEN 2085, 2005).

10.7.4 Análisis Sensorial

Para evaluar la aceptación sensorial de las galletas se aplicó una prueba con 60 consumidores, hombres y mujeres entre 12 y 60 años. Cada muestra se codificó con un número de tres dígitos seleccionados aleatoriamente para evitar sesgos en la evaluación. La aceptación se midió mediante una escala hedónica de nueve puntos, donde 1 correspondió a “me disgusta mucho” y 9 a “me gusta mucho”, lo que permitió determinar el nivel de agrado de cada muestra (Ver Tabla 16). Permitted captar el agrado de cada muestra (Morales, 1994).

Tabla 16. Escala de valoración para la elaboración sensorial

Puntaje	Calificación
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

Fuente: (Morales, 1994).

10.8. Materiales Utilizados

Los materiales utilizados en el desarrollo del proyecto, se describe en la Tabla 17.

Tabla 17. Lista de materiales aplicados.

Materiales
Vaso de precipitación 500ml
Agua destilada 4L
Morteros
Muestra (Galletas)
Pipeta 10ml
Matraz Erlenmeyer 250ml
Soporte universal
Bureta
Matraz aforado 10ml
Micropipetas y puntas 1000 μ L

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

10.8.1. Reactivos Utilizados

Los reactivos utilizados en los diferentes análisis fisicoquímicos del proyecto, se describe en la Tabla 18.






Tabla 18. Reactivos del laboratorio utilizados en el desarrollo experimental

Reactivos
Se prepararon soluciones buffer a pH 4.0 y pH 7.0.
Reactivo de Folin-Ciocalteu
Fluoruro de sodio, 2mM
Etanol
Solución de carbonato sódico al 75 %
NaOH al 0.1. N
Fenolftaleína

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

10.8.2. Equipos Utilizados

Tabla 19. Descripción del equipamiento técnico aplicado en las etapas experimentales.

Equipos	Imagen
Refractómetro digital (BOECO, Germany).	
Espectrofotómetro UV-VIS (BIOBASE, BK-S360, China).	
Incubadora de temperatura constante (BIOBASE, BOV-T30CII).	
Potenciómetro (GOnDO / EZDO, PL-700 Series (variantes: PL-700AL, PL-700PC, PL-700PD, PL-700PV)	
Balanza Analítica (Optika Ital, B124A)	

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

10.9. Análisis Económicos

En el marco del método de esta investigación, se implementó un análisis económico preliminar que permitiera la viabilidad técnica y financiera del desarrollo de galletas funcionales

elaboradas con sustitución parcial de harina de chocho y enriquecimiento con espirulina, con el propósito de valorar la factibilidad económica de la producción de galletas.

Se determinaron sumando todos los gastos generados del costo total por ítem, el enfoque económico será interpretado desde una perspectiva técnico social, considerado no solo la rentabilidad financiera, sino también el potencial de impacto nutricional.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Desarrollo de los prototipos de galletas con diferentes concentraciones de harina de chochos (10 y 20%) y espirulina (0,5 y 1%).

La formulación de los prototipos de galletas se realizó con dos concentraciones de harina de chocho (10 y 20 %) y espirulina (0,5 y 1%). El primer paso fue obtener harina de chocho, que proporciona un valor nutricional significativo. Los granos de chocho fueron seleccionados aquellos que mostraron uniformidad de tamaño, una buena madurez y ausencia de impurezas según la norma INEN 2390 (2004). Una vez seleccionados, los granos fueron lavados para quitar los residuos y fueron sometidos a un remojo que duró entre 24 y 48 horas, para disminuir los alcaloides que causan el amargor del chocho. Esta fase no solo mejoró la aceptación sensorial de la harina resultante, sino que también proporcionó una base más adecuada para la elaboración de galletas. Luego, los granos fueron cocidos en agua a temperatura controlada aproximadamente (90°C), a un tiempo de 4 horas, lo que favoreció una mejor digestibilidad y liberación de nutrientes como las proteínas, fibra y compuestos bioactivos. Después de la cocción, fueron enfriados y escurridos, seguido de un secado cuidadoso, ya sea en un horno a temperatura (60°C), hasta lograr un nivel de humedad óptimo que previniera el deterioro del producto. Una vez secos, los granos fueron molidos hasta lograr una harina fina y uniforme, que luego fue tamizado para garantizar una textura adecuada, libre de grumos y residuos. El resultado fue harina limpia y libre de contaminantes, lista para ser utilizada en diferentes proporciones en las formulaciones experimentales, con el objetivo de analizar su efecto fisicoquímico, nutricional y sensorial en los prototipos de galletas.

11.2. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las diferentes formulaciones de las galletas

11.2.1. Análisis fisicoquímicos de las galletas

En la Tabla 20, muestra los resultados alcanzados de los análisis fisicoquímicos realizados sobre las muestras correspondientes a los distintos tratamientos experimentales, evaluados. Los parámetros principales incluyen pH, °Brix y acidez titulable. Siguiendo la metodología según la norma NTE INEN 2085 (2005), adaptadas con el producto. Estos indicadores permiten caracterizar el perfil químico de las formulaciones en relación a su estabilidad, nutricional y contenido de polifenoles, los resultados aportan una base científica para analizar la viabilidad nutricional de las galletas.

En los tratamientos evaluados presentan diferencias significativas en el pH y acidez titulable, mientras que los valores del parámetro °Brix no mostraron variaciones estadísticas significativas entre los tratamientos. El método de secado a baja temperatura (entre 50 °C y 60 °C) se ajusta a lo recomendado por Sathe et. al. (2019), quienes advierten que calores superiores a 70 °C pueden perjudicar los compuestos bioactivos sensibles al calor, como ciertos antioxidantes que se encuentran en las legumbres.

11.2.1.1. Análisis del pH

Los resultados presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento T1 presentó el valor más elevado $6,95 \pm 0,086^{bcd}$, mientras que T11 mostro el valor más bajo de $5,46 \pm 0,086^a$ en comparación a todos los tratamientos, esta diferencia podría deberse a la incorporación de los componentes ácidos del chocho y espirulina de la formulación (Villacrés et al., 2010). Estos resultados evidencian que tanto la formulación del tratamiento como el tiempo de almacenamiento influyen significativamente en la variación del pH del producto Tabla 23, siendo factores clave a considerar en su desarrollo y conservación. En el estudio de Aguilar (2018) de elaboración de galletas libre gluten enriquecido con espirulina reporta en sus resultados, el contenido de pH de 7,28 % no hay tanta diferencia en el contenido de pH entre sus estudios y nuestros resultados, lo que representa una solución ligeramente alcalina. Este resultado respalda la hipótesis de que ingredientes como la espirulina, por su riqueza en

minerales y proteínas, pueden influir en la neutralización de la acidez y mejorar la estabilidad del producto.

11.2.1.2. Análisis el °Brix

Los resultados de grados Brix no presento diferencias significativas entre los tratamientos y controles. Estos datos oscilan de 3.96 a 7.13 °Brix y reflejan una notable consistencia en el contenido de °Brix, posiblemente porque el uso de azúcar impalpable en las formulaciones fue cuidadosamente regulado. En términos prácticos las formulaciones en todos los tratamientos y controles mantienen un mismo perfil de dulzor, a diferencia de Salazar (2024), en su formulación de galletas funcionales a 50% de harina de chocho , reportan a una disminución continua de °Brix desde 5,9 hasta 5,1 muestra una disminución incluso en formulaciones no funcionales, lo que sugiere que la combinación de ingredientes, especialmente la inclusión de espirulina, podría estar modificando el entorno físico-químico de las galletas, generando un perfil más estable en términos de solubilidad de los compuestos. Además, mientras que Salazar (2024) no especifica mecanismos de interacción entre ingredientes que explique dicha disminución, los presentes resultados sugieren que la combinación harina de chocho y espirulina genera una matriz, capaz de mantener un perfil de dulzor constante.

11.2.1.3. Acidez titulable

Los resultados del ANOVA evidenciaron diferencias significativas en el acidez entre los tratamientos, destacando al T3 con el valor más alto de 3,21^f a diferencia al T12, que tiene el valor más bajo 1,04 ± 0,175^a y el control C1 con un valor de 1,10^a, que entre el T12 y el control C1 no tiene diferencia significativa, esta variabilidad puede explicarse que entre el tratamiento T3 y el Control contienen ingredientes potencialmente funcionales en la harina de chocho y espirulina que contiene tampones naturales como calcio magnesio y fosfato lo que influye directamente en la formación de ácidos orgánicos durante el proceso. Carlos (2023), reporta el nivel de acidez titulable significativamente menores en las galletas el 0,3 % en su formulación 3, cuando utilizaron harinas condicionales sin adición de ingredientes funcionales.

Tabla 20. Análisis de pH, °Brix y acidez titulable en los diferentes tratamientos de galletas.

Tratamiento	n	pH (%)	°Brix (%)	Acidez titulable (%)
C1	3	5,68 ± 0,086 ^{abc}	4,3 ± 0,777 ^a	1,10 ± 0,175 ^a
C2	3	5,85 ± 0,086 ^{abcd}	6,66 ± 0,777 ^a	1,52 ± 0,175 ^{abcd}
C3	3	6,13 ± 0,086 ^{cd}	5,36 ± 0,777 ^a	1,19 ± 0,175 ^{ab}
T1	3	6,95 ± 0,086 ^{bcd}	5,4 ± 0,777 ^a	2,04 ± 0,175 ^{bcd}
T2	3	5,85 ± 0,086 ^{abcd}	4,76 ± 0,777 ^a	1,87 ± 0,175 ^{abcde}
T3	3	5,80 ± 0,086 ^{abcd}	7,13 ± 0,777 ^a	3,21 ± 0,175 ^f
T4	3	5,5 ± 0,086 ^{ab}	5,96 ± 0,777 ^a	2,14 ± 0,175 ^{cde}
T5	3	6,24 ± 0,086 ^d	4,5 ± 0,777 ^a	2,26 ± 0,175 ^{cde}
T6	3	5,86 ± 0,086 ^{abcd}	6,26 ± 0,777 ^a	2,13 ± 0,175 ^{cde}
T7	3	5,73 ± 0,086 ^{abc}	5,76 ± 0,777 ^a	2,62 ± 0,175 ^{ef}
T8	3	5,55 ± 0,086 ^{ab}	4,43 ± 0,777 ^a	2,23 ± 0,175 ^{cde}
T9	3	5,66 ± 0,086 ^{ab}	6,05 ± 0,777 ^a	1,52 ± 0,175 ^{abcd}
T10	3	5,54 ± 0,086 ^{ab}	6,63 ± 0,777 ^a	1,34 ± 0,175 ^{abc}
T11	3	5,46 ± 0,086 ^a	3,96 ± 0,777 ^a	1,48 ± 0,175 ^{abcd}
T12	3	5,58 ± 0,086 ^{ab}	5,36 ± 0,777 ^a	1,04 ± 0,175 ^a

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

Dónde: n: 3 muestras. **Control (C)**, **C1:** 100% H. trigo refinada (R); **C2:** 100% H. trigo integral (I); **C3:** 50%R+ 50%I. **Tratamientos (T): T1:** 90% R+10% H. chocho (Ch) +0,5% Espirulina (S); **T2:** 90%R+10%Ch+1%S; **T3:** 80%R+20%Ch+0,5%S; **T4:** 80%R+20%Ch+1%S; **T5:** 90%I+10%Ch+0,5%S; **T6:** 90%I+10%Ch+1%S; **T7:** 80%I+20%Ch+0,5%S; **T8:** 80%I+20%Ch+1%S; **T9:** 45%R+45%I+10%Ch+0,5%S; **T10:** 45%R+45%I+10%Ch+1%S; **T11:** 40%R+40%I+20%Ch+0,5%S; **T12:** 40%R+40%I+20%Ch+1%S. **pH:** Potencial de Hidrógeno, **°Brix:** Sólidos solubles totales **AT:** Acidez Titulable ; subíndice (a, b, c, d) en la misma columna presentan diferencias significativas (p < 0.05) entre tratamientos.

11.2.2. Análisis nutricional de las galletas

Tabla 21 revela los resultados del análisis nutricional realizado en el laboratorio Multianalítica S.A., correspondiente a las galletas formuladas con harina de chocho y enriquecida con

espirulina. Los análisis permitieron caracterizar el porcentaje de proteína, grasa, ceniza, carbohidratos, fibra y Kcal de las galletas, proporcionando información clave sobre su perfil nutricional.

11.2.2.1. Proteínas

En la tabla 21, registraron diferentes resultados, donde el T12 se diferencia del otro tratamiento seleccionada para el contenido de proteico, presentando un porcentaje mayor (14,46) en comparación del T4 que reporto un nivel bajo (9,78%) evidenciando un perfecto sustitución parcial con harina de chocho y la incorporación de espirulina, estos resultados bien no alcanzan los niveles reportados por Salazar Yanalá et al. (2024), quienes su formulaciones en sus galletas con un contenido proteico de 26,31% utilizando unicamente harina de chocho como base proteica. La variación en los porcentajes puede ser atribuida a diversos elementos. Primero, en la investigación de Salazar Yanalá utilizó una cantidad de harina de chocho superior, mientras que en nuestro tratamiento T12, el reemplazo fue parcial y mezclado con espirulina, lo que significa una aportación absoluta menor de proteínas derivadas del chocho. Acateca Hernández et al . (2023), afirman que aunque la espirulina tiene un elevado porcentaje de proteínas (cerca del 60–70 %) , su inclusión en la fórmula fue restringida debido a su coloración brillante y sabor distintivo, que podrían impactar la aceptabilidad sensorial y concentración de antioxidantes.

11.2.2.2. Grasa

En cuanto al contenido de grasa, fue el 26,74% en el tratamiento T4 lo que refleja los términos genéricos de aporte lipídicos altos. Este concuerda con lo indicado de Aguagallo (2023), menciona que la composición de grasa en las formulaciones con de harina de chocho mezclado con quinua con diferencia significativa ($p < 0,01$), en donde el tratamiento T3 tiene un valor alto de grasa al 23,25% y en el T1 con un valor de 22,28%, los resultados que concuerda en ambas investigaciones cuya composición nutricional influye directamente en la cantidad de grasa de chocho (21,22%), en la espirulina (5,4%) y harina de trigo (1-2%).

11.2.2.3. Ceniza

Como se puede observar el tratamiento T12 alcanzó un rendimiento de 1,12%, formulado con harina de trigo refinada, harina de trigo integral mezclado con 20% de harina de chocho y una

adición de 1% de espirulina. Comparativamente, estudios recientes han reportado rendimientos similares en las formulaciones de Aguagallo (2023), obtuvo un resultado de (2,52%) en el T2 haciendo comparativa con el resultado de T0 que obtuvo (1,69%), por lo tanto en nuestros resultados establece los requisitos en la NTE INEN 616 4 (2015), que contempla en el chocho desamargado con el contenido de ceniza de 2,54% lo que refleja una mayor concentración de minerales en comparación con la harina integral que su contenido contiene 2%.

11.2.2.4. Fibra Bruta

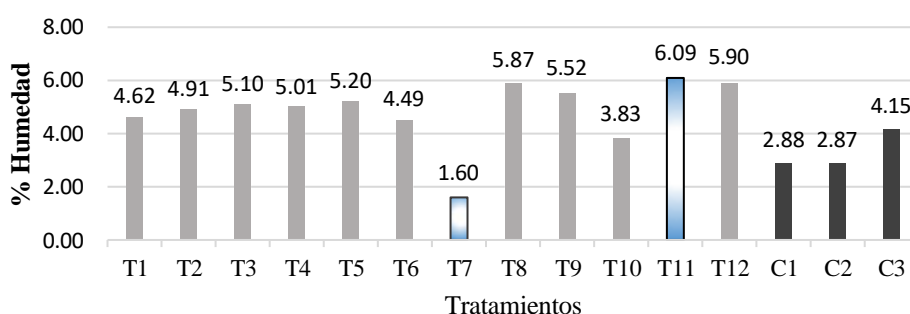
El análisis del contenido de fibra de las galletas muestra diferencias importantes entre las diferentes formulaciones (T4, T8, T12 y C1), evidenciando el impacto de los ingredientes en la composición nutricional del producto. Los tratamientos T4 y T8 se destacaron por presentar valores más elevados, con (7,35%) y (8,71%), por otro lado, los valores en el T12 (3,99%) y C1 (4,81) se encuentran considerable por debajo de los observados T4 y T8. Esta diferencia sugiere que la incorporación de harina de chocho y espirulina, genero una mejora nutricional significativa en especial en cuanto al aporte de fibra dietética no digerible. En cuanto el T12 y C1 podrían corresponder a formulaciones convencionales o con menor proporción de ingredientes potencialmente funcionales con el resultado confirma que la fibra puede ser utilizada como indicador en productos panificados. Respectivamente, lo que sugiere una mayor concentración de compuestos no digeribles, principalmente derivados de la harina de chocho, a diferencia de los resultados registrados de esta investigación se aproximan a los resultados expuestos por De La Cruz Pérez (2024), quien documenta porcentajes de fibra cruda del tratamiento (TGC) (8.46%), tratamiento (TG1: T: Tratamiento, G: Galleta, 1: % de espirulina (8.29%), en diferencia de nuestros resultados en tratamiento T4 (7,35%) y T12 y C1 se encuentra debajo del TG1, que podría deberse a diferencias en la proporción de chocho utilizada otros componentes de las fórmulas o variaciones en la metodología.

11.2.2.5. Contenido de Humedad

La Figura 4 muestra el cambio del porcentaje de humedad (%) en los distintos tratamientos (C1, C2, C3, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12). Los niveles de humedad varían entre un 1,6% y un 6,09%, notándose una conducta irregular entre los diferentes tratamientos. Entre todos los ensayos, el tratamiento T11 se destacó con el valor más alto (6,09 %), seguido de cerca por T12 (5,90 %) y T8 (5,87 %), lo que sugiere que estas formulaciones optimizaron

positivamente el parámetro evaluado posiblemente asociado a algún atributo funcional o composicional específico. En contraste, el tratamiento T7, con apenas 1,60 %, presentó el valor más bajo del conjunto, lo que podría indicar una pérdida o limitación en la eficacia de esa formulación en particular, cumpliendo los requisitos con un máximo de 10% de NTE INEN 518.

Los tratamientos T1 a T6 presentaron valores entre 4,49 % y 5,20 %, mostrando un desempeño moderado y relativamente estable, mientras que los controles (C1–C3) arrojaron porcentajes menores, entre 2,87 % y 4,15 %, posicionándose por debajo de varias formulaciones experimentales. Cabrera et al. (2023), sus resultados señalan que el contenido de humedad, en su formulación añadir 50 % de harina de chocho y trigo, se obtuvo una humedad superior con $4,83 \pm 0,27\%$, mientras la formulación de 25 % de harina de chocho + 75 % harina de trigo presentó una $2,93 \pm 0,08\%$ de humedad. Pese a las variaciones, la tendencia general indica una ligera reducción de la humedad a medida que aumenta la cantidad de tratamientos por lo cual según las NTE INEN 2085 el requisito máximo de contenido de humedad es 10%, sin establecer un límite mínimo con un contenido de humedad bajo.



Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

Figura 4. Interacción del Humedad durante el almacenamiento en el tiempo 0 de las galletas con sustitución parcial harina de chocho enriquecida con espirulina. n:3. Donde: Control (C), **C1:** 100% H. trigo refinada (R); **C2:** 100% H. trigo integral (I); **C3:** 50%R+ 50%I. Tratamientos (T): **T1:** 90% R+10% H. chocho (Ch) +0,5% Espirulina (S); **T2:** 90%R+10%Ch+1%S; **T3:** 80%R+20%Ch+0,5%S; **T4:** 80%R+20%Ch+1%S; **T5:** 90%I+10%Ch+0,5%S; **T6:** 90%I+10%Ch+1%S; **T7:** 80%I+20%Ch+0,5%S; **T8:** 80%I+20%Ch+1%S; **T9:** 45%R+45%I+10%Ch+0,5%S; **T10:** 45%R+45%I+10%Ch+1%S; **T11:** 40%R+40%I+20%Ch+0,5%S; **T12:** 40%R+40%I+20%Ch+1%S.

11.2.2.6. Carbohidratos

La formulación del control 1 aportó aproximadamente 55,57% de carbohidratos totales, calculados mediante el método por diferencia conforme a estándares AOAC y normativa INEN 1334-2:2011 (Ecuación 3). Este contenido refleja una proporción adecuada de carbohidratos complejos, provenientes principalmente de la harina de trigo y del chocho desamargado, con

bajo aporte de azúcares simples. Su presencia contribuye a una liberación energética sostenida, especialmente útil en contextos escolares, laborales o comunitarios.

Ecuación 3. Cálculo Total de carbohidratos

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100 - (\text{Proteínas} + \text{grasa} + \text{Ceniza} + \text{fibra} + \text{humedad})$$

11.2.2.7. Calorías

Las galletas aportan casi 500 kcal por cada 100 g, lo que las ubica en el rango de productos energéticos moderados a altos, similares a galletas comerciales enriquecidas

- Perfil equilibrado: La energía proviene principalmente de:
- Grasa saludable (26,74%) → fuente de ácidos grasos esenciales.
- Carbohidratos complejos (46,44%) → energía sostenida.
- Proteínas de alta calidad (14,46%) → gracias al chocho y la espirulina.
- Funcionalidad: La inclusión de espirulina y chocho no solo mejora el perfil proteico, sino que también aporta micronutrientes como hierro, calcio y antioxidantes.

Ecuación 4. Cálculo de total de Calorías

$$\text{Kcal} = (\text{Proteína} \times 4) + (\text{Grasa} \times 9) + (\text{Carbohidratos} \times 4) + (\text{Fibra} \times 2)$$

Tabla 21. Análisis de proteína, grasa, ceniza y fibra de las galletas

Tratamiento	n	Proteínas (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Fibra (%)	Carbohidratos (%)	Kcal*
T4	3	14,46	26,74	1,12	7,35	45,32	470,90
T8	3	14,46	26,74	1,12	8,71	43,10	462,10
T12	3	9,78	26,74	1,12	3,99	52,50	470,60
C1	3	10	26,74	1,12	4,81	54,45	478,81

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

Donde: T4: 80%R+20%Ch+1%S; T8: 80%I+20%Ch+1%S; T12: 40%R+40%I+20%Ch+1%S. C1: 100% H. trigo refinada (R).* Cálculo con fibra/100g.

11.3. Evaluación de la vida útil de las galletas a los 0, 15 y 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente mediante los análisis fisicoquímicos (pH, °Brix y acidez titulable) y sensorial (aceptabilidad).

La evaluación de la vida útil de las galletas, se realizó en tres tiempos (0,15 y 30 días), para saber si existía un cambio significativo en las variables de pH, °Brix y acidez titulable. Al mismo tiempo, se realizó un estudio de la aceptabilidad de las galletas con 60 consumidores en 3 sesiones.

11.3.1. Análisis fisicoquímico en función al factor tratamiento

La Tabla 22, describe los resultados de pH, °Brix y ácido titulable de cada tratamiento en función a los tres tiempos (0,15 y 30 días), donde se evidencia que los valores de pH oscilan desde $5,75 \pm 0,093^a$ (T4) hasta $6,95 \pm 0,093^c$ (C1), demostrando un descenso ligero del pH y aumento de acidez en los tratamientos elaborados con chochos y espirulina, ya que estos tratamientos pudieron estar afectados por la adición del chocolate debido a los ácidos orgánicos naturales (acético, láctico y oxálico) del cacao, que probablemente acidificaron la superficie de las galletas, como también el transcurso del tiempo, pudo haber sido influenciado conjuntamente en el comportamiento del pH. Sathe, et. al (1982), demostraron en su estudio que por la adición de harina de *Lupinus mutabilis* a las masas a base de trigo aumentó el pH, lo que hace que la masa sea menos ácida. Este efecto se observó en el pan y es probable que también se produzca en las galletas, ya que la composición de la harina es similar en todos los productos horneados

Tabla 22. Valores de pH, °Brix y acidez titulable en los diferentes tratamientos de formulaciones de galletas en función al tiempo (0,15 y 30 días).

Tratamiento	n	pH	°Brix	Acidez Titulable (%)
C1	9	6,95 ± 0,093 ^e	4,19 ± 0,348 ^a	0,42 ± 0,059 ^a
C2	9	5,96 ± 0,093 ^{abcd}	4,47 ± 0,348 ^{ab}	0,60 ± 0,059 ^{abc}
C3	9	6,42 ± 0,093 ^d	4,53 ± 0,348 ^{ab}	0,49 ± 0,059 ^{ab}
T1	9	6,22 ± 0,093 ^{bcd}	5,64 ± 0,348 ^{ab}	0,83 ± 0,059 ^{cd}
T2	9	6,21 ± 0,093 ^{abcd}	5,51 ± 0,348 ^{ab}	0,74 ± 0,059 ^{bcd}
T3	9	5,97 ± 0,093 ^{abcd}	5,07 ± 0,348 ^{ab}	1,16 ± 0,059 ^e
T4	9	5,75 ± 0,093 ^a	5,1 ± 0,348 ^{ab}	0,78 ± 0,059 ^{bcd}
T5	9	6,31 ± 0,093 ^{cd}	5,94 ± 0,348 ^b	0,83 ± 0,059 ^{cd}
T6	9	5,99 ± 0,093 ^{abcd}	5,36 ± 0,348 ^{ab}	0,77 ± 0,059 ^{bcd}
T7	9	5,79 ± 0,093 ^{ab}	5,5 ± 0,348 ^{ab}	0,97 ± 0,059 ^{de}
T8	9	5,85 ± 0,093 ^{abc}	4,37 ± 0,348 ^{ab}	0,83 ± 0,059 ^{cd}
T9	9	6,02 ± 0,093 ^{abcd}	5,34 ± 0,348 ^{ab}	0,58 ± 0,059 ^{abc}
T10	9	6,07 ± 0,093 ^{abcd}	5,31 ± 0,348 ^{ab}	0,50 ± 0,059 ^{ab}
T11	9	5,874 ± 0,093 ^{abc}	5,31 ± 0,348 ^{ab}	0,56 ± 0,059 ^{abc}
T12	9	5,99 ± 0,093 ^{abcd}	5,02 ± 0,348 ^{ab}	0,42 ± 0,059 ^a

Donde: n: 9 muestras. **Control (C)**, **C1**: 100% H. trigo refinada (R); **C2**: 100% H. trigo integral (I); **C3**: 50%R+ 50%I. **Tratamientos (T)**: **T1**: 90% R+10% H. chocho (Ch) +0,5% Espirulina (S); **T2**: 90%R+10%Ch+1%S; **T3**: 80%R+20%Ch+0,5%S; **T4**: 80%R+20%Ch+1%S; **T5**: 90%I+10%Ch+0,5%S; **T6**: 90%I+10%Ch+1%S; **T7**: 80%I+20%Ch+0,5%S; **T8**: 80%I+20%Ch+1%S; **T9**: 45%R+45%I+10%Ch+0,5%S; **T10**: 45%R+45%I+10%Ch+1%S; **T11**: 40%R+40%I+20%Ch+0,5%S; **T12**: 40%R+40%I+20%Ch+1%S. **pH**: Potencial de Hidrógeno, **Brix**: Sólidos solubles totales, **AT**: Acidez Titulable; subíndice (a, b, c, d) en la misma columna enumeran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos.

11.3.2. Análisis fisicoquímico en función al factor tratamiento

Tabla 23. Muestra los resultados de pH, °Brix y acidez titulable, durante el periodo de almacenamiento de 30 días, se observaron variaciones significativas ($p < 0,05$) en los parámetros fisicoquímicos del producto funcional evaluado, particularmente en el pH, °Brix y acidez titulable.

El valor inicial de pH ($5,76 \pm 0,041$) aumentó significativamente a los 15 días ($6,27 \pm 0,041$), manteniéndose estable hasta los 30 días ($6,24 \pm 0,041$). Este comportamiento sugiere una disminución de la acidez del sistema, posiblemente asociada a la neutralización de ácidos orgánicos, pérdida de compuestos ácidos volátiles o modificaciones en la actividad microbiológica. La estabilización del pH entre los días 15 y 30 indica un posible equilibrio en las reacciones de descomposición o fermentación presentes. Además, se observó una reducción significativa en los °Brix desde $5,50 \pm 0,156$ a $4,72 \pm 0,156$ durante los primeros 15 días, con una ligera recuperación no significativa hacia el día 30 ($4,95 \pm 0,156$). Este descenso podría atribuirse a la degradación de azúcares por actividad enzimática o fermentativa, mientras que el leve aumento posterior puede deberse a la liberación de azúcares de matriz compleja o hidrólisis parcial de carbohidratos.

La acidez mostró una disminución drástica desde $1,85 \pm 0,026\%$ a $0,05 \pm 0,026\%$ en 30 días. Este patrón indica una pérdida marcada de compuestos ácidos, lo cual puede estar vinculado al consumo de ácidos orgánicos por microorganismos, transformación química de ácidos débiles, o a mecanismos de amortiguamiento propios de ingredientes funcionales como espirulina o harina de chocho (Malpartida et. al,2022).

Esta evolución fisicoquímica refleja la influencia de los componentes bioactivos en el comportamiento del alimento durante su vida útil y puede respaldar decisiones en cuanto a formulación, estabilidad y diseño de estrategias de conservación

Tabla 23. Valores de pH, °Brix y acidez titulable de los tratamientos de galletas en función al tiempo (0,15 y 30 días).

Tiempo (días)	n	pH	°Brix (%)	Acidez Titulable (%)
0	45	5,76 ± 0,041 ^a	5,50 ± 0,156 ^b	1,85 ± 0,026 ^c
15	45	6,27 ± 0,041 ^b	4,72 ± 0,156 ^a	0,19 ± 0,026 ^b
30	45	6,24 ± 0,041 ^b	4,95 ± 0,156 ^a	0,05 ± 0,026 ^a

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

Dónde: n: Número de muestras evaluadas por tiempo n: 45, (12 T+3C, por 3 tiempos); pH: Potencial de Hidrógeno; SST: Sólidos solubles; AT: Acidez titulable; subíndice (a, b y c) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$) en el tiempo.

11.3.3. Análisis fisicoquímico en función a la interacción de los factores tratamiento por tiempo

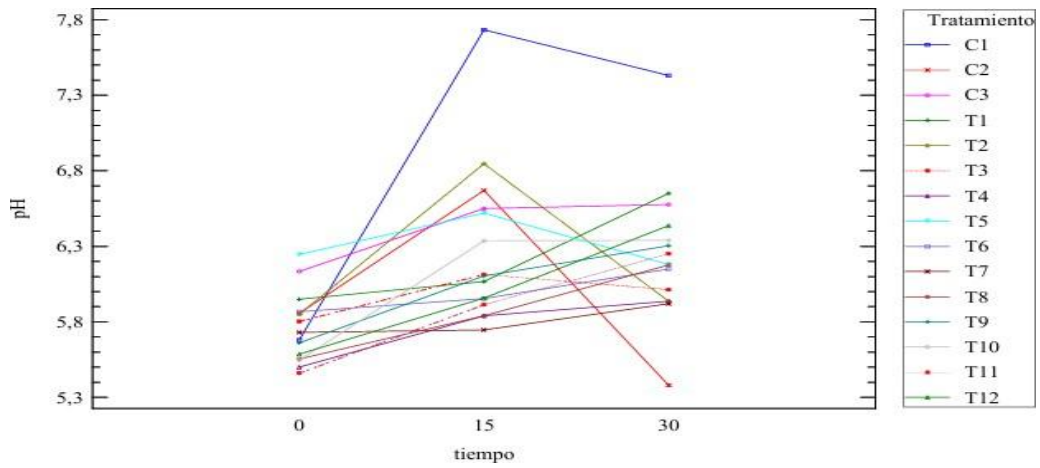
Figura 5, detalla la reacción del pH, °Brix y acidez titulable de los diferentes tratamientos en función del tiempo.

Se observa una variación notable del pH a lo largo del tiempo, con tendencias distintas del tratamiento aplicado. Al tiempo 0, los valores de pH fueron relativamente bajos en la mayoría de los tratamientos, entre 5,4 y 6,0, lo que indica un pH inicial moderadamente ácido. Sin embargo, al día 15, varios tratamientos experimentaron un aumento en el pH, alcanzando valores entre 5,8 y 6,8, destacándose el tratamiento C1 con un valor superior a 7,5, posiblemente relacionado con una actividad microbiana baja. A los 30 días, el pH mostró un ligero descenso en comparación con el día 15 en algunos tratamientos, mientras que en otros se mantuvo estable o incluso incrementó ligeramente, reflejando una posible interacción entre los componentes del producto y el tiempo de almacenamiento.

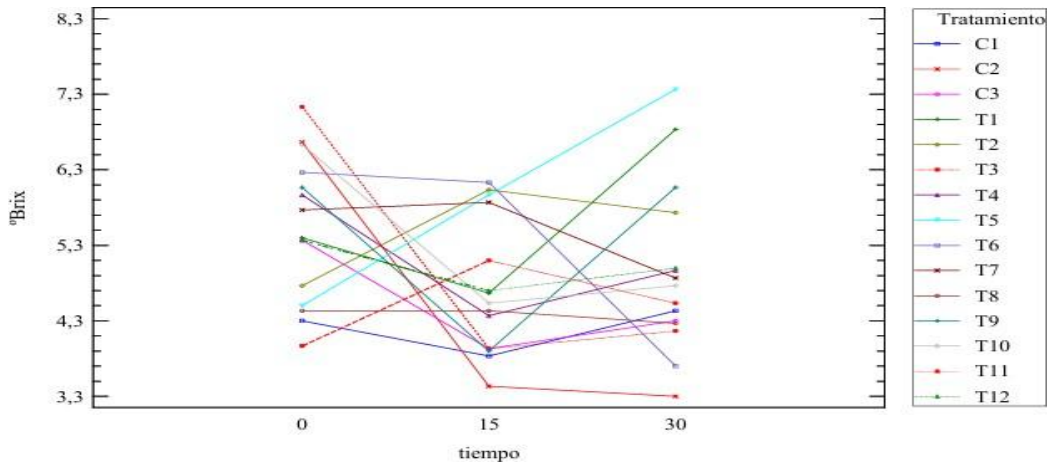
La interacción de los °Brix en los diferentes tratamientos y controles durante tres períodos de almacenamiento: 0, 15 y 30 días respectivamente. Se observa una variación en los valores de °Brix a lo largo del tiempo, lo que señala alteraciones en la cantidad de azúcares que se encuentran en las galletas. Al comienzo (día 0), los valores de °Brix presentaron una variabilidad significativa entre los diferentes tratamientos, con un intervalo cercano de 4,0 a 6,8

°Brix. Durante el décimo quinto día, se registró una leve reducción en la mayoría de los tratamientos, lo que podría indicar el uso de azúcares reacciones internas durante el almacenaje. Durante el día 30, algunos tratamientos mostraron un incremento en °Brix (como T4, T6 y C3), mientras que otros exhibieron una disminución (como T1, T7 y T8); esto podría atribuirse al hidrólisis de sustancias complejas o a procesos de fermentación. Base a estos resultados señalan que tanto el método de tratamiento como el período de almacenamiento influyen en la cantidad de sólidos solubles, lo que podría afectar el gusto, la textura y la estabilidad de las galletas (Sathe, Deshpande, & Salunkhe, 1982).

La acidez se ve un descenso significativo, pudo ser influenciado por la actividad enzimática, o por los ácidos de la espirulina y el chocho.



a.



b.

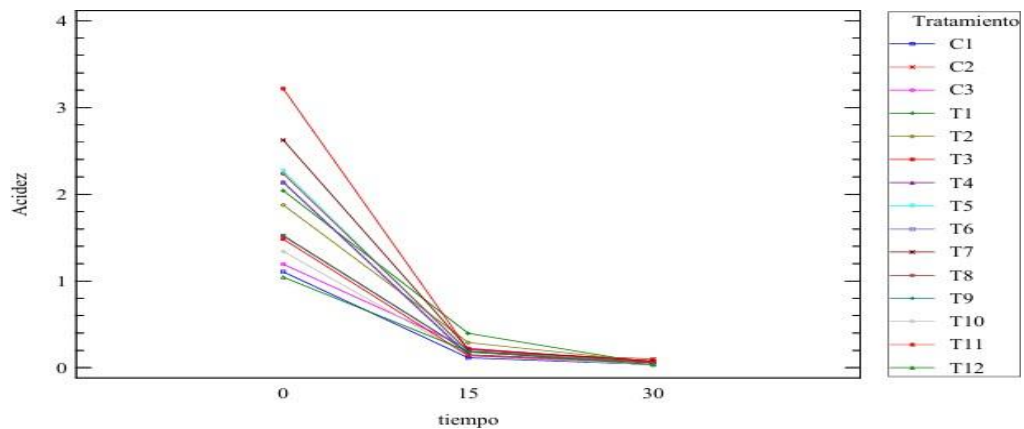


Figura 5. Análisis fisicoquímico en función a la interacción de los factores tratamiento por tiempo. **a. pH:** Interacción tiempo por tratamiento, **b. °Brix:** Interacción tiempo por tratamiento y **c. Acidez:** Interacción tiempo por tratamiento

11.3.4 Análisis de Polifenoles Totales

Tabla 24, presenta los resultados de la concentración de los compuestos fenólicos totales en las galletas permite valorar el potencial antioxidante de las formulaciones, particularmente por la inclusión de ingredientes como la espirulina y la harina de chocho, conocidos por su capacidad bioactiva en una comparación de los distintos tratamientos de formulaciones en las galletas. En donde se evaluó el contenido total de polifenoles en las distintas formulaciones desarrolladas, clasificadas como controles (C1, C2 y C3) y tratamientos experimentales (T1 -T12). Los resultados evidencian que las formulaciones control (C1, C2 y C3) elaboradas sin sustitución ni edición de espirulina, presentaron los valores más altos de Polifenoles, con el tratamiento C3 alcanzando un valor máximo ($433,06 \pm 30,081^b$) y diferenciándose significativamente del tratamiento T9 ($274,02 \pm 30,081^a$). Los tratamientos T9, T6 y T8 presentan los niveles más bajos de polifenoles, siendo T9 significativamente inferior al resto ($p < 0.05$) esta disminución podría explicarse por remplazo de ingredientes naturalmente ricos en compuestos fenólicos, como el chocolate y las harinas tradicionales, por el chocho y espirulina cuya capacidad antioxidante son sensibles al calor prolongado, sobre todo si hay interacción con lípidos o proteínas presentes, como Arellano Martínez (2022) señala que los polifenoles presentes en el chocho, como flavonoides y ácidos fenólicos, son sensibles a la oxidación térmica, lo que podría explicar la pérdida de intensidad antioxidante en formulaciones con cocción extendida o matrices lipídicas complejas.

Tabla 24 Valores promedio de Polifenoles Totales en los diferentes tratamientos de formulaciones de galletas.

Tratamiento	n	Polifenoles Totales (mg EAG/g)
C ₁	6	401,65 ± 30,081 ^{ab}
C ₂	6	422,10 ± 30,081 ^{ab}
C ₃	6	433,06 ± 30,081 ^b
T ₁	6	382,69 ± 30,081 ^{ab}
T ₂	6	392,35 ± 30,081 ^{ab}
T ₃	6	360,73 ± 30,081 ^{ab}
T ₄	6	333,85 ± 30,081 ^{ab}
T ₅	6	349,81 ± 30,081 ^{ab}
T ₆	6	285,48 ± 30,081 ^{ab}
T ₇	6	315,52 ± 30,081 ^{ab}
T ₈	6	311,69 ± 30,081 ^{ab}
T ₉	6	274,02 ± 30,081 ^a
T ₁₀	6	317,02 ± 30,081 ^{ab}
T ₁₁	6	393,10 ± 30,081 ^{ab}
T ₁₂	6	423,27 ± 30,081 ^{ab}

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

Dónde: **n**: 6 muestras (3 Tratamientos x 2 tiempos). **Control (C)**, **C1**: 100% H. trigo refinada (R); **C2**: 100% H. trigo integral (I); **C3**: 50%R+ 50%I. **Tratamiento (T)**: **T1**: 90% R+10% H. chocho (Ch) +0,5% Espirulina (S); **T2**: 90%R+10%Ch+1%S; **T3**: 80%R+20%Ch+0,5%S; **T4**: 80%R+20%Ch+1%S; **T5**: 90%I+10%Ch+0,5%S; **T6**: 90%I+10%Ch+1%S; **T7**: 80%I+20%Ch+0,5%S; **T8**: 80%I+20%Ch+1%S; **T9**: 45%R+45%I+10%Ch+0,5%S; **T10**: 45%R+45%I+10%Ch+1%S; **T11**: 40%R+40%I+20%Ch+0,5%S; **T12**: 40%R+40%I+20%Ch+1%S. **Polifenoles totales** (mg AG Ácido Gálico/g). ; subíndice (a, b) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$)

Durante el tratamiento térmico, los polifenoles totales experimentaron una clara disminución. Al inicio, es decir, a los 0 minutos, la muestra evidenció una concentración elevada de $443,72 \pm 10,98^b$, lo que refleja una alta presencia de estos compuestos antioxidantes. Sin embargo, tras 30 minutos de calentamiento, los valores descendieron notablemente a $263,12 \pm 10,98^a$, Este descenso no solo fue cuantitativo, sino también estadísticamente significativo, como lo indican las letras distintas asignadas (“b” vs. “a”),

lo que sugiere que el calor prolongado deteriora la estabilidad de los compuestos fenólicos. En otras palabras, el tiempo de exposición térmica puede convertirse en un enemigo silencioso de los antioxidantes naturales, comprometiendo sus beneficios potenciales para la salud. Este comportamiento observado en la degradación de polifenoles guarda estrecha relación con lo planteado por Shahidi y Naczki (2004). Estos autores destacan que, si bien los polifenoles desempeñan un papel fundamental como antioxidantes naturales, su estabilidad durante el procesamiento no está garantizada. Son compuestos sensibles, que reaccionan frente a variables como el calor, el pH y el oxígeno, presentes comúnmente en ambientes de cocción o procesamiento industrial.

Tabla 25. Concentración de los polifenoles de los tratamientos en función del tiempo de almacenamiento

Tiempo	n	Polifenoles Totales (mg EAG/g)
0	45	443,72 ± 10,984 ^b
30	45	263,12 ± 10,984 ^a

Subíndice (a, b) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$)

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

11.3.5 Análisis Sensorial

En este estudio, el grado de preferencia de las galletas a base de harina de chocho enriquecida con espirulina fue evaluada por consumidores que, más allá de asignar una calificación, reaccionaron con gusto, sorpresa y curiosidad frente a una propuesta alimentaria funcional y culturalmente significativa. El análisis sensorial se convierte en una herramienta que valida tanto el rigor técnico como la sensibilidad cultural del desarrollo formulado. Durante la evaluación sensorial, los consumidores expresaron una alta aceptación hacia las galletas funcionales elaboradas con chocho y espirulina. Las puntuaciones obtenidas, entre $7,35 \pm 0,105$ (T5 y T6) y $7,70 \pm 0,105$ (T11) en una escala hedónica de nueve puntos, exhibe que, más allá de las diferencias entre tratamientos, las formulaciones lograron conquistar el gusto de quienes las probaron. Además de los buenos niveles de aceptación obtenidos, no hubo diferencias significativas entre todos los tratamientos, en términos de preferencia ($p > 0,05$). Esto no solo reafirma la estabilidad

en las percepciones sensoriales, sino que transmite confianza al saber que, sin importar la formulación, el consumidor responde de manera positiva Tabla 26.

Tabla 26. Puntuaciones de la aceptabilidad de los diferentes tratamientos de galletas.

Códigos	Tratamiento	n	Aceptación General
789	C ₁	180	7,66 ± 0,105 ^a
653	C ₂	180	7,45 ± 0,105 ^a
980	C ₃	180	7,56 ± 0,105 ^a
513	T ₁	180	7,5 ± 0,105 ^a
548	T ₂	180	7,55 ± 0,105 ^a
342	T ₃	180	7,59 ± 0,105 ^a
270	T ₄	180	7,48 ± 0,105 ^a
498	T ₅	180	7,35 ± 0,105 ^a
509	T ₆	180	7,35 ± 0,105 ^a
901	T ₇	180	7,4 ± 0,105 ^a
101	T ₈	180	7,38 ± 0,105 ^a
400	T ₉	180	7,6 ± 0,105 ^a
701	T ₁₀	180	7,62 ± 0,105 ^a
999	T ₁₁	180	7,70 ± 0,105 ^a
510	T ₁₂	180	7,6 ± 0,105 ^a

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

Donde: Control (C), **C1:** 100% H. trigo refinada (R); **C2:** 100% H. trigo integral (I); **C3:** 50%R+ 50%I. Tratamientos (T): **T1:** 90% R+10% H. chocho (Ch) +0,5% Espirulina (S); **T2:** 90%R+10%Ch+1%S; **T3:** 80%R+20%Ch+0,5%S; **T4:** 80%R+20%Ch+1%S; **T5:** 90%I+10%Ch+0,5%S; **T6:** 90%I+10%Ch+1%S; **T7:** 80%I+20%Ch+0,5%S; **T8:** 80%I+20%Ch+1%S; **T9:** 45%R+45%I+10%Ch+0,5%S; **T10:** 45%R+45%I+10%Ch+1%S; **T11:** 40%R+40%I+20%Ch+0,5%S; **T12:** 40%R+40%I+20%Ch+1%S. ; subíndice (a) en la misma columna no expresan diferencias significativas ($p < 0.05$)

En la Tabla 27 se puede observar que durante los primeros 15 días de almacenamiento, las galletas funcionales mantuvieron una aceptación sensorial destacada, con puntuaciones constantes cercanas a 900 unidades. Este comportamiento coincide con lo reportado por

Cabrera et al. (2023), evaluaron galletas elaboradas con harina de trigo y chocho (*Lupinus mutabilis*) y encontraron que el tratamiento con 25 % de harina de chocho obtuvo la mejor aceptación sensorial, destacando en atributos como olor, color, y sabor. Asimismo, Gutiérrez et al. (2018) documentaron que la incorporación de espirulina en galletas a base de *kiwicha* y trigo mejoró significativamente el perfil nutricional sin comprometer la aceptabilidad, siendo la formulación con 3 % de espirulina la más valorada por los panelistas.

Estos hallazgos respaldan que una formulación técnicamente equilibrada con proteínas vegetales como el chocho y antioxidantes naturales como la espirulina puede sostener su perfil sensorial durante las primeras semanas de almacenamiento. En otras palabras, cuando ciencia y paladar se encuentran, el resultado conecta con las expectativas del consumidor.

Tabla 27. Aceptabilidad en función del tiempo de almacenamiento de las muestras.

Tiempo	n	Aceptabilidad general
0	900	7,30 ± 0,047 ^a
15	900	7,41 ± 0,047 ^a
30	900	7,85 ± 0,047 ^b

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

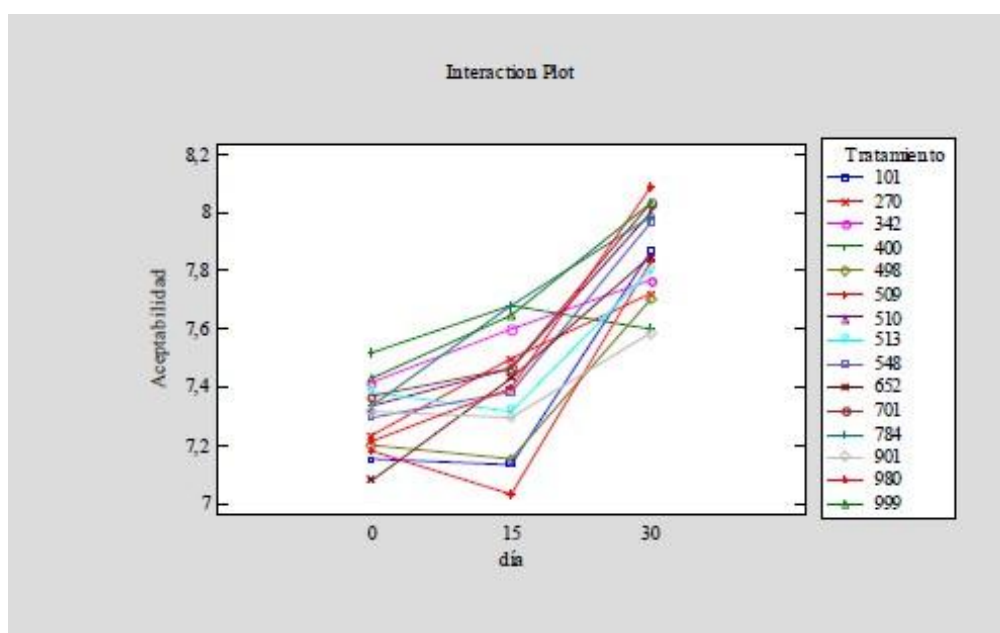
Dónde: n: (número de veces evaluados los 15 tratamientos por 60 consumidores); subíndice (a y b) en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tiempo.

En la figura 6, los resultados muestran que la aceptación general de las galletas se mantiene en torno un valor de 7 en la escala hedónica durante el tiempo 0, 15 y 30. Esta tendencia refleja una percepción positiva y constante por parte de los consumidores. Esta estabilidad refleja no solo la calidad del producto, sino también una armonía sensorial. Esta tendencia sugiere una buena estabilidad sensorial a lo largo del periodo del almacenamiento, las formulaciones continúan siendo bien valoradas, lo que sugiere que la aceptación general del producto, se preservan en condiciones de almacenamiento, contribuyendo a su viabilidad comercial y funcional.

Este hallazgo se encuentra en sintonía con lo reportado por Cabrera et al., (2023), quienes evaluaron galletas con distintas proporciones de harina de chocho y trigo. En su estudio, el tratamiento con 25 % de harina de chocho y 75 % de trigo (T4) obtuvo la mejor aceptación sensorial, destacando en atributos como olor, sabor y color. Los autores

concluyen que la incorporación de chocho no solo mejora el perfil nutricional del producto, sino que también preserva y potencia la experiencia sensorial, especialmente cuando se utiliza en proporciones equilibradas.

Todos los tratamientos se destacan con los valores más altos de aceptabilidad hacia el final del periodo, lo que podría indicar una maduración favorable de los atributos sensoriales o una percepción más positiva con el paso del tiempo. La consistencia entre tratamientos sugiere que el uso de ingredientes como el chocho y la espirulina no solo aporta funcionalidad nutricional, sino que también respeta la experiencia sensorial del



consumidor, un aspecto fundamental en el desarrollo de alimentos innovadores. En conjunto, estos datos refuerzan la idea de que es posible crear productos funcionales que no pierdan su encanto con los días, integrando salud, sabor y estabilidad de manera equilibrada.

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025)

Figura 6. Evolución de la aceptabilidad en función del tiempo por tratamiento

11.4 Evaluar la calidad microbiológica de las galletas mediante la cuantificación de mohos, levaduras y *Staphylococcus aureus*, al día 30 de almacenamiento.

11.4.1 *Staphylococcus aureus*

En la Tabla 28 se detalla los valores obtenidos para esta bacteria en los distintos tratamientos, incluyendo los controles en el día 30, se evaluó si hay presencia de (*Staphylococcus aureus*) en las galletas, los resultados obtenidos permitieron verificar el

cumplimiento de los límites establecidos y asegurar la inocuidad del producto durante el periodo del almacenamiento por las NTE INEN 1529 -10.

En el análisis realizado para la detección de (*Staphylococcus aureus*), no se evidenció presencia de este microorganismo o haya alterado alguna contaminación en las muestras a los 30 días de almacenamiento. Esto indica que el producto cumple con los estándares permitidos durante el periodo de tiempo almacenado aproximadamente 30 días que estuvieron las galletas. La ausencia de este microorganismo indica buenas prácticas de higiene durante el transcurso del proceso de elaboración y el tiempo que estuvo bajo términos de almacenamiento. A diferencia de lo reportado Torres et al., (2019), donde se evidenció la presencia de presencia de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva en su formulación con un recuento de 80 UFC/g, aunque dentro del límite permitido por la NTC 1241 (<100 UFC/g). En este estudio no se detectó presencia de dicho microorganismo en ninguna de las muestras analizadas. Ortegón (2017) enfatiza que el principal vehículo de contaminación suele ser humano; cuando las condiciones de higiene personal y ambiental no se respetan, se pone en riesgo no solo el alimento, sino también el propósito de bienestar que busca entregar. En este caso, la ausencia del patógeno puede interpretarse como una expresión silenciosa de respeto: respeto por la vida del consumidor por el conocimiento técnico, y por el territorio donde nacen los ingredientes.

Tratamientos	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)
C ₁	Ausencia
C ₂	Ausencia
C ₃	Ausencia
T ₁	Ausencia
T ₂	Ausencia
T ₃	Ausencia
T ₄	Ausencia
T ₅	Ausencia
T ₆	Ausencia
T ₇	Ausencia
T ₈	Ausencia
T ₉	Ausencia

T ₁₀	Ausencia
T ₁₁	Ausencia
T ₁₂	Ausencia

Tabla 28. Resultados de la Evaluación Microbiológica de los tratamientos

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025). Donde: n: 3; Control (C), C1: 100% H. trigo refinada (R); C2: 100% H. trigo integral (I); C3: 50%R+ 50%I. Tratamientos (T): T1: 90% R+10% H. chocho (Ch) +0,5% Espirulina (S); T2: 90%R+10%Ch+1%S; T3: 80%R+20%Ch+0,5%S; T4: 80%R+20%Ch+1%S; T5: 90%I+10%Ch+0,5%S; T6: 90%I+10%Ch+1%S; T7: 80%I+20%Ch+0,5%S; T8: 80%I+20%Ch+1%S; T9: 45%R+45%I+10%Ch+0,5%S; T10: 45%R+45%I+10%Ch+1%S; T11: 40%R+40%I+20%Ch+0,5%S; T12: 40%R+40%I+20%Ch+1%S.

11.4.2 Mohos y levaduras

Los tratamientos mostraron ausencia total de crecimiento microbiano, reportándose como “Ausencia” en un rango de detección $\leq 10^2$ UFC/g, no registraron presencia detectable de mohos ni levaduras. Este resultado sugiere un excelente manejo higiénico en la formulación y procesamiento, alineado con lo establecido por la norma ecuatoriana NTE

INEN 2085, que establece que los productos de panadería no deben superar los 10^3 UFC/g para asegurar la inocuidad y estabilidad microbiológica.

Cisneros (2019) evaluó una bebida artesanal de chocho y determinó que los puntos críticos de control estaban en el escaldado y la pasteurización. Su producto final fue microbiológicamente apto, sin presencia de mohos ni levaduras. Nuestras galletas replican esta tendencia, lo que sugiere que el tratamiento térmico aplicado al chocho fue eficaz para inhibir el crecimiento fúngico.

Montoya et al. (2019), señala “La ausencia de mohos y levaduras en las galletas elaboradas refleja no solo la eficacia del proceso térmico y de formulación, sino también el compromiso con la seguridad alimentaria y el bienestar del consumidor. Este resultado puede interpretarse como un indicador de buenas prácticas en el proceso, desde la recepción de ingredientes hasta el envasado final los productos horneados con baja concentración de humedad y actividad de agua inferior a 0.6 presentan una alta resistencia al desarrollo de microorganismos filamentosos. En este sentido, las galletas funcionales por su estructura seca y su formulación enriquecida actúan como una barrera microbiológica natural. Además, González & Rivas (2020), afirman que la incorporación de ingredientes antioxidantes derivados de harinas alternativas (como quinua, amaranto o maíz morado) no solo mejora el perfil nutricional del alimento, sino que fortalece su estabilidad microbiológica frente a contaminantes fúngicos.

Tabla 29. Resultados de la Evaluación Microbiológica de las Muestra

<i>Tratamiento</i>	<i>Moho y Levaduras</i> <i>UFC/g</i>
C ₁	Ausencia

C ₂	Ausencia
C ₃	Ausencia
T ₁	Ausencia
T ₂	Ausencia
T ₃	Ausencia
T ₄	Ausencia
T ₅	Ausencia
T ₆	Ausencia
T ₇	Ausencia
T ₈	Ausencia
T ₉	Ausencia
T ₁₀	Ausencia
T ₁₁	Ausencia
T ₁₂	Ausencia

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

Donde: n: 3; Control (C), **C1:** 100% H. trigo refinada (R); **C2:** 100% H. trigo integral (I); **C3:** 50%R+ 50%I. Tratamientos (T): **T1:** 90% R+10% H. chocho (Ch) +0,5% Espirulina (S); **T2:** 90%R+10%Ch+1%S; **T3:** 80%R+20%Ch+0,5%S; **T4:** 80%R+20%Ch+1%S; **T5:** 90%I+10%Ch+0,5%S; **T6:** 90%I+10%Ch+1%S; **T7:** 80%I+20%Ch+0,5%S; **T8:** 80%I+20%Ch+1%S; **T9:** 45%R+45%I+10%Ch+0,5%S; **T10:** 45%R+45%I+10%Ch+1%S; **T11:** 40%R+40%I+20%Ch+0,5%S; **T12:** 40%R+40%I+20%Ch+1%S.

11.5 Análisis Económico

En la tabla 30 se presencia los costos de la elaboración y análisis técnicos del producto experimental de las galletas innovadoras, se llevó a cabo una evaluación económica detallada de los insumos, equipos y pruebas necesarias. El costo total fue de 477,85 USD, distribuido en tres categorías principal:

Se invierte en materias primas como el chocho, la espirulina, la harina de trigo refinada integral, azúcar impalpable, mantequilla, huevos y cobertura de chocolate. Estos insumos representaron una inversión de 117,67 USD, destacando.

- El chocho como insumo funcional (\$10)
- La espirulina como ingrediente enriquecedor (\$12,5)
- El chocolate como el más costoso dentro de los alimentos básicos (\$32)

Incluyendo papel encerado, ziploc, papel toalla moldes, plásticos y empaques tipo flex Up. Este grupo implicó un gasto de \$72,34 USD, importante para garantizar higiene, presentación y conservación del producto.

Los mayores costos se concentraron en las placas compact Dry para análisis microbiológicos con el valor de \$ 151,68 y para los análisis proximales de laboratorio (\$127,20) en conjunto, estas pruebas representan el 58% del presupuesto, reflejando el compromiso con la evaluación técnico científico del producto y cumplimiento de las normativas microbiológicas (INEN 1334) y nutricionales.

Tabla 30. Evaluación económica de las galletas con sustitución parcial de harina de chocho enriquecida con espirulina

TOTAL	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Chocho (Lb)	25	\$0,40	10
Azúcar impalpable (kg)	7	\$0,79	5,53
Harina Refinada (kg)	10	\$2,00	20
Harina Integral(kg)	10	\$2,20	22
Mantequilla(g)	7	\$1,00	7
Huevos	30	\$0,12	3,6
Espirulina(g)	50	\$0,25	12,5
Chocolate (kg)	8	\$4,00	32
Moldes	1	\$15,00	15
paquete de vaso 6 onz	2	\$0,65	1,3
Papel encerado	2	\$1,30	2,6
Fundas de Ziploc	4	\$1,00	4
Papel toalla	4	\$2,65	10,6
Agua destilada (L)	4	\$3,90	15,6
plástico Flim	2	\$1,32	2,64
Placas Compact Dry análisis microbiológico	24	\$6,32	151,68
Papel Aluminio	2	\$1,30	2,6
Empaque Flex Up	200	\$0,10	20
Horno	4	\$3,00	12
Análisis Proximales	8	\$15,90	127,2
TOTAL			477,85

Elaborado por: (Almachi & Ríos, 2025).

12. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

12.1. Técnicos:

Cumplimiento de normas técnicas como la NTE INEN 2085, lo que respalda su viabilidad industrial y comercial.

Posibilidad de diversificación en la industria de galletería con formulaciones funcionales adaptadas a nuevas tendencias alimentarias.

12.2. Sociales:

Promover el consumo de ingredientes tradicionales y locales como el chocho y fortalecer la identidad de la comida ecuatoriana.

Desarrollar productos que sean accesibles y saludables con el fin de contribuir a la seguridad alimentaria.

Educación nutricional para la población ecuatorianos sobre las ventajas de una alimentación a base de alimentos funcionales.

12.3. Ambiental:

Utilizando ingredientes que no dañan el medio ambiente: los chochos se cultivan en los Andes sin utilizar muchos productos químicos.

La energía solar y una huella de carbono baja pueden utilizarse para producir espirulina en micro granjas.

El cultivo y procesamiento de la espirulina pueden beneficiarse de la aplicación de métodos de economía circular.

12.4. Económicos:

Exportador potencial de productos novedosos elaborados con componentes andinos y nutricionales.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró formular las galletas con dos proporciones de harina de chocho (10 y 20%) con un enriquecimiento de espirulina (0,5 y 1%), utilizando como base harina de trigo refinada

e integral y una combinación de ambas harinas, las formulaciones fueron técnicamente variables y sin comprometer los parámetros sensoriales de las galletas.

Las galletas formuladas con harina de chocho y espirulina, presentaron características fisicoquímicas, y un perfil nutricional dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2085.

Los análisis de pH, °Brix y acidez titulable, mostraron variaciones entre tratamientos y el tiempo de almacenamiento. Aunque se registró una ligera disminución en el contenido de pH y acidez, influenciadas probablemente por sus tampones naturales y polifenoles de la harina de chochos, espirulina y las condiciones de almacenamiento, mantuvo sus características microbiológicas y sensoriales.

Las galletas cumplieron los requisitos microbiológicos garantizando seguridad alimentaria, se constató la ausencia de *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras, evidenciando un manejo higiénico responsable en toda la producción, desde la recepción hasta su almacenamiento.

Las galletas conservaron sus cualidades organolépticas durante los 30 días, sin evidenciar alteraciones. Además, estas galletas obtuvieron puntuaciones de aceptabilidad por parte de los consumidores, de 7,35 (T6) a 7,70 (T11), me gusta moderadamente a me gusta mucho, respectivamente.

Estos resultados no solo garantizó la inocuidad de producto, sino también una alternativa alimentaria saludable, inocua e innovadora.

13.1. Recomendaciones

Ampliar el periodo de almacenamiento más allá de 30 días, incorporando análisis fisicoquímicos, sensoriales, microbiológicos y antioxidantes en tiempos intermedios y prolongados. Esto permitiría establecer con precisión la estabilidad funcional del producto para su comercialización.

Profundizar en investigaciones sobre el impacto de las galletas en parámetros potencialmente funcionales como incrementar ingredientes con antioxidantes, en modelos experimentales o estudios piloto comunitarios. Esto podría posicionar el producto como parte de estrategias de alimentación funcional.

Impulsar el reconocimiento del chocho y la espirulina como pilares de la soberanía alimentaria ecuatoriana, fomentando su inclusión en programas nutricionales escolares, comunitarios o institucionales mediante exposiciones académicas y sociales.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Arellano Martínez, A. A. (2022). Análisis nutricional y actividades biológicas de compuestos bioactivos derivados del chocho (*Lupinus mutabilis*). Universidad Técnica de Ambato. Disponible en el repositorio institucional.
- Balanza Analítica Optika Italy B124A. (s.f.). *instrumentalia*. Obtenido de <https://instrumentalia.com.co/Instrumentalia-Infoma/Enviar/balanza-analitica-optika-italy-b124a.html>

- Castañeda Castañeda, B., Manrique M., R., Gamarra Castillo, F., Muñoz Jáuregui, A., Ramos E, F., Lizaraso Caparó, F., & Martínez, J. (2008). Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* sweet (chocho o tarwi). *SciELO*, 215.
- Chaquinga Buitron, N. (2024). Rescate del Chocho (*Lupinus mutabilis*) y su Aplicacion en la Gastronomía. *Revista Científico-Académica Multidisciplinaria*. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7979/html>
- Izaguirre Pérez, I., Molina Noyola, L., Igueroa, A., Ramos Ibarra, M., & Torres Bugarín, O. (2022). La espirulina como súper alimento. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, págs. 85-102. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10046920>
- Acateca Hernández, I. M., Hernández Cázares, D. A., Hidalgo Contreras, D. J., Jiménez Munguía, D. M., Hernández Nolasco, I. Z., & Dra. María Antonieta, R. C. (2023). *Obtención de Aislados Proteicos de Espirulina (Arthrospira maxima) Cultivada en Zona Tropical*. Puebla, Puebla, México: Artículos del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals . Obtenido de <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/6403d501b72de46592a47ea1/1677972739019/Tomo+01+-+Art%C3%ADculos+del+Congreso+Academia+Journals+Puebla+TecNM+2023.pdf>
- Aguagallo, C. M. (2023). *Elaboración de galletas con harina de chocho y quinua, endulzadas con miel de abeja*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba. Obtenido de <https://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/18794>
- AGUILAR MONSERRATE, R., & MARCILLO HOLGUÍN, J. (2018). *DESARROLLO DE UNA FORMULACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE UNA GALLETA LIBRE DE GLUTEN CON UN ALTO VALOR PROTEÍNICAMENTE ENRIQUECIDA CON SPIRULINA PLATENSIS*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ab293eecd2ce-45e3-9842-a33c850467b2/content>
- Alfredo, P. B. (2023). “*ELABORACIÓN TECNOLÓGICA DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE CUSHURO (Nostoc sphaericum) Y ACEITE REFINADO DE ANCHOVETA (Engraulis ringens)*”. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Callao.
- Bach. AVILA, N. P., & Bach. VIGO, Z. W. (2021). *ELABORACIÓN, ACEPTABILIDAD Y EFECTO DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS CON SANGRE DE POLLO,*

SPIRULINA (Arthrospira máxima) Y QUINUA NEGRA (Chenopodium petiolare) SOBRE LOS NIVELES DE HEMOGLOBINA DE LOS ESCOLARES DEL COLEGIO N° 20857 – VEGUETA 2018. UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN - HUACHO, HUACHO. Obtenido de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/4667/AVILA%20y%20VIGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Batallas Rodríguez, D. (2023). *Elaboración de suplemento nutricional a base de la proteína de suero de leche y lupino andino (chocho) para deportistas.* Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0d3e80b1-0ea3-4506-bc1d-5fd67be8c576/content>
- Cabrera, M. V., Benavides, P. J., Cortez, E. A., Aldas, M. J., & Revilla, E. K. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista Colombiana de Investigaciones*, 10 (2), 23-32. Obtenido de <https://doi.org/10.23850/24220582.5736>
- Cabrera-Mera, V., Benavides-Panchana, J., Cortez-Espinoza, A., Aldas-Morejón, J., & Revilla-Escobar, K. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista Colombiana de Investigaciones*, 10 (2), 23-32. Obtenido de <https://doi.org/10.23850/24220582.5736>
- Cabrera-Mera, V., Benavides-Panchana, J., Cortez-Espinoza, A., Aldas-Morejón, J., & Revilla-Escobar, K. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10 (2), 23-33. Obtenido de <https://doi.org/10.23850/24220582.5736>
- Caffrey, C. (2024). *EBSCO*. Obtenido de <https://www.ebsco.com/research-starters/science/microorganisms>
- Carrera, S. M. (2024). *Desarrollo de una galleta a partir de trigo (Triticum aestivum L.) sustituido parcialmente con una mezcla de harina de chocho tierno (Lupinus mutabilis Sweet) y almidón de achira (Canna edulis Ker Gawl).* UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6afa0151-5a7d-42aa-8587-949835649065/content>
- Chire, F. G., Sotelo, M. A., Uribe, S. A., & Ureña, P. M. (2024). Evaluación biológica de la calidad de la proteína del chocolate oscuro en dietas para ratas. *Nutrición Clínica*

- y *Dietética Hospitalaria*, 44 (2). Obtenido de <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/594/455>
- Compact Dry Latam. (2025). *Compact Dry X-SA*. Obtenido de <https://compact-dry.com/products/compactdry-xsa/>
- De La Cruz Pérez, B. (2024). *VALOR NUTRICIONAL Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE GALLETAS ELABORADAS DE HARINA DE PLÁTANO BELLACO (Musa paradisiaca) Y ESPIRULINA (Spirulina platensis)*. Universidad Nacional de Jaén, JAÉN. Obtenido de https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/823/1/T_De%20La%20Cruz_IIA_2025.pdf
- Escudero, L. (2021). *Revisión del uso de la microalga spirulina (Arthosphira spp.) para reducir el contenido en harinas y aceite de pescado en las dietas para acuicultura*. Espectrofotómetro de barrido UV/VIS BK-S360 . (s.f.). BIOBASE. Obtenido de <https://es.biobase.com/product/biobase-bk-uv1800-bk-uv1600-uv-vis-visible-spectrophotometer>
- Espín, N. A. (2024). *Enriquecimiento de una galleta de trigo mediante la sustitución parcial con chíá*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/36af96e8-5eb3-4532-85a5-2f063659b700/content#:~:text=Esta%20investigaci%C3%B3n%20tiene%20la%20finalidad,del%20producto%20durante%20su%20almacenamiento.>
- Falla, N. ,, & Meoño, G. B. (2023). *Valoración nutricional y sensorial de una barra alimenticia enriquecida con microalga espirulina (Spirulina platensis)*. UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”, Lambayeque, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/11167>
- FAO, F. a. (2008). *A REVIEW ON CULTURE, PRODUCTION AND USE OF*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/i0424e/i0424e00.pdf>
- G.N.; E. , B., R.J, B., Reyes Martínez, , A., & Ribotta, L. (2012). Efectos de diferentes fracciones de harinas de trigo pan obtenidas con molino industrial sobre la calidad de galletitas dulces. *SciELO*.
- García Martínez, E., Fernández Segovia, I., & Fuentes López, A. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/52056>

- García Sabay, M. J. (2023). *SNACK SALUDABLE;CHOCHO;SEMILLAS DE GIRASOL;CHOCOLATE SEMIAMARGO*. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, Quito,. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/7505>
- Gutiérrez Vergaray, K., & Tello Echevarría, L. (2018). *Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha*.
- Herrera, L. L. (2023). *COBERTURAS SABOR A CHOCOLATE CON CASCARILLA DEL GRANO DE CACAO TOSTADO*. UNIVERSIDAD DE LA HABANA INSTITUTO DE FARMACIA Y ALIMENTOS DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS, La Habana. Obtenido de [https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2151807/Leyra_Llanes_Herrera_\[2023\].pdf](https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2151807/Leyra_Llanes_Herrera_[2023].pdf)
- Incubadora de temperatura constante (BJPX-HII). (s.f.). *BIOBASE*. Obtenido de <https://es.biobase.cc/Incubadora-de-temperatura-constante-BJPX-HII-pd593311468.html>
- INIAP, I. N. (2021). *Guía técnica de cereales: Trigo y cebada*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/6096/1/1%20GUIA%20CEREALES%202021.pdf>
- Iñaguazo, M. L., & Medina, P. M. (2024). *Propuesta gastronómica para la elaboración de macarons con base en: harina de chulpi (Zea mays sacchara), semillas de sambo (Cucurbita ficifolia) y semillas de zapallo (Cucurbita máxima) con rellenos de dulces y bebidas tradicionales del Azuay*. Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/44810>
- Jhoel, V., Benavides Panchana, J. I., Cortez Espinoza, A. C., Aldas Morejon, J., & Revilla Escobar, K. Y. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, Vol. 10, N°. 2. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9063224>
- Llerena, C. L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Qualitas*, 24(24), 066 - 075. Obtenido de <http://repositorio.unibe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/622/5.%20149-Article%20Text-1452-1-10-20220707.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Malpartida Y, R., Aldana F, L., Sánchez S, K., Gómez H, L., & Lobo P, J. (2022). El valor nutricional y compuestos bioactivos de la Espirulina: Potencial suplemento alimenticio. *Ecuadorian Science Journal*, 6(1), 42-51.
- Marjanović, B., Benković, M., Jurina, T., Cvetnić, T. S., Valinger, D., Gajdoš Kljusurić, J., & Jurinjak Tušek, A. (2024). Compuestos bioactivos de Spirulina spp.: valor nutricional, extracción y aplicación en la industria alimentaria. *separations*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/separations11090257>
- Mellado Z, M. (2007). *El trigo en Chile. Cultura, Ciencia y Tecnología*.
- MÉNDEZ, V. D. (2020). *Manual de prácticas de Análisis de Alimentos*. Obtenido de <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>
- Mendoza, M. (2005). Importancia de la identificación de levaduras. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 25(1), 15-23. Recuperado el Julio de 31 de 2025, de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562005000100004
- Molloco Condori, R., & Ventura Cabana, N. D. (2019). “ELABORACIÓN DE UNA GALLETA CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE YACÓN (*Smallanthus sonchifolius*) ENRIQUECIDA CON SPIRULINA (*Arthrospira platensis*)”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, AREQUIPA.
- MORALES, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Editorial Acribia.
- Muñoz-Murillo, J. P., García-Mendoza, J. J., Arévalo-Reyes, L. E., & Cedeño-Cedeño, J. C. (2024). Galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por polvo De cáscara de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(1), 18-30.
- NTE INEN 521. (2013). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/653997386/NTE-INEN-521-DETERMINACION-DE-LA-ACIDEZ-TITULABLE-HARINAS-DE-ORIGEN-VEGETAL>
- NTE INEN 1529-10. (2013). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/488093112/1529-10-1R-MOHOS-Y-LEVADURAS-VIABLES-pdf>
- NTE INEN 2085. (2005). *Instituto Ecuatoriano de normalizacion*. Obtenido de Galletas. Requisitos: <https://es.scribd.com/document/280781416/NTE-INEN-2085>

- NTE INEN 518. (2012). *Instituto Ecuatoriano de normalizacion* . Obtenido de Harina de trigo. Requisitos: <https://www.collegesidekick.com/study-docs/1801819>
- Nte Inen 616 4. (2015). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/272228164/nte-inen-616-4>
- Ochoa Galarza, K. Y. (2023). Aplicaciones de la espirulina-planta marina: revisión panorámica. *Aplicaciones de la espirulina-planta marina: revisión panorámica*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD CARRERA DE ENFERMERÍA, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38733>
- Otavalo, T. R. (2021). Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) en la elaboración de cupcake relleno de chocolate. “*Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum) por harina de quinua (Chenopodium quinoa Willdenow) en la elaboración de cupcake relleno de chocolate*”. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI, Tulcan, Ecuador.
- Párraga, B. . (2023). *ELABORACIÓN DE GALLETAS CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE FRÉJOL DE PALO Y FRÉJOL CASTILLA*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Obtenido de <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/36055>
- Pérez, L. A., Acevedo, S. N., & Pérez., L. A. (2023). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum Vulgare*) por harina de garbanzo (*Cicer Arietinum* L) en las características sensoriales de una galleta dulce. . *REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO*, 14(1), 39–54. Obtenido de <https://doi.org/10.24054/raaas.v14i1.2747>
- PL-700Series Bench Top Meter. (s.f.). *GONDO*. Obtenido de https://www.gondo.com.tw/products_detail/16.htm
- Refractometro BOE 32345. (s.f.). *BOECO GERMANY*. Obtenido de <https://www.boeco.com/refractometer/digital-hand-refractometer&sk=312>
- Refractómetro BOE 32345. (s.f.). *BOECO GERMANY* . Obtenido de <https://www.boeco.com/refractometer/digital-hand-refractometer&sk=312>
- Ricardo, A., & Ricardo, A. (2005). Infecciones estafilocócicas. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 44(3), 178-180. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752005000300010&lng=es&tlng=es.

- Rodríguez, K. D. (2024). *Caracterización fisicoquímica, funcional, reológica y composicional de la mezcla de harina de chocho (Lupinus Mutabilis) y maíz (Zea Mays) pre cocida por extrusión*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. , Riobamba. Obtenido de <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22646>
- Salazar Yanalá, A., Arancibia, M., del Pilar Mora, M., Gerrero, G., Valencia, A., & Fuentes, E. (2024). Formulación de una galleta funcional para el aprovechamiento de las propiedades nutricionales de la harina de chocho (*Lupinus mutabilis*). *Revista Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, Vol. 31 - 1. Obtenido de <https://doi.org/10.31243/aci.v31i1.2460>
- Sifre, M. P., Amparo, S. D., & Pepita, T. P. (2019). *La harina*. Castellon de la plana: UNIVERSITAT PER A MAJORS SEU DEL NORD - SANT MATEU.
- Silos, V. C., & Soria, G. R. (2021). Efectos benéficos para la salud asociados al consumo de espirulina. *Revista Universitarios Potosinos*. Obtenido de <https://leka.uaslp.mx/index.php/universitarios-potosinos/article/view/136/89>
- Suárez, C. J. (2023). *Determinación de componentes fenólicos y antioxidantes en la harina de chocho*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA, Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/408e92e3-f5ce-4491-9d52-322d15b0e857/content>
- Tapia, R. F. (2022). *Influencia del tipo de harina en la formación de neo-contaminantes y características sensoriales de pan tipo "marraqueta"*. Universidad de Chile, Santiago - Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/192341>
- Torres Palacios, L., Flórez Pallares, I., & Tarazona Díaz, M. (2019). Desarrollo de una galleta dulce reducida en grasa y azúcar, enriquecida con harina de amaranto. *nutrición clínica y dietética hospitalaria*. Obtenido de <https://revista.nutricion.org/PDF/TARAZONA.pdf>
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). *USO ALTERNATIVO DEL CHOCHO*. Quito. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>
- Shahidi, F., & Naczki, M. (2004). *Phenolics in food and nutraceuticals*. CRC Press.