Desafíos de la industria agroalimentaria

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

1era Edición

MAWIL
Publicaciones Científicas y Técnicas
EMPRESA DE INVESTIGACIÓN SABERES Y CONOCIMIENTOS
TECHGACEIT CIA. LTDA.
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
24 - 01 - 1995
LATACUNGA - ECUADOR

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

José Andrés Villacís Chiriboga
María Monserrath Morales Padilla
Edwin Fabián Cerda Andino
Josselin Elizabeth Lara Atiaja
Gabriela Beatriz Arias Palma
Edison Paul Velasco Martínez
Renato Agustín Romero Corral
Jenifer Paola Caiza Ramos
Ana Maricela Trávez Castellano
Elisa Nicole Jaramillo Narváez
Clara Elena Villacrés Poveda
Martha Guadalupe Zárate Santana
Vicente Alberto Guerrón Troya
Jessica Leonor Hidalgo Ortiz
Zoila Eliana Zambrano Ochoa

AUTORES INVESTIGADORES

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

AUTORES

INVESTIGADORES

José Andrés Villacís Chiriboga

Magíster en Biociencias Aplicadas con Mención en Biodescubrimiento;
Doctor Of Bioscience Engineering;
Ingeniero en Alimentos;
Department of Life Sciences, Food and Nutrition Science,
Chalmers University of Technology, SE-41296 Gothenburg, Sweden;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
jose.villacis3414@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0001-6646-0454

María Monserrath Morales Padilla

Magíster en Producción más Limpia;
Magíster Universitario en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos;
Ingeniera en Alimentos;
Universidad Técnica de Cotopaxi,
Unidad Académica de Posgrado,
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
maria.morales1144@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0001-9048-1538

Edwin Fabián Cerda Andino
Magíster en Gestión de la Producción;
Ingeniero Agroindustrial;
Licenciado en Ciencias de la Educación Profesor
de Enseñanza Secundaria en la
Especialidad de Fisica y Matematicas;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado, Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
edwin.cerda@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0009-0004-4472-6812

Josselin Elizabeth Lara Atiaja
Magíster en Agroindustria
Mención en Tecnología de Alimentos;
Ingeniera Agroindustrial;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado, Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
josselin.lara9955@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0009-0006-8999-3126

Gabriela Beatriz Arias Palma
Diplomado Superior en Gestión del
Aprendizaje Universitario;
Magíster en Agroindustria
Mención en Tecnología de Alimentos;
Magíster en Ingeniería Industrial y Productividad MSC;
Ingeniera Agroindustrial;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado, Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
gabriela.arias@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0003-2648-7999

Edison Paul Velasco Martínez
Magíster en Agroindustria
Mención en Tecnología de Alimentos;
Ingeniero Agroindustrial;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
edison.velasco3@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0009-0006-5397-1451

Renato Agustín Romero Corral
Magíster en Gestión de Empresas Agroalimentarias;
Ingeniero Agroindustrial;
Universidad Técnica de Cotopaxi,
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
renato.romero2483@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0002-4599-7778

Jenifer Paola Caiza Ramos
Magíster en Agroindustria Mención en Tecnología de Alimentos;
Ingeniera Agroindustrial Universidad Técnica de Cotopaxi,
Unidad Académica de Posgrado,
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
jenifer.caiza5985@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0009-0006-3391-226X

Ana Maricela Trávez Castellano
Magíster en Gestión de la Producción Agroindustrial;
Ingeniera en Alimentos;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
ana.travez@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0001-8962-8897

Elisa Nicole Jaramillo Narváez
Magíster en Agroindustria
Mención en Tecnología de Alimentos;
Ingeniera Agropecuaria;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
elisa.jaramillo@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0002-2290-8154

Clara Elena Villacrés Poveda
Magíster en Ciencia de los Alimentos (Msc.);
Doctora dentro del Programa de Doctorado
en Ciencias de la Alimentación;
Ingeniera en Alimentos;
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga; Ecuador;
clara.villacres4422@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0002-6234-9385

Martha Guadalupe Zárate Santana
Magíster en Agroindustria
Mención en Tecnología de Alimentos;
Ingeniera en Alimentos;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
martha.zarate5052@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0002-1956-2498

Vicente Alberto Guerrón Troya
Máster Universitario en Agroalimentación
Producción y Tecnologías Agroalimentarias;
Ingeniero Agroindustrial;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
Quevedo, Ecuador;
vicente.guerron4426@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0001-9674-7923

Jessica Leonor Hidalgo Ortiz
Magíster en Agroindustria
Mención en Tecnología de Alimentos;
Ingeniera Agroindustrial;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
jessica.hidalgo3@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0009-0004-8102-8511

Zoila Eliana Zambrano Ochoa
Magíster en Gestión de la Producción;
Ingeniera Agroindustrial;
Universidad Técnica de Cotopaxi;
Unidad Académica de Posgrado;
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales;
Latacunga, Ecuador;
zoila.zambrano@utc.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0001-5869-8438

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

REVISORES
ACADÉMICOS

Osmir Cabrera Blanco
Doctor en Ciencias Químicas;
Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;
Esmeralda; Ecuador;
ocabrera@finlay.edu.cu;
https://orcid.org/0000-0002-7882-7054

Maribel Cuello Pérez
Doctor en Ciencias Químicas;
Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas;
Esmeralda;Ecuador;
maribel.cuello@utelvt.edu.ec;
https://orcid.org/0000-0002-7086-6075

CATALOGACIÓN **BIBLIOGRÁFICA**

AUTORES: José Andrés Villacís Chiriboga, María Monserrath Morales Padilla, Edwin Fabián Cerda Andino, Josselin Elizabeth Lara Atiaja, Gabriela Beatriz Arias Palma, Edison Paul Velasco Martínez, Renato Agustín Romero Corral, Jenifer Paola Caiza Ramos, Ana Maricela Trávez Castellano, Elisa Nicole Jaramillo Narváez, Clara Elena Villacrés Poveda, Martha Guadalupe Zárate Santana, Vicente Alberto Guerrón Troya, Jessica Leonor Hidalgo Ortiz, Zoila Eliana Zambrano Ochoa

Título: Desafíos de la industria agroalimentaria. Experiencia de vinculación UTC
Descriptores: Tecnología alimentaria; Biotecnología; Producción alimentaria; Vinculación con la sociedad
Código UNESCO: 3309 Tecnología de los alimentos
Clasificación Decimal Dewey/Cutter: 664/V711
Área: Ciencias Tecnológicas
Edición: 1era
ISBN: 978-9942-654-37-3
Editorial: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2024
Ciudad, País: Quito, Ecuador
Formato: 148 x 210 mm.
Páginas: 147
DOI: https://doi.org/10.26820/978-9942-654-37-3
URL: https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/138

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico **Desafíos de la industria agroalimentaria. Experiencia de vinculación UTC;** es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.

Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Director Académico: PhD. Lenin Suasnabas Pacheco
Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006
Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho
Direción de corrección: Mg. Ayamara Galanton.
Editor de Arte y Diseño: Leslie Letizia Plua Proaño
Corrector de estilo: Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Índices

Contenidos

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Prólogo ---------- 18
Introducción ---------- 20

Capítulo I.
Innovaciones y avances en agroindustria y tecnología de alimentos una perspectiva de los futuros líderes ---------- 22

Capítulo II.
Aplicación del Mucílago de Melloco (*Ullucus tuberosus*) en la Clarificación del Vino de Uva Negra (*Vitis riparia*).---------- 37

Capítulo III.
Efecto de tipos de fritura en compuestos nutricionales, funcionales y acrilamida de Snack a base de salak (*Salacca zalacca*)" ---------- 51

Capítulo IV.
Evaluación del efecto de la adición de un microencapsulado de extracto de tzintzo (*Tagetes minuta*) en el retardo de la oxidación lipídica de una salsa tipo mayonesa durante su almacenamiento acelerado. ---------- 71

Capítulo V.
Impacto del tipo de leguminosa y la temperatura de pre-cocción sobre la calidad química y sensorial del queso vegano ---------- 92

Capítulo VI.
Influencia de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Yuca (*Manihot esculenta*) en la Elaboración de Pastas con Adición de Extractos Vegetales ---------- 109

Capítulo VII.
Efecto de la ultrafiltración del jugo de naranja (*Citrus sinensis*) ---------- 127

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Índices

Figuras

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Figura 1. Dimensiones de la Seguridad Alimentaria. ---------- 25
Figura 2. Metodologías de investigación ---------- 32
Figura 3. Efecto de la aplicación del tipo de clarificante
en la tonalidad del vino ---------- 43
Figura 4. Efecto de la aplicación del tipo de clarificante
en la intensidad de color del vino. ---------- 44
Figura 5. Análisis sensorial. Fase visual.---------- 45
Figura 6. Análisis sensorial. Fase olfativa.---------- 46
Figura 7. Análisis sensorial. Fase gustativa.---------- 46
Figura 8. Análisis sensorial. Aceptabilidad.---------- 47
Figura 9. Fritura al vacío - actividad de agua.---------- 58
Figura 10. Fritura al vacío - Contenido de Grasa.---------- 60
Figura 11. Fritura al vacío - Contenido de proteína. ---------- 62
Figura 12. Fritura al vacío – vitamina C---------- 64
Figura 13. Determinación de acrilamida
en función a azúcares reductores.---------- 65
Figura 14. Selección de concentración mínima
de microencapsulado. ---------- 76
Figura 15. Selección de concentración
máxima de microencapsulado. ---------- 77
Figura 16. Comportamiento del índice de peróxidos
de los tratamientos a A35°C, B 45°C,
C 55°C ---------- 80
Figura 17. Comportamiento del índice de acidez
de los tratamientos a 35°C,45°C, 55°C.---------- 82
Figura 18. Aceptabilidad global del queso vegano
elaborado con los tratamientos seleccionados. ---------- 104
Figura 19. Diagrama de procesos de elaboración de pasta.---------- 113
Figura 20. Balance de materia de obtención
de harina de yuca. ---------- 116
Figura 21. Balance de materia de elaboración
de pasta.---------- 117
Figura 22. Interacción de factores variable humedad.---------- 118
Figura 23. Interacción de la variable proteína.---------- 119
Figura 24. Interacción de la variable grasa. ---------- 119
Figura 25. Interacción de la variable ceniza. ---------- 120
Figura 26. Interacción de la variable fibra.---------- 121
Figura 27. Interacción de la variable acidez. ---------- 122

Figura 28. Elementos de la microfiltración:
el retino y el permeado.---------- 129
Figura 29. Modelo factorial.. ---------- 132
Figura 30. Diagrama de flujo para el jugo
de naranja con ultrafiltración. ---------- 133
Figura 31. Acidez titulable. ---------- 134
Figura 32. Corrección de la densidad.---------- 135
Figura 33. Concentración de sólidos totales.---------- 135
Figura 34. Viscosidad---------- 135
Figura 35. Curva de calibración estándar, empleada
para la determinación de actividad antioxidante
por el método de ABTS. ---------- 137
Figura 36. Absorbancia real.---------- 137
Figura 37. Capacidad antioxidante ABTS---------- 137
Figura 38. Curva de calibración estándar, empleada
para la determinación de actividad antioxidante
por el método de DPPH..---------- 138
Figura 39. Capacidad antioxidante DPPH.---------- 139
Figura 40. Diagrama de color L*a*b*. ---------- 141
Figura 41. Superficie de respuesta para la optimización
de las variables dependientes. ---------- 142

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Índices

Tablas

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Tabla 1. Factores de estudio.---- 39
Tabla 2. Análisis físico químicas del vino de uva negra.---- 41
Tabla 3. Caracterización física de Salak (*Salacca zalacca*) ---- 54
Tabla 4. Caracterización química del fruto salak estado fresco. ---- 56
Tabla 5. Efecto de la fritura al vacío en la actividad de agua.---- 58
Tabla 6. Efecto de la fritura al vacío en humedad. ---- 59
Tabla 7. Efecto de la fritura al vacío en el
contenido de grasa. ---- 60
Tabla 8. Efecto de la fritura al vacío en el contenido de fibra.---- 61
Tabla 9. Efecto de la fritura al vacío en el contenido de proteína.---- 62
Tabla 10. Efecto de la fritura al vacío en el
contenido de fenoles totales.---- 63
Tabla 11. Efecto de la fritura al vacío en el
contenido de Vitamina C.---- 64
Tabla 12. Efecto de la fritura al vacío Antioxidantes.---- 64
Tabla 13. Formulación de los tratamientos tipo mayonesa.----
Tabla 14. Distribución del microencapsulado del AE
tzintzo en la formulación de los tratamientos para la
salsa tipo mayonesa en su almacenamiento acelerado.---- 78
Tabla 15. Valores del índice de peróxido determinados
durante el almacenamiento acelerado.---- 79
Tabla 16. Valores de índice de acidez determinados durante
el almacenamiento acelerado---- 81
Tabla 17. Parámetros cinéticos de hidrólisis de grasas
a base del índice de acidez (IA) ---- 83
Tabla 18. Parámetros cinéticos de oxidación lipídica
a base del índice de peróxidos (IP) ---- 84
Tabla 19. Ecuación de Arrhenius para la oxidación
lipídica de los tratamientos.---- 85
Tabla 20. Estimación de vida útil. ---- 85
Tabla 21. Costo de producción. ---- 86
Tabla 22. Composición química de los granos* y
propiedades funcionales del almidónde haba,
frijol y arveja, en estado crudo. ---- 97
Tabla 23. Características físicas y composición química*del
análogo de la leche, elaborado a partir del chocho.---- 101
Tabla 24. Composición química* y componentes de la textura
del queso vegano con aplicación de diferentes tratamientos. ---- 104

Tabla 25. Aceptabilidad sensorial del queso vegano con aplicación de diferentes tratamientos. ---- 104
Tabla 26. Formulación general de la pasta. ---- 114
Tabla 27. Factores en estudio. ---- 114
Tabla 28. Resultados del análisis bromatológico de la harina de yuca. ---- 117
Tabla 29. Parámetros físicos de calidad de la pasta. ---- 122
Tabla 30. Análisis microbiológico. ---- 126
Tabla 31. Características de la carcasa de la membrana. ---- 130
Tabla 32. Características del equipo de Ultrafiltración. ---- 130
Tabla 33. Características de la membrana de ultrafiltración. ---- 131
Tabla 34. Características físicas-químicas y funcionales del jugo de naranja (*Citrus sinensis*) ---- 140
Tabla 35. Optimización de las variables independientes. ---- 142

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Prólogo

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

La presente compilación de investigaciones representa un hito en la búsqueda constante por optimizar y diversificar la industria alimentaria. Cada estudio, desde la clarificación de vinos hasta la elaboración de snacks saludables y productos veganos, revela un compromiso inquebrantable por mejorar la calidad nutricional de nuestros alimentos y reducir nuestro impacto ambiental.

Estos trabajos han demostrado un profundo entendimiento de los desafíos que enfrenta la industria alimentaria actual, y han propuesto soluciones innovadoras basadas en la ciencia y la tecnología. Al explorar alternativas naturales para la clarificación de vinos, desarrollar snacks saludables a partir de alimentos ancestrales, y mejorar la estabilidad de productos como la mayonesa, estos investigadores están abriendo nuevas vías para una alimentación más sostenible y nutritiva.

Un aspecto destacable de estas investigaciones es el enfoque en la valorización de subproductos y recursos locales. La utilización de rechazos de yuca para la elaboración de pastas, o el aprovechamiento del mucílago de melloco como clarificante natural, son ejemplos claros de cómo la innovación puede contribuir a una economía circular y reducir el desperdicio de alimentos.

Asimismo, la aplicación de tecnologías emergentes como la ultrafiltración en la producción de jugos de naranja demuestra el potencial de la ingeniería de alimentos para desarrollar productos de alta calidad que preserven los nutrientes y el sabor natural.

En conjunto, estos estudios ofrecen una visión prometedora para el futuro de la industria alimentaria. Al combinar conocimientos tradicionales con las últimas tendencias en ciencia y tecnología, los autores han demostrado que es posible desarrollar alimentos más saludables, sostenibles y atractivos para los consumidores.

Esta compilación no solo es un reflejo del trabajo de investigación de vanguardia, sino también una invitación a seguir explorando nuevas fronteras en la alimentación. Los resultados presentados en estos trabajos pueden inspirar a futuras generaciones de investigadores y profesionales de la industria a trabajar juntos para construir un sistema alimentario más justo, equitativo y sostenible para todos.

Los Autores.

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Introducción

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Introducción

El presente compendio se enfoca en la exploración y el análisis de diversas innovaciones en la industria alimentaria, destacando la importancia de la investigación aplicada en la mejora de procesos y productos. La primera investigación presenta un estudio comparativo del efecto de diferentes agentes clarificantes, como el mucílago de melloco y la gelatina comercial, en la mejora de las características sensoriales del vino rosado. Este proceso es fundamental para garantizar la calidad del producto final y su aceptación en el mercado.

En los siguientes trabajos, los autores abordan temas que van desde el procesamiento de frutas hasta la creación de snacks saludables, subrayando la creciente demanda de alternativas nutritivas en la alimentación cotidiana. Se destaca la importancia del salak y el uso de tecnologías innovadoras, como la fritura al vacío, que permiten conservar los compuestos bioactivos en los alimentos, así como la formulación de productos veganos a partir de legumbres, enriquecidos con chocho.

El análisis de la yuca como materia prima para la elaboración de pastas y la utilización de la ultrafiltración en el jugo de naranja resaltan la búsqueda de técnicas que no solo preserven la calidad nutritiva de los alimentos, sino que también contribuyan a la sostenibilidad en la producción alimentaria. Estos estudios subrayan la relevancia de aprovechar al máximo los recursos alimentarios, al tiempo que se responden a las demandas de una población cada vez más consciente acerca de su salud y el medio ambiente.

Cada trabajo provee un resumen conciso de los objetivos y hallazgos de la investigación, brindando un panorama claro sobre las oportunidades y desafíos en el ámbito de la alimentación. Así, este libro se convierte en un recurso valioso para investigadores, profesionales y estudiantes en el campo de la tecnología y la ciencia de los alimentos, así como para cualquier persona interesada en las tendencias actuales en la producción alimentaria.

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

1

Capítulo

Innovaciones y avances en agroindustria y tecnología de alimentos – una perspectiva de los futuros líderes

AUTORES: José Andrés Villacís Chiriboga; María Monserrath Morales Padilla; Edwin Fabián Cerda Andino

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Innovaciones y avances en agroindustria y tecnología de alimentos – una perspectiva de los futuros líderes

Innovations and Advances in Agro-industry and Food Technology - a perspective of future leaders

Resumen

Los programas de maestría en agroindustria y tecnología de alimentos desempeñan un papel crucial en la preparación de los estudiantes para carreras como investigadores en este campo. Este programa se enfoca en metodologías de investigación avanzadas, análisis de datos y habilidades de resolución de problemas, equipando a los estudiantes con la experiencia para diseñar y llevar a cabo proyectos de investigación originales. En una perspectiva general, la formación académica y profesional en agroindustria y tecnología de alimentos es fundamental para las personas que deseen seguir una carrera en este campo. Proporciona a los estudiantes el conocimiento, las habilidades y la experiencia necesarios para tener éxito y al mismo tiempo contribuir al crecimiento económico, la sostenibilidad y el desarrollo social. La industria está en constante evolución y se necesitan profesionales capacitados para impulsar la innovación y el crecimiento y al mismo tiempo garantizar que la industria opere de manera responsable y sostenible.

Palabras claves: Avances, Líderes, Perspectivas, Tecnología, Universidad.

Abstract

Master's programs in agroindustry and food technology play a pivotal role in preparing students for careers as researchers in this field. These programs focus on advanced research methodologies, data analysis, and problem-solving skills, equipping students with the expertise to design and conduct original research projects. From a broader perspective, academic and professional training in agroindustry and food technology is fundamental for individuals seeking a career in this field. It provides students with the knowledge, skills, and experience necessary to succeed while contributing to economic growth, sustainability, and social development. The industry is constantly evolving, and there is a need for skilled professionals to drive innovation and growth while ensuring that the industry operates in a responsible and sustainable manner.

Keywords: Advances, Leaders, Perspectives, Technology, University.

Introducción

Breve presentación del propósito del capítulo y del libro

El mundo enfrenta numerosos desafíos y una de las cuestiones más apremiantes es garantizar la seguridad alimentaria para una población en crecimiento. Las Naciones Unidas estiman que la población mundial alcanzará los 9.700 millones en 2050, lo que ejercerá una presión significativa sobre los sistemas alimentarios del mundo (FAO, 2018). Este es un problema particular para Ecuador y otros países en vías de desarrollo, que están enfrentando el desafío de proporcionar alimentos adecuados a sus ciudadanos, mientras luchan por superar la pobreza, el hambre y la desnutrición.

Desde hace mucho tiempo, se reconoce que la investigación es un motor clave de la innovación y el progreso para abordar estos desafíos. En el campo de la agroindustria y la tecnología alimentaria, la investigación ha desempeñado un papel crucial en la mejora de la producción, el procesamiento y la distribución de alimentos. Al desarrollar nuevas tecnologías y técnicas, los investigadores han podido aumentar el rendimiento de los cultivos, reducir el desperdicio de alimentos y mejorar la seguridad alimentaria. Sin embargo, a pesar de la importancia de la investigación para abordar estos desafíos, Ecuador a menudo enfrenta barreras importantes para acceder e implementar nuevas tecnologías e innovaciones. Esto se debe a una variedad de factores, incluidos recursos limitados, infraestructura inadecuada, una burocracia infinita, inservible y corrupta, y falta de profesionales capacitados.

En los últimos años, se ha reconocido cada vez más la necesidad de que la investigación se centre más en abordar los desafíos específicos que enfrenta Ecuador. Esto ha llevado al desarrollo de nuevas iniciativas y programas de investigación que tienen como objetivo apoyar el desarrollo de prácticas agrícolas y sistemas alimentarios sostenibles en estos países. Una de esas iniciativas es el programa de Maestría en Agroindustria y Tecnología de Alimentos de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Este programa proporciona conocimientos sólidos sobre optimización de procesos, calidad y seguridad alimentaria, alineados con una perspectiva científica y de liderazgo ético. Además, la maestría promueve el desarrollo sostenible de la industria agroalimentaria y prepara a líderes capaces de abordar proyectos innovadores y socialmente responsables (Posgrado UTC, 2024), que permiten a los estudiantes aplicar sus conocimientos y habilidades en entornos del mundo real. El programa es particularmente adecuado para abordar los desafíos que enfrenta Ecuador, ya que se basa en una variedad de disciplinas que incluyen agricultura, ingenie-

ría, nutrición y economía. Al reunir a expertos de estos campos, el programa puede brindar a los estudiantes una comprensión integral de las complejas cuestiones involucradas en el desarrollo de prácticas agrícolas y sistemas alimentarios sostenibles.

A lo largo de este libro, presentamos una colección de trabajos de investigación que demuestran el potencial de los estudiantes de maestría en agroindustria y tecnología alimentaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi para generar un impacto positivo en la vida de las poblaciones. Los artículos presentados aquí se extraen de una variedad de proyectos de investigación que han sido realizados por estudiantes en este programa durante los últimos años. Estos artículos demuestran la variedad de temas que los estudiantes han explorado como parte de sus proyectos de investigación, que incluyen desde mejorar el rendimiento de los cultivos mediante agricultura de precisión hasta el desarrollo de nuevas tecnologías para el procesamiento y envasado de alimentos. También destacan la diversidad de enfoques que los estudiantes han adoptado para abordar estos desafíos, desde trabajar con pequeños agricultores hasta desarrollar recomendaciones de políticas para los gobiernos. Al resaltar la variedad de temas que los estudiantes han explorado como parte de sus proyectos de investigación, nuestro objetivo es inspirar a las generaciones futuras de investigadores y profesionales a continuar trabajando hacia un sistema alimentario más sostenible y equitativo.

Importancia de la investigación en agroindustria y tecnología de alimentos

Desde el inicio de la civilización, una de las principales preocupaciones sociales ha sido producir y proporcionar alimentos inocuos, con suficiente valor nutritivo y en cantidades adecuadas a todas las personas. El siglo XXI se presenta con nuevos problemas, entre los que se destacan el aumento de la población y la consiguiente contaminación atmosférica y del agua, lo cual tiene un impacto directo y significativo en la producción y en el acceso de alimentos (Tilman et al., 2011) – una amenaza significativa a la seguridad alimentaria. En este sentido, la FAO (2023), indica que la seguridad alimentaria suele encuadrarse en cuatro dimensiones alimentarias, representadas en la Figura 1. Sin embargo, el significado de seguridad alimentaria varía considerablemente: para muchos, los conceptos que rodean el hambre, la hambruna y la seguridad alimentaria son confusos y estas palabras a menudo se usan indistintamente. El concepto establecido por la FAO, indica que "*Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfa-*

gan sus necesidades dietéticas y sus preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable" (Simon, 2012). A pesar de los avances en seguridad alimentaria, que buscan garantizar que todas las personas tengan acceso a alimentos nutritivos y suficientes, la realidad muestra una brecha significativa en su implementación. Esta brecha se refleja claramente en el alarmante número de personas que aún sufren de hambre en el mundo.

Figura 1.

Dimensiones de la Seguridad Alimentaria.

Fuente: Adaptado de (FAO, 2023).

Se estima que entre 690 y 783 millones de personas enfrentaron el hambre en 2022, una disminución de 3,8 millones en comparación con 2021. Desafortunadamente, el problema no se centra solo en el hambre, sino en la seguridad alimentaria. En 2022, 2400 millones de personas, sobre todo mujeres y población de zonas rurales, no tuvieron acceso a alimentos nutritivos, inocuos y suficientes durante todo el año. El impacto persistente de la pandemia de COVID-19 de 2020 en los ingresos disponibles de las personas, el creciente costo de una dieta saludable y el aumento general de la inflación también continuaron dejando a miles de millones sin acceso a una dieta saludable asequible (FAO et al., 2023). En términos generales, el sistema alimentario mundial está en desorden. Una de cada diez personas está desnutrida. Uno de cada cuatro tiene sobrepeso. Más de un tercio de la población mundial no puede permitirse una dieta saludable. El suministro de alimentos se ve afectado por olas de calor, inundaciones, sequías y guerras (von Braun et al., 2021).

Para cerrar esta brecha, sería necesario aumentar la producción de alimentos mediante mejoras genéticas, reducir la pérdida de alimentos y desper-

dicios, cambiar las dietas y aumentar la productividad mejorando o manteniendo la fertilidad del suelo, la productividad de los pastizales y restaurando las tierras degradadas (Ranganathan et al., 2016). En este contexto, la disponibilidad de alimentos tendrá que compensar esta brecha alimentaria, teniendo en cuenta al mismo tiempo la disminución de la tierra cultivable, los recursos hídricos limitados y otras limitaciones ambientales, ecológicas y agronómicas. Entonces, el uso eficiente de la tierra, para aumentar la producción de cultivos es una estrategia para abordar esta disparidad. A menudo se la conoce como la hipótesis de Borlaug, según la cual lograr mayores rendimientos da como resultado que se ahorren tierras agrícolas y, por lo tanto, se liberen para otros usos (Borlaug, 1972; Phalan, 2018).

Considerando esto, garantizar la seguridad alimentaria para 2030 será un desafío importante y lo seguirá siendo durante todo el siglo XXI. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG) (United Nations, 2015) y otros esfuerzos internacionales para lograr la seguridad alimentaria involucran a las nuevas tecnologías como herramienta indispensable para erradicar el hambre. Por ello, ciertas aplicaciones científicas y técnicas pueden desempeñar un papel al abordar los diversos aspectos de la seguridad alimentaria mediante desarrollo y aplicación de procesos científicas y técnicos que pueden abordar las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria. Aunque el uso de tecnologías que describe este libro en los siguientes capítulos no es exhaustivo, proporcionará casos ilustrativos de cómo cada componente del sistema alimentario (desde la granja hasta el mercado) puede mejorarse potencialmente con la aplicación de la ciencia y la tecnología. En general, esta publicación demostrará que la ciencia, la tecnología y la innovación desempeñan un papel fundamental en la producción de más alimentos.

Panorama de la Investigación en Agroindustria y Tecnología de Alimentos

La investigación en agroindustria y tecnología alimentaria dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi desempeña un papel crucial para abordar los desafíos únicos que enfrenta el Ecuador, un país en desarrollo. La importancia de esta investigación radica en su potencial para mejorar la seguridad alimentaria, promover el desarrollo económico, mejorar la sostenibilidad y abordar problemas de salud pública. Al centrarse en estas áreas, la Universidad está en capacidad de impulsar avances significativos que beneficien tanto a las comunidades locales como a las globales.

Con estas consideraciones, la investigación en agroindustria y tecnología alimentaria es vital por varias razones:

1. Aborda objetivamente el problema de la seguridad alimentaria, que es una preocupación apremiante en Ecuador – Al desarrollar prácticas agrícolas más eficientes y métodos innovadores de procesamiento de alimentos, la Universidad puede ayudar a garantizar un suministro de alimentos estable y suficiente. Esto es particularmente importante en regiones donde el cambio climático, el crecimiento demográfico y los recursos limitados representan amenazas importantes para la producción de alimentos.
2. La investigación universitaria promueve el desarrollo económico – El sector agroindustrial puede crear empleos, aumentar los ingresos y estimular las economías rurales. Al promover tecnologías y prácticas, la Universidad puede ayudar a los agricultores y empresas locales a ser más competitivos, aumentar su productividad y acceder a nuevos mercados. La investigación sobre productos con valor agregado, cadenas de suministro eficientes y acceso a los mercados puede empoderar a los pequeños agricultores y agroempresarios, fomentando la resiliencia y el crecimiento económicos.
3. La investigación también mejora la sostenibilidad – El Ecuador enfrenta desafíos ambientales como la degradación del suelo, la escasez de agua y la pérdida de biodiversidad. A través de prácticas agrícolas sostenibles y tecnologías de procesamiento de alimentos ecológicas, la Universidad puede mitigar estos impactos, ayudando a preservar los recursos naturales para las generaciones futuras.
4. La investigación en tecnología alimentaria puede mejorar la salud pública mediante el desarrollo de productos alimenticios más seguros y nutritivos. Las innovaciones en seguridad alimentaria, control de calidad y nutrición pueden reducir la prevalencia de enfermedades transmitidas por alimentos y desnutrición, que son problemas comunes en Ecuador. Los estudios sobre fortificación, protocolos de seguridad alimentaria y desarrollo de alimentos funcionales pueden mejorar la calidad nutricional de las dietas y mejorar los resultados generales de salud.

A medida que las Universidades Ecuatorianas abordan estas necesidades apremiantes a través de su investigación, también están sentando las bases para avances transformadores en la agroindustria. De cara al futuro,

la integración de las tecnologías digitales promete revolucionar las prácticas agrícolas, haciéndolas más precisas, eficientes e inteligentes mediante análisis de datos, internet y aprendizaje automático, que permitirán a los agricultores optimizar la gestión de recursos y mejorar la productividad. Además, el desarrollo de cultivos resilientes a cambios extremos de clima será cada vez más crítico. En un nivel mucho más avanzado, los investigadores se centran en la creación de cultivos genéticamente modificados y obtenidos de forma convencional que puedan resistir condiciones climáticas extremas, plagas y enfermedades, garantizando la seguridad alimentaria frente a los desafíos ambientales.

Las prácticas sostenibles también seguirán siendo una prioridad, con investigaciones en curso sobre agricultura orgánica, agroecología y uso de energía renovable en la producción de alimentos destinadas a reducir la huella ambiental de la agroindustria. Se espera que las innovaciones en tecnología alimentaria, como el procesamiento a alta presión, técnicas avanzadas de fermentación y materiales de embalaje biodegradables, ganen impulso, mejoren la seguridad alimentaria, extiendan la vida útil y reduzcan el desperdicio. A través de estos esfuerzos, las Universidades seguirán desempeñando un papel fundamental en el avance de los sectores de la agroindustria y la tecnología alimentaria, impulsando el progreso y el desarrollo en los años venideros. El futuro de la investigación en agroindustria y tecnología alimentaria es prometedor, con varias áreas clave preparadas para avances significativos.

A medida que la Universidad Técnica de Cotopaxi adopta estas áreas de investigación con visión de futuro, es importante comprender tanto las fortalezas como las debilidades inherentes a su enfoque para hacer avanzar la agroindustria y la tecnología alimentaria. Reconocer estos factores puede proporcionar información valiosa sobre cómo la Universidad puede optimizar sus esfuerzos de investigación, abordar los desafíos existentes y aprovechar sus ventajas únicas para impulsar un progreso significativo. Las fortalezas de la investigación universitaria en agroindustria y tecnología alimentaria en Ecuador son múltiples. La Universidad tiene acceso a un grupo diverso de talentos y experiencia, lo que fomenta colaboraciones interdisciplinarias que pueden conducir a soluciones innovadoras. Además, el Ecuador posee una rica biodiversidad, lo que proporciona una ventaja significativa para la investigación. Esta biodiversidad ofrece una riqueza de recursos genéticos que pueden aprovecharse para desarrollar variedades de cultivos resilientes, explorar nuevas fuentes de alimentos y crear prácticas agrícolas sostenibles. A pesar de los recursos e infraestructura limitados que enfrentan muchas universidades,

esta abundancia natural puede ser un activo crucial para promover la investigación y la innovación. De igual manera, la Universidad puede consolidarse como un centro para la difusión de conocimientos, capacitando a la próxima generación de científicos, ingenieros y empresarios que impulsarán avances futuros, actuando como incubadora de nuevas ideas, apoyando a empresas emergentes y derivadas que llevan innovaciones de investigación al mercado.

Sin embargo, también hay debilidades notables. Las limitaciones de financiación pueden limitar el alcance y el impacto de los proyectos de investigación. Muchas universidades ecuatorianas luchan con infraestructura y recursos inadecuados, lo que puede obstaculizar su capacidad para realizar investigaciones de vanguardia. Esto incluye la falta de equipos de laboratorio avanzados, el acceso limitado a Internet de alta velocidad y la financiación insuficiente para ensayos de campo y estudios a gran escala. Además, puede haber una brecha entre los resultados de la investigación y la implementación práctica, a menudo debido a la falta de apoyo de las políticas gubernamentales, las asociaciones industriales y los servicios de extensión. Cerrar esta brecha requiere vínculos sólidos entre el mundo académico, el gobierno y el sector privado para garantizar que los resultados de la investigación se traduzcan en beneficios tangibles para los agricultores y las comunidades.

Para abordar estas debilidades, es fundamental aumentar la inversión en infraestructura de investigación. Esto incluye la construcción de laboratorios de última generación, la mejora de la conectividad a internet y la financiación de investigaciones de campo. El Gobierno Central y las organizaciones internacionales pueden desempeñar un papel importante proporcionando apoyo financiero y creando políticas que fomenten la inversión en investigación universitaria. También es esencial promover la colaboración entre universidades, industria y Gobierno. Las asociaciones público-privadas pueden ayudar a cerrar la brecha entre la investigación y la implementación, asegurando que las innovaciones lleguen al mercado y beneficien a los usuarios finales. Los servicios de extensión que conectan a los investigadores con los agricultores pueden facilitar la adopción de nuevas tecnologías y prácticas, brindando capacitación y apoyo para garantizar una implementación exitosa. Otra estrategia importante es mejorar la capacidad de los investigadores mediante la formación y el desarrollo profesional. La Universidad puede ofrecer cursos especializados, talleres y programas de intercambio para desarrollar las habilidades y conocimientos de sus investigadores. Fomentar la investigación interdisciplinaria también puede conducir a soluciones más holísticas, que aborden los complejos desafíos que enfrentan los sectores de la agroindustria y la tecnología alimentaria.

En general, la investigación en agroindustria y tecnología alimentaria a nivel universitario es de suma importancia en Ecuador, puesto que aborda cuestiones críticas como la seguridad alimentaria, el desarrollo económico, la sostenibilidad y la salud pública. De cara al futuro, los avances en las tecnologías digitales, los cultivos resilientes al clima y las prácticas sostenibles son muy prometedores para transformar la agroindustria. Si bien hay desafíos que superar, incluidas limitaciones de financiamiento y brechas de implementación, las fortalezas de la investigación universitaria proporcionan una base sólida para el progreso continuo. Al aprovechar estas fortalezas y abordar las debilidades, las universidades pueden desempeñar un papel fundamental en la configuración de un futuro más seguro, sostenible y próspero para la agroindustria en Ecuador.

Importancia de la formación académica y profesional en la agroindustria y tecnología de alimentos

No se puede subestimar la importancia de la formación académica y profesional en agroindustria y tecnología alimentaria. La capacitación que la Universidad Técnica de Cotopaxi brinda a los estudiantes, les equipa con el conocimiento, las habilidades y la experiencia necesarios para tener éxito en una industria en rápida evolución, que es fundamental para la seguridad alimentaria, el crecimiento económico y el desarrollo social a nivel mundial (Castelló et al., 2023). Los profesionales capacitados en agroindustria y tecnología alimentaria poseen la experiencia para administrar y operar instalaciones agroindustriales modernas, asegurando una producción, procesamiento y distribución eficiente de productos alimenticios, mientras mantienen los más altos estándares de seguridad alimentaria y control de calidad. Están capacitados para desarrollar nuevos productos, procesos y tecnologías que puedan mejorar los sectores de la agroindustria y la tecnología alimentaria, impulsando la innovación y el crecimiento social y económico (Barba-Orellana et al., 2020). Todo esto se obtiene después de un ambicioso proceso de investigación y análisis de datos.

Los resultados de estas investigaciones pueden tener un profundo impacto en las economías y comunidades locales, mejorando la seguridad alimentaria y los medios de vida. Aparte de la importancia de la investigación en Ecuador, los programas académicos en agroindustria y tecnología alimentaria también pueden proporcionar a los estudiantes una profunda apreciación de la riqueza de la biodiversidad que existe en la agricultura (Neira et al., 2022). Desde la diversidad de cultivos y ganado hasta los complejos ecosistemas que sustentan la producción agrícola, los estudiantes pueden obtener una

comprensión más profunda de la interconexión de la agricultura y el mundo natural. Esta comprensión es fundamental para desarrollar prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el impacto ambiental y promuevan la salud de los ecosistemas.

Los programas de maestría en agroindustria y tecnología de alimentos desempeñan un papel crucial en la preparación de los estudiantes para carreras como investigadores en este campo. Este programa se enfoca en metodologías de investigación avanzadas, análisis de datos y habilidades de resolución de problemas, equipando a los estudiantes con la experiencia para diseñar y llevar a cabo proyectos de investigación originales (Posgrado UTC, 2024). El programa de maestría a menudo implica una colaboración interdisciplinaria con otros campos como la biología, la ecología, la sociología y la economía, lo que brinda a los estudiantes una amplia comprensión de las complejas relaciones entre la agricultura, los sistemas alimentarios y la sociedad.

Durante su formación, los estudiantes desarrollan competencias y habilidades clave que son esenciales para el éxito en el campo. Éstas incluyen:

- Fuertes habilidades analíticas y de resolución de problemas.
- Capacidad para diseñar y realizar proyectos de investigación originales.
- Competencia en metodologías de investigación avanzadas.
- Excelentes habilidades de comunicación y colaboración.
- Capacidad para integrar múltiples disciplinas para abordar problemas complejos.

La Figura 2 resume las metodologías de investigación que la Universidad Técnica de Cotopaxi imparte en el programa de Maestría en agroindustria y tecnología alimentaria. Como se puede observar, las metodologías son diversas y variadas, lo cual asegura la calidad de la formación académica y científica de los estudiantes.

Figura 2.

Metodologías de investigación.

Una idea recurrente en este texto es que el fomento de la investigación en países en vías de desarrollo, como el Ecuador, permitirá una apreciación de la biodiversidad. A la par, la formación académica en maestrías que capaciten en competencias clave y metodologías de investigación en los programas académicos dotará a los estudiantes de las herramientas necesarias para comprender profundamente las complejas relaciones entre la agricultura, los sistemas alimentarios y la sociedad (Rexen, 1992). Esta capacitación prepara a los estudiantes para carreras como investigadores que puedan impulsar la innovación y el crecimiento en los sectores de la agroindustria y la tecnología alimentaria, al tiempo que garantizan que la industria opere de manera responsable y sostenible.

En una perspectiva general, la formación académica y profesional en agroindustria y tecnología de alimentos es fundamental para las personas que deseen seguir una carrera en este campo. Proporciona a los estudiantes el conocimiento, las habilidades y la experiencia necesarios para tener éxito y al mismo tiempo contribuir al crecimiento económico, la sostenibilidad y el desarrollo social. La industria está en constante evolución y se necesitan profesionales capacitados para impulsar la innovación y el crecimiento y al mismo tiempo garantizar que la industria opere de manera responsable y sostenible.

1. Enfoques y métodos comunes utilizados en la investigación de alimentos

- Importancia de la metodología científica en la calidad de la investigación.
- Ejemplos de técnicas y herramientas utilizadas.
- Innovación y Avances Tecnológicos

2. Cómo la investigación en agroindustria y tecnología de alimentos influye en la industria y en la vida cotidiana

- Beneficios para los consumidores, la economía y el medio ambiente.
- Ejemplos de investigaciones con impacto significativo.

Conclusión

- Reflexión sobre la importancia de seguir fomentando la investigación y la formación de nuevos profesionales en el campo.
- Invitación a los lectores a explorar los trabajos presentados en el libro y considerar sus implicaciones para el futuro del sector.

Referencias bibliográficas

Barba-Orellana, S., Barba, F. J., Quilez, F., Cuesta, L., Denoya, G. I., Vieira, P., Pinto, C. A., & Saraiva, J. A. (2020). Nutrition, public health, and sustainability: an overview of current challenges and future perspectives. In F. Barba, P. Putnik, & D. Bursać Kovačević (Eds.), *Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability* (pp. 3–50). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817226-1.00001-1

Borlaug, N. E. (1972). Mankind and Civilization at Another Crossroad: In Balance With Nature — A Biological Myth. *BioScience*, *22*(1), 41–44. https://doi.org/10.2307/1296186

Castelló, M. L., Barrera, C., & Seguí, L. (2023). Bridging the academia-industry gap in the food sector through collaborative courses and internships. *Education for Chemical Engineers*, *42*, 33–43. https://doi.org/10.1016/J.ECE.2022.11.003

FAO. (2018). *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050*. FAO.

FAO. (2023). *Tracking progress on food and agriculture-related SDG indicators 2023*.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023*. FAO. https://doi.org/10.4060/cc3017en

Neira, F., Ribadeneira, S., Erazo-Mera, E., & Younes, N. (2022). Adaptive co-management of biodiversity in rural socio-ecological systems of Ecuador and Latin America. *Heliyon*, *8*(12), e11883. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E11883

Phalan, B. T. (2018). What Have We Learned from the Land Sparing-sharing Model? *Sustainability*, *10*(6), 1760. https://doi.org/10.3390/SU10061760

Posgrado UTC. (2024). *Brochure Maestría en Agroindustria con mención en Tecnología de Alimentos*. https://posgrado.utc.edu.ec/agroindustria/

Ranganathan, J., Vennard, D., Waite, R., Lipinski, B., Searchinger, T., Dumas, P., Forslund, A., Guyomard, H., Manceron, S., Marajo, E., Le Mouël, C., Havlïk, P., Herrero, M., Zhang, X., Wirsenius, S., Ramos, F., Yan, X., Philips, M., & Mungkung, R. (2016). Shifting Diets for a Sustainable Food Future. *World Resources Institute*.

Rexen, F. (1992). A view from the European Commission on the education, training and qualification of food scientists, engineers and technologists for industry and trade in the twenty-first century. In I. Morton & J. Lenges (Eds.), *Education and Training in Food Science* (pp. 3–7). Elsevier. https://doi.org/10.1533/9781845698201.1.3

Simon, G.-A. (2012). *Food Security: Definition, Four dimensions, History. Basic readings as an introduction to Food Security for students from the IPAD Master, SupAgro, Montpellier attending a joint training programme in Rome from 19th to 24th March 2012*. University of Roma Tre.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*(50), 20260–20264. https://doi.org/10.1073/PNAS.1116437108/SUPPL_FILE/PNAS.201116437SI.PDF

United Nations. (2015). *17 Sustainable Development Goals (SDGs)*. https://sdgs.un.org/goals

Von Braun, J., Afsana, K., Fresco, L. O., & Hassan, M. (2021). Food systems: seven priorities to end hunger and protect the planet. ***Nature***, ***597***(7874), 28–30. https://doi.org/10.1038/d41586-021-02331-x

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

2

Capítulo

Aplicación del Mucílago de Melloco *(Ullucus tuberosus)* en la Clarificación del Vino de Uva Negra *(Vitis riparia)*

AUTORES: Josselin Elizabeth Lara Atiaja; Gabriela Beatriz Arias Palma

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Aplicación del Mucílago de Melloco *(Ullucus tuberosus)* **en la Clarificación del Vino de Uva Negra** *(Vitis riparia).*

Application of Melloco Mucilage ***(Ullucus tuberosus)*** in the Clarification of Black Grape Wine ***(Vitis riparia)***

Resumen

El proceso de clarificación en vino se realiza con el fin de eliminar los residuos que se generan durante la fermentación, mejorando así, sus características sensoriales. Existen varias alternativas de clarificación de vinos que utilizan productos naturales de distintas fuentes. La presente investigación plantea como objetivo comparar un clarificante natural como el mucílago de melloco y la gelatina comercial en la elaboración de vino rosado. El proceso de clarificación se llevó a cabo utilizando el mucílago de melloco y la gelatina en distintas concentraciones (1,5 y 3%) con dos velocidades de agitación (40 rpm y 100 rpm) mediante un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial AxBxC. La interacción del tipo de mucílago, concentración y velocidad de agitación presentó diferencia significativa para el pH y turbidez encontrando valores de pH conforme a lo que dicta la norma NTE INEN 374, 2016, mientras que para la turbidez el mejor tratamiento obtuvo un valor de 1,88 NTU en el ensayo que se clarificó con mucílago de melloco. La tonalidad e intensidad de color del vino presentó variaciones con respecto al tipo de clarificante. Los tratamientos que incorporaron el mucílago de melloco presentaron mejores características sensoriales en sus cuatro fases: visual, olfativa, gustativa y aceptabilidad.

Palabras clave: Melloco, mucílagos, agentes clarificantes, gelatina, vino.

Abstract

The wine clarification process is carried out to eliminate the residues generated during fermentation, thus improving its sensory characteristics. There are several wine clarification alternatives that use natural products from different sources. The present research aims to compare a natural clarifier such as melloco mucilage and commercial gelatin in the production of rosé wine. The clarification process was carried out using melloco mucilage and gelatin at different concentrations (1.5 and 3%) with two agitation speeds (40 rpm and 100 rpm) through a completely randomized experimental design with a factorial arrangement AxBxC. The interaction of the type of mucilage, concentration, and agitation speed showed a significant difference for pH and turbidity, finding pH values according to the NTE INEN 374, 2016 standard, while for turbidity, the best treatment obtained a value of 1.88 NTU in the test that was

clarified with melloco mucilage. The hue and color intensity of the wine showed variations with respect to the type of clarifier. The treatments that incorporated melloco mucilage presented better sensory characteristics in its four phases: visual, olfactory, gustative, and acceptability.

Keywords: Melloco (Ullucus tuberosus), Mucilages, Clarifying agents, Gelatin, Wine.

Introducción

Los vinos después de la fermentación muestran una apariencia turbia e inestable, debido a la presencia de sustancias dispersas en la bebida en forma de coloides, que principalmente constituyen restos de levaduras, pulpa de la fruta y agregados moleculares producto de la fermentación (Cabrera-Chamizo et al., 2023). Los progresos tecnológicos y el desarrollo de nuevos estudios en la enología han permitido mejorar considerablemente la calidad visual de los vinos. La química del vino aborda los tratamientos de clarificación y plantea una clasificación general como agentes clarificantes proteicos y no proteicos dependiendo del tipo de taninos presentes en el mosto fermentado (Hernández-Cruz et al., 2016).

Entre los tipos de clarificantes que tradicionalmente se utilizan se encuentran la clara de huevo, la gelatina, la caseína y la bentonita, y actualmente se ha incorporado métodos más convencionales como la filtración a través de membranas, tierras de diatomeas o placas de celulosa (Alcívar Bravo & Cevallos Cedeño, 2024)

La gelatina es un tipo de clarificante que con frecuencia se utiliza para la estabilización y reducción de la turbidez o la astringencia en vinos. La gelatina precipita más fracciones de taninos y compuestos de alto peso molecular (Maury et al., 2001)

Los mucílagos son polisacáridos heterogéneos que en contacto con el agua forma soluciones viscosas, que tienen la capacidad de absorber más de cien veces su peso, mejoran la textura y estabilizan las emulsiones, inhiben la sinéresis y algunos forman geles (Alcívar Bravo & Cevallos Cedeño, 2024). Los mucílagos se han empleado en varias aplicaciones en el sector agro-alimentario entre las que se incluye su función como clarificante. El mucílago de melloco (*Ullucus tuberosus Loz*.), tubérculo de importancia en el Ecuador, ha sido reportado en varios trabajos por su acción espesante y su alta solubilidad en agua que le confiere una potencial aplicabilidad industrial, debido a que se considera que las gomas y mucílagos con mayor solubilidad son de mayor calidad (Rojas et al., 2019).

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el proceso de clarificación del vino rosado de uva negra *(Vitis riparia)* usando el mucílago de melloco *(Ullucus tuberosus)* y la gelatina, a dos concentraciones y aplicando dos velocidades de agitación, para comparar las características físico, químicas y sensoriales obtenidas en cada tratamiento.

Materiales y métodos

El mucílago se extrajo a partir de mellocos frescos y para la elaboración del vino se utilizó uvas negras, ambas materias primas adquiridas en mercados locales, al igual que la gelatina comercial. La extracción del mucílago de melloco, la elaboración del vino y los análisis respectivos se realizaron en los laboratorios académicos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Se realizó una investigación experimental y descriptiva para el proceso de clarificación de vino, mediante un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial AxBxC, donde las variables de estudio fueron: el tipo de clarificante (mucílago de melloco y gelatina), la concentración de clarificante (1,5%, 3%) y la velocidad de agitación (40 y 100 rpm). En la Tabla 1., se plantea los factores de estudio del diseño experimental.

Tabla 1.

Factores de estudio.

Factor de estudio	Niveles	Descripción
Tipo de clarificante	A0 A1	Mucílago de melloco (MM) Gelatina comercial (GC)
Concentración de clarificante (%)	B0 B1	1,5 % 3 %
Velocidad de agitación (rpm)	C0 C1	40 rpm 100 rpm

Extracción del mucílago de melloco

Se aplicó la metodología planteada por (Rojas et al., 2019), se realizó un lavado y desinfección del tubérculo previo al cortado en rodajas de aproximadamente 3 mm para facilitar la liberación del mucílago, se añadió 1 litro de agua por cada 500 gramos de melloco para luego dejar macerar por 48 horas a una temperatura máxima de 25 °C. Posteriormente, se filtró para separar los residuos sólidos del tubérculo de la disolución mucilaginosa.

Elaboración del vino rosado

Se elaboró a partir de uvas negras que fueron desgranadas de cada racimo, descartando aquellas que no cumplían con el grado de madurez adecuando o presentaban algún defecto, posteriormente fueron lavadas y desinfectadas con agua clorada, luego pasaron por la máquina despulpadora con el fin de separar la cáscara de la pulpa de uva. Para preparar el mosto se ajustó la acidez y sólidos solubles añadiendo agua y azúcar, luego se añadió la levadura previamente activada. El mosto acondicionado se colocó en un equipo fermentador y se dejó reposar por 12 días controlando que la temperatura no sobrepase los 29°C. Concluida la fermentación se filtró el mosto y se añadió metabisulfito de potasio para eliminar microorganismos no deseados en el vino, luego se dejó macerar en el fermentador por 8 días más. Una vez transcurrido el periodo de maceración se realizó el trasiego y la clarificación de vino utilizando el mucílago de melloco o gelatina a concentraciones de 1,5% y 3% luego se agitó evaluando 2 velocidades 40 y 100 rpm. Finalmente, se filtró y embotelló.

Análisis físicos y químicos del vino

Prueba de Jarras. Esta prueba se realiza en un equipo floculador dispuesto con 4 vasos de precipitación de 1000 ml (jarras) donde se coloca 400 ml de vino y se aplica los diferentes tratamientos de acuerdo al diseño experimental.

pH. Se realizó la medición en muestras de vino mediante un pH metro digital

Sólidos solubles. Se determinó la concentración de sólidos solubles expresados en °Brix, en los diferentes tratamientos del vino, mediante un refractómetro digital.

Grado alcohólico. Se utilizó un refractómetro para alcohol y se midió la concentración de cada muestra de vino expresada en % V/V.

Turbidez. Se determinó el grado de transparencia del vino mediante un turbidímetro, y se reportó los datos en NTU.

Determinación de color del vino. Se determinó la tonalidad (T) y el índice de color (IC) de cada muestra de vino, mediante la técnica de espectrofotometría y se calculó mediante la Ecuación (1) y Ecuación (2).

$$T = \frac{A_{420}}{A_{520}} \qquad (1)$$

T = Tonalidad

A_{420} = Longitud de onda para color amarillo (nm)

A_{520} = Longitud de onda para color rojo y rosado (nm)

$$IC = A_{420} + A_{520} + A_{620} \quad (2)$$

IC = Índice de color

A_{420} = Longitud de onda para color amarillo (nm)

A_{520} = Longitud de onda para color rojo y rosado (nm)

A_{620} = Longitud de onda para color azul (nm)

Análisis sensorial del vino

En la evaluación sensorial se aplicó la prueba basada en los atributos de sabor, olor, color, y aceptabilidad del catador. El tipo de análisis que se utilizó fue la prueba descriptiva de características no estructurales o escala de intervalo, como paso previo a la evaluación, las muestras de vino de uva negra (*Vitis riparia*) clarificado, se identificaron con códigos numéricos de menor a mayor de manera que cada muestra, presente en los tratamientos de estudio sea fácil de identificar para los panelistas semi-entrenados, conformado por 14 miembros, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la carrera de Agroindustria, de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Análisis y discusión de resultados

Análisis físico químicas del vino de uva negra

En la Tabla 2., se puede observar los promedios alcanzados en cada uno de los tratamientos en estudio para las características de pH, sólidos solubles, grado alcohólicos y turbidez.

Tabla 2.

Análisis físico químicas del vino de uva negra.

	T1 a0b0c0	T2 a0b0c1	T3 a0b1c0	T4 a0b1c1	T5 a1b0c0	T6 a1b0c1	T7 a1b1c0	T8 a1b1c1
pH	4,130a	4,105a	4,105a	4,065a	4,280b	4,270b	4,415c	4,395c
Sólidos solubles (°Brix)	9,68ab	9,25a	9,65ab	9,58ab	9,80ab	9,85ab	10,45b	10,28b
Grado alcohólico (%v/v)	8,33a	8,60a	8,30a	8,30a	8,40a	8,44a	8,75a	8,65a
Turbidez (NTU)	3,03a	2,12a	2,38a	8,26b	3,59a	1,88a	21,88c	27,09d

Para el caso del pH el análisis estadístico determinó que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 se ubican en el mismo en grupo homogéneo A, con un valor de dispersión no significativo entre sí, con valores comprendidos entre 4,05 y 4,130, por lo que favorecerá a la buena evolución biológica y conservación del vino. Además, un pH bajo presenta un equilibrio gustativo. El nivel de acidez de cada vino, depende de dos parámetros, la llamada acidez fija debida a los ácidos orgánicos presentes en la uva, el tartárico, el málico y el cítrico, y, por otro lado, a la llamada acidez volátil originada durante la vinificación, donde se forman cantidades limitadas de ácido acético (Tenorio-Sanz et al., 2014).

Para el caso de sólidos solubles se puede apreciar en la Tabla 2., que no existe una dispersión o desviación estándar estadísticamente significativa entre la mayoría de los tratamientos, por lo que se puede indicar que todos los tratamientos cumplen con la Normativa Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 374, 2016), donde menciona que el vino seco, debe cumplir con el requisito de contenido de sólidos solubles, de un máximo de 25°Brix.

En el parámetro del grado alcohólico se puede evidenciar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que todos poseen un grado alcohólico dentro de los límites permitidos, como lo indica en la Normativa Ecuatoriana, (NTE INEN 374, 2016) donde señala en sus requisitos físicos y químicos para Bebidas alcohólicas - Vino de frutas, que el vino debe tener un grado alcohólico > 6,0 %. Para que los tratamientos mantengan un nivel de grado alcohólico con baja diferencia significativa de dispersión de datos, se puede atribuir a que durante la fermentación alcohólica se realizó en buenas condiciones, donde se mantuvo el control sobre la temperatura, ya que, las levaduras alcanzan su mayor grado de desarrollo en torno a los 20ºC, mientras que por debajo de 13 o 14ºC el inicio de la fermentación es prácticamente imposible. La graduación de los vinos varía entre un 7 y un 16% de alcohol por volumen (Tenorio-Sanz et al., 2014).

En la turbidez del vino se puede determinar que los tratamientos que reportaron valores más bajos fueron aquellos que se clarificó con mucílago de melloco, por esa razón se encuentra dentro del grupo homogéneo A, demostrando que la aplicación de este clarificante natural cumple eficientemente con la sedimentación de las partículas en suspensión que se encuentran en el vino, consiguiendo una turbidez adecuada (Rojas et al., 2019).

El tipo de clarificante, la concentración y velocidad de agitación, aplicados durante el proceso de clarificación del vino rosado obtenido a partir de uva negra influyó significativamente en el pH, y turbidez, mientras que para los

sólidos solubles y grado alcohólico no se evidenció una variación significativa entre tratamientos.

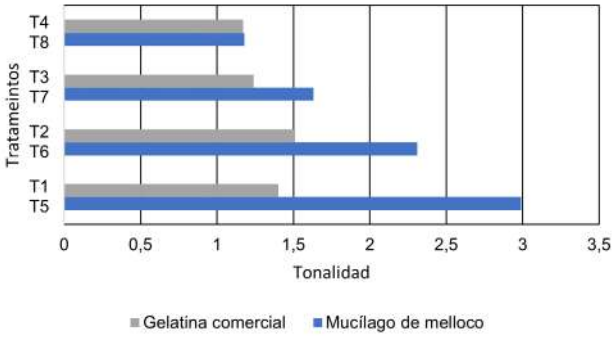
Determinación de color en vino rosado de uva negra

Tonalidad

La tonalidad fue calculada de acuerdo a la Ecuación (1), y los resultados alcanzados se muestran en la Figura 1, se puede observar que el valor de la variable tonalidad en el vino disminuyó en todos los ensayos realizados con Gelatina Comercial, especialmente se puede notar una gran diferencia entre el T1 (mucílago de melloco + 1,5% + 40 rpm) y el T5 (gelatina comercial + 1,5% + 40 rpm) con una tonalidad significativamente baja. Después de estos resultados, se determinó que, con la utilización de la gelatina comercial, una cantidad significativa de taninos era eliminada, coincidiendo con los resultados de (Becerril-Erazo, 2015), quien menciona que todos los ensayos de clarificación con las gelatinas provocaron una disminución de la tonalidad en el vino, mientras que el mucílago de melloco conservó la tonalidad del vino y presentó una adecuada limpidez en el vino.

Figura 3.

Efecto de la aplicación del tipo de clarificante en la tonalidad del vino.

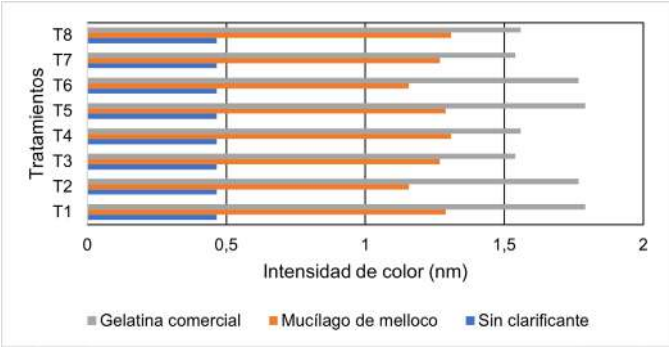


Índice de color

Para el análisis de la intensidad de color, se observa en la Figura 2, que la intensidad de color aumento notablemente, tanto para los tratamientos que fueron clarificados con mucílago de melloco y gelatina comercial con relación a la intensidad de color inicial del vino antes de realizar la clarificación.

Figura 4.

Efecto de la aplicación del tipo de clarificante en la intensidad de color del vino.



De acuerdo al método descrito, indica que si el vino presenta un color rojo vivo, presentará un nivel entre 60 y 80, mientras que si el vino presenta un color rojo teja es inferior a 40, donde se midió por la suma de las absorbancias del vino para un espesor de 1 cm de la cubeta de cuarzo, correspondientes a las longitudes de onda (420, 520 y 620 nm), donde se sumó la medición de la absorbancia para comprobar la evolución de la materia colorante durante su clarificación y determinar las características cromáticas de los vinos tintos (Hidalgo, 2006). El método rápido recomendado por la Office International de la Vigne et du Vin y descrito también por Tanner y Brunner es similar. La intensidad de color se define de la misma forma que la propuesta por Sudraud, pero la tonalidad se expresa en términos de un ángulo (en grados). Este método está reconocido entre los métodos oficiales en España.

Determinación de características sensoriales y aceptabilidad.

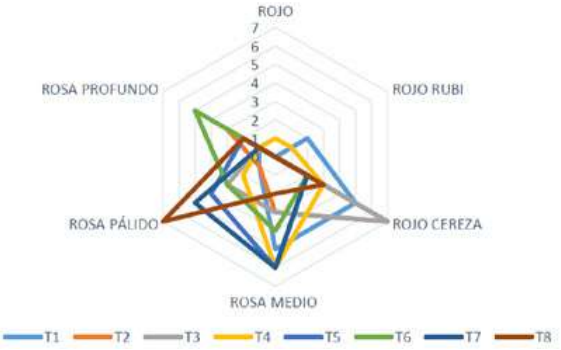
El análisis sensorial del vino rosado, se lo realizó con el objetivo de conocer la apreciación de ciertos matices, la perduración del aroma propio del vino de uva negra, así mismo la valoración del sabor y finalmente la aceptabilidad del vino. Para ello se evaluó mediante una escala hedónica, que nos ayuda a comprender de mejor manera el mejor o mejores tratamientos dentro de los diferentes niveles, mediante la coincidencia de decisión del mayor porcentaje de catadores.

Fase visual. En cuanto a la apreciación del color del vino en la Figura 3, se observa que hubo una mayor percepción del color Rosa Medio, en la mayoría de los tratamientos, únicamente el T8 (Gelatina comercial + 3% + 100 rpm) con una apreciación del 50% de los participantes, señalan que posee un

color rosa pálido, esa cualidad en el T8, puede deberse al pH, ya que de este dependerá varias cualidades del vino, entre estas está la estabilidad y el color, puesto que, maduran fácilmente, los taninos y antocianos se unifican y se produce una estabilidad del color hacia los rojos/rosados granates con tonos brillantes, como lo menciona (Tenorio-Sanz et al., 2014).

Figura 5.

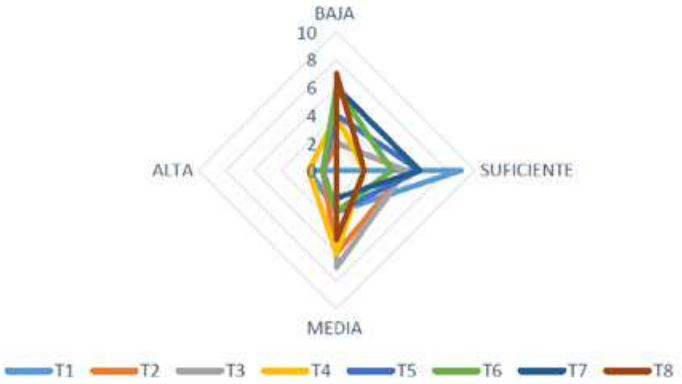
Análisis sensorial. Fase visual.



Fase olfativa. De acuerdo a la Figura 4, se ha tomado en cuenta cuatro niveles, dándonos como resultado la concordancia de los panelistas en que la mayoría de tratamientos coinciden con que mantienen un aroma SUFICIENTE, principalmente el T1 (mucílago de melloco + 1,5% + 40 rpm), que nos quiere decir que se percibió una mayor intensidad y potencia del aroma en su atributo SUFICIENTE, seguido del T3 (mucílago de melloco + 3% + 40 rpm), donde se presenta que el 50% de los catadores considera que se percibe la calidad de aroma MEDIA. Esto se debe a la referencia que hace Cacho, (2015) en su publicación, donde menciona que no existe un índice de aromas que de forma global indique para un vino su intensidad probable, la razón de esto estriba en que el sentido del olfato parece operar de forma distinta al resto de los sentidos.

Figura 6.

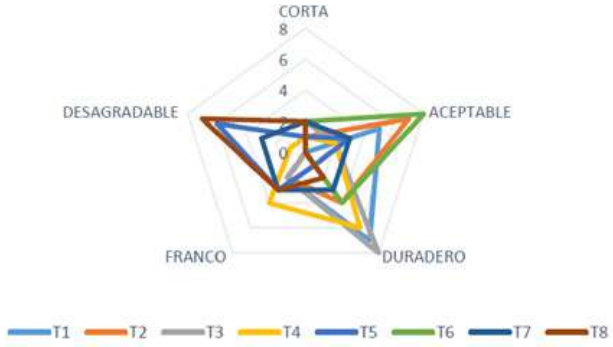
Análisis sensorial. Fase olfativa.



Fase gustativa. En la Figura 5 se presenta los resultados de la fase gustativa, donde se evalúa la intensidad, el equilibrio entre los sabores y la persistencia gustativa del vino de cada uno de los tratamientos, en cuanto a este atributo, el nivel apropiado en este caso es el parámetro DURADERO en los tratamientos que presentan un buen nivel cualitativo, en primer lugar se encuentra el T3 (mucílago de melloco + 3% + 40 rpm), con un 57,1% de coincidencia por parte de los catadores, donde indica que el sabor perdura, seguido del T1 (mucílago de melloco + 1,5% + 40 rpm) con una aprobación de 50% y finalmente el T4 (mucílago de melloco + 3% + 100 rpm) con un 42,9%, denotándose la apreciación de los panelistas por el mismo atributo.

Figura 7.

Análisis sensorial. Fase gustativa.



Aceptabilidad. En la Figura 6, se puede observar la aceptabilidad que tuvo el vino rosado de uva negra, clarificado con mucílago de melloco, en comparación con la gelatina comercial, donde se puede apreciar que en el nivel ME GUSTA se encuentra en un porcentaje significativo la mayoría de tratamientos, con un porcentaje de 42,9% de los catadores, coincidieron en que el T1 (mucílago de melloco + 1,5% + 40 rpm) con una aprobación de 50%, T2 (mucílago de melloco + 1,5% + 100 rpm) y T3 (mucílago de melloco + 3% + 40 rpm) son los tratamientos que tuvieron una percepción más agradable para los panelistas que participaron de la actividad, esto indica que la aplicación de mucílago de melloco no interfiere o altera las características sensoriales del vino de una manera negativa, procurando mantener la debida aceptabilidad por el consumidor.

Figura 8.

Análisis sensorial. Aceptabilidad.

Conclusiones

- Las características físico-químicas que se realizó al vino de uva negra, después del proceso de clarificación, determinó que los sólidos solubles y el grado alcohólico no presentaron cambios significativos o alteraciones por la aplicación del mucílago de melloco versus la gelatina comercial, por otro lado, el pH sobrepasó los valores máximos permitidos, por lo que se estima que la variable se vio afectada debido a la manipulación continúa del vino para realizar los diferentes análisis.

- La variable Turbidez presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos que fueron clarificados respectivamente con cada factor de análisis. Resultados que concuerdan con el trabajo de investigación de Andrade y Rivadeneira, (2010), que utilizaron dos tipos de aglutinantes naturales como: mucílago de cadillo negro y el mucílago de nopal para clarificar vino de miel de abeja.
- Para la determinación de color en el vino, en cuanto a la tonalidad se vio afectada por la aplicación de gelatina comercial de manera significativa, sin embargo, en los tratamientos que se clarificaron con mucílago de melloco también disminuyó su tonalidad en menor proporción sin afectar su apariencia. En cuanto al índice de color presentó un incremento notable para los dos clarificantes orgánicos, presentando los valores más altos los tratamientos que fueron clarificados con gelatina comercial.
- Para el análisis sensorial del vino, en sus cuatro fases, gustativa, visual, olfativa y de aceptabilidad, tuvo gran acogida los tratamientos T1, T2 y T3. Siendo estos los tratamientos que conservan las características sensoriales adecuadas para comprobar un buen vino. Por otro lado, los tratamientos T8, y T5 presentaron un porcentaje de rechazo altamente significativo por los panelistas, debido a que presentaban un color no muy agradable a la vista, la turbidez que presenta limitaba la brillantez característica del vino, además de encontrarse ligeramente astringente.

Referencias bibliográficas

Alcívar Bravo, G. E., & Cevallos Cedeño, R. E. (2024). Evaluación Comparativa del Uso de Mucílago de Chía y Linaza como Aditivos Clarificantes en Vinos de Carambola: Percepciones y Preferencias del Consumidor. ***Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar***, *8*(3), 6250–6270. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11822

Becerril-Erazo, J. (2015). *EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CLARIFICACIÓN DE VINOS TINTOS CON PROTEÍNA DE PATATA*.

Cabrera-Chamizo, C., Arias-Gilart, R., Hernández-Pedrera, C., Díaz-Lescaille, L., & Gómez-Charón, Y. (2023). Zeolita mineral como agente clarificante en los procesos productivos de vino en Santiago de Cuba. ***Tecnología Química***, 604–620.

Cacho, J. (2015). El vino, aroma y percepción. Obtenido de Temas de la actualidad en Enología.: https://evega.xunta.gal/sites/w_esvien/files/contido/relatorios/el_vino_aroma-_y_certificacion_juan_cacho.pdf

Hernández-Cruz, P., Mejía-Arteaga, S., Vázquez-Reyes, S., & Solano-Melara, N. (2016). ***Evaluation of the effectiveness of activated charcoal and gelatin as clarifying agents, and their effects on the limpidity of pineapple wine (Ananas comosus)***. https://www.researchgate.net/publication/304582047

Hidalgo, J. (2006). ***La calidad del vino desde el viñedo***.

Ibañez, J. (04 de junio de 2015). La medida de Turbidez como elemento auxiliar de filtración. HANNA INSTRUMENTS S.L, 36 - 41.

Maury, C., Sarni-Manchado, P., Lefebvre, S., Cheynier, V., & Moutounet, M. (2001). Influence of Fining with Different Molecular Weight Gelatins on Proanthocyanidin Composition and Perception of Wines. ***American Journal of Enology and Viticulture***, *52*(2), 140. https://doi.org/10.5344/ajev.2001.52.2.140

NTE INEN 374. (2016). Bebidas Alcoholicas. vino de frutas, requisitos. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_374-3.pdf

Rojas, J. O., Nicolalde, A. S., Iza, S. M., Molina Mario A García, F. A., Simón Rodríguez, A., El Ejido, B., & San Felipe, S. (2019). ***Septiembre-diciembre ISSN 1816-7721*** (Vol. 29, Issue 3).Tenorio-Sanz, D., Mateos-Aparicio, I., De Prádena, J., García-Mata, M., Pérez-Rodríguez, M., Redondo-Cuenca, A., Villanueva-Suárez, J., & Zapata-Revilla, A. (2014). ***El vino y su análisis***.

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

3

Capítulo

Efecto de tipos de fritura en compuestos nutricionales, funcionales y acrilamida de Snack a base de salak (*Salacca zalacca*)"

AUTORES: Edison Paul Velasco Martínez; Renato Agustín Romero Corral

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Efecto de tipos de fritura en compuestos nutricionales, funcionales y acrilamida de Snack a base de salak (*Salacca zalacca*)"

Effect of frying types on nutritional, functional compounds and acrylamide in Salak (*Salacca zalacca*) based snacks

Resumen

Las frutas son un alimento que aportan nutricionalmente en la dieta diaria, es por eso que cada vez se hace más necesario generar alternativas que permitan mejorar y garantizar la salud de los consumidores, para esto el fruto salak (*Salacca zalacca*) conocida como alimento ancestral y medicinal, realza su utilidad en la elaboración de un snack. La presente investigación tiene como objetivo determinar el efecto de dos tipos de fritura sobre los compuestos nutricionales, funcionales y la producción de acrilamida de un snack. Los tipos de fritura convencional y al vacío, se aplicó en los distintos tratamientos respectivamente, donde se obtuvo valores óptimos de las distintas variables de estudio como: la actividad de agua 0.28 que se obtiene a través de la fritura al vacío, a diferencia de la fritura convencional con 0,34; en cuanto a la humedad se obtuvo 4,59% en fritura al vacío y el 6% en fritura convencional, afirmando que, según especificaciones de la Normativa para este alimento, la fritura al vacío es la más adecuada para el proceso de elaboración de un snack, presentando mejores características, así como en la grasa (16,94%), fibra (4.39%), proteína (1,6%), cenizas 4,56%), Fenoles totales (746,81mg Ac.Galico/100g), Vitamina C (1441,47 ug/g) y antioxidantes (387,74 umol trolox/100g).

Palabras claves: Salak, Fritura, Acrilamida, Compuestos, Snack.

Abstract

Fruits are a food that provide nutritional contributions to the daily diet, which is why it is increasingly necessary to generate alternatives that allow improving and guaranteeing the health of consumers. For this, the salak fruit (*Salacca zalacca*), known as an ancestral and medicinal food, enhances its usefulness in the production of a snack. The present research aims to determine the effect of two types of frying on the nutritional, functional compounds and acrylamide production of a snack. Conventional and vacuum frying were applied in the different treatments, respectively, where optimal values were obtained for the different study variables such as: water activity 0.28 obtained through vacuum frying, unlike conventional frying with 0.34; in terms of moisture, 4.59% was obtained in vacuum frying and 6% in conventional frying, affirming that, according to the specifications of the Normative for this food, vacuum frying is the

most suitable for the snack making process, presenting better characteristics, as well as in fat (16.94%), fiber (4.39%), protein (1.6%), ash (4.56%), total phenols (746.81 mg Gallic Acid/100g), vitamin C (1441.47 ug/g) and antioxidants (387.74 umol trolox/100g).

Keywords: Salak, Frying, Acrylamide, Compounds, Snack.

Introducción

A nivel mundial, las ingestas de carne, azúcares, aceites y grasas han aumentado durante las últimas décadas, en detrimento del consumo de alimentos ricos en fibra como los cereales integrales, legumbres y frutas. Según MSP (2018), el consumo de alimentos procesados y comida chatarra continúa aumentando rápidamente en los países de ingresos bajos y medios, como es el caso de Latinoamérica y particularmente en el Ecuador, lo que genera enfermedades tales como sobrepeso y la obesidad, asociados con la presión arterial elevada y el colesterol en la sangre, así como la resistencia a la acción de la insulina.

Ante esta problemática, la industria agroalimentaria busca desarrollar nuevas tecnologías que permitan elaborar alimentos procesados con un alto contenido nutricional, ya sea enriqueciéndolos o evitando la pérdida de los nutrientes inherentes de la materia prima. Dentro de la gama de alimentos procesados se encuentran los snacks a base de frutas, hortalizas, tubérculos y cereales. Estos alimentos se destacan por sus compuestos bioactivos como los fenoles, carotenoides y antocianinas esenciales para la prevención de enfermedades, En el sector agroindustrial, son utilizados por sus propiedades sensoriales y aportes nutritivos (Palacios, 2020).

Diversos autores resaltan el efecto sobre las propiedades nutritivas y funcionales de los alimentos entre el proceso de la fritura al vacío en comparación con la fritura tradicional. En la fritura al vacío, los alimentos se sumergen en aceite en un sistema completamente cerrado, donde la presión se disminuye muy por debajo de los niveles atmosféricos, lo cual posibilita que la temperatura de ebullición del agua y del aceite sea menor, permitiendo retirar la humedad de los alimentos con mayor rapidez (Dueik et al., 2014). Torres ***et. al*** (2017) menciona que la ausencia de aire durante la fritura al vacío puede inhibir las reacciones de oxidación de lípidos del aceite y el pardeamiento, permitiendo a los alimentos presentar propiedades organolépticas adecuadas y retención de nutrientes.

Según Parra (2014), en su investigación menciona que obtuvo un producto tipo aperitivo de durazno, aplicando el método de fritura al vacío. Al comparar con

otras investigaciones, la aplicación de este proceso permitió obtener un menor contenido de grasa y demostró que disminuye 15% el contenido de aceite en los snacks de durazno; al aplicar deshidratación osmótica antes de fritura al vacío, se concluyó que la fritura al vacío permite obtener un producto más saludable para el consumidor.

El proyecto de titulación de nombre efecto de tipos de fritura en los compuestos nutricionales, funcionales y la acrilamida de un Snack a base de salak, ya que a través del presente estudio se pretende determinar y hacer una comparación nutricional y funcional entre los snacks obtenidos por fritura convencional y al vacío a base de Salak, presentada como una alternativa innovadora de inclusión de productos locales poco conocidos.

Materiales y métodos

Se realizó una investigación experimental y descriptiva para determinar los efectos de tipos de frituras en compuestos nutricionales, funcionales y acrilamida de Snack a base de salak, mediante comparación nutricional y funcional entre los snacks obtenidos por fritura convencional y al vacío a base de Salak.

Resultados

Caracterización de la fruta salak (*Salacca zalacca*).

Análisis Físicos

Los resultados de la caracterización física de la fruta Salak en estado fresco se presentan en la Tabla 1. La fruta alcanzó un peso promedio de 39,94g (mediana y pequeña) con cáscara y sin cáscara 34,26g, lo que permite un 85% de aprovechamiento de la fruta.

Tabla 3.

Caracterización física de Salak (Salacca zalacca)

	Salak fresco	
	fruto con cáscara	fruto sin cáscara
Peso(g)	39,94 ± 6,58	34,26 ± 6,58
Largo (cm)	43,87 ± 4,47	-
Diámetro (cm)	39,93 ± 3,92	-
relación (L/D)	1,09	-
Luminosidad (L)	8,25 ± 7,08	72,66 ± 2,72
Croma (C)	28,39 ± 13,62	41,12 ± 5,7
Tono Hue (H)	25,87 ± 12,88	83,56 ± 2,55

Media ± DE (n = 10)

El salak presentó una relación (largo/Diámetro) de 1,09, valor que se aproxima a la unidad. El color se expresó en valores de L (luminosidad), C (cromaticidad) y Tono °H (Hue), en el caso de la parte externa de la fruta con cáscara los datos obtenidos fueron de 8,25, 28,39 y 25,87 respectivamente; mientras que en la pulpa los datos obtenidos fueron de 72,66, 41,12 y 83,56 respectivamente.

Análisis físico químico del fruto en estado fresco Salak (***Salacca zalacca***)

Sólidos Solubles (° Brix)

Los sólidos solubles totales se determinaron con un brixómetro digital con un rango de 0-53 °Brix, marca Atago. Para preparar la muestra de fruto fresco de salak, se picó la fruta y luego se licuó los trozos de fruta para obtener jugo en un extractor Omega, modelo J8001. Se colocó 0,3 ml de extracto de la fruta sobre el prisma del brixómetro y se tomó la lectura de sólidos solubles (° Brix).

pH

Para la determinación de pH, se obtuvo una cantidad determinada de muestra líquida y se utilizó el potenciómetro marca HANNA, serie HI98194, de electrodo estándar. Se procedió de acuerdo con el método de la AOAC 981.12. En un vaso de precipitación, se colocó 20ml del extracto y se introdujo en el electrodo del potenciómetro, previamente lavado con agua destilada, luego de un minuto aproximadamente se realizó la medición.

Acidez titulable

La acidez se determinó mediante titulación con NaOH, 0,1N y se expresó en porcentaje de ácido málico, según el método AOAC 942.15.

Actividad de agua

Esta medición se realizó mediante el equipo Testo 650, donde en un contenedor metálico se coloca una cápsula de plástico con la muestra y se espera hasta que el equipo estabilice su lectura y se registra pantalla

Análisis proximal

Para la composición proximal se determinó:

Humedad

La humedad es la cantidad de agua en la muestra. Es una característica importante particularmente en relación con la seguridad de almacenamiento del producto. Se realizó mediante el método de la estufa. Se pesó menos de un gramo de la muestra, la cual se depositó en un plato de aluminio y se ubicó en la estufa a una temperatura de 105°C por 6 horas, se calculó por diferencia de pesos. El método de ensayo corresponde a la AOAC 925.45. (Offcial Methods of Analysis, 2015).

Cenizas

El contenido de las cenizas se determinó como el residuo que queda al quemar los componentes orgánicos de la muestra en un horno o mufla hasta que se consigue un color blanco o ligeramente gris. La fórmula a utilizarse:

$$\%ceniza = \frac{Peso\ del\ crisol\ con\ ceniza - Peso\ del\ crisol\ vacío}{Peso\ de\ la\ muestra} * 100. \quad (1)$$

El método de ensayo es el AOAC 900.02 (44.1.05) (Official Methods of Analysis, 2015).

2.4.3.4 Fibra

Se aplicó el método AOAC 962.09, (Official Methods of Analysis, 2015).

2.4.3.5 Proteína

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio y se procede a destilar. El amoniaco presente se desprende y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

$$\%N = volumen\ acido\ sulfurico * normalidad * 0{,}014\ gramos\ de\ la\ muestra * 100. \quad (2)$$

El método de ensayo fue de la AOAC 955.04 (2.403). (Official Methods of Analysis, 2015).

Los datos obtenidos del análisis químico del salak se presentan en la Tabla 2, estos valores son similares a los obtenidos por Cueva (2015), con un valor de 3,37 para el pH, 17,5 para los sólidos solubles y 1,81 para la acidez.

Tabla 4.

Caracterización química del fruto salak estado fresco.

Humedad (%)	77.67 ± 0.14
pH	3.37 ± 0.12
Sólidos Solubles (%)	17.50 ± 0.13
Acidez Titulable (% ácido cítrico)	1.81 ± 0.23
Grasa (%)	0.2 ± 0.02
Cenizas (%)	12.82 ± 0.01
Proteína (%)	1.61 ± 0.1
Fibra (%)	12.5 ± 0.32
Fenoles (mg Ac. Gálico/100g)	4 344.82 ± 64.61
Capacidad Antioxidante (µmol trolox/100g)	181.31 ± 48.14
Vitamina C (µg/g)	1546.12 ± 12.39

Media ± DE (n = 3)

En la Tabla 2 se muestra los datos obtenidos en los ensayos realizados con la fruta liofilizada y molida con valores en grasa de 0.2%, cenizas 12.82%, el contenido de proteína 1,61% y fibra el 12,5%.

Descripción del proceso para la elaboración del snack

Recepción de materia prima: los frutos de salak fueron obtenidos en la provincia de Pichincha del Cantón Puerto Quito en la parroquia Tatalá.

Limpieza y Selección: Se eliminó cualquier tipo de impureza presente

en la cáscara, debido a que presenta espinas muy pequeñas las mismas que fueron retiradas con una brocha, además se separó la fruta en mal estado.

Pelado: Se retiró la cáscara mediante pelado manual teniendo un aprovechamiento de un 85% de fruta y una merma aproximada del 15% en cáscara.

Laminado: Se cortó la fruta en hojuelas con un diámetro aproximado de 30mm y de espesor 1.9mm, retirando la pepa que se encontraba en el interior de la pulpa.

Fritura: Se realizó una fritura por inmersión con una muestra en relación de 60 gramos en 4 litros de aceite de soya y oleína de palma para ello se empleó una freidora eléctrica de modelo Oster con el aceite previamente calentado a diferentes temperaturas 160°C y 170°C en un tiempo de 4 y 6min. En el caso de la elaboración de los snacks aplicando la técnica de fritura al vacío se utilizó una freidora al vacío modelo FRVEXP40L, se operó a temperaturas de 110 y 120°C en un tiempo de 10 y 12 min, la presión del equipo se mantuvo constante a 1kPa.

Escurrido: Para eliminar el exceso de aceite en la fritura convencional se utilizó papel absorbente por un tiempo de 5min.

Centrifugado: Para el proceso de fritura al vacío se realizó un centrifugado por 5 minutos para eliminar el exceso de grasa superficial del snack, esta etapa se realiza automáticamente en el equipo de fritura al vacío.

Enfriado: Se enfriaron los snacks en bandejas recubiertas con papel absorbente durante 5min.

Empacado: El producto fue empacado y sellado en fundas aluminizadas.

Almacenado: Las muestras fueron almacenadas en un lugar seco y al ambiente.

Caracterización del efecto en la técnica de fritura al vacío en el contenido de compuestos nutricionales del snack de salak

Variable respuesta: Actividad de Agua

En la tabla 3 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de actividad de agua aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 5.

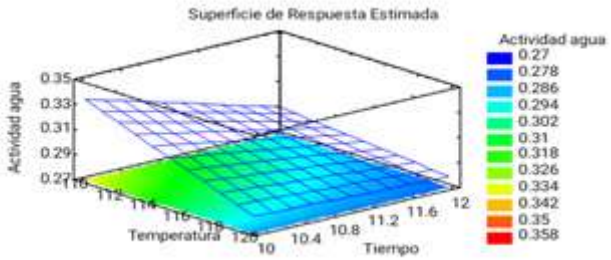
Efecto de la fritura al vacío en la actividad de agua.

Tratamientos		Actividad de agua (Aw)
T1	110°C, 10min	0.33± 0.01
T2	110°C, 12min	0.29± 0.00
T3	120°C, 10min	0.28± 0.01
T4	120°C, 12min	0.28± 0.01

La tabla 3 muestra que los factores influyen en la actividad de agua del snack, debido a presentando valores de actividad de agua (0,28%).

Figura 9.

Fritura al vacío - actividad de agua.



En el proceso de fritura convencional se obtuvieron valores entre 0,34 y 0,627, lo que evidencia una reducción de actividad de agua de 21.5 a 90%, entre la aplicación de ambos métodos de fritura. Cardona (2023) menciona que la actividad de agua cuanto más se aleja de 1 (valor para el agua pura), más difícil es la actividad biológica, y por lo tanto la conservación es más fácil y la vida útil más larga. Según Rodríguez (2013) la actividad de agua adecuada para productos secos y snacks debe ser menor a 0,60.

Variable respuesta: humedad

En la tabla 4 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de humedad aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 6.

Efecto de la fritura al vacío en humedad.

Tratamientos		% Humedad
T1	110° x 10min	6,44 ± 0,08
T2	110° x 12min	5,65 ± 0,23
T3	120° x 10min	5,11 ± 0,51
T4	120° x 12min	4,59 ± 0,04

± desviación estándar 2 repeticiones (bs)

Tiempo: 0,0015 (P)

Temperatura: 0,0001 (P)

Diamante (2015) reporta en chips de kiwi valores de humedad final de 2.85% y según Sevilla (2013) en chips de toronja reportó una humedad final de 4.76%, valor similar obtenido en la presente investigación. Según Bravo et al. (2011) a mayor presión de vacío la velocidad de secado se incrementa, por tanto, la disminución del contenido de humedad ocurre debido al aumento de presión, lo que eleva la velocidad de absorción de aceite y evaporación del agua.

Por el método de fritura convencional se obtuvieron valores entre 6.62 y 11.36%, presentando una reducción de contenido de humedad de 44 a 76% entre ambos métodos de fritura, lo que evidencia un efecto significativo en la aplicación de la fritura al vacío. La humedad final de los snacks procesados por fritura convencional, supera el valor establecido según la normativa técnica INEN 2 561:2010 para snack de productos vegetales (INEN, 2010), misma que indica que los snacks fritos, deben presentar un valor de humedad máximo del 5 %.

Variable respuesta: grasa

En la tabla 5 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de contenido de grasa aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 7.

Efecto de la fritura al vacío en el contenido de grasa.

Tratamientos		% Grasa
T1	110° x 10min	19.62 ± 0.02
T2	110° x 12min	20.42 ± 0.01
T3	120° x 10min	16.94 ± 0.03
T4	120° x 12min	18.37 ± 0.00

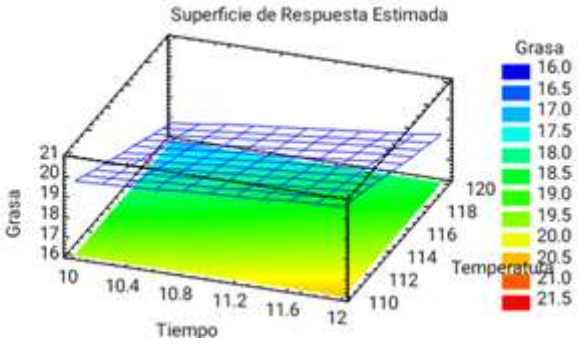
± desviación estándar 2 repeticiones (bs)

Tiempo: 0,0015 (P)

Temperatura: 0,0001 (P)

Figura 10.

Fritura al vacío - Contenido de Grasa.



Se presentan valores menores a los reportados por Chong et al (2019), quien obtuvo un valor de 21.53% en snack de taro procesados en freidora de aire forzado.

Según Lucas et al (2013), el aceite absorbido por la hojuela se mantiene en la región superficial y al momento de retirar el producto de la freidora y enfriarlo, es donde más absorbe el aceite; por ello se considera que los tratamientos de fritura al vacío al realizarse a menor temperatura, con una operación de centrifugado por 5 minutos, ayuda a eliminar el aceite absorbido en la región superficial, evitando que el aceite penetre y se retenga en el snack. La fritura al vacío en relación a la fritura convencional permite obtener snacks con

menor contenido de grasa y logra la conservación de componentes nutricionales (Banerjee & Sahu, 2017; Coronel, 2014; Zhang et al., 2020).

En el caso de la fritura convencional, los tratamientos registran valores de contenido de grasa entre 28.57 y 31.88%, lo que evidencia una reducción de aproximadamente el 68% de contenido de grasa entre ambos métodos de fritura. La Norma Técnica INEN para bocaditos de productos vegetales INEN (2010) indica que en los snacks obtenidos por fritura el contenido de grasa no debe exceder el 40% de grasa, por tanto, los snacks de salak obtenidos por fritura convencional cumplen con las especificaciones de la norma INEN.

Variable respuesta: Contenido de fibra

En la tabla 6 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de contenido de fibra aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 8.

Efecto de la fritura al vacío en el contenido de fibra.

Tratamientos		Fibra (%)
T1	110° x 10min	4.26 ± 0.13
T2	110° x 12min	4.59 ± 0.03
T3	120° x 10min	3.93 ± 0.26
T4	120° x 12min	4.10 ± 0.03

± desviación estándar 2 repeticiones (bs)

Tiempo: 0,0015 (P)

Temperatura: 0,0001 (P)

Los resultados obtenidos presentan valores similares a investigaciones en camote variedad morado donde se reportó un valor 4.2 g/100g García - Pacheco et al., (2020), y un menor valor de fibra (3%) por efecto de la fritura convencional. En el proceso de fritura convencional presentan valores entre 3.61 y 4.40% lo que evidencia que en fritura convencional disminuye el contenido de fibra en comparación con la fritura al vacío. Según Carvajal (2019) afirma que la eliminación del agua en el proceso de la fritura permite una concentración de proteínas, fibra y carbohidratos, y se obtiene un producto con características altamente aceptables de un snack, presentando un aporte en fibra de 4.23% y 2.94% como rango mínimo en sus resultados.

Variable respuesta: Contenido de proteína

En la tabla 7 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de contenido de proteína aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 9.

Efecto de la fritura al vacío en el contenido de proteína.

Tratamientos		Proteína
T1	110° x 10min	1.60 ± 0.03
T2	110° x 12min	1.59 ± 0.01
T3	120° x 10min	1.42 ± 0.03
T4	120° x 12min	1.39 ± 0.01

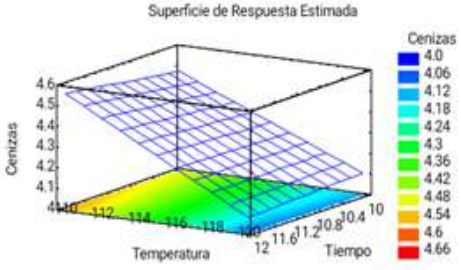
± desviación estándar 2 repeticiones (bs)

Temperatura: 0,0005 (P)

En el proceso de fritura convencional el contenido de proteína presenta valores de 1.34 a 1.50%, lo que evidencia que la fritura al vacío permite conservar mayor contenido de proteína entre un 4 a 7% más.

Figura 11.

Fritura al vacío - Contenido de proteína.



Caracterización del efecto de la técnica de fritura al vacío respecto a la fritura convencional en el contenido de compuestos funcionales y la capacidad antioxidante del snack de salak

Variable de respuesta: Fenoles totales.

En la tabla 8 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de fenoles totales aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 10.

Efecto de la fritura al vacío en el contenido de fenoles totales.

Tratamientos		Fenoles T. (mg Ac. Gálico/100g)
T1	110° x 10min	746.81 ± 9.75
T2	110° x 12min	602.81 ± 7.29
T3	120° x 10min	537.05 ± 21.36
T4	120° x 12min	520.20 ± 12.32

± desviación estándar 2 repeticiones (bs)

Temperatura: 0,0000(P)

Tiempo: 0,0001 (P)

Interacción: 0,0002 (P)

El snack de salak presenta valores superiores a los reportados por Sepúlveda et, al (2011) en la elaboración de snacks de manzana (550.16 mg Ac. Gálico/100g). Estudios de investigación sugieren que el contenido de polifenoles totales incrementa respecto al contenido de la materia prima en fresco, pese a que haya sido sometida a tratamiento térmico, esto debido a que Los polifenoles se acumulan principalmente en las vacuolas de las células vegetales, las que sufren un daño por la aplicación de elevadas temperaturas liberando polifenoles al medio, haciéndolos más accesibles a la extracción y más disponible durante el consumo del alimento Sepúlveda et, al (2011)

Con respecto a los resultados encontrados en el método de fritura convencional, los valores fluctúan entre 556.61 y 717.26 (mg Ac. Gálico/100g), lo que permite inferir que no presentan diferencias significativas entre ambos métodos de fritura, sin embargo, el método de fritura al vacío presenta valores más altos.

Variable de respuesta: Vitamina C.

En la tabla 9 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de Vitamina C aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 11.

Efecto de la fritura al vacío en el contenido de Vitamina C.

Tratamientos		Vitamina C (µg/g)
T1	110° x 10min	1 226.36 ± 53.41
T2	110° x 12min	798.06 ± 89.24
T3	120° x 10min	1441.47 ± 9.49
T4	120° x 12min	1 028.68 ± 27.75

± desviación estándar 2 repeticiones (bs)

Temperatura: 0,0038(P)

Tiempo: 0,0328 (P)

Con respecto a los resultados encontrados en el método de fritura convencional, la vitamina C presenta valores de 431,78 y 1 028,68 (ug/g), lo que evidencia lo mencionado por Villamizar et al. (2011) en su estudio realizado con chips de pasabocas de mango obtenidos por fritura al vacío, donde evidencia que la fritura a presiones reducidas permite conservar la Vitamina C.

Figura 12.

Fritura al vacío – vitamina C

Variable de respuesta – Antioxidantes

En la tabla 10 se presentan los valores obtenidos en el parámetro de Vitamina C aplicando el proceso de fritura al vacío.

Tabla 12.

Efecto de la fritura al vacío Antioxidantes.

Tratamientos		Antioxidantes (µmol trolox/100g)
T1	110° x 10min	311.28 ± 5.26
T2	110° x 12min	293.47 ± 0.47
T3	120° x 10min	387.74 ± 4.31
T4	120° x 12min	227.54 ± 1.34

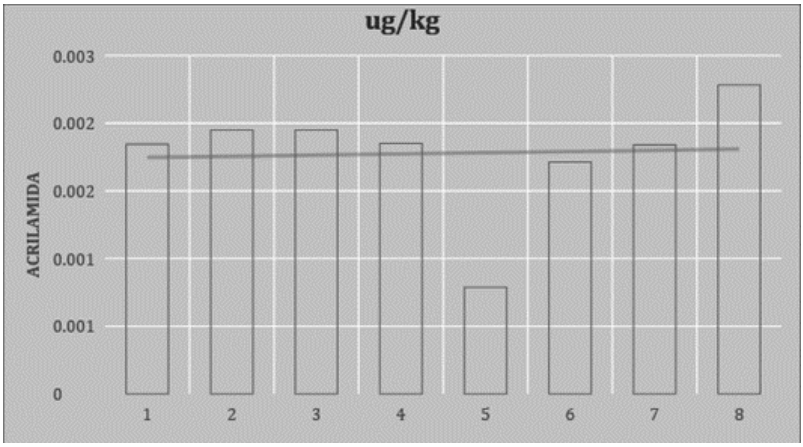
Con respecto a los resultados encontrados en el método de fritura convencional, la capacidad antioxidante reporta valores entre 285.72 y 380.91 µmol trolox/100g. Varios investigadores encontraron pérdidas de estos compuestos por la aplicación de tratamientos térmicos como la fritura, las pérdidas producen una disminución de capacidad antioxidante total como lo menciona Sulbarán et al. (2011) en su estudio sobre tomates, indica que al perder polifenoles y ácido ascórbico disminuye la capacidad antioxidante total determinada por el método de DPPH y ABTS.

Análisis de acrilamida

En la figura 4 se presentan los valores obtenidos del contenido de acrilamida aplicado en los dos procesos de fritura.

Figura 13.

Determinación de acrilamida en función a azúcares reductores.



El tratamiento de 170°C por un tiempo de 6min de la técnica de fritura convencional muestra el más alto índice en cantidad de acrilamida con el 0,00228µg/kg, mientras que en la técnica de fritura al vacío presentó contenidos similares en los tratamientos aplicados, el T1 de la técnica convencional muestra el más bajo contenido de acrilamida con un valor de 0,0007881µg/kg.

Según (Jiménez, Morales, Gema, & Martí, 2007), en sus investigación ratifican que la acrilamida se crea en varios tipos de alimentos de acuerdo a su origen, composición y el modo de preparación, al igual que el tipo de aceite en la fritura influyen en la cantidad de acrilamida, a temperaturas superiores

a 120 °C, los estudios realizados por (Muñoz J. , 2007), determinaron que los almidones forman un gel que se carameliza dando una tonalidad oscura, que es un indicativo de la formación de acrilamida.

Conclusiones

En la caracterización físico- química de la materia prima, los valores obtenidos, son similares a los reportados en otros estudios, en el contenido de proteína (1,61%), fibra 12,5%, fenoles totales 4344,82mg A.G./100g, antioxidantes 181,31 µmol trolox Eq. /100g y vitamina C 1546,12 µg/g.

En este estudio se determinó que, de acuerdo con el valor de actividad de agua, humedad y grasa, la mejor técnica de fritura es la que opera al vacío. De igual forma, valores mayores de fibra, proteína y cenizas se obtuvieron aplicando la fritura al vacío. Por tanto, esta técnica permite obtener un snack con características idóneas para el consumidor.

En la investigación se obtuvo mayor contenido de fenoles totales, vitamina c y capacidad antioxidante con la técnica de fritura al vacío, evidenciando que la alta temperatura que predomina la fritura convencional (160° y 170°C) influye en la disminución de estos compuestos.

El contenido de acrilamida determinado en los snacks obtenidos por fritura convencional y al vacío se encuentra bajo el límite máximo permisible para el consumo, concluyendo que las dos técnicas son apropiadas para la producción segura de snack de salak.

Referencias bibliográficas

Bravo, J., Sanjúan, N., Clemente, G., & Mulet, A. (2011). Pressure Effect on Deep Fat Frying of Apple Chips. Drying Technology. An International Journal., 29(4), 472 - 477.

Bravo Vásquez, J.E. (2008). Contribución al estudio de la fritura al vacío: deshidratación de rodajas de manzana. [Tesis doctoral, Universitat Politécnica de València]. Repositorio Institucional – Universitat Politécnica de València.

Cardona (2023), Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones, Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.

Carvajal Basantes, S. P. (2019). Efecto de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y textura de la mezcla de maíz zea mays, fréjol phaseolus vulgaris y camote ipomoea batata en el snack (Bachelor's thesis).

Castellanos, F., Carlos R. Pinedo, O. D. H. (2012). Comparación entre fritura atmosférica y al vacío en chips de plátano. Vitae ISSN: 19, 198–200. https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914057.pdf (Julio, 2024)

Chong, M., Mazzitelli, G., & Quintero, R. (2019). Efecto de los métodos de cocción por fritura en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de chips de taro (Colocasia esculenta). I+ D Tecnológico, 15(1), 30-37.

Coronel, M. (09 de 2014). Enfoque UTE. Recuperado el 02 de 2016, de http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/4 1/45

Costa, R.M. y Oliveira, F.A.R. (1999). Modelling the kinetics of water loss during potato frying with a compartmental dynamic model. Journal of Food Engineering, 41, 177- 185.

Cueva Quininde, G., & Pizarra Vacacela, C. (2014). Análisis bromatológico de los frutos de ***Salacca zalacca*** (Arecaceae) y de Couroupita guianensis (Lecythidaceae).[Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana] https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6010/1/UPS-QT04205.pdf

Diamante, L. M., Shi, S., Hellmann, A., & Busch, J. (2015). Vacuum frying foods: products, process and optimization. International Food Research Journal, 22(1), 15.

Dueik, V., & Bouchon, P. (2011). Vacuum Frying as a Route to Produce Novel Snacks with Desired Quality Attributes According to New Health Trends. Journal of Food Science, 76(2).

García - Pacheco, Y., Ramírez, J., Nova - Díaz, L., & Verbel - Vergara, J. (2020). Elaboración de un snack funcional tipo chips de ñame (Dioscorea alata) y batata (Ipomonea batata) fortificados con vitamina C. 1, 29–37.

Herrera, K. (2015). Elaboración de rodajas de camote aplicando fritura al vacío. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Jin, C., Wu, X., & Zhang, Y. (2013). Relationship between antioxidants and acrylamide formation: A review. Food Research International, 51(2), 611–620. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2012.12.047

Lucas, J. C., Quintero, V. D., & Cárdenas Valencia, C. A. (2013). Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (Musa sapientum L.). Acta Agronómica, 62(2), 83-96.

Mazumdar, P., Pratama, H., Lau, S. E., Teo, C. H., & Harikrishna, J. A. (2019). Biology, phytochemical profile and prospects for snake fruit: An antioxidant-rich fruit of South East Asia. Trends in food science & technology, 91, 147-158.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2018), Encuesta STEPS Ecuador, Vigilancia de enfermedades no transmisibles y factores de riesgo. https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/INFORME-STEPS.pdf

Parra, A. (2014). Estudio de la deshidratación de rodajas de durazno (Prunus pérsica L. Sieb y Zucc) por fritura al vacío. Quito: [Tesis de Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial]. Quito, Ecuador. http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5087

Pineda-Farias, J. B., Saloman, J. L., & Scheff, N. N. (2020). Animal models of cancer-related pain: current perspectives in translation. Frontiers in Pharmacology, 11, 610894.

Rodríguez DLP, G. C., Zuluaga, C. L., Puerta, L. F., & Ruiz, L. V. (2013). Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano osmodeshidratado. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 11(1), 123-129.

S. Supapvanich, R. Megia, P. Ding,(2021) Salak (***Salacca zalacca*** (Gaertner) Voss), Editor(s): Elhadi M. Yahia, In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits, Woodhead Publishing, 2011, Pages 334-

352e, ISBN 9780857090904, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090904500160

Sepúlveda, M., Quitral, V., Schwartz, M., Vio, F., Zacarias, I., & Werther, K., (2011) Propiedades saludables y calidad sensorial de snack de manzanas destinadas a alimentacion escolar., Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos-INTA, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Sevilla Gómez, G. (2013). Evaluación de diferentes técnicas de deshidratación para la obtención de chips de pomelo mediante fritura a vacío [Tesis de maestría, Universitat Politécnica de Valencia]. https://riunet.upv.es:443/handle/10251/27774

Shyi-Liung Shyu, Lucy Sun Hwang (2000). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. Food Research International, 34, 133-142. Shyu, S.-L. y Hwang, L. S. (2001).

Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips. Food Research International, 34, 133-142.

Slavin, J., Lloyd, B. (2012)Health Benefits of Fruits and Vegetables, Advances in Nutrition, Volume 3, Issue 4, Pages 506–516, https://doi.org/10.3945/an.112.002154

Sulbarán, B., Sierra, E., de Rodríguez, G. O., Berradre, M., Fernández, V., & Peña, J. (2011). Evaluación de la actividad antioxidante del tomate crudo y procesado. Revista de La Facultad de Agronomia, 28(2), 273-291.

Torres, José D, Acevedo, Diofanor, & Montero, Piedad M. (2017). Efectos de la Fritura al Vacío en los Atributos de Calidad de Arepa con Huevo. *Información tecnológica*, *28*(1), 99-108. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100010

Valenzuela B, R., & Ronco M, A. M. (2007). ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS. Revista chilena de nutrición, 34(1), 8–16. https://doi.org/10.4067/S0717-75182007000100001

Villamizar, R. H., Quiceno, M. C., & Giraldo, G. A. (2011). Comparación de la fritura al vacío y atmosférica en la obtención de pasabocas de mango (Manguifera indica L.). Temas Agrarios, 16:(1) 64 - 74.

Zhang, Y., Chen, J., Zhang, X., Wu, X., & Zhang, Y. (2007). Addition of Antioxidant of Bamboo leaves (AOB) effectively reduces acrylamide formation in potato crisps and French fries. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(2), 523–528. https://doi.org/10.1021/jf062568i

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

4

Capítulo

Evaluación del efecto de la adición de un microencapsulado de extracto de tzintzo (*Tagetes minuta*) en el retardo de la oxidación lipídica de una salsa tipo mayonesa durante su almacenamiento acelerado.

AUTORES: Jenifer Paola Caiza Ramos; Ana Maricela Trávez Castellano

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Evaluación del efecto de la adición de un microencapsulado de extracto de tzintzo *(Tagetes minuta)* en el retardo de la oxidación lipídica de una salsa tipo mayonesa durante su almacenamiento acelerado.

Evaluation of the effect of adding a microencapsulated extract of tzintzo (***Tagetes minuta***) in delaying lipid oxidation of a mayonnaise-type sauce during accelerated storage

Resumen

El presente proyecto de investigación fue realizado con el fin de evaluar el efecto de la adición de un microencapsulado de extracto de tzintzo (***Tagetes minuta***) en el retardo de la oxidación lipídica de una salsa tipo mayonesa durante su almacenamiento acelerado; para ello se seleccionaron 4 concentraciones (MI (1 g), Mi (1,5g), MA (2,5 g), Ma (3g)) que se añadió a 1,66 kg de Mayonesa. El índice de peróxido evaluó la muestra con antioxidante sintético (EDTA) (ME), muestra mínima con antioxidante microencapsulado (MI) y muestra máxima con antioxidante microencapsulado (MA) a 35°C, 45 °C y 55 °C, por 21 días cada 7 días se efectuaron los análisis (índice de peróxidos, índice de acidez). Se puede concluir que el tratamiento es e MI (0,06%) durante el almacenamiento acelerado, en virtud que sus características sensoriales son semejantes a la mayonesa normal, obteniendo una energía de activación de 11,5681 kJ/mol con un coeficiente de correlación de 0.9934, con 123.17 días a 35 °C; con un costo de producción total de $16.57ctvs, el valor de producción del producto unitario fue de $2.36 ctvs. El antioxidante tiene gran potencial para la industria por su composición bioactiva.

Palabras claves: Antioxidante, Mayonesa, Muestra, Peróxido, Sintético.

Abstract

The present research project was carried out in order to evaluate the effect of adding a microencapsulated extract of tzintzo (***Tagetes minuta***) in delaying the lipid oxidation of a mayonnaise-type sauce during accelerated storage; for this purpose, 4 concentrations were selected (MI (1 g), Mi (1.5g), MA (2.5 g), Ma (3g)) which were added to 1.66 kg of Mayonnaise. The peroxide index evaluated the sample with synthetic antioxidant (EDTA) (ME), minimum sample with microencapsulated antioxidant (MI) and maximum sample with microencapsulated antioxidant (MA) at 35°C, 45 °C and 55 °C, for 21 days every 7 days the analyzes were performed (peroxide index, acidity index). It can be concluded that the treatment is MI (0.06%) during accelerated storage, since its sensory characteristics are similar to normal mayonnaise, obtaining an activation ener-

gy of 11,5681 kJ/mol with a correlation coefficient of 0.9934, with 123.17 days at 35 °C; with a total production cost of $16.57 ctvs, the production value of the unit product was $2.36 ctvs. The antioxidant has great potential for the industry due to its bioactive composition.

Keywords: Antioxidant, Mayonnaise, Sample, Peroxide, Synthetic.

Introducción

Las especies de Tagetes conforman un grupo de plantas potenciales, por tener propiedades nematicidas, fungicidas, insecticidas y antivirales (Suárez, ***et. al***, 2017). El tzintzo es una planta aromática que posee un efecto antimicrobiano, antioxidante y antifúngico contra microorganismos patógenos (Pimentel, ***et. al***, 2015); es nativa de América del Sur, es potencial por ser rica en monoterpenos, sesquiterpenos, flavonoides, tiofenos y compuestos aromáticos acíclicos, monocíclicos y bicíclicos (Murga, ***et. al***, 2012).

La industria alimentaria ha optado por usar compuestos bioactivos con la finalidad de proporcionar calidad sensorial, valor nutricional, microbiológica, conservación y sustituir aditivos sintéticos teniendo en cuenta que desde hace varios años los asociaron como causantes de diversas enfermedades (Bonifaz, 2019).

La microencapsulación ha estado en constante innovación, tornándose importante para la industria de alimentos, cosmética, farmacéutica, textil, entre otras (Ríos & Gil, 2021); enmascara los sabores y aromas desagradables de los productos encapsulados, salvaguarda los compuestos bioactivos de oxidación y reacciones indeseadas, tal como condiciones adversas de luz, calor y gases, además de prolongar su vida útil (Esquivel, ***et. al***, 2015). La microencapsulación es una tecnología que es usada para recubrir compuestos bioactivos y convertirlas en pequeñas partículas (Jiménez, 2017).

Actualmente el ser humano busca alimentos saludables, por el ritmo de vida acelerado que lleva y la mala alimentación que desencadena en varias enfermedades. La industria alimentaria ha desarrollado productos funcionales, facilitando los sistemas redox y antioxidantes del organismo, para retardar o prevenir el desarrollo de diversas enfermedades crónicas y el envejecimiento (Hermosilla & Schmalko, 2019).

Los aceites esenciales de plantas aromáticas poseen un fuerte potencial antioxidante y antimicrobiano, por lo tanto, se utiliza como conservantes naturales en los alimentos los cuales ayudan para que estos sean seguros,

sanos y nutritivos; debido a sus propiedades, estas pueden actuar contra los microorganismos patógenos que son causante de varias enfermedades para la población, además contribuye a la vida útil manteniendo la calidad de los alimentos. Los aceites esenciales tienen una amplia variedad de compuestos químicos que actúan estableciendo relaciones de sinergismo para realizar las actividades antimicrobianas, antioxidantes, antifúngicas, antivirales, insecticidas, entre otras que los caracterizan (Ceballos & Londoño, 2017).

Materiales y métodos

Se realizó una investigación experimental y descriptiva para evaluar el efecto de la adición de un microencapsulado de extracto de tzintzo (*Tagetes minuta*) en el retardo de la oxidación lipídica de una salsa tipo mayonesa durante su almacenamiento acelerado, utilizando para ello, 4 concentraciones (MI (1 g), Mi (1,5g), MA (2,5 g), Ma (3g)) que se añadió a 1,66 kg de Mayonesa.

Resultados

Formulación de los tres tratamientos desarrollados

En la tabla 13 de evidencia la formulación de los tres tratamientos para la elaboración del producto tipo mayonesa (ME, MI y MA)

Tabla 13.

Formulación de los tratamientos tipo mayonesa.

Insumos	ME		MI		MA	
	%	Kg	%	Kg	%	Kg
Huevos	28,73	0,47	28,71	0,47	28,69	0,47
Vinagre	1,02	0,02	1,02	0,02	1,01	0,02
Aceite de palma	58,48	0,96	58,45	0,96	58,39	0,96
Azúcar	2 ,14	0,04	2,14	0,04	2,14	0,04
Sal	2,45	0,04	2,44	0,04	2,44	0,04
Almidón de maíz	0,61	0,01	0,61	0,01	0,61	0,01
Goma guar	0,06	0,001	0,06	0,001	0,06	0,001
Goma xhantan	0,06	0,001	0,06	0,001	0,06	0,001
Mostaza	0,01	0,00015	0,01	0,00015	0,01	0,00015

Ácido cítrico	0,24	0,004	0,24	0,004	0,24	0,004
Sorbato de potasio	0,08	0,0013	0,08	0,0013	0,08	0,0013
Antioxidante	0,01	0,00011	0,06	0,001	0,15	0,003
Agua	6,11	0,1	6,11	0,1	6,10	0,1
Total	100	1,6	100	1,6	100	1,6

ME: Muestra con antioxidante sintético (EDTA)

MI: Muestra mínima con antioxidante microencapsulado

MA: Muestra máxima con antioxidante microencapsulado

Se muestra las formulaciones desarrolladas para la elaboración de tres ME (Muestra con antioxidante sintético (EDTA)), MI (Muestra mínima con antioxidante microencapsulado) y MA (Muestra máxima con antioxidante microencapsulado) salsas tipo mayonesa a diferentes concentraciones de los aditivos conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2295 (2010).

Análisis físico-químicos

Análisis sensorial

Permitió valorar la percepción del producto a través de los órganos sensoriales (vista, olfato, oído, gusto y tacto); los resultados permitieron determinar cómo el procesamiento y la formulación de un producto afecta la aceptabilidad de un alimento (Puma & Núñez, 2020).

Índice de acidez

La acidez se determinó a través de la técnica de titulación (método AOAC 920.43).

Se pesó 5 g de muestra en un vaso de precipitación, posteriormente se le adicionó 50mL de agua destilada, con una varilla de vidrio se agitó para homogenizar la mezcla. En un matraz Erlenmeyer de se añadió 10mL de la muestra homogenizada, seguidamente se agregó 3 gotas de fenolftaleína al 1% y se vertió la solución de NaOH gota a gota hasta observar el cambio al color rosado, el dato se obtuvo a través de la ecuación 1 (Huamán, ***et. al***, 2018).

$$\%\,Acidez = \frac{BxNxEx100}{W} \qquad (1)$$

Donde:

B = mL de NaOH

N = normalidad del NaOH

E = peso mili equivalente del ácido ascórbico

W = peso muestra en mg o mL

Índice de peróxido

Valoró con la solución de tiosulfato de sodio el yodo liberado por una cantidad determinada de muestra (INEN 277). Si en la titulación se obtuvo un valor menor a 0,5 cm3, repetir el ensayo usando la solución 0,01 N de tiosulfato de sodio.

Descripción del proceso para la elaboración de la salsa

Acondicionamiento: Visualmente se verificó que toda la materia prima e insumos se encuentre en óptimas condiciones, posteriormente se pesó todo y se mezcló almidón de maíz, sorbato de potasio, mostaza, azúcar, sal, ácido cítrico, agua, gomas y antioxidante. (Preparado A) El antioxidante sintético EDTA solo se adiciona en el proceso del lote 1 (MB).

Cocción: Se adicionó la mezcla obtenida en el acondicionamiento en una olla poniéndola a fuego por 7 minutos a 58 °C.

Enfriado: Se bajó la temperatura durante 10 minutos a 15 °C.

Emulsificación: En una licuadora se emulsionó los huevos con el vinagre. (Preparado B)

Mezcla heterogénea: En una licuadora se combinó el preparado A con el B, posteriormente se adicionó el aceite refinado de palma a manera de hilo hasta conseguir una mezcla homogénea de blanca. A la salsa tipo mayonesa obtenida se le adicionó el antioxidante sintético y el natural (microencapsulado), conforme a la formulación establecida para obtener los tres lotes de producción.

Envasado: La salsa tipo mayonesa fue envasada en frascos de vidrio de 250 ml previamente esterilizados, se etiquetó cada muestra de obtenida de las diferentes formulaciones ME (Muestra con antioxidante sintético (EDTA)), MI (Muestra mínima con antioxidante microencapsulado) y MA (Muestra máxima con antioxidante microencapsulado).

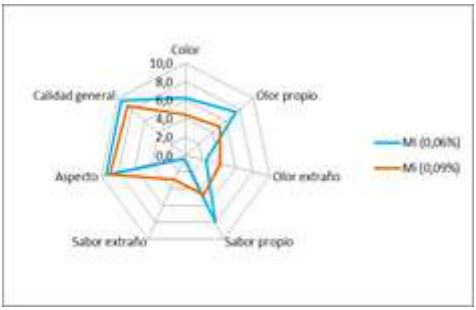
Almacenamiento acelerado: Evaluó la estabilidad del producto, fundamentado en los datos obtenidos en un tiempo determinado más corto que el período de vida útil real del alimento (Paternina, ***et. al***, 2018). Los tratamientos fueron almacenados en estufas a diferentes temperaturas (35°C, 45°C y 55 °C), durante 35 días, cada 7 se verificó los cambios en el índice de acidez e índice de peróxidos que presento la salsa tipo mayonesa durante su almacenamiento acelerado.

Determinar la dosificación del microencapsulado del aceite esencial de tzintzo en la salsa tipo mayonesa, a través de la evaluación sensorial.

La dosificación del microencapsulado del AE de tzintzo fue determinada mediante la evaluación sensorial, por lo tanto, se evaluó conforme a las características determinadas que concentración usar como referente para mínima y máxima dosis. Para ello se seleccionaron 4 concentraciones (MI (1 g), Mi (1,5g), MA (2,5 g), Ma (3g).) Basándose en la normativa INEN 2295 que fueron establecidos los rangos de la dosificación del antioxidante que se añadió a 1,66Kg de Mayonesa.

Figura 14.

Selección de concentración mínima de microencapsulado.



MI: Concentración mínima de la muestra mínima con antioxidante microencapsulado

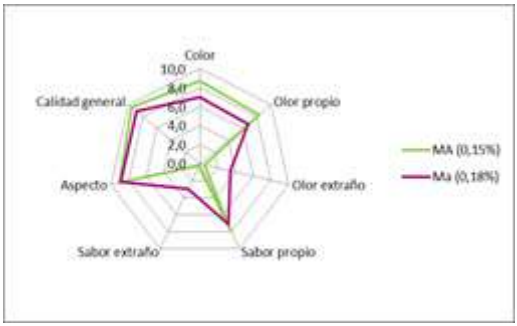
Mi: Concentración máxima de la muestra mínima con antioxidante microencapsulado

En la figura 14 se representa la concentración mínima del microencapsulado seleccionada en una tela araña de Bernstein; tiene una ponderación del 1 al 10 en el cual se analizó la mayonesa a MI 0,06% y Mi 0,09%.

El tratamiento con el microencapsulado con la concentración mínima de la muestra mínima con antioxidante microencapsulado es el mejor tratamiento, en virtud que sus características sensoriales son semejantes a la mayonesa normal y tiene una excelente aceptación por los catadores, mientras que la muestra con la concentración máxima de la muestra mínima con antioxidante microencapsulado presenta cambios significativos con un sabor y olor extraño. A mayor ponderación (10) en el aspecto, calidad general color, olor, sabor propio el sabor y olor extraño debe estar cerca de 0 su aceptabilidad es alta.

Figura 15.

Selección de concentración máxima de microencapsulado.



MA: Concentración mínima de la muestra máxima con antioxidante microencapsulado

Ma: Concentración máxima de la muestra máxima con antioxidante microencapsulado

La figura 15 muestra la respuesta para la selección de la concentración máxima del microencapsulado del aceite esencial tzintzo en función a las respuestas obtenidas durante la catación. Se puede observar que el tratamiento con concentración mínima de la muestra máxima con antioxidante microencapsulado (MA) a una concentración posee una aceptación por los catadores debido a que no son afectadas las características sensoriales de la salsa tipo mayonesa.

La evaluación sensorial permitió desarrollar un perfil para conocer la aceptación de la salsa tipo mayonesa con la inclusión del antioxidante microencapsulado del aceite esencial de tzintzo. Según Osorio (2020) la evaluación sensorial para la industria alimentaria es esencial en el desarrollo de productos porque permite tener información de las expectativas y necesidades de los consumidores.

En la tabla 1 se representa la concentración de los antioxidantes naturales MI 1g y MA 2,5 g, así como el artificial en la concentración de la salsa tipo mayonesa evaluada. Los antioxidantes naturales ayudan a definir las características sensoriales, conservar la calidad nutritiva de los alimentos y benefician la salud de los consumidores.

Evaluar la estabilidad oxidativa del microencapsulado de tzintzo (*Tagetes minuta*) con su adición a la salsa tipo mayonesa.

En la tabla 14 representa la concentración de los antioxidantes naturales MI 1g y MA 2,5 g, así como el artificial en la concentración de la salsa tipo mayonesa evaluada.

Tabla 14.

Distribución del microencapsulado del AE tzintzo en la formulación de los tratamientos para la salsa tipo mayonesa en su almacenamiento acelerado.

Tratamientos	% Antioxidante	Temperatura de almacenamiento ºC
ME	0,0075	35 45 55
MI	0,06	35 45 55
MA	0,18	35 45 55

ME: Muestra con antioxidante sintético (EDTA))

MI: Muestra mínima con antioxidante microencapsulado

MA: Muestra máxima con antioxidante microencapsulado

La OMS (2018) menciona que el uso de aditivos alimentarios es justificado si no causa daño al consumidor y se emplea con una función tecnológica bien definida, como la de conservar la calidad nutricional de los alimentos o mejorar su estabilidad.

Maldonado (2021) menciona que el procesamiento de los alimentos sería imposible sin los aditivos porque permiten el logro de nuevos productos al mantener o mejorar su inocuidad, frescura, sabor, textura o aspecto del alimento.

Castillo (2019) en su estudio menciona que un antioxidante dona sus electrones y se convierte en un radical libre, pero no tiene la capacidad de ser reactivo. Los aditivos alimentarios son regulados por normativas y su dosificación de uso máximo se fundamentan en parte en las disposiciones establecidas normas para productos o en peticiones de los gobiernos, las dosis máximas propuestas son sometidas a una técnica idónea con el propósito de verificar la compatibilidad de la dosis propuesta para el alimento con los parámetros máximos y mínimos establecidos.

Los antioxidantes naturales ayudan a definir las características sensoriales, conservar la calidad nutritiva de los alimentos y benefician la salud de los consumidores.

Índice de peróxidos

En la tabla 15 se presentan los valores del índice de peróxido determinados durante el almacenamiento acelerado para ser comparados con la norma INEN 1640.

Tabla 15.

Valores del índice de peróxido determinados durante el almacenamiento acelerado.

	35ºC			**45** ºC			**55** ºC		
	Índice de Peróxidos (IP)								
DIA	ME	MI	MA	ME	MI	MA	ME	MI	MA
0	0,43	0,50	0,37	0,43	0,50	0,37	0,43	0,50	0,37
7	0,63	0,97	0,57	1,90	1,97	1,57	2,90	2,97	2,57
14	2,37	1,77	1,17	3,37	2,57	2,23	4,17	3,57	3,37
21	3,03	2,37	2,43	4,30	3,63	3,57	5,30	4,83	4,63

ME: Muestra con antioxidante sintético

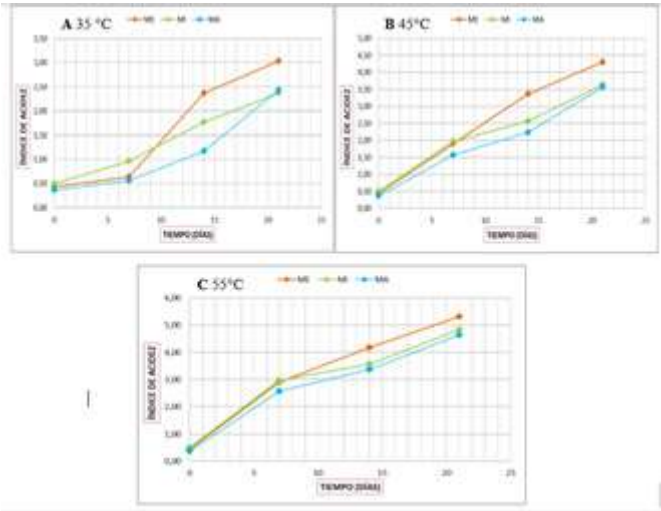
MI: Muestra mínima con antioxidante microencapsulado

MA: Muestra máxima con antioxidante microencapsulado

Este análisis fue basado en la normativa del aceite debido a que no existe una norma técnica que determine índice de peróxido en la mayonesa, para lo cual se basó en la norma INEN 1640 la misma que especifica que el aceite de palma africana no debe sobrepasar los 10 meq02/kg, en los tratamientos evaluados fueron muestra con antioxidante sintético (ME), muestra mínima con antioxidante microencapsulado (MI) y la muestra máxima con antioxidante microencapsulado (MA) a varias temperaturas (35ºC, 45 ºC,55 ºC) por 21 días cada 7 días se efectuaron los análisis en los cuales se puede observar que ningún tratamiento tiene un incremento excesivo. Por lo tanto, se puede observar que ninguno de los tratamientos ha sobrepasado el límite máximo que establece la normativa.

Figura 16.

Comportamiento del índice de peróxidos de los tratamientos a A35°C, B 45ºC, C 55ºC



ME: Muestra con antioxidante sintético (EDTA)

MI: Muestra mínima con antioxidante microencapsulado

MA: Muestra máxima con antioxidante microencapsulado

En la figura 16 se puede visualizar el comportamiento del índice de peróxidos de los tratamientos a 35°C, 45ºC, 55ºC en los cuales se ve un incremento progresivo en el apartado b y c en los tratamientos con el microencapsulado de tzintzo, mientras que en el A resulta significativa porque los tratamientos que fueron formulados con el antioxidante natural, en los tres ítems se puede observar que la muestra mínima con antioxidante microencapsulado (MI) acrecienta de manera representativa va perdiendo su estabilidad y permite el deterioro acelerado del producto.

Índice de acidez

En la tabla 16 se muestran los valores obtenidos en el índice de acidez determinados durante el almacenamiento acelerado.

Tabla 16.

Valores de índice de acidez determinados durante el almacenamiento acelerado

	35ºC			**45** ºC			**55** ºC		
	Índice de Acidez (IA)								
IA	ME	MI	MA	ME	MI	MA	ME	MI	MA
0	0,08	0,23	0,18	0,14	0,29	0,21	0,21	0,34	0,26
7	0,10	0,25	0,20	0,21	0,33	0,24	0,28	0,40	0,30
4	0,42	0,40	0,29	0,41	0,43	0,33	0,48	0,48	0,38
1	0,44	0,42	0,32	0,49	0,47	0,36	0,55	0,52	0,43

ME: Muestra con antioxidante sintético (EDTA)

MI: Muestra mínima con antioxidante microencapsulado

MA: Muestra máxima con antioxidante microencapsulado

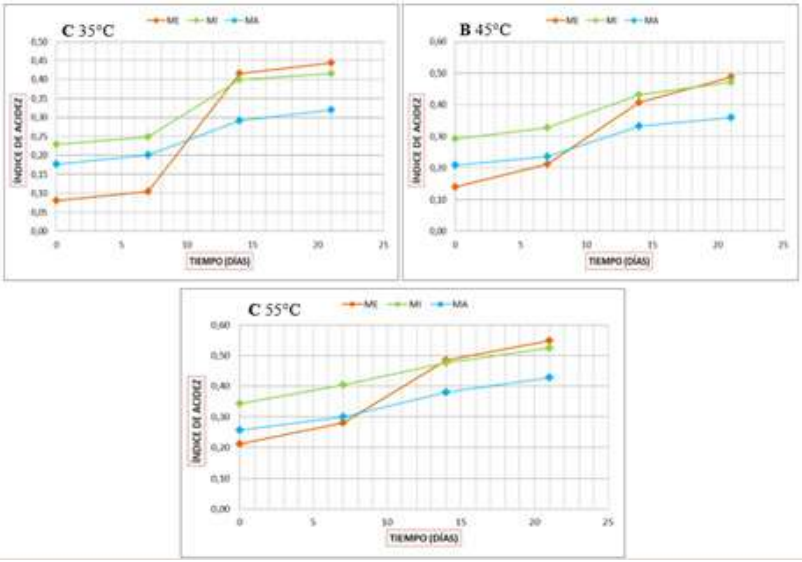
Con los datos obtenidos, nos permite observar la hidrólisis de la grasa en la mayonesa y así determinar el deterioro. De acuerdo con la normativa mexicana NMX-F-021-S la acidez no debe exceder del rango 0.50 % m/m de ácido acético; el IA de los tratamientos estudiados en el ME, MI y MA 35ºC, 45 ºC y 55 ºC, durante 21 días, los análisis fueron realizados cada 7 días. En el día 21 la muestra con antioxidante sintético y la muestra mínima con antioxidante microencapsulado sobrepasaron los límites permitidos conforme a la normativa mientras tanto los otros tratamientos se encontraron en niveles aceptables.

Al comparar los resultados de la tabla 4 obtenidos en el índice de acidez se puede observar que los tratamientos de ME, MI, MA a ***35ºC, 45ºC y 55ºC*** son menores a los valores obtenidos por Rodríguez, ***et. al*** (2015) en su investigación las mayonesas evaluadas presentaron una acidez mores a 0,50% p/p de ácido acético, esto refleja que el producto ha iniciado la degradación hidrolítica de los triglicéridos constituyentes de los aceites, con la liberación concomitante de ácidos grasos; esto indica que las mayonesas han iniciado además un proceso de rancidez y, no obstante, hasta el momento del análisis, no han ocasionado un deterioro evidente.

En la figura 17 se presenta el comportamiento del índice de acidez de los tratamientos a 35°C, 45ºC, 55ºC en los cuales se observa un crecimiento gradual en el apartado b y c en los tratamientos con el antioxidante natural, a la vez que el A es significativa la muestra máxima con antioxidante microencapsulado no ha desarrollado un incremento excesivo, en los tres ítems se puede observar que los tratamientos de la muestra mínima con antioxidante microencapsulado se acrecientan de manera progresiva reduciendo su estabilidad y facilitando el deterioro de la salsa.

Figura 17.

Comportamiento del índice de acidez de los tratamientos a 35°C,45ºC, 55ºC.



ME: Muestra con antioxidante sintético (EDTA)

MI: Muestra mínima con antioxidante microencapsulado

MA: Muestra máxima con antioxidante microencapsulado

Méndez (2019) en su investigación hace mención que, en la oxidación lipídica, los ácidos grasos insaturados en la presencia del oxígeno molecular dan lugar a productos primarios y secundarios, la mayoría de los cuales tienen un importante efecto sobre el sabor característico de los productos; Montes de Oca (2021) manifestó que la oxidación ocasiona cambios sensoriales. Al visualizar las gráficas podemos ver que la muestra mínima con antioxidante microencapsulado tuvo cambios alteraciones del olor y sabor que repercutieron en su palatabilidad. El sabor rancio es por la presencia de ácidos orgánicos de cadena corta como fórmico, acético y propiónico.

Parámetros cinéticos de hidrolisis de grasas a base del índice de acidez (IA) se demuestran en la tabla 17, en la misma que se visualiza las ecuaciones linealizadas de la figura 3, los ajustes del coeficiente de correlación (R^2) de los tratamientos realizados a 35°C, 45°C, 55°C, esos valores muestran que tienen una variabilidad de rendimiento aceptable debido a que mientras más cercanas a 1 tiene mayor exactitud.

Parámetros cinéticos de hidrólisis de grasas

En la tabla 17 presenta los diferentes parámetros cinéticos de hidrolisis de grasas a ase del índice de acidez

Tabla 17.

Parámetros cinéticos de hidrólisis de grasas a base del índice de acidez (IA)

Tratamiento	Temperatura ºC	R^2	K	Modelo IA
ME	35	0,8576	0,0201	IA= 0,0201t + 0,0504
	45	0,9637	0,0177	IA = 0,0177t + 0,126
	55	0,9506	0,0173	IA = 0,0173t + 0,1992
MI	35	0,8770	0,0102	IA = 0,0102t + 0,2156
	45	0,9595	0,0092	IA = 0,0092t + 0,2844
	55	0,9946	0,0087	IA = 0,0087t + 0,3452
M	35	0,9401	0,0971	IA = 0,0075t + 0,1684
	45	0,9428	0,0079	IA = 0,0079t + 0,2012
	55	0,9869	0,0085	IA = 0,0085t + 0,2516

k=constante de velocidad de reacción química
ME= Muestra indicadora con EDTA
MI= Muestra con mínima concentración de microencapsulado (0.06%)
MA= Muestra con máxima concentración de microencapsulado (0.15%)
R^2= Coeficiente de correlación

Estimar el tiempo de vida útil de la salsa tipo mayonesa con adición del microencapsulado durante el almacenamiento acelerado.

Tabla 18 se observa los modelos de ecuaciones IP de los tres tratamientos

Tabla 18.

Parámetros cinéticos de oxidación lipídica a base del índice de peróxidos (IP)

Tratamiento	Temperatura ºC	R^2	K	Modelo IP
ME	35	0,9205	0,1362	IP= 0,1362t + 0,1867
	45	0,9901	0,1867	IP = 0,1867t + 0,54
	55	0,9617	0,2267	IP = 0,2267t + 0,82
MI	35	0,9910	0,0914	IP = 0,0914t + 0,44
	45	0,9857	0,1467	IP = 0,1467t + 0,3933
	55	0,9314	0,1943	IP = 0,1943t + 0,9267
MA	35	0,8892	0,0971	IP = 0,0971t + 0,1133
	45	0,9749	0,1429	IP = 0,1429t + 0,6667
	55	0,9593	0,1943	IP = 0,1943t + 0,6933

k=constante de velocidad de reacción de oxidación (meqO_2/Kg*días)
ME= Muestra indicadora con EDTA
MI= Muestra con mínima concentración de microencapsulado (0.06%)
MA= Muestra con máxima concentración de microencapsulado (0.15%)
R^2= Coeficiente de correlación

En la determinación de la vida útil se utilizó el modelo de la degradación cinética para lo cual se necesita los parámetros cinéticos de la oxidación lipídica y como indicador el índice de peróxidos lo cual se evidencia en la Tabla 5 en este caso observamos los modelos de ecuaciones IP de los tres tratamientos, que se utilizaron para la obtención de la ecuación de Arrhenius.

En la tabla 19 se puede observar las ecuaciones de Arrhenius para la oxidación lipídica de las muestras

Tabla 19.

Ecuación de Arrhenius para la oxidación lipídica de los tratamientos.

Tratamiento	Ecuación de Arrhenius	R2	Ea (kJ/mol)
ME	ln k = -469,36(1/T) - 0,7473	0,9872	3,9023
MI	ln k= -1391,4(1/T) + 1,969	0,9934	11,5681
MA	ln k = -1035,6(1/T) + 0,9875	0,9983	8,6100

Ea= Energía de activación
ME= Muestra indicadora con EDTA
MI= Muestra con mínima concentración de microencapsulado (0.06%)
MA= Muestra con máxima concentración de microencapsulado (0.15%)

R^2= Coeficiente de correlación

En la tabla 19 se planteó el modelo matemático obtenido de las ecuaciones del índice del peróxido, a través de este modelo se puede determinar la energía de activación de los tratamientos estos valores nos permiten saber con qué velocidad se deteriora la salsa tipo mayonesa. La vida útil de la mayonesa a temperaturas elevadas es corta a causa que se producen de forma más rápida las reacciones de enranciamiento

En la tabla 20 se evidencian los resultados obtenidos del estudio de la estimación de la vida útil de la salsa tipo mayonesa de los tratamientos

Tabla 20.

Estimación de vida útil.

Tratamiento	K	T ºC	DIAS	MESES
	0,1035	35	92,46	3,08
ME	0,1076	45	88,94	2,96
	0,1136	55	84,24	2,81
	0,0777	35	123,17	4,11
MI	0,0913	45	104,82	3,49
	0,1023	55	93,55	3,12
	0,0928	35	103,13	3,44
MA	0,1039	45	92,11	3,07
	0,1139	44	84,02	2,80

k=constante de velocidad
ME= Muestra indicadora con EDTA
MI= Muestra con mínima concentración de microencapsulado (0.06%)
MA= Muestra con máxima concentración de microencapsulado (0.15%)

Para la obtención de resultados de los tres tratamientos ME, MI y MA estos fueron sometidos a un almacenamiento acelerado a varias temperaturas. La muestra con una mínima concentración de microencapsulado (0.06%) es la que presentó mayor tiempo de conservación obteniendo 123.17 días a 35 ºC.

Al comparar el valor MI con más tiempo de vida útil con los resultados que obtuvieron Rondón, ***et. al*** (2011) existe una diferencia significativa entre ellos puesto que la mayonesa que evaluaron tuvo 210 días almacenada a 25 ºC. Basantes incorporo acidulantes para la conservación de la mayonesa, la vida útil que estimo a50ºC, 55ºC y 60ºC respectivamente consiguiendo 348,78h, 252,19h y 170.83h.

Realizar el costo de producción de salsa tipo mayonesa.

En la tabla 21 se muestran los costos de transformación que se debe afrontar para la producción de la salsa tipo mayonesa

Tabla 21.

Costo de producción.

Insumos	UM	MI	P.U	C.T
Huevos	Kg	0,47	3.25	1.53
Vinagre	Kg	0,02	1	0.04
Aceite refinado de palma	Kg	0,96	3.45	3.31
Azúcar	Kg	0,04	1	0.040
Sal	Kg	0,04	0.45	0.018
Almidón de maíz	Kg	0,01	7	0.07
Goma guar	Kg	0,001	13	0.013
Goma xhantan	Kg	0,001	13	0.013
Mostaza	Kg	0,00015	13.33	0.002
Ácido cítrico	Kg	0.004	6	0.024
Sorbato de potasio	Kg	0,0013	15.4	0.02
Antioxidante	Kg	0,001	745	0.75
Agua	Kg	0,1	1	0.1
Total		1.6		5.93
Material de envase	UM	Cantidad	P.U	C.T
Frascos de vidrio y tapa	Ml	7	0.40	280
Total				6.40
CIF	H. uso	Cantidad	P.U	C.T
Balanza	2	1	0.2400	0.48

Licuadora industrial	3	1	0.1370	0.411
Gas	1	1	0.046	0.046
Electricidad	-	42	0.092	3.86
Agua	-	100	0.0004	0.04
Total				4.84
CMOD	Unidad	Cantidad	P.U	C.T
Operador	2	1	1.50	3
Total				3
C. total				16.57

CIF: Costos indirectos de fabricación

CMOD: Costos de mano de obra directa

Costo por unidad de la salsa tipo mayonesa

C.U= C.T/unidades producidas

C.U= 16.57/7

C.U=2.36

Se obtuvo un costo de producción de $16.57ctvs de los cuales se puede optimizar al producir en mayor cantidad la salsa tipo mayonesa, al calcular el costo de producción de un producto unitario obtuvimos $2.36 ctvs. Estos valores al compararlos con los de la mayonesa comercial que poseen aditivos sintéticos en el mercado nacional podemos verificar que tiene un precio asequible para la sociedad a más de ser un producto desarrollado con un antioxidante natural.

Conclusiones

Se seleccionaron 4 concentraciones (MI (1 g), Mi (1,5g), MA (2,5 g), Ma (3g)) basándose en la normativa INEN 2295 que fueron establecidos los rangos de la dosificación del antioxidante que se añadió a 1,66 kg de Mayonesa. La muestra mínima con antioxidante microencapsulado (0,06% MI) es el mejor tratamiento, en virtud que sus características sensoriales son semejantes a la mayonesa normal y tiene una excelente aceptación por los catadores y la muestra máxima con antioxidante microencapsulado con una concentración del 0,15% fue el que se obtuvo como valor máximo debido a que no son afectadas las características sensoriales de la salsa tipo mayonesa.

El índice de peróxido determinado se basó en la norma INEN 1640 la misma que especifica que el aceite de palma africana no debe sobrepasar los 10 meq02/kg, los tratamientos evaluados fueron muestra con antioxidante sintético EDTA (ME), muestra mínima con antioxidante microencapsulado (MI) y la muestra máxima con antioxidante microencapsulado (MA) a 35ºC, 45 ºC y 55 ºC, por 21 días cada 7 días se efectuaron los análisis en los cuales se puede observar que ningún ha sobrepasado el límite máximo.

La vida útil fue determinada a través de la degradación cinética el mejor tratamiento fue la muestra con mínima concentración (0.06% MI) obteniendo una energía de activación de 11,5681 kJ/mol con un coeficiente de correlación de 0.9934, con 123.17 días a 35 ºC.; esto permite evidenciar que el aceite esencial de tzintzo microencapsulado es eficiente como antioxidante en la salsa tipo mayonesa y no tiene alteraciones en sus características sensoriales.

El costo de producción total del mejor tratamiento fue la muestra mínima con antioxidante microencapsulado (MI) de la salsa tipo mayonesa es de $16.57ctvs, el valor unitario fue de $2.36 ctvs. Es asequible para la sociedad y competitivo con las mayonesas que existen en el mercado nacional, además que el costo de producción puede ser minimizado al optimizar los procesos y al producir en mayor cantidad.

Referencias bibliográficas

Bonifaz, J. (2019). Efecto de la inclusión de microencapsulados de tomillo en la elaboración de queso fresco. [Tesis-Maestria en Tecnología de Alimentos; Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional. Obtenido de http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29721

Castillo, E. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. Scielo, 19(4), 95-100. doi:http://dx.doi.org/10.25176/RFMH.v19i4.2351

Ccencho, E. (2021). Efecto del aceite esencial de huacatay (*Tagetes minuta*) en la calidad Ceballos Toro, V., & Londoño Giraldo, L. M. (2017). Aceites esenciales en la conservación de alimentos.

Esquivel, B., Ochoa, L., & Rutiaga, O. (2015). Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos. Redalyc, 16(2), 180-192. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176006

Hermosilla, J., & Schmalko, M. (2019). Encapsulación de antioxidantes del concentrado de Yerba Mate: Influencia de las condiciones de secado.

Scielo(32), 48-55. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872019000200008

Huamán, F., Bejarano, D., Paredes, L., Vega, R., & Encinas, J. (2018). La deshidratación osmótica mejora la calidad de Ananas comosus deshidratada. Scielo, 9(3), 349-357. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172018000300006

INEN 277. (s.f.). Determinación del índice de peroxido. Norma técnica Ecuatoriana, 1-7. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/277.pdf

Jiménez, O. (2017). Obtención, evaluación de pigmentos microencapsulados a partir de frutos xkijit (Renealmia alpinia) e incorporación en una matriz alimenticia. [Tesis de maestría en ingeniería química; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12371/648

Maldonado, M. (2021). Nuevos desafíos para la industria alimentaria y los nuevos conocimientos acerca del tercer cerebro. Nutrición Clínica y Metabolismo, 4(4), 92-97. doi:https://doi.org/10.35454/rncm.v4n4.326

Mendez, F. (2019). Estudio del enranciamento autooxidativo de algunas grasas animales.[Tesis-doctoral; Universidad de Vigo]. Repositorio institucional. Obtenido de http://hdl.handle.net/11093/1268

Montes de Oca, L. (2021). Efecto del tratamiento de freído, adición de aceite fresco y tipo de alimentación sobre la estabilidad oxidtiva de un aceite vegetal. [Tesis-Maestria en ciencias agropecarias y recursos naturales; Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio institucional. doi:http://hdl.handle.net/20.500.11799/111415

Murga, S., Alvarado, J., & Nora, Y. (2012). Efecto del follaje de ***Tagetes minuta*** sobre la nodulación radicular de Meloidogyne incognita en Capsicum annuum, en invernadero. Scielo, 19(3), 257-260. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332012000300004

NTE INEN 2 295. (2010). Mayonesa-Requisitos. Obtenido de Instituto Ecuatoriano de Normalización: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2295.pdf

NTE INEN-CODEX 192. (2016). Norma general para los aditivos alimentarios. Servicio ecuatoriano de normalización, 1-458. Obtenido de https://www.

normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen-codex_192.pdf

OMS. (2018). Aditivos alimentarios. Obtenido de Organización mundial de la salud: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives

Osorio, Á. (2020). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de. Ciencias Tecnología, 13(2), 27-37. doi:http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21791.51361

Pimentel, E., Castillo, D., Quintana, M., Maurtua, D., & Díaz, C. (2015). Efecto antibacteriano de extractos etanólicos de plantas utilizadas en la tradiciones culinarias andinas sobre microorganismos de la cavidad bucal. Scielo, 25(4), 268-277. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1019-43552015000400004&script=sci_arttext&tlng=en

Puma, G., & Núñez, C. (2020). Comparación del Perfil Flash y Napping ® -UPF en la caracterización sensorial de hot-dog. Scielo, 22(2), 135-145. doi:http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.601

Ríos, S., & Gil, M. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. TecnoLógicas, 24(51), 1-24. doi:https://doi.org/10.22430/22565337.1836

Rodríguez, J., Ruiz, L., Miranda, L., & Molina, Z. (2015). Acidez total e índice de acidez de once mayonesas comerciales. Zaloamati, 1221-1226. Obtenido de http://hdl.handle.net/11191/9171

Rondón, E., Pacheco, E., & Ortega, F. (2011). Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10. Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia, 21(1). Obtenido de https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26485

Suárez, S., Gil, A., de la Fuente, E., Tordable, M., & Ghersa, C. (2017). Efecto de diferentes proporciones de ***Tagetes minuta*** y Glycine max sobre Meloidogyne incognita. Scielo, 27(2), 210-218. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2017000300002

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

5

Capítulo

Impacto del tipo de leguminosa y la temperatura de pre-cocción sobre la calidad química y sensorial del queso vegano

AUTORES: Elisa Nicole Narváez Jaramillo; Clara Elena Villacrés Poveda; María Monserrath Morales Padilla

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Impacto del tipo de leguminosa y la temperatura de pre-cocción sobre la calidad química y sensorial del queso vegano

Impact of the type of legume and pre-cooking temperature on the chemical and sensory quality of vegan cheese

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto elaborar y caracterizar tres productos veganos análogos del queso fresco a partir de la arveja (***Pisum sativum***), haba (***Vicia faba***) y fréjol (***Phaseolus vulgaris***) enriquecido con chocho (***Lupinus mutabilis***). Mediante pruebas previas se determinó que la formulación apropiada resultó la mezcla de granos molidos de arveja, haba, frejol con un análogo de la leche, a partir del chocho, enriquecido con aislado proteico de este grano, aceite vegetal y especias. Los tratamientos que presentaron el mayor contenido de proteína fueron el T12 (Fréjol blanco; aislado proteico 1.6%; 85 ℃) y T11 (Fréjol blanco; aislado proteico 1.6%; 75 ℃) con un promedio de 41.45 y 39.30% respectivamente. En cuanto al contenido de fibra los tratamientos T2 (Arveja amarilla; aislado proteico 0%; 85 ℃) y T6 (Arveja amarilla; aislado proteico 1.6%; 85 ℃) presentaron el contenido más elevado con valores del 6.90 y del 6.70% respectivamente. En la textura instrumental, se determinó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, el tratamiento T12 (Fréjol blanco; aislado proteico 1.6%; 85 ℃) presentó el mayor valor (10.81 N); mientras que T13 (Haba; aislado proteico 0%; 75 ℃) presentó el valor más bajo (2.39 N). En el análisis organoléptico, se determinó que la muestra T18 (haba, aislado proteico 1.6%, 85°C) alcanzó la mayor calificación en el atributo "olor", mientras que el tratamiento T6 (arveja, aislado proteico 1.6%, 85°C) obtuvo la mayor calificación en la aceptabilidad general.

Palabras claves: análogo, vegano, textura, aislado proteico, organoléptico

Abstract

The objective of this work is to prepare and characterize three vegan products analogous to fresh cheese from peas (Pisum sativum), broad beans (Vicia faba) and beans (Phaseolus vulgaris) enriched with lupine (Lupinus mutabilis). Through previous tests, it was determined that the appropriate formulation was a mixture of ground pea, broad bean, and bean grains with a milk analogue, from lupine, enriched with protein isolate from this grain, vegetable oil, and spices. The treatments that presented the highest protein content were T12 (White bean; protein isolate 1.6%; 85 ℃) and T11 (White bean; protein isolate 1.6%; 75 ℃) with an average of 41.45 and 39.30% respectively. Regarding fiber content, treatments T2 (Yellow pea; protein isolate 0%; 85 ℃) and T6 (Yellow

pea; protein isolate 1.6%; 85℃) presented the highest content with values of 6.90 and 6.70% respectively. In the instrumental texture, significant differences were determined between the treatments evaluated, treatment T12 (White bean; protein isolate 1.6%; 85℃) presented the highest value (10.81 N); while T13 (Bean; 0% protein isolate; 75℃) presented the lowest value (2.39 N). In the organoleptic analysis, it was determined that sample T18 (bean, protein isolate 1.6%, 85oC) achieved the highest rating in the attribute "smell", while treatment T6 (pea, protein isolate 1.6%, 85oC) obtained the highest rating on general acceptability.

Keywords: analogue, vegan, texture, protein isolate, organoleptic

Introducción

La conciencia general de los consumidores sobre los efectos de sus elecciones alimentarias en el medio ambiente y la salud, y la creciente tendencia al vegetarianismo, además del uso limitado de productos lácteos en algunas zonas, están provocando una mayor demanda de productos veganos. El consumo de proteínas de origen vegetal aumenta continuamente en Europa, con un crecimiento anual del 11% de los alimentos y bebidas de origen vegetal alternativos a los productos lácteos (Europea Commision, 2018). A pesar de que la producción de quesos no lácteos tiene una larga tradición (Codda et al., 2017), el diseño de nuevos productos a base de leguminosas ha cobrado un gran interés debido a las nuevas oportunidades que ofrece el mercado mundial (FONA, 2018). Además, los productos veganos se consideran una alternativa económica a los productos lácteos en los países en desarrollo (Coda et al., 2017). Los productos de origen animal causan un mayor impacto ambiental debido a que se necesita mayores áreas de cultivo, cantidades de agua y son responsables de la emisión del 20-30% de gases de efecto invernadero, las dietas que reducen el consumo de carne y aumentan el consumo de vegetales son más sustentables y prestan mayores beneficios a la salud, teniendo en cuenta que se debe mantener un equilibrio (Grasso et al., 2021). El consumo en exceso de productos de origen animal en la dieta aumenta la susceptibilidad a contraer enfermedades coronarias, incrementa el riesgo de sufrir cáncer de colon, incremento del colesterol en la sangre, etc (Mariotti, 2017). Por lo que se busca producir productos alternativos a los de origen animal, que aporten mayor variedad a nuestra dieta, sean de menor costo, más sanos y posean un alto valor nutricional (Morales et al., 2012) (Jaramillo Narváez, 2022).

En el proceso de elaboración de los productos veganos, la formación de una red proteica cohesiva representa uno de los principales problemas que caracterizan la producción de productos análogos del queso elaborado con leche de vaca, con ingredientes vegetales alternativos, estos últimos caracterizados por proteínas de distinta naturaleza, no fácilmente precipitables por acidificación (Jeske et al., 2018; Lee and Lucey, 2004). Los análogos vegetales del queso se elaboran generalmente con extractos acuosos o suspensiones harina-agua, a partir de harinas de cereales, pseudocereales, leguminosas y frutos secos, o pulpas de fruta homogeneizadas (Mäkinen et al., 2016). En los últimos años se han realizado varios intentos de obtener una estructura proteica comparable a la del queso con semillas de leguminosas. La desestabilización de la estructura de las proteínas vegetales causada por el procesamiento térmico y la acidificación, puede conducir al debilitamiento de la estructura del producto y a la separación de fases acuosas durante el almacenamiento (Bernat et al., 2014) (Jaramillo Narváez, 2022).

Objetivo General: Evaluar el efecto de tipo de leguminosa y la temperatura de pre-cocción sobre la calidad química y sensorial del queso fresco

Objetivos Específicos

- Determinar las características fìsico-químicas de los granos (arveja, frejol, haba) en estado crudo.
- Determinar las características físico-químicas y rendimiento del análogo de la leche y del aislado proteico del chocho.
- Establecer las formulaciones y el proceso apropiado para la obtención de los análogos veganos de queso fresco, elaborados a partir de semillas de haba, frejol y arveja.
- Evaluar las características físico-químicas de las diferentes formulaciones del producto.
- Analizar el nivel de aceptabilidad sensorial de los análogos veganos de queso fresco.

Materiales y métodos

Se trabajó con los siguientes granos: chocho (variedad Andino 450), arveja (variedad Roxana), haba (variedad sultana) y frejol blanco (variedad blanca fanesquero) los cuales fueron proporcionados por el Programa de Leguminosas y Granos andinos del INIAP, en estado maduro y seco, por lo que, previo a su uso se hidrataron durante 12 horas. El desarrollo de los productos y los

análisis se efectuaron en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, EESC. Los factores en estudio fueron el tipo de leguminosa, la concentración de aislado proteico y la temperatura de precocción de la mezcla. De la combinación de los factores en estudio se obtuvieron 18 tratamientos.

Elaboración y caracterización de un análogo de la leche, a partir del chocho: Se elaboró el producto tipo leche de chocho, a partir de la molienda húmeda de los granos desamargados, aplicando una proporción 1:2 (grano: agua). La suspensión fue filtrada en un tamiz de 250 µm, el producto fue almacenado a 3°C hasta su uso.

Elaboración y caracterización del aislado proteico de chocho: Se siguió la metodología descrita por (Villacrés, 2001), a partir del chocho pulverizado y desengrasado, solubilización alcalina y precipitación ácida. En la proteína aislada se determinó el rendimiento y la concentración de proteína.

Proceso de elaboración del queso vegano: Se trabajó con granos seleccionados de arveja, frejol y haba; los cuales fueron sometidos a remojo por 12 h, lo que facilitó el retiro de los tegumentos o cáscaras que rodea a los cotiledones. Para preparar 100 gramos de queso vegano, cada especie de grano (58 g) fue sometido a molienda húmeda con 75 ml del análogo de la leche, se adicionó el aislado proteico de chocho en proporciones de 0.8 y 1.6 %, como mejoradores del sabor incorporó cloruro de sodio (4 g), cebolla en polvo (1 g), ajo en polvo (1 g) y 2 mL de aceite de canola. Todos los ingredientes se mezclaron por 3 min. La mezcla homogénea se colocó en el bioreactor y se calentó a dos temperaturas (75, 85 ˚C) por 3 min, La mezcla se vertió en moldes previamente engrasados los cuales se refrigeraron a 3 ˚C durante 10 minutos.

Métodos analíticos

Análisis proximal: Los granos en estado crudo y los quesos veganos obtenidos a partir de los diferentes tratamientos fueron analizados, aplicando los siguientes métodos de la AOAC, (1984, 1990 y 2005). Humedad (23.003), grasa (920.39), proteína (2.062), fibra bruta (985.29), ceniza (942.05), carbohidratos por diferencia, aplicando la siguiente fórmula:

Almidón total: Se realizó aplicando el método de Holm J, descrito por (Soto, 2010)

Amilosa: Método de Morrison & Laignelet (1983)

Temperatura de gelificación: Se empleó el método de Cañizares et al. (1993) descrito por Miranda-Villa et al. (2013)

Propiedades funcionales del almidón: Método de Anderson et al. (1970)

Capacidad de absorción de agua y aceite: Se determinó mediante el método de Naczk et al. (1985).

Gelificación: Se siguió el método de Coffman & García (1977)

Densidad: Se determinó por gravimetría, mediante el método 962.37 de la AOAC, (1984).

Rendimiento: En la obtención del análogo de la leche, a partir del chocho se determinó la relación peso del análogo de la leche y el peso de grano utilizado. En la obtención de proteína aislada de chocho, se determinó de la relación aislado proteico y grano pulverizado y desengrasado.

Viscosidad: Se determinó por el método 22.009 de la AOAC, (1984). Utilizando el viscosímetro Cannon H32300.

Sólidos totales: Para su determinación se aplicó el método 930.15 de la AOAC, (2005).

Actividad de agua: Se determinó por medio del método 978.19 de la A.O.A.C. Se colocó una porción de mezcla en la celda medidora y se procedió a realiza la lectura con el equipo Testo 650.

Perfil de textura: La determinación de los componentes de la textura se realizó en el texturómetro TA-XT-2i, Stable Micro Systems Godalming, UK. Utilizando una sonda de aluminio cilíndrica de 35 mm de extremo plano (P/35). Se aplicó una velocidad de 5mm/segundo y una distancia de 20 mm con un tiempo de 5 segundos.

Análisis organoléptico: Se siguió la metodología descrita por Watts et al (1992) y se tuvo la participación de un panel entrenado de 11 personas a las cuales se les sirvió 3 muestras, cada una con un peso de 5 gramos codificadas de manera aleatoria.

Diseño experimental: Los resultados se analizaron aplicando un diseño completamente al azar en arreglo trifactorial GxPxT. Los datos se procesaron en el software infostat y se aplicó la prueba de medias de Tukey al 5%.

Resultados y discusión

Caracterización físico-química de los granos, en estado crudo

Composición proximal

Previo a la utilización de los granos secos, estos se hidrataron durante 12 h, para facilitar el descascarado y disminuir la dureza de los cotiledones en

el caso del fréjol y haba. Al término de este proceso se midió el contenido de humedad, el cual varió entre 86.08% para el grano de frejol a 88.79% para el grano de haba. ($p < 0.05$), (Tabla 3). Estos niveles resultaron apropiados para facilitar el descascarado, disminuir la dureza de los cotiledones y facilitar el proceso de trituración de los granos. Los resultados muestran diferencias significativas en el contenido de grasa de los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0.05$). El grano de haba presentó el porcentaje de grasa más elevado con un contenido promedio del 3.52%, el cual es un resultado superior al reportado por (Ferro Horque, 2004), quienes citan un contenido de grasa del 2.3% en variedades de haba. Los granos de arveja presentaron el contenido más bajo, con un promedio del 1.43% (Tabla 1), un valor similar fue reportado por Peralta et al. (1997). En el caso de los granos de frejol se determinó un promedio de grasa del 2.17%, el cual concuerda con la cita de Murillo et al. (2004), quienes reportaron un rango de 1.5 a 3.2 % para la variedad de fréjol blanco fanesquero.

Tabla 22.

Composición química de los granos y propiedades funcionales del almidón de haba, frijol y arveja, en estado crudo.*

	Haba	Frejol	Arveja
Grasa	3.52±0,06[a]	2.17±0,08[b]	1.43±0,13[c]
Proteína	26.54±1,17[a]	26.83±0,59[a]	19.10±0,15[b]
Fibra	2.95±0,33[b]	2.95±0,60[b]	9.13±1,03[a]
Cenizas	2,47±0,03[b]	3.77±0,20[a]	2.48±0,12[b]
Carbohidratos	64.52±0,84[b]	64.28±0,27[b]	67.86±1,06[a]
Humedad	88.79±0,19[a]	86.08±0,42[b]	88.14±0,31[a]
Almidón	47.51±0.76[a]	42.67±0.18[b]	42.68±0.20[b]
Amilosa	32.87±0.17[a]	30.79±0.33[b]	29.73±0.52[c]
Temperatura de gelatinización ˚C	60.00±0.00[c]	67.33±0.58[a]	64.33±0.58[b]
Índice de absorción de agua	2.27±0.21[b]	3.25±0.10[a]	2.22±0.01[b]
Índice de solubilidad en agua	11.24±0.04[a]	10.94±0.66[a]	7.96±0.04[b]
Poder de hinchamiento	2.31±0.01[b]	3.76±0.14[a]	2.41±0.01[b]

*g/ 100 g muestra seca

Se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de proteína de los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0.05$). Los granos de arveja presentaron el contenido más bajo con un valor promedio del 19.10%, el cual difiere del valor mencionado por Peralta et al (1997) que mencionan un promedio de 24% para esta leguminosa. Mientras que entre los granos de frejol y haba (Tabla 22) no se determinaron diferencias significativas en el contenido de proteína. Las dos especies presentaron el mayor contenido de proteína, con valores que superaron a los reportados por (Ferro Horque, 2004) para granos maduros de haba con 24.8%. La proteína del frejol utilizado en este estudio alcanzó un promedio de 26.83%, valor ligeramente superior al reportado por Murillo et al (2004), quienes citan un promedio de 25 % para diferentes variedades de frejol.

En cuanto al contenido de fibra, los resultados mostraron diferencias significativas entre los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0.05$). Los granos de arveja presentaron el mayor contenido (9,13%), valor similar al reportado por Peralta et al. (1997), para variedades de arveja con 8.6 %, mientras que los granos de haba y frejol no presentaron diferencias significativas (Tabla 22). En el caso de los granos de haba, los valores de fibra variaron con los citados en la bibliografía. Ferro Horque (2004) reportaron un promedio de 6.2% para el grano entero de haba, variedad sultana, Murillo et al (2004), citaron promedios de fibra entre 10-14 %, mientras que en este estudio se determinó un promedio de 2.95%. Diferencia atribuible al descascarado del grano, previa su aplicación en la elaboración del queso vegano. Respecto a las cenizas se determinó diferencias significativas entre los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0,05$). Los granos de frejol presentaron el mayor contenido con un promedio de 3.77%, valor similar al rango reportado por Murillo et al (2004) para variedades de frejol arbustivo (3-5%). Entre los granos de arveja y haba no se determinó diferencias significativas (Tabla 1), las dos especies presentaron el menor contenido. En los granos de haba la descorticación del grano influyó en la disminución de las cenizas hasta un promedio de 2.7%, valor menor al mencionado por Ferro Horque (2004) con 3.5%.

En el caso de los carbohidratos, los resultados mostraron diferencias significativas entre los granos utilizados en el estudio ($p < 0,026$). Los granos de arveja presentaron el porcentaje de carbohidratos más elevado (67.86%), promedio ligeramente mayor al reportado por Peralta et al (1997) para la variedad Roxana con 63 % de carbohidratos totales. No se observaron diferencias significativas entre los granos de haba y frejol (Tabla 22). Los granos de haba presentaron 64.52% de carbohidratos, valor menor al mencionado por Ferro

Horque (2004) con 69.5%. En los granos de frejol los hidratos de carbono presentaron un promedio de 64.28%, valor mayor al reportado por Murillo et al., (2004) para variedades de frejol arbustivo, con valores promedio entre 52-60%.

Caracterización del almidón

Se determinaron diferencias significativas en el contenido de almidón de los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0.05$). Los granos de haba presentaron el mayor porcentaje de almidón (47,51%), mientras que los granos de frejol y arveja presentaron un menor contenido y no variaron significativamente entre ellos (Tabla 22). En el estudio de Miranda et al. realizado en el año 2013 se menciona un promedio de 15 % para los granos de frejol (*Phaseolus lunatus* L.), mientras que para los granos de frejol común se cita un promedio de 38%. En cuanto al contenido de amilosa, los granos de haba presentaron un contenido más elevado (32.87%) que los granos de arveja (Tabla 1). Estos valores son similares a los reportados por Miranda et al., (2013) para la especie de frejol *Phaseolus lunatus* L, con 32.6 %.

Temperatura de gelatinización: Se determinó diferencias significativas entre los granos utilizados ($p < 0.05$). Los granos de fréjol mostraron una mayor temperatura de gelatinización (67.33℃); mientras que las habas y arvejas, presentaron temperaturas de gelatinización de 60 y 64ºC. Los cuales se enmarcan en los rangos de temperatura de gelatinización, citados por Swinkles, (1985) para almidón de maíz (62-73°C), papa (56-67°C), trigo (58-64°C) y arroz (68-78°C).

Propiedades funcionales del almidón

Índice de absorción de agua: Se determinó diferencias significativas entre los granos utilizados ($p < 0.05$). Los granos de frejol presentaron el mayor índice de absorción de agua con un valor del 3.25; mientras que los granos de arveja y haba no presentaron diferencias significativas entre sí (Tabla 22). El índice de solubilidad en agua presentó diferencias significativas entre los diferentes granos en estudio ($p < 0.05$).

Índice de solubilidad en agua: Los granos de arveja presentaron el menor índice de solubilidad en agua con un valor promedio de 7.96; mientras que los granos de haba y frejol presentaron resultados que no variaron estadìsticamente entre ellos (Tabla 1). Estos valores son similares a los reportados para almidones de Faba bean (Vicia faba) con un promedio de 9.92% (Punia et al., 2019), quienes señalan que el contenido de amilosa y la longitud de la cadena ramificada de amilopectina son características estructurales que influyen en

el índice de solubilidad en agua. Específicamente la amilopectina, facilita la entrada del agua a los espacios intermoleculares, aumentando la solubilidad de los polímeros. Se observó que existen diferencias significativas en el poder de hinchamiento de los granos utilizados ($p < 0.05$). El frejol presentó el mayor poder de hinchamiento con un valor promedio de 3.76; que se correlacionó positivamente con la mayor capacidad de absorción de agua (3.25), mientras que los granos de arveja y haba presentaron menor poder de hinchamiento y no variaron significativamente entre ellos (Tabla 1).

Aislado Proteico de chocho

Rendimiento: A partir de 2 kg de harina de chocho se obtuvo aproximadamente 0.216 kg de aislado proteico, lo que significa un rendimiento del 10.8 %.

Contenido de proteína: Se determinó que el aislado proteico presentó 72.81% ± 0.03% de proteína total. Este valor es menor al reportado por Villacrés (2001), lo cual atribuirse al método de desamargado y desengrasado del grano, el cual se realizó con isopropanol, mientras que, en nuestro estudio, el desamargado se realizó con agua potable y el desengrasado con alcohol etílico al 98 %.

Capacidad de absorción de agua y aceite

Estas propiedades funcionales de las proteínas son importantes en la formación de una red compacta. Se determinó que la capacidad de absorción de agua del aislado proteico de chocho es 3.92±0,02 y la capacidad de absorción de aceite es 1.64 ±0.17, propiedades funcionales que participan en la conformación de una red que da forma al análogo vegano. Las propiedades funcionales relacionadas con la capacidad de absorción de agua y aceite (2.84 g agua/g proteína y 1.48 g aceite/g proteína), del aislado obtenido en este estudio, resultaron similares a las reportadas por Villacrés, (2001).

Gelificación: La capacidad gelificante se evaluó con concentraciones de 1.6 y 0.8% y se determinó la formación de un gel con la mayor concentración de aislado proteico. Efecto que se evidenció en los tratamientos que incluyeron un mayor contenido de aislado proteico (1.6%), dando un gel de mayor firmeza y consistencia, con relación a los tratamientos que incluyeron una menor concentración de aislado proteico.

Análogo de la leche, obtenido a partir del chocho

Rendimiento: A partir de 1 kg de chocho se obtuvo 1700 mL de bebida, lo que representa un rendimiento de 170%.

Características físicas del análogo de la leche: Se determinó un valor de 1.02 g/mL para la densidad, 12.76 cP para la viscosidad y 25.25 % para los sólidos totales (Tabla 2). Estos valores son similares a los reportados por Quicazán et al. (2017) para una bebida de soya que presentó una densidad 1.0117 a 1.0219 g/ml, sólidos totales 5.79-8.79% y una viscosidad entre 5.1 a 8 cP.

Tabla 23.

*Características físicas y composición química*del análogo de la leche, elaborado a partir del chocho.*

Variable	Promedio
Densidad (g/mL)	1.02±0.00
Viscosidad (cP)	12.76±0.24
Sólidos totales (%)	25.25±0.01
Proteína	14.87±0.29
Grasa	2.5±0.33
Fibra	6.31±0.08
Ceniza	1.57±0.03
Humedad	74.75±0.01

*g/100 g muestra seca

Composición proximal del análogo de la leche: El contenido nutricional del analogo de la leche, se presenta en la Tabla 23, en la que resalta el contenido de proteína con un promedio de 14.87%; 2.5% de grasa; 6.31% de fibra y 1.57% de ceniza. Estos resultados son mayores a los reportados por Márquez et al. (2021), quienes desarrollaron una bebida funcional a base de chocho, avena y leche de vaca, para la que se reportó un contenido de proteína de 3.7% y fibra 1.57%.

Composición proximal de los quesos veganos: Se determinó que existen diferencias significativas en el contenido de grasa, de los quesos veganos obtenidos por los diferentes tratamientos planteados en este estudio ($p < 0.05$). El tratamiento 18 (Haba; aislado proteico 1.6%; 85 °C) presentó el mayor contenido de grasa, debido al aporte de este nutriente desde el grano crudo, mientras que el tratamiento 8 (Fréjol blanco; sin aislado proteico; 85°C) presentó el menor contenido de grasa (Tabla 24). Los valores citados son menores

a los reportados por Grasso et al., (2021) para quesos veganos elaborados con incorporación de aceite, que presentaron entre 16.33 a 30.33% de grasa. Se determinaron diferencias significativas en el contenido de proteína de los diferentes tratamientos ($p < 0,05$).Con aplicación de los tratamientos 11 (frejol, aislado proteico 1.6%, 75 °C); y 12 (fréjol, aislado proteico 1.6%, 85 °C) se registraron los mayores contenidos de proteína, mientras que en el producto obtenido con el tratamiento T1 (arveja, sin aislado proteico, 75 °C) se determinó el menor contenido de proteína (Tabla 24), debido al menor aporte de este nutriente desde la arveja y la ausencia de aislado proteico en la formulación. Este valor es similar al reportado para el queso cheddar con 25,04 % y mayor al reportado por Grasso et al., (2021) para quesos veganos, cuyo contenido de proteína varió entre 0.11 a 18.50%. En cuanto a la fibra, el mayor contenido se registró en los tratamientos 2 (arveja amarilla; sin aislado proteico; 85 ℃) y 6 (arveja amarilla; aislado proteico 1.6%; 85 ℃) que presentaron 6.90 y 6.70 %, respectivamente (Tabla 24), debido al aporte de este componente desde la arveja, cuyo grano no fue descascarado.

Para las cenizas se presentaron diferencias significativas en los quesos elaborados con aplicación de los diferentes tratamientos ($p=0,002$). El tratamiento 4 (Arveja amarilla; aislado proteico 0.8%; 85 ˚C) presentó el contenido más bajo de ceniza (Tabla 8).

En los carbohidratos, se encontró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) El tratamiento 10 (Fréjol blanco; aislado proteico 0.8%; 85 ˚C) presentó el mayor contenido de carbohidratos (Tabla 24), valor que superó a los publicados por Grasso et al., (2021) que indican contenidos entre 6.85 al 31.94% para quesos elaborados con agua filtrada, almidón de tapioca, aceite de coco, saborizantes veganos, aislado de proteína de arveja, y una mezcla de aceite de canola y/o cártamo, extracto de raíz de achicoria, sal marina, goma xantana, ácido láctico (vegano), fosfato tricálcico, almidón de arveja, proteína de papa, enzima vegana, azúcar de caña, annatto y crema de coco. En cuanto a la humedad, el tratamiento 10 (Fréjol blanco; 0.8% de proteína; 85 ˚C) presentó el mayor contenido de humedad, valor contrastante con el promedio del tratamiento 6 (Arveja amarilla; 1.6% de proteína; 85 ˚C) que presentó el menor contenido de humedad (Tabla 3). Este último, es similar a la humedad reportada para el queso cheddar con 38.26%, pero contenidos menores al publicado por Mattice et al (2020) quien reporta un promedio de 60% para quesos veganos con diferentes zeínas.

Actividad de agua: La mayor actividad de agua, presentó el tratamiento 17 (Haba; aislado proteico 1.6%, 75 ˚C), mientras que el tratamiento 2 (Arveja

amarilla; sin aislado proteico; 85 ˚C) presentó el menor valor (Tabla 24), posiblemente debido a la mayor concentración de almidón y ausencia de aislado proteico en este tratamiento. Estos valores son similares a los citados en el estudio de Grasso et al., (2021) para el queso cheddar.

Perfil de textura: No se observaron diferencias significativas en la dureza y fracturabilidad del queso elaborado con aplicación de diferentes tratamientos (p=0.06) (Tabla 3). Resultados que contrastaron con la adhesividad, cuyo menor valor correspondió al tratamiento 12 con 10.81 g*s; posiblemente debido al mayor contenido de proteína en este tratamiento, mientras que el tratamiento 13 (Haba; sin aislado proteico; 75 ˚C) presentó el mayor valor (2.39 g*s) (Tabla 3). No se encontró variación estadística (p=0,0622) en los valores de elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad (Tabla 24), lo cual podría tener atribuise al tipo de proteínas (globulares) predominante en los tratamientos. Las proteínas globulares, carecen de propiedades elásticas y son más compactas e irregulares. En la investigación realizada por Cunha et al (2010) con productos análogos del queso reportaron valores de adhesividad entre 170.42 a 312.44g*s los cuales son mayores que los determinados en esta investigación y son característicos de los quesos tipo “untable”, a diferencia de los quesos tipo “cortable” que presentan menor adhesividad y una elasticidad comprendida entre 0.956-0.97, similar a la citada por otros autores Cunha et al (2010) .**Análisis organoléptico:** Con base a los análisis físicos-químicos, perfil de textura y actividad de agua, se seleccionaron los siguientes tratamientos para las pruebas sensoriales: T6 (arveja, aislado proteico 1,6%, calentamiento 85ºC), T18 (haba, aislado proteico 1.6%, calentamiento 85ºC), T12 (fréjol, aislado proteico 1.6%, calentamiento 85ºC). Las muestras se prepararon el día de la evaluación, se codificaron y se distribuyeron a un panel conformado por 11 catadores entrenados, quienes discriminaron las muestras principalmente por el atributo “olor”, otorgando una mayor calificación (7.88/10) al tratamiento T18 (Tabla 25).

Los integrantes del panel sensorial otorgaron mayor calificación (8.18/10) al tratamiento T6 (arveja, aislado proteico 1.6%, calentamiento 85ºC). Lo contrario ocurrió con el queso vegano elaborado a base de fréjol (T12), que presentó la menor calificación con un valor de 5.54 (Figura 18). Estos resultados son similares a los reportados por Cunha et al. (2020), quienes realizaron ensayos organolépticos de 3 productos veganos, los cuales alcanzaron calificaciones entre 7 a 9 puntos, correspondiente a una buena aceptabilidad sensorial.

Tabla 24.

Composición química y componentes de la textura del queso vegano con aplicación de diferentes tratamientos.*

Tratamientos	Grasa	Proteína	Fibra	Cenizas	Carbohidratos	Humedad*	Actividad de agua	Dureza (g)	Fracturabilidad (g)	Adhesividad (g*s)	Elasticidad y Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad
T1	8.30±0.53^{cf}	24.87±0.08^{f}	6.45±0.05^{a-i}	5.47±0.55^{eh}	54.92±0.10^{ab}	30.20±0.82^{c-h}	0.94±0.00^{g}	2.27±0.12^{a}	2.27±0.12^{a}	7.54±0.33^{a-i}	1±0.00^{a}	2.27±0.12^{a}	2.27±0.12^{a}
T2	7.83±0.55^{f-h}	25.52±0.15^{ef}	6.90±0.30^{a-h}	5.50±0.10^{eh}	54.24±0.63^{bc}	30.73±0.78^{b-h}	0.94±0.00^{g}	2.24±0.03^{a}	2.24±0.03^{a}	7.44±0.14^{a-i}	1±0.00^{a}	2.24±0.03^{a}	2.24±0.03^{a}
T3	8.33±0.06^{cf}	25.81±0.15^{b-f}	6.30±0.20^{b-h}	5.77±0.23^{a-h}	53.79±0.50$_{cd}$	30.33±1.0^{c-h}	0.93±0.01^{c-g}	2.18±0.04^{a}	2.18±0.04^{a}	6.82±0.33^{a-e}	1±0.00^{a}	2.18±0.04^{a}	2.18±0.04^{a}
T4	9.50±0.26^{ab}	25.52±0.15^{ef}	6.70±0.30^{a-h}	4.75±0.45^{h-j}	53.53±0.45^{b-d}	31.63±0.25^{a-g}	0.96±0.01^{a-c}	2.18±0.04^{a}	2.18±0.04^{a}	6.54±0.30^{a-g}	1±0.00^{a}	2.18±0.04^{a}	2.18±0.04^{a}
T5	7.87±0.47^{f-h}	27.63±0.22^{b-f}	6.15±0.05^{b-h}	5.80±0.20^{eh}	52.85±0.15^{d-g}	30.07±0.22^{c-h}	0.96±0.03^{a-e}	2.32±0.02^{a}	2.32±0.02^{a}	5.49±0.15^{c-i}	1±0.00^{a}	2.32±0.02^{a}	2.32±0.02^{a}
T6	9.10±0.73^{bc}	27.19±0.22^{cde}	6.70±0.2^{a-h}	5.03±0.15^{gh}	51.58±0.69^{f-h}	29.47±0.65^{e-h}	0.95±0.01^{c-g}	2.29±0.06^{a}	2.29±0.06^{a}	5.51±0.42^{a-i}	1±0.00^{a}	2.29±0.06^{a}	2.29±0.06^{a}
T7	7.67±0.29^{f-h}	28.73±0.15^{b-f}	3.25±0.35^{e-g}	5.20±0.40^{fh}	55.15±0.55^{ab}	30.00±0.85^{c-h}	0.95±0.01^{a-f}	2.18±0.11^{a}	2.18±0.11^{a}	2.63±0.03^{f-h}	1±0.00^{a}	2.18±0.11^{a}	2.18±0.11^{a}
T8	6.37±0.4^{gh}	32.10±0.03^{a-c}	3.30±0.30^{e-g}	5.50±0.10^{eh}	52.53±0.20^{e-g}	31.20±0.72^{a-g}	0.95±0.01^{c-g}	2.21±0.10^{a}	2.21±0.10^{a}	2.69±0.06^{f-h}	1±0.00^{a}	2.21±0.10^{a}	2.21±0.10^{a}
T9	7.63±0.21^{f-h}	28.73±0.15^{b-f}	3.10±0.20^{e-g}	5.30±0.00^{eh}	55.24±0.24^{ab}	32.97±0.47^{ab}	0.95±0.00^{c-g}	2.25±0.09^{a}	2.25±0.09^{a}	6.79±0.63^{a-g}	1±0.00^{a}	2.25±0.09^{a}	2.25±0.09^{a}
T10	7.03±0.21^{fg}	27.56±0.15^{c-f}	2.75±0.05^{g}	5.20±0.40^{fh}	57.45±0.64^{a}	33.47±0.18^{a}	0.95±0.01^{c-g}	2.29±0.46^{a}	2.29±0.46^{a}	5.75±0.43^{a-g}	1±0.00^{a}	2.29±0.46^{a}	2.29±0.46^{a}
T11	8.10±0.17^{c-f}	39.30±0.22^{a}	3.45±0.25^{b-g}	5.77±0.23^{a-h}	43.38±0.46^{ij}	32.20±0.61^{a-g}	0.95±0.01^{c-g}	2.27±0.09^{a}	2.27±0.09^{a}	8.86±0.50^{ab}	1±0.00^{a}	2.27±0.09^{a}	2.27±0.09^{a}
T12	7.30±0.10^{f-h}	41.45±0.19^{a}	3.05±0.05^{fg}	5.97±0.06^{a-g}	42.23±0.19^{jk}	30.10±0.40^{c-h}	0.96±0.00^{a-d}	2.29±0.16^{a}	2.29±0.16^{a}	10.81±0.84^{a}	1±0.00^{a}	2.29±0.16^{a}	2.29±0.16^{a}
T13	7.93±0.46^{f-g}	32.67±0.29^{a-d}	3.10±0.50^{fg}	5.93±0.38^{a-g}	50.36±0.96^{c-h}	30.20±0.95^{c-h}	0.96±0.01^{a-c}	2.43±0.46^{a}	2.43±0.46^{a}	2.39±0.09^{gh}	1±0.00^{a}	2.43±0.46^{a}	2.43±0.46^{a}
T14	8.43±0.25^{c-f}	33.94±0.09^{ab}	2.75±0.05^{g}	5.37±0.49^{eh}	52.31±0.29^{e-h}	30.77±0.15^{b-h}	0.96±0.01^{a-e}	2.09±0.03^{a}	2.09±0.03^{a}	3.64±0.04^{d-h}	1±0.00^{a}	2.09±0.03^{a}	2.09±0.03^{a}
T15	8.63±0.76^{b-e}	32.77±0.17^{a-d}	2.90±0.10^{fg}	5.07±0.50^{gh}	50.63±0.60^{c-h}	31.07±0.38^{b-g}	0.97±0.01^{a-c}	2.19±0.07^{a}	2.19±0.07^{a}	2.96±0.03^{e-h}	1±0.00^{a}	2.19±0.07^{a}	2.19±0.07^{a}
T16	8.53±0.21^{c-e}	33.02±0.07^{a-c}	2.75±0.15^{g}	5.30±0.10^{eh}	50.30±0.18^{c-h}	30.70±0.95^{b-h}	0.97±0.00^{ab}	2.07±0.01^{a}	2.07±0.01^{a}	2.72±0.14^{f-h}	1±0.00^{a}	2.07±0.01^{a}	2.07±0.01^{a}
T17	8.93±0.15^{b-d}	32.81±0.15^{a-d}	3.60±0.0^{b-g}	5.07±0.40^{gh}	49.19±0.67^{h-k}	30.53±0.21^{c-h}	0.98±0.00^{a}	2.11±0.10^{a}	2.11±0.10^{a}	3.87±0.09^{c-g}	1±0.00^{a}	2.11±0.10^{a}	2.11±0.10^{a}
T18	10.43 ±0.64^{a}	33.54±0.26^{ab}	3.70±0.20^{b-e}	5.33±0.23^{eh}	47.03±0.63^{k-n}	30.80±0.44^{b-h}	0.95±0.01^{c-g}	2.12±0.04^{a}	2.12±0.04^{a}	2.67±0.03^{f-h}	1±0.00^{a}	2.12±0.04^{a}	2.12±0.04^{a}

* (g/100 g muestra)

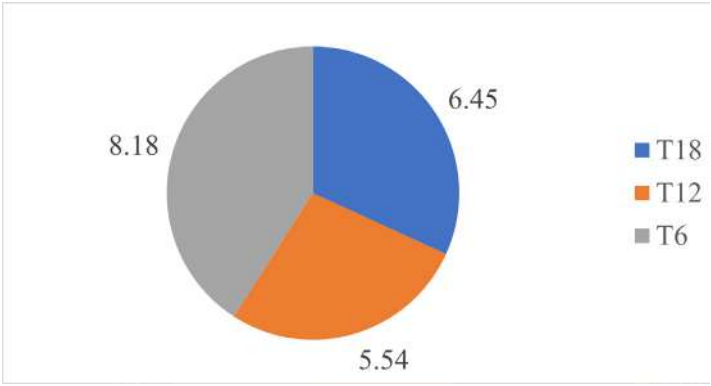
Tabla 25.

Aceptabilidad sensorial del queso vegano con aplicación de diferentes tratamientos.

	Apariencia	Olor	Sabor	Flavor
T6	7.88±2.25^{a}	6.06±1.35^{ab}	6.97±2.34^{a}	6.67±1.49^{a}
T12	8.79±1.68^{a}	7.27±2.01^{b}	5.46±1.69^{a}	5.46±1.59^{a}
T18	9.39±0.50^{a}	7.88±1.68^{a}	6.97±2.77^{a}	6.67±2.67^{a}

Figura 18.

Aceptabilidad global del queso vegano elaborado con los tratamientos seleccionados.



Conclusiones

- De la caracterización de los granos en estado crudo, se determinó que el frejol y haba presentaron el mayor contenido de proteína (26.83; 26.54% respectivamente), mientras que los granos de arveja presentaron el contenido más elevado de fibra (9.13%). Los granos de haba caracterizaron el mayor contenido de almidón y amilosa. Mientras que el mayor contenido de proteína sobresalió en el aislado proteico de chocho (72.81%) y en el análogo de la leche, proveniente de esta misma especie con 14.87 %.
- La formulación apropiada para la obtención de queso vegano, correspondió a la mezcla de granos triturados (arveja, frejol, haba) con el análogo de la leche y aislado proteico de chocho, para ayudaron a formar una red más consistente y firme durante el calentamiento y posterior enfriamiento para alcanzar la textura característica del queso fresco.
- Con base a la caracterización físico-química de las formulaciones aplicadas se determinó que los tratamientos que aportaron con un mayor contenido de proteína fueron: T12 (Fréjol blanco; 1.6% de proteína; 85 C) y T11 (Fréjol blanco; 1.6% de proteína; 75 C) que registraron valores de 41.45 y 39.30%, respectivamente. Un mayor contenido de fibra (6.90 y 6.70%) aportaron los tratamientos T2 (Arveja amarilla; 0% de proteína; 85 C) y T6 (Arveja amarilla; 1.6% de proteína; 85 C). El tratamiento 17 (Haba; 1.6% de proteína; 75 C) presentó la mayor actividad de agua (0.98). En los componentes de la textura (dureza, fracturabilidad, gomosidad y masticabilidad), no se determinaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.
- En los atributos apariencia, sabor y flavor, el queso vegano elaborado con aplicación de los diferentes tratamientos, presentó similar aceptabilidad sensorial. Sin embargo, el producto elaborado con arveja, 1.6 % de aislado proteico de chocho, alcanzó la mayor aceptabilidad global.

Referencias bibliográficas

Cunha, C. R., Dias, A. I., & Viotto, W. H. (2010). Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. Food Research International, 43(3), 723–729. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.11.009

Ferro Horque, R. (2004). Cultivo del Haba. Repositorio.Inia.Gob.Pe, 0(0), 1–52.

Grasso, N., Roos, Y. H., Crowley, S. V., Arendt, E. K., & O'Mahony, J. A. (2021). Composition and physicochemical properties of commercial plant-based block-style products as alternatives to cheese. Future Foods, 4, 100048. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100048

Jaramillo Narváez, E. N. (2022). Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (Pisum sativum), haba (Vicia faba) y frejol. Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Obtenido de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9075

Mariotti, F. (2017). Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention - 1st Edition (Vol. 1). Academic Press. https://www.elsevier.com/books/vegetarian-and-plant-based-diets-in-health- and-disease-prevention/mariotti/978-0-12-803968-7

Mattice, K. D., & Marangoni, A. G. (2020). Physical properties of plant-based cheese products produced with zein. Food Hydrocolloids, 105, 105746. https://doi.org/10.1016/J.Foodhyd.2020.105746

Miranda-Villa, P. P., Marrugo-Ligardo, Y. A., & Montero-Castillo, P. M. (2013a). Caracterización funcional del almidón de fríjol Zaragoza (Phaseolus Lunatus L.) y cuantificación de su almidón resistente. TecnoLógicas, 30, 17. https://doi.org/10.22430/22565337.80

Morales, J. J., Restrepo, D., & Acevedo, D. (2012). Propiedades funcionales de aislados proteicos de leguminosas. ReCiTeIA., 11(2), 23–30. https://books.google.com.ec/books/about/Propiedades_funcionales_de_aislados_prot.html?id=-Z1IElz4U6sC&redir_esc=y%0Ahttps://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=-Z1IElz4U6sC&oi=fnd&pg=PA23&dq=concentrados+y+aislados+proteicos+leguminosas&ots=Bu9pFZwsJ5&

Murillo, Á., Peralta, E., Mazón Nelson, & Pinzón Jose (2004). INIAP 425 Blanco "Fanesquero" Variedad mejorada de fréjol arbustivo para consumo en grano tierno.

Peralta, E., Murillo, Á., Minchala, L., & Pinzón, J. (1997). Variedades mejoradas de arveja (Pisum sativum L.) de tipo decumbente para la sierra ecuatoriana. In Estación Experimental: E.E. Santa Catalina. http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf

Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). Métodos sensoriales básicos: Para el análisis de alimentos. 184. https://www.academia.edu/5193414/Métodos_sensoriales_básicos_para_la_e valuación_de_alimentos

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

6

Capítulo

Influencia de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Yuca (*Manihot esculenta*) en la Elaboración de Pastas con Adición de Extractos Vegetales

AUTORES: Martha Guadalupe Zárate Santana; Vicente Alberto Guerrón Troya

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Influencia de la Sustitución Parcial de Harina de Trigo por Harina de Yuca *(Manihot esculenta)* en la Elaboración de Pastas con Adición de Extractos Vegetales

Influence of the Partial Substitution of Wheat Flour by Cassava Flour (*Manihot esculenta*) in the Elaboration of Pasta with the Addition of Vegetable Extracts

Resumen

La yuca forma parte fundamental en la alimentación de las familias ecuatorianas, es utilizada principalmente como fuente de energía. El objetivo de este estudio fue utilizar los rechazos de este tubérculo al venderse, esto debido a ciertas características físicas que establecen los compradores, para transformarlos en harina de yuca y evaluar la influencia de la sustitución parcial de dicha harina en la elaboración de pastas con adición de extractos vegetales. Se estableció un diseño experimental con arreglo factorial AxB, Factor A: Relación de harina de yuca/harina de trigo (15%:85% - 30%:70% - 45%:55%) y Factor B: Polvo de vegetales. Se realizó una caracterización físico química evaluando porcentajes de humedad, proteína, ceniza, acidez y el análisis sensorial utilizando el método discriminativo y la prueba de perfil de sabor. El contenido de humedad varía desde 2,43% hasta 0,97% de acuerdo a la incidencia de la formulación, a mayor adición de Harina de Yuca el nivel de proteína se reduce (11,26% - 9,92%), a mayor adición de Harina de Yuca (45%) el contenido de ceniza aumenta (4,50% - 4,76%), el T6: 45%HY+55%HT+T fue el mejor tratamiento de acuerdo a dicha caracterización, mientras que el mejor tratamiento de acuerdo al análisis sensorial fue T5: 45%HY+55%HT+R donde el olor, textura y pegajosidad influyó en la aceptación general, se realizó el análisis microbiológico al T5 por su aceptación directa con el consumidor y características de calidad en algunos parámetros establecidos obteniendo ausencia en Salmonella y 1,6 x 102 en el recuento de Mohos y Levaduras.

Palabras claves: Levaduras, Harina, Trigo, Yuca, Pastas.

Abstract

Cassava is a fundamental part of Ecuadorian families' diet, primarily used as an energy source. The objective of this study was to utilize the rejects of this tuber when sold, due to certain physical characteristics established by buyers, to transform them into cassava flour and evaluate the influence of the partial substitution of this flour in the elaboration of pasta with the addition of vegetable extracts. An experimental design was established with a factorial arrangement AxB, Factor A: Ratio of cassava flour/wheat flour (15%:85% - 30%:70% - 45%:55%) and Factor B: Vegetable powder. A physicochemical characteriza-

tion was carried out, evaluating percentages of moisture, protein, ash, acidity, and sensory analysis using the discriminative method and the flavor profile test. The moisture content varies from 2.43% to 0.97% according to the incidence of the formulation, as the addition of Cassava Flour increases, the protein level decreases (11.26% - 9.92%), with a higher addition of Cassava Flour (45%), the ash content increases (4.50% - 4.76%), T6: 45%HY+55%HT+T was the best treatment according to this characterization, while the best treatment according to the sensory analysis was T5: 45%HY+55%HT+R where the smell, texture and stickiness influenced the overall acceptance, a microbiological analysis was performed on T5 due to its direct acceptance by the consumer and quality characteristics in some established parameters obtaining absence in Salmonella and 1.6 x 102 in the count of Molds and Yeasts.

Keywords: Yeasts, Flour, Wheat, Cassava, Pasta.

Introducción

Actualmente en el Ecuador, la yuca (*Manihot esculenta*) es producida en varias provincias del país, formando parte principal de la alimentación de las familias que se dedican a su producción. Al ser un cultivo de ciclo corto posee ciertas características que facilitan sus procesos agronómicos puesto a que esta raíz además de tener un alto contenido de nutrientes, es tolerante a sequías, plagas y algunas enfermedades producidas por bacterias, hongos y virus provenientes del cultivo. Según INIAP (2020) el índice de producción de la yuca es de 21,3 toneladas por hectárea; mientras que el volumen de desperdicio es del 25% aproximadamente ya que este depende de los costos establecidos en el mercado de acuerdo a la temporada de cosecha. Este tubérculo es fuente principal de carbohidratos ideal para la elaboración de harinas, además posee vitaminas del grupo B y algunos minerales como hierro, magnesio y calcio. Por su composición, la yuca es un aliado en las dietas alimenticias de personas que buscan reducir peso por su bajo contenido en grasas, por sus efectos depurativos y desintoxicantes.

La yuca al ser escogida para su venta es desperdiciada en gran cantidad en el campo ya que al no obtener precios justos por este sembrío los agricultores prefieren no venderla, durante la investigación se detectó que no existe un método que permita dar valor agregado en la elaboración de subproductos de la misma con el fin de reducir los desperdicios generados. La presente investigación pretende elaborar harina de yuca para posteriormente analizar la sustitución parcial de harina de trigo por harina de yuca en la elaboración

de pastas adicionadas con extractos vegetales; con el objetivo de obtener fideos instantáneos que aporten características nutricionales, organolépticas y de alto rendimiento. A su vez, se propone una alternativa de consumo saludable mejorando la calidad de vida de sus consumidores y productores de la materia prima.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, pretende comprobar la hipótesis de la investigación y recolectar datos numéricos mediante la elaboración de análisis físico químicos y microbiológicos de los fideos. Para el proceso experimental, se generó un registro en Excel para analizarlos en el software estadístico InfoStat; dicho proceso se realizó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus "La María" en el Taller de Agroalimentos.

Materiales y métodos

Datos de la Investigación

Se realizó un tipo de investigación experimental, descriptiva y exploratoria, procurando analizar el efecto producido por la acción de las variables independientes sobre las variables dependientes; de esta manera, se pretende comprobar el comportamiento de la sustitución de harinas en la elaboración de pasta. La materia prima se obtuvo de la Finca "Minerva" perteneciente al recinto Pisce del Tarro, los análisis físico químicos se realizaron en el Laboratorio "AGROLAB" en Santo Domingo de los Tsáchilas, los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de la Finca Experimental "La María" perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, mientras que el análisis sensorial se realizó a estudiantes semi entrenados de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad antes mencionada.

Obtención de Harina de Yuca

Este proceso se llevó a cabo con aproximadamente una semana de duración en la que se utilizó un deshidratador y un molino para su obtención. Durante la recepción, se escogió raíces de yuca fresca libre de daños y apta para el consumo, se lavó con abundante agua para eliminar el exceso de tierra de las mismas. En el descascarado, se separó la cáscara externa de la pulpa, además de eliminar residuos de hojas provenientes del tubérculo para posteriormente pesar, seguido se extrajo la parte interna de la yuca, xilemas y fibras para laminar con un grosor aproximado de 2mm. En el deshidratador se colocó la yuca laminada a 70°C por 10 horas, concluido este lapso se molió hasta obtener una textura fina para almacenar en fundas ziploc hasta obtener la cantidad necesaria para el proceso de la pasta.

Análisis de características físico químicas de la harina de yuca

Los análisis físico-químico fueron realizados bajo la Norma Técnica Ecuatoriana INEN de harinas de origen vegetal de acuerdo a cada parámetro establecido (Humedad, Ceniza, Proteína, Acidez, Fibra y Grasa).

Obtención de Polvo de Vegetales

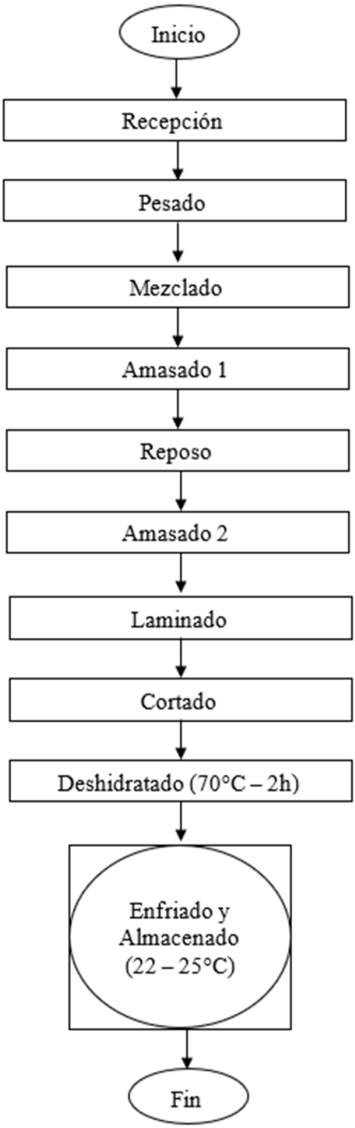
Para este proceso, se utilizó tomates y remolachas ya que serían los encargados de dar el color característico a la pasta además de presentar su contenido carotenoides, proteína y vitamina C. Durante la recepción, se seleccionó remolachas y tomates de buena calidad, es decir sin magulladuras, cortes u otra impureza presente en los vegetales para posteriormente extraer la corteza y realizar el laminado de aproximadamente 2mm de grosor. En el deshidratado se extendió las láminas de tomate y remolacha en las bandejas del deshidratador por un lapso de 10 horas a 70°C. En la licuadora se trituró hasta obtener un polvo fino sin gránulos para envasar en frascos de plásticos para su posterior uso.

Elaboración de Pasta

Para este proceso se utilizó harina de yuca, harina de trigo, polvos de vegetales deshidratados (tomate y remolacha), sal, agua y como conservante benzoato de sodio; de acuerdo a la formulación se establecen las cantidades indicadas de los insumos para mezclar y posteriormente realizar el primer amasado (15min), se deja reposar por 20 minutos y se realiza el segundo amasado estirando la masa hasta obtener un grosor de aproximadamente 3 mm, posteriormente se lamina y se corta para deshidratar por un lapso de 2 horas a 70°C.

Figura 19.

Diagrama de procesos de elaboración de pasta.



Análisis de características físico químicas y microbiológicas de la pasta

Los análisis físico químicos realizados a los fideos instantáneos se establecen de acuerdo a los métodos descritos en la NTE INEN 1375:2000 PASTAS ALIMENTICIAS numeral 6.1. Requisitos específicos y 6.2. Requisitos microbiológicos y en la NTE INEN 2318:2008 FIDEOS INSTANTÁNEOS. REQUISITOS.

Formulación

En base a la investigación se establece la formulación general de la pasta (Tabla 26).

Tabla 26.

Formulación general de la pasta.

Formulación	Porcentaje (%)	Gramos (g)
Harinas de yuca y trigo	63	630
Agua	32	320
Sal	2,5	25
Benzoato de sodio	0,1	1
Polvo de vegetales	2,40	24
TOTAL	100	1000

Diseño experimental

La investigación es de carácter experimental, permite identificar y cuantificar las causas del efecto que tiene la harina de yuca en la sustitución parcial para la elaboración de pastas con adición de extractos vegetales. Se aplicará un diseño factorial A x B: porcentajes de harina de trigo y yuca (%); extracto de remolacha y tomate, para cada tratamiento se realizarán 3 repeticiones. En la Tabla 27 se detallan los factores en estudio para dicho experimento.

Tabla 27.

Factores en estudio.

Factores en estudio	Nivel de factores	Descripción
Relación de harina de yuca / harina de trigo	A_0	15%Harina de Yuca; 85%Harina de Trigo
	A_1	30% Harina de Yuca; 70% Harina de Trigo
	A_2	45%Harina de Yuca; 55% Harina de Trigo
Polvo de vegetales	B_0	Remolacha
	B_1	Tomate

Porcentaje de hinchamiento

El porcentaje, índice o tasa de hinchamiento de las pastas se relaciona con las características de absorción de agua que posee el almidón. Este se calculó mediante la ecuación 1.

$$\%\,de\,hinchamiento = \frac{Peso\,de\,la\,pasta\,cocida - Peso\,de\,la\,pasta\,seca}{Peso\,de\,la\,pasta\,seca} \quad (1)$$

Evaluación sensorial de la pasta

La pasta elaborada con sustitución parcial de harina de yuca por harina de trigo fue sometida a una evaluación sensorial y de aceptabilidad. La técnica utilizada en la preparación de las muestras fue calentar agua hasta que llegue a su punto de ebullición (100°C), apagar y colocar cada tratamiento respectivamente por un lapso de 3 minutos, escurrir las muestras, enfriar y agregar en los envases para su degustación.

Prueba de aceptación o rechazo

Se seleccionaron 16 estudiantes semientrenados de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo de la carrera Ingeniería en Alimentos, ya que han adquirido experiencia en realizar pruebas discriminativas sencillas, se realizó el análisis de las 18 unidades experimentales (6 tratamientos + 3 repeticiones) con una ficha en la que se busca determinar la aceptabilidad o rechazo del color, olor, sabor, textura, pegajosidad y aceptabilidad respectivamente.

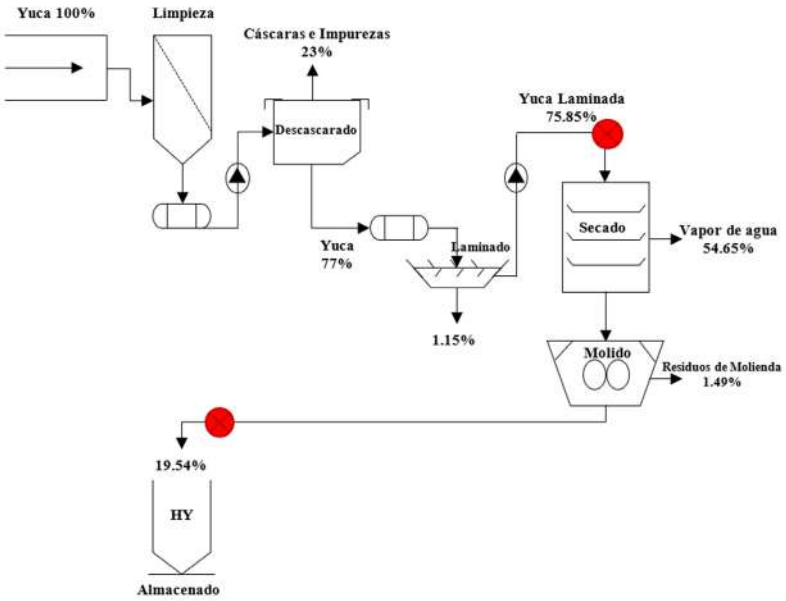
Resultados

Balance de materia del proceso de obtención de harina de yuca

Para la obtención de harina se utilizó 17.40 kg (100%) de yuca fresca, en el descascarado, se quitó la cascara externa, algunas impurezas (23%), los xilemas y fibras, en el laminado se perdió aproximadamente el 1.15% de residuos de pulpa. Al proceso de deshidratación ingresaron 13.20kg (75.85%) de yuca laminada, esta operación se realizó por paradas de proceso, cada una con una duración aproximada de 10 horas. En este proceso se perdió 9.51kg de agua (54.65%).

Figura 20.

Balance de materia de obtención de harina de yuca.



Rendimiento del proceso de obtención de harina de yuca

El rendimiento del proceso fue de 19.54% y se lo obtuvo aplicando la Ecuación 2.

$$R = \frac{Pf}{Pi} x100 \qquad (2)$$

Análisis bromatológico de la harina de yuca

De acuerdo a la Tabla 28. Análisis Bromatológico de la Harina de Yuca los valores promedios de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra se encuentran dentro de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2786 2013 – 11, donde la proteína y la fibra son considerados importantes para el desarrollo de derivados alimenticios; similares resultados fueron reportados en la investigación de Techeira et al (2014) donde se realiza una caracterización fisicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca.

Tabla 28.

Resultados del análisis bromatológico de la harina de yuca.

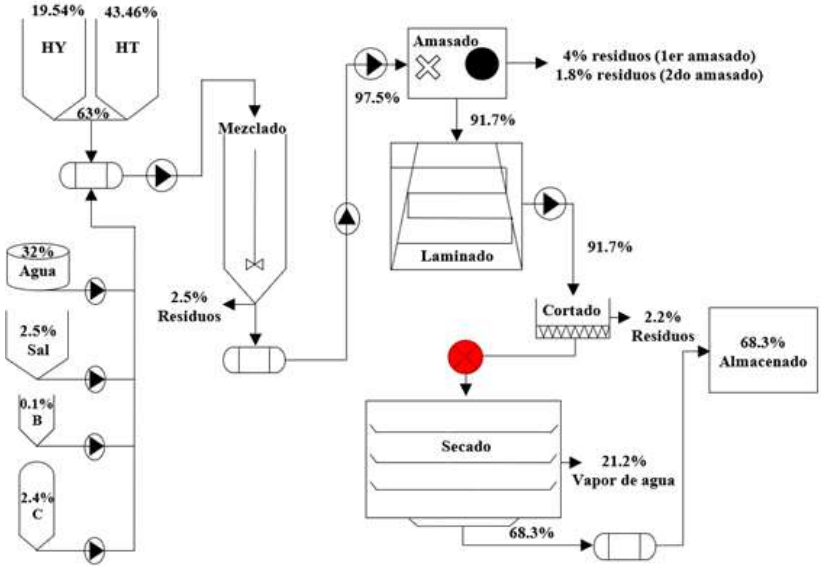
Variable	Composición	INEN 2786 2013 – 11
Humedad (%)	7,01	13.0%
Proteína (%)	1,60	10.0%
Extracto etéreo (%)	1,45	-
Ceniza (%)	2,59	3.0%
Fibra (%)	5,77	2.0%

Balance de materia del proceso de elaboración de pasta

Se realizó al mejor tratamiento utilizando 1kg del total de sus ingredientes: 63% harinas, 32% agua, 2,5% sal, 0,1% benzoato, 2,4% colorante (polvo de remolacha), obteniendo como producto seco final 683g.

Figura 21.

Balance de materia de elaboración de pasta.

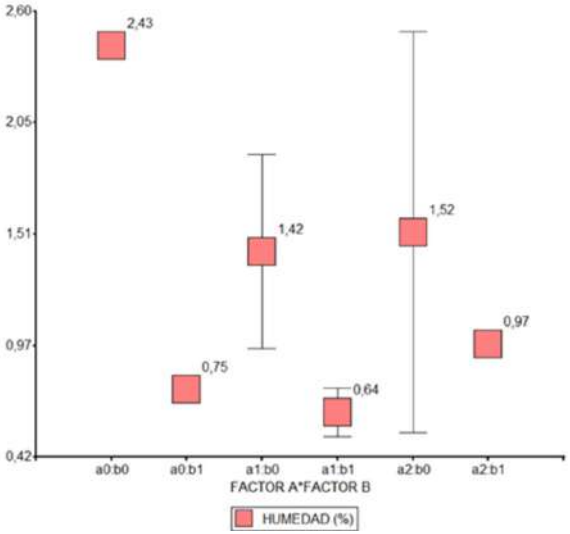


Análisis bromatológico de la pasta

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el análisis estadístico se determinó que la humedad (Figura 22) no presentó diferencias significativas para el factor A; es decir que la relación Harina de trigo y yuca no afecta al contenido de humedad de las pastas obtenidas; en relación a la investigación realizada por Agua Vera, K. A (2020) en la que se determinó la humedad a fideos elaborados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote y extracto de zanahoria obteniendo humedad de 4,9 este valor es relativamente alto en comparación con los valores de la presente investigación, pero tomando en cuenta que se adicionó otro tipo de harina como sustituto por ende la cantidad de humedad varía y de acuerdo a la norma el nivel máximo de humedad permitido es 14,0 esto nos indica que se obtuvo una pasta alimenticia con un porcentaje de humedad adecuado para los consumidores.

Figura 22.

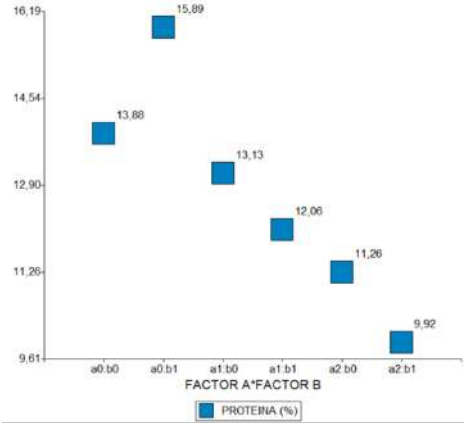
Interacción de factores variable humedad.



En relación a la variable proteína (Figura 23) a mayor adición de Harina de Yuca el valor de la proteína de la pasta se reduce, esto debido a la escasa cantidad en este tubérculo y que de acuerdo a la investigación realizada por Coral & Gallegos (2015) en la que determinan los niveles de proteína de yuca obtenida de diferentes lugares como el Mercado Mayorista, Mercado San Roque, Mercado Ofelia y el Supermaxi siendo estos desde 0,38 hasta 0,81% de dicha variable.

Figura 23.

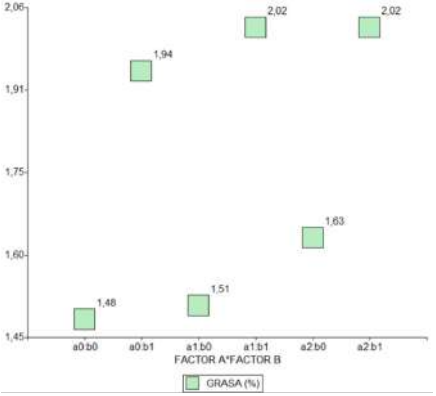
Interacción de la variable proteína.



En la variable grasa (Figura 24) se puede determinar que existe diferencia significativa en el Factor A, obteniendo como valor más alto 1,83 esto determina hipotéticamente que al disminuir la sustitución de harina de trigo por harina de yuca el contenido de grasa se incrementa. Estos valores se asemejan a la investigación realizada por Raquel (2014) en la que determina las características fisicoquímicas de fideos enriquecidos con harina de frijol de palo y pigmentado con harina de zapallo estableciendo que la adición de componentes nutricionales influye directamente en dicha composición.

Figura 24.

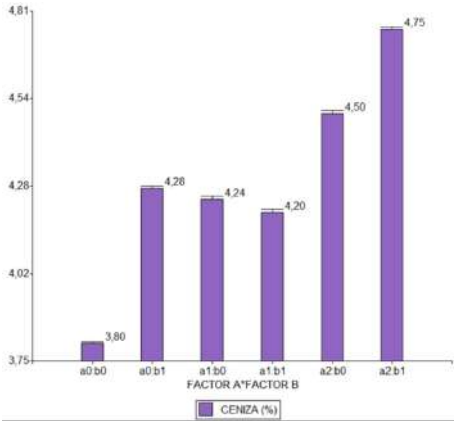
Interacción de la variable grasa.



En la Figura 25 de la variable ceniza, existe diferencia significativa en el Factor A; tomando en consideración que al disminuir la adición de harina de trigo y aumentar la adición de harina de yuca el valor de ceniza aumenta esto podría deberse a los compuestos cianogénicos que contiene la yuca de esta manera se determina en un estudio realizado por Abidin et al (2013) en la que se realiza una comparación de la composición de harina de yuca y harina de trigo para la elaboración de fideos húmedos a base de dicha harina, hipotéticamente se establece que la harina de yuca presenta mayor contenido de minerales porque en su composición presenta almidón, resultados detallados se observan en la investigación de Engelen et al (2020) en la que elaboran tallarines secos a base de harina y almidón de yuca, dentro de la que se afirma que en base a la opinión de Faza (2007) cuanto más harina de yuca se adicione, el contenido de ceniza aumenta esto debido al 0,2% de contenido de minerales de dicha harina.

Figura 25.

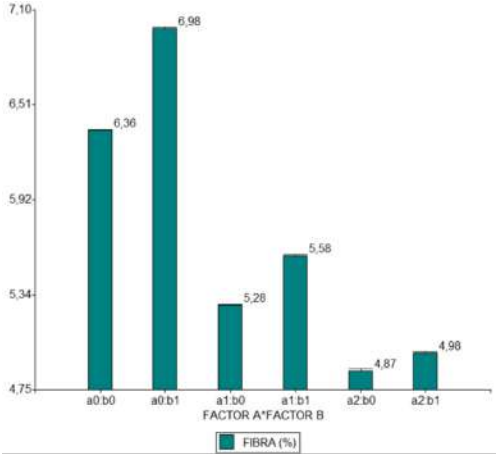
Interacción de la variable ceniza.



En relación a los resultados obtenidos de la variable fibra (Figura 26) se determina que existe diferencia significativa en el Factor A, se observa que, a mayor incidencia en la adición de harina de trigo, incrementa el contenido de fibra. Mientras que, en el Factor B el contenido de fibra del Polvo de Tomate (5,85) es mayor al contenido de fibra del Polvo de Remolacha (5,50). Similares resultados se encontraron en la investigación de Ajibola & Olapade, (2021) en la que establecen la composición química, factores anti nutricionales y propiedades pastosas de las mezclas de harina de yuca y ñame africano para la preparación de fideos obteniendo valores de fibra de 5,09.

Figura 26.

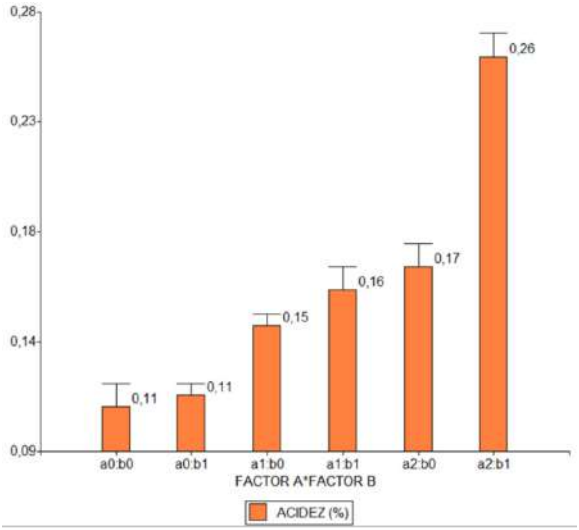
Interacción de la variable fibra.



En la variable acidez (Figura 27), se determinó que existe diferencia significativa en el Factor A ya que a mayor adición de harina de trigo el índice de acidez aumenta, según Castaño-Carvajal et al., (2019) en productos de molinería la acidez, se atribuye a la presencia de fosfatos ácidos y pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, como el láctico y el fórmico. En el factor B existe diferencia significativa teniendo en el Polvo de Remolacha (0,14) y en el Polvo de Tomate (0,18). Además, existe diferencia significativa en la Interacción A*B, teniendo una notable diferencia en el tratamiento a2b1 (0,26) pero de acuerdo a la norma INEN 1375:2000 cumple con lo especificado que establece como valor máximo 0,45%. En comparación con los resultados de la investigación de Castaño-Carvajal et al (2019) donde elaboran productos tipo tallarín libres de gluten y evalúan sus propiedades fisicoquímicas obtienen acidez de 0,09 esto varía por la adición de ingredientes de cada investigación.

Figura 27.

Interacción de la variable acidez.



Parámetros físicos de calidad de la pasta

La tasa de hinchamiento de la pasta está relacionada con la capacidad de absorción de agua del almidón, durante la cocción los gránulos de almidón absorben agua lo que significa que aumenta el volumen del producto, como se observa en la Tabla 4 a mayor sustitución de harina de yuca por harina de trigo y adición de polvo de remolacha (T1, T3, T5) debido a la composición en almidón de la yuca el tiempo óptimo de cocción disminuye y su tasa de hinchamiento aumenta.

Tabla 29.

Parámetros físicos de calidad de la pasta.

Tratamientos	Tiempo óptimo de cocción (min)	Tasa de hinchamiento (%)
T1	3,00	86,56
T2	3,00	80,83
T3	3,33	80,00
T4	3,33	79,17
T5	3,67	96,06
T6	3,67	93,33

Según Vivanco et al (2018) en su investigación Cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo y almidón de frutipan (Artocarpus altilis) determinó que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de harina de trigo por almidón nativo de fruta de pan el tiempo óptimo de cocción disminuye y su grado de hinchamiento incrementa; de esta forma se observan valores de 69.09, 62.93, 84.19 y 82.06 de acuerdo a lo evaluado.

Análisis Sensorial

En el análisis sensorial que se utilizó para evaluar las características hedónicas y sensoriales de la pasta, además de determinar el mejor tratamiento se observa que por su adición de polvo de vegetales (remolacha y tomate) el tratamiento A0B0, A1B0, A2B0 tomaron el color característico del polvo de remolacha adicionado, mientras que el tratamiento A0B1 y A1B1 demostraron similitud en la apariencia de su color (Albaricoque) y el tratamiento A2B1 por el porcentaje de adición de harina de yuca su color se torna más pálido.

Análisis microbiológico

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de lo establecido en la NTE INEN 1375:2000 PASTAS ALIMENTICIAS O FIDEOS. REQUISITOS numerales 6.2 en las que se establecen los parámetros que se debe cumplir las pastas, teniendo en el recuento de Mohos y Levaduras 5.0 x 102 y ausencia en Detección de Salmonella.

Similares resultados fueron descritos por Castaño-Carvajal et al (2019) en su investigación Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas en la que se visualiza ausencia en la detección de Salmonella y 2.300UFC/g en el recuento de Mohos y Levaduras.

Tabla 30.

Análisis microbiológico.

Parámetro	Resultado	Método de Ensayo
Recuento de Mohos y Levaduras	$1{,}6 \times 10^2$	NTE INEN 1529-10
Detección de Salmonella	Ausencia	NTE INEN 1529-15

Conclusiones

De acuerdo al análisis físico químicos realizados a la harina se determinó que se encuentra dentro de los parámetros establecidos de acuerdo a la normativa ya antes mencionada, de esta manera se estableció que el producto elaborado es apto para el proceso de elaboración de pasta. Además, mediante la evaluación de la incidencia de las características fisicoquímicas a los diferentes porcentajes de sustitución de harina se sitúa al T6: 45% Harina de Yuca + 55% Harina de Trigo + Tomate como mejor tratamiento de acuerdo a las variables evaluadas H:0.97%, P: 9.92%, C: 4.76% A: 0.26%, mientras que el análisis sensorial determinó que el T5: 45% Harina de Yuca + 55% Harina de Trigo + Remolacha expresó mejor valoración de acuerdo a los consumidores y considerando los requisitos microbiológicos realizados al mejor tratamiento se determinó que existe ausencia en Salmonella y 1,6 x 102 en el recuento de Mohos y Levaduras, de acuerdo a la normativa para pastas alimenticias cumple con los parámetros establecidos denotando uso adecuado de buenas prácticas de manipulación e higiene en la elaboración.

Para futuras investigaciones se recomienda ampliar el estudio de la composición nutricional de diversas variedades de yuca cultivadas en las regiones de nuestro país, pues debido a las condiciones ambientales su proceso de deshidratado y mezclado con otras harinas puede interferir en el producto final, además de realizar un análisis de los compuestos cianogénicos de la yuca para la elaboración de pasta pues esta determinará si es apta para el consumo humano. Por otra parte, es necesario realizar un estudio para la preservación del color del tomate durante el proceso de deshidratación pues este al tener contacto con altas temperaturas modifica su color rojo característico y acerca de sus componentes ya que su adición hace que su amasado sea más forzado que con el polvo de remolacha.

Evaluar si existe la posibilidad de sustituir totalmente la harina de trigo por harina de yuca con adición de un componente vegetal o químico que permita la compactación de su masa además de adicionar una característica nutricional al producto final; esto con el fin de obtener un producto apto para personas que padecen de enfermedades como la celiaquía que es una reacción inmunológica ante la ingesta de gluten.

Referencias bibliográficas

Abidin, A. Z., Devi, C., & Adeline. (2013). Development of wet noodles based on cassava flour. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, *45 B*(1), 97–111. https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2013.45.1.7

Agua Vera, K. A. (2020). *Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (genus triticum) por harina de camote (ipomoea batatas) y extracto de zanahoria (Daucus carota).* Universidad Agraria del Ecuador.

Ajibola, G. O., & Olapade, A. A. (2021). Chemical Composition, Anti-Nutritional Factors and Pasting Properties of Cassava-African Yam Bean Flour Blends for Noodle Preparation. *International Journal of Food Studies*, *10*, SI1–SI13. https://doi.org/10.7455/ijfs/10.SI.2021.a1

Castaño-Carvajal, M. F., Correa-Giraldo, D., & Agudelo-Laverde, L. M. (2019). Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *22*(1). https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1194

Coral, V., & Gallegos, R. (2015). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho. *InfoAnalítica*, *3*(1).

Engelen, A., Rahman, R. A., & Mutsyahidan, A. M. A. (2020). Making dry noodles made from cassava flour (*manihot esculenta* crantz) and cassava starch. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, *8*(2). https://doi.org/10.30869/jtech.v8i2.616Faza, F. (2007). *Reduce flour imports with mocaf.*

INIAP. (2020). *Variedad de yuca P-652 "La Rendidora". Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.*

Raquel, E. T. (2014). Elaboración de fideos enriquecida con harina de frijol de palo (cajanus cajan linneo) pigmentado con harina de zapallo (Cucúrbita máxima). In *Universidad Nacional Agraria de la selva*.

Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica , funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* crantz), batata (Ipomoea batatas lam) y ñame (Dioscorea alata), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, *39*(3).Vivanco, E., Martínez, E., Farías, M., Martínez, D., Zaragocín, R., Mackliff, C., & Sánchez, J. (2018). Cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo y almidón de frutipan (Artocarpus altilis). *Revista de Investigación Talentos*, *5*(2), 12–16. https://doi.org/10.33789/talentos.5.79

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

7

Capítulo

Efecto de la ultrafiltración del jugo de naranja *(Citrus sinensis)*

AUTORES: Jessica Leonor Hidalgo Ortiz; Clara Elena Villacrés Poveda; Zoila Eliana Zambrano Ochoa

MAWIL
Publicaciones Impresas y Digitales

Efecto de la ultrafiltración del jugo de naranja *(Citrus sinensis)*

Effect of orange juice *(Citrus sinensis)* ultrafiltration

Resumen

El jugo de naranja es uno de lo más consumidos a nivel mundial, el cual al ser industrializado pierde una gran cantidad de componentes termosensibles, el objetivo de la presente investigación fue el uso de tecnologías alternativas, como es la ultrafiltración mediante una membrana espiral, que permite reemplazar los tratamientos térmicos y el uso de aditivos químicos que se emplean actualmente en la industria alimentaria de jugos y bebidas; para evaluar su efecto en las características organolépticas, físicas, químicas y nutricionales del producto obtenido permitiendo un mejor aprovechamiento de los compuestos termosensibles. Algunos de estos componentes son las vitaminas, enzimas y compuestos fenólicos. Como resultado del efecto de la técnica de ultrafiltración utilizada se determinó que el producto permeado conservo gran parte de sus características lo más cercanas posibles a las del jugo de naranja natural, con un bajo contenido de solidos solubles, con una baja turbidez y de color atractivo para los consumidores, brindando una alternativa de industrialización de la naranja, para aprovechar esta materia prima en la época de mayor producción en Ecuador que son los meses de junio a noviembre y poder comercializar el jugo de naranja ultrafiltrado en todas las épocas del año.

Palabras Clave: Jugo de naranja, ultrafiltración, natural, permeado, retenido.

Abstract

Orange juice is one of the most consumed beverages worldwide. When industrialized, it loses a significant amount of heat-sensitive components. The objective of this research was to use alternative technologies, such as spiral membrane ultrafiltration, to replace the thermal treatments and chemical additives currently used in the food industry for juices and beverages; to evaluate its effect on the organoleptic, physical, chemical, and nutritional characteristics of the obtained product, allowing for better utilization of heat-sensitive compounds. Some of these components include vitamins, enzymes, and phenolic compounds. As a result of the effect of the ultrafiltration technique used, it was determined that the permeate product retained most of its characteristics as close as possible to those of natural orange juice, with a low content of soluble solids, low turbidity, and an attractive color for consumers, providing an alternative for the industrialization of oranges, to take advantage of this raw material during the peak production season in Ecuador, which is from June to November, and to be able to market the ultrafiltered orange juice throughout the year.

Keywords: Orange juice, ultrafiltration, natural, permeate, retained.

Introducción

La naranja es un alimento de bajo valor calórico y poco contenido de grasa (Moreiras, Ávila Torres, Ruiz Moreno, Rodríguez Alonso, & Valero Gaspar, 2009). Las características nutricionales y los parámetros físico químicos y organolépticos varían notablemente cuando se consume el jugo en forma natural, a comparación del consumo del jugo de la fruta ya industrializado, en el cual bajan los nutrientes, situación por la cual se recomienda tomarlo recién exprimido (Schvab, Ferreyra , Gerard, & Davies, 2013).

Las sustancias volátiles que poseen las frutas son las responsables de proporcionar a los jugos nutrientes y características sensoriales propias de cada fruta, las cuales son muy sensibles al calor por lo que se pierden en los procesos de industrialización, porque se deterioran irreversiblemente. Los productos obtenidos con la aplicación de tecnología de membranas poseen mejores características, porque se realizan en frio o a temperaturas moderadas, que no afectan a los componentes termosensibles, además que la remoción de agua no necesita consumo energético porque no es necesario un cambio de fase a comparación de los procesos sin membranas lo cual ayuda a incrementar la seguridad de algunos alimentos sin la necesidad de emplear un tratamiento térmico y un ahorro de tiempo.

El jugo clarificado mediante el uso de membrana tiene una baja turbidez por medio del uso de métodos físicos o químicos adecuados, el más empleado en la industria alimentaria es la clarificación por membranas, por el ahorro de tiempo, y otra razón de su uso es que ayuda a incrementar la seguridad de algunos alimentos sin la necesidad de emplear un tratamiento térmico.

La presente investigación busca dar una solución tanto a los productores de naranja del Ecuador y a la industria alimentaria, para aprovechar las materias primas en la elaboración de jugos con mejores características sensoriales y nutritivas.

Materiales y métodos

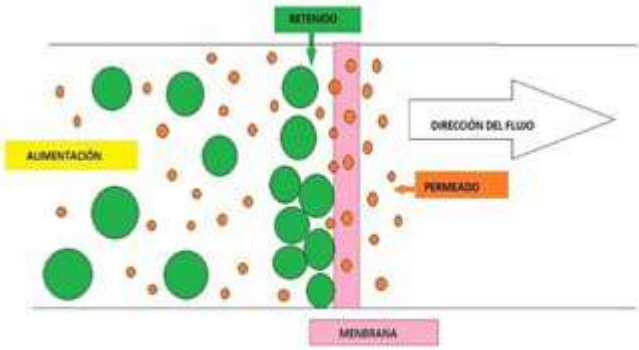
La investigación fue experimental pues se evaluaron los efectos de dos factores controlables (presión de trabajo y velocidad de alimentación) sobre las variables de respuestas cuantitativas del jugo de naranja fresco, el permeado y el retenido con lo cual cumple con lo manifestado por Rojas Cairampoma (2015) quien indica que una investigación experimental se basa en la comprobación de

la hipótesis mediante el planteamiento de variables independientes que influyen sobre la unidad experimental que permite registrar las variables medibles y cuantificables.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, pues se fundamentó en la medición de los componentes físicos, químicos y funcionales del jugo de naranja y de los productos resultantes obtenidos de la ultrafiltración (permeado y retenido) y cualitativo pues permite establecer una comparación y evaluar la diferencia antes y después del proceso de ultrafiltración empleado, se establecieron los procedimientos para la comprobación de la hipótesis y objetivos mediante la experimentación.

Figura 28.

Elementos de la microfiltración: el retino y el permeado.



La investigación fue realizada en el Área de Investigación y Desarrollo de Productos y Procesos II (Departamento de Nutrición y Calidad) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la Estación experimental Santa Catalina, ubicada en Panamericana Sur Km. 1, sector Cutuglagua, cantón Mejía, Pichincha, Ecuador; en el cual se empleó la observación, la medición de variables y la recolección de información para su comparación con resultados obtenidos, estas técnicas e instrumentos que fueron empleados son procedimientos y actividades que permitieron a los investigadores obtener información que ayudó a dar respuesta a la hipótesis, por lo cual estos fueron confiables y objetivos (Sánchez, Fernández, & Diaz, 2021).

Como materia prima se utilizó el jugo de naranja, obtenido de exprimir la fruta fresca, pre filtrado por un tamiz antes de su filtración a través de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión con poros de 0.10 micras con un esquema de filtración tangencial.

Se empleó el equipo de ultrafiltración y la membrana con las siguientes características técnicas como se indica en "*Tabla 1*", "*Tabla 2*" y "*Tabla 3*"

Tabla 31.

Características de la carcasa de la membrana.

Parámetro	Descripción
Tipo de membrana	Espiral
Área activa de la membrana	Variable (1-5ft2)
Marca	Sterlitech
Modelo	1812-SS316-1180166
Presión máxima	60Bar
Temperatura máxima	200°C o 400 °F
Material	Viton (otros materiales disponibles)
Rango de pH	Dependiente de la membrana
Velocidad de flujo transversal	Variable
Longitud del tubo	374.6mm (14.75 pulgadas)
Identificación del tubo	48 mm (1.88 pulgadas)
Conexión de entrada /salida/permeado	9.3 mm (0.365 pulgadas)

Fuente: *Manual de la carcasa de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión*

Tabla 32.

Características del equipo de Ultrafiltración.

Parámetro	Descripción
Escala del producto de filtración	Investigación
Marca	Sterlitech
Soporte de fibra	1812-Hp
Área activa de la membrana	027-046m (3-5pies^3)
Flujo de permeado típico	30-300 LMH (17.6-176GFD)
Caudal típico de permeado por celda	350-2300ml/min
Capacidad del sistema	194-1.940L/gal (51-510GPD)
Volumen mínimo por lote (por celda)	15L (4 gal)
Capacidad máxima de la bomba	6.8-38 LPM (76 bar) 1,8-10 GPM (1,100 psi)
Material celular	SS316

Presión máxima de funcionamiento	Estándar:41 4bar (600psi) Alta presión 60 bar (870 psi)
Modo de filtración	Flujo cruzado

Fuente: *Manual de la carcasa de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión*

Tabla 33.

Características de la membrana de ultrafiltración.

Parámetro	Descripción
Material de construcción(polímero)	PVDF (Fluoruro de polivinilideno)
Tipo de membrana	Espiral
Producto	1812-TM10-31
Serie	593247
Fabricante	Trisep
pH	2-11
Diámetro de poro	10µm

Fuente: *Manual de la carcasa de la membrana enrollada en espiral 1812 de alta presión*

Los factores evaluados fueron presión de trabajo (Bar) y velocidad de alimentación (Hz) en el cual las variables respuesta medidas fueron color (L,C,°H,a,b), sólidos solubles(°Brix), densidad (g/ml), acidez iónica(pH), acidez titulable(%), turbidez (FAU), sólidos totales (g/ml), viscosidad(Pa*s), capacidad antioxidante (µg trolox/100ml) compuestos fenólicos totales (mg Ac.Gal/100ml) y ácido ascórbico(mg/100ml). Adicionalmente se realizó un recuento de bacterias aerobias, hongos y levaduras al mejor tratamiento.

Se trabajó con un diseño factorial de 2^k con dos niveles y dos corridas siendo un total de unidades experimentales n=8 y un testigo que será el jugo de naranja sin ningún tratamiento de ultrafiltración para poder comprará los resultados con los productos obtenidos: el permeado y el retenido. El modelo matemático empleado fue el siguiente:

Figura 29.

Modelo factorial.

$$\gamma_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ= el efecto promedio global

τ_i = el efecto del nivel i-esimo del factor A.

β_j = el nivel j-esimo del factor B.

= el efecto de la interacción entre y

= un componente del error aleatorio con i=1,2; j=1,2; k= 1…….n.

Variable dependiente

El jugo de naranja, el permeado y el retenido (características físicas, químicas y funcionales)

Variable Independiente

Facto A=Presión

a1=25 Bar

a2=35 Bar

Factor B=Velocidad de alimentación

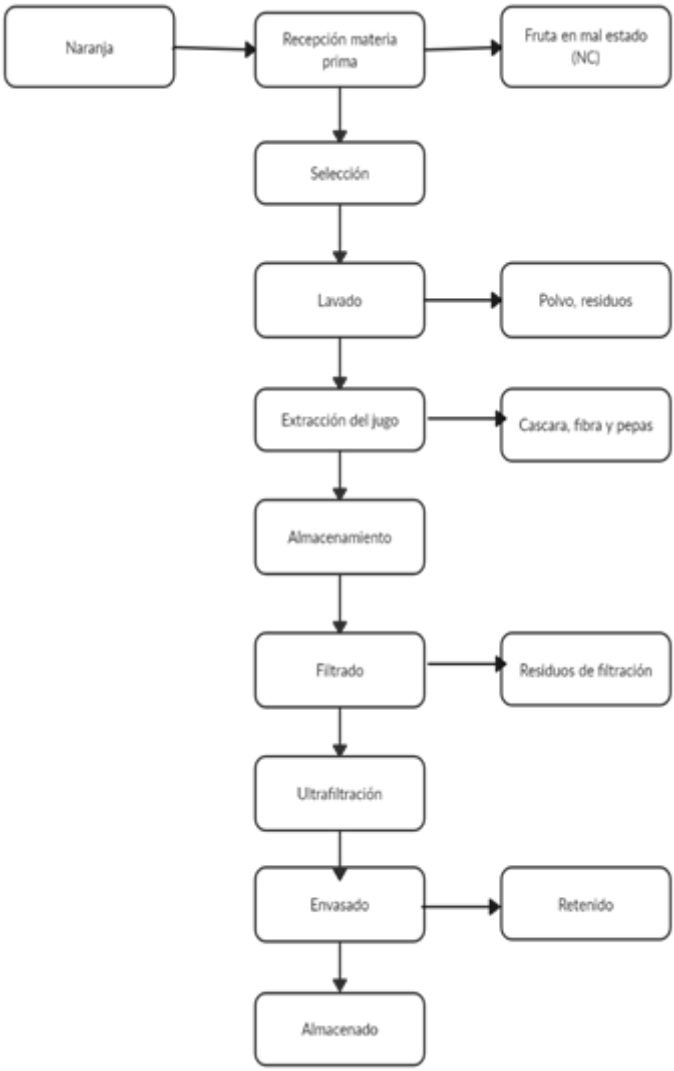
b1=110 Hz

b2=130Hz

La industria de jugos emplea varios pasos para la obtención del jugo fresco, pero cuando se aplica el uso de membranas, ciertos procesos son reemplazados por otros, para obtener el mismo producto (Ávila & Bullón, 2013).

Figura 30.

Diagrama de flujo para el jugo de naranja con ultrafiltración.



Los métodos específicos empleados en la investigación para la caracterización física química del permeado y retenido obtenido por ultrafiltración y del jugo de naranja natural fueron:

Acidez iónica: Para la determinación de la Acidez iónica se empleó 50 ml de muestra la cual fue medida directamente utilizando el equipo InoLab, modelo WTW como lo menciona en la metodología AOAC: 981.12 (AOAC, 2019). La lectura fue registrada cuando el valor indicado en el equipo fue estable. La medición se realizó por triplicado.

Acidez titulable: La acidez titulable es el porcentaje de ácido cítrico pues es el ácido predominante en la muestra, que se determinó en un peso de muestra llevado a un volumen conocido, titulado con una solución estandarizada alcalina hasta el viraje de color determinado por el pH8,2 de la fenolftaleína usado como indicador (Brito & Vásquez, 2013). El resultado se obtuvo mediante la ecuación 1.

Figura 31.

Acidez titulable.

$$Acidez\,titulable(\%) = \frac{V_{NaOH}\,(ml) * N * mep * Vt\,(ml)}{Pm\,(g) * Va\,(ml)} * 10$$

Donde:

= Volumen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación

N=Normalidad del hidróxido de sodio

Meq= mili equivalentes del ácido predominante para la naranja es el cítrico 0.064

Vt= Volumen final

Pm= Peso de la muestra

Va= Volumen de la alícuota

Sólidos solubles: En la determinación del contenido de solidos solubles (°Brix), se empleó la metodología AOAC 932.12 (AOAC,2019), se tomó 3 ml de muestra y se la coloca en el área denominada prisma del Refractómetro de Abbe NAR-1T LIQUID marca Atago. Las mediciones fueron realizadas por triplicado.

Densidad relativa: Para determinar la densidad se usó un densímetro de manera directa (AOAC,1996). Se colocó 250 ml de muestra en una probeta y se introdujo el densímetro de marca Boeco Germany modelo BOE6707 sin termómetro y se registró la lectura. La temperatura se registró con ayuda de un termómetro laser, pues la temperatura varia y el densímetro es de calibración

a temperatura de 20°C, por lo cual de debió realizar una corrección de densidad cuya fórmula empleada es para jugos naturales y jarabes de 10-40°C, en función del contenido de sólidos solubles y de la temperatura, l se empleó la ecuación 2.

Figura 32.

Corrección de la densidad.

Dj=1008+4,15Br-0,6*T

Donde:

Dj=densidad en kg/m^3

Br= Grados Brix(°Brix)

T= Temperatura

Sólidos totales: Para determinar sólidos totales en las muestras se empleó el método AOAC 930.15 (AOAC, 2019), las muestras fueron colocadas en cajas Petri, previamente taradas, los pesos iniciales fueron registrados. Las cajas fueron llevadas a la estufa a 105°C por un tiempo de 24 horas. Luego se tomaron los pesos en seco. El análisis fue realizado en duplicado. Para determinar el contenido de sólidos se aplicó la ecuación (figura 33).

Figura 33.

Concentración de sólidos totales.

$$\text{Concentración ST} = \frac{Peso\ final - Peso\ inicial}{Volumen}$$

Viscosidad: Para determinar la viscosidad se medirá de manera manual con un viscosímetro de vidrio Cannon Frenske a temperatura de 25°C, empleando la metodología mencionada por Moreano, Villacrés, & Rodríguez (2011) se usó 25ml de muestra y se aplicó la ecuación (figura 34).

Figura 34.

Viscosidad-

$$\eta = \frac{Tiempo\ de\ flujo\ de\ la\ muestra}{tiempo\ de\ flujo\ del\ agua} * \rho * \eta_{H2O(25°C)}$$

Donde:

η= Viscosidad (Cp)

$\rho = Densidad$

$\eta_{H2O(25°C)}$ = Viscosidad del agua a 25°C (Cp)

Turbidez: Para la medición de turbidez se empleó el equipo Photometer PF-11(17165), marca Macherey Nagel, el cual tiene un rango de medición de 10-40 FAU (Unidad de Atenuación de Formacina), el método esta referenciado en métodos estándar alemanes para el análisis de agua, aguas residuales y lodos (DIN EN ISO 7027 C2).

Primero se tomó dos tubos de ensayo, en él se colocó agua destilada como muestra-blanco para encerar el equipo, luego a en el otro tubo de ensayo 14mm de la muestra a ser analizada, la cual es medida en el método denominado 921. Luego se registran los resultados. Se realizó tres mediciones por cada muestra.

Actividad antioxidante: Método de decoloración del catión radical ABTS, Para determinar la actividad antioxidante se empleó la metodología mencionada por Ramakrishnan, Eklavya, & Nisha (2018), para lo cual fue necesario elaborar una curva estándar de Trolox. Para elaborar la curva se preparó una solución de base diluyendo 0.025g de Trolox en 50ml de metanol al 100%, después se prepararon diluciones sucesivas de concentraciones de: 200, 300, 400,500, 600,700 µm de Trolox l-1.

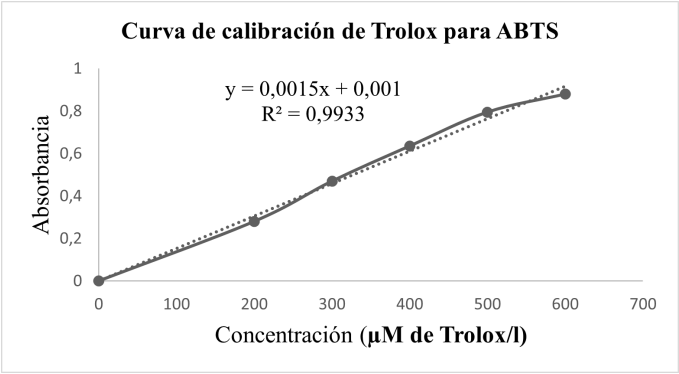
También se preparó la solución madre de ABTS en relación 1:1 reactivo A y reactivo B. Reactivo A: solución de AZBTZ (10 mg de AZBTS en 2.8ml de agua destilada) y reactivo B: solución de persulfato de potasio (6.62mg de $K_2S_2O_8$ en 10ml de agua destilada). La solución madre se preparó en un frasco protegido de la luz y se dejó reaccionar por un tiempo de 16 horas a temperatura ambiente en y en condiciones de oscuridad. A partir de la solución madre se preparó la solución diluida de ABTS que se empleó en los análisis, diluyendo 3.9ml de solución madre ABTS en 110ml de etanol al 96%.

Se tomó 150 µl de cada solución a distinta concentración y se añadió 2850 µl de solución diluida de ABTS en tubos de ensayo. También se elaboró una muestra-blanco, para la cual se tomó 150 µl de metanol al 80% y se añadió 2850 µl de la solución diluida de ABTS. Las muestras fueron mezcladas homogéneamente y se pusieron en reposo en la oscuridad por 10 minutos, se

volvió agitar y se esperó otros 10 minutos, finalmente las nuestras fueron leídas en el espectrofotómetro UV-VIS marca Evolución modelo 201 calibrado a una absorbancia de 734nm. Las mediciones se realizaron por triplicado. Una vez obtenidos los datos se elaboró la curva de calibración que se empleó, como se indica en la figura 35.

Figura 35.

Curva de calibración estándar, empleada para la determinación de actividad antioxidante por el método de ABTS.



El procedimiento a seguir en las muestras es el mismo que se empleó, cuando se elaboró la curva de calibración. Para los cálculos primero se hizo una corrección de la absorbancia de las muestras y luego se empleó la ecuación obtenida de la curva de calibración figura 35, y se aplicó la ecuación 5 y 6.

Figura 36.

Absorbancia real.

$$Abs\,real = Bl_M - Abs_M$$

Figura 37.

Capacidad antioxidante ABTS.

$$ABTS = \frac{Abts - b}{a} * \frac{V * FD * 100}{PM * 1000}$$

Donde:

ABTS: Capacidad antioxidante en µg trolox/100g

Abs: Absorbancia

a-b: pendientes de la curva de calibración de trolox y el punto de corte.

V= Volumen total en ml

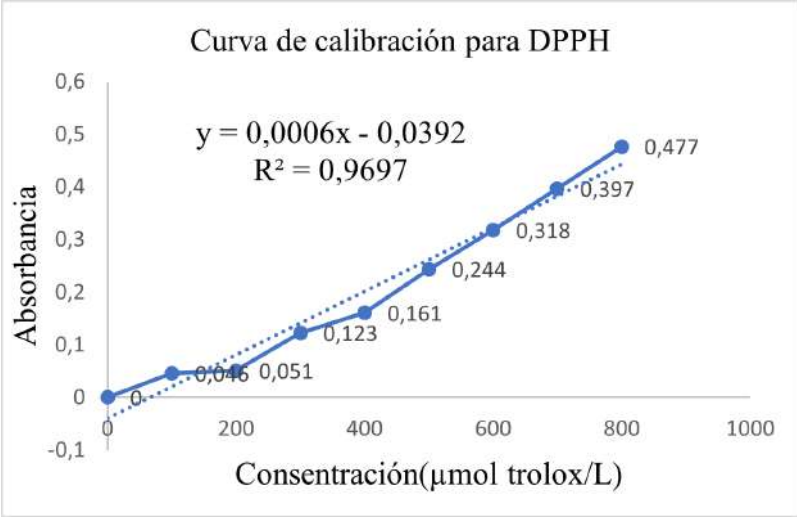
PM=peso de la muestra seca en g

FD=Factor de dilución

Método DPPH: Para determinar actividad antioxidante por DPPH se empleó la metodología descrita por Shimada et al., (1992), se elaboró una curva de calibración, primero se preparó la solución patrón (2mg de Trolox en 10ml de metanol al 80%) y luego distintas soluciones de Trolox en un rango de concentraciones que van de 100 a 800 µmol/L. Una vez obtenidos los datos se elaboró la curva de calibración, la cual se indica en la figura 8.

Figura 38.

Curva de calibración estándar, empleada para la determinación de actividad antioxidante por el método de DPPH.



La solución del radical DPPH, fue preparada con 3.9 mg de radical DPPH con 100mL de metanol al 80%. Se agitó de manera vigorosa en un agitador magnético para tener una correcta disolución. Previo al análisis de las muestras se prepararon aforando 2.5 mL de muestra en 10mL de agua destilada. Para el análisis se tomó 0.1mL de cada muestra y se le adicionó 2.9 mL de la

solución del radical DPPH, se agitó vigorosamente en el vortex, y se mantuvo en la oscuridad por 30 minutos. Luego las muestras fueron leídas en el espectrofotómetro UV-VIS marca Evolution modelo 201 calibrado a una absorbancia de 517 nm. Las mediciones se realizaron por triplicado. Para la muestra blanco se colocó 0.15 mL de metanol al 80% y se realizó el procedimiento explicado anteriormente. Para los cálculos se hizo una corrección de la absorbancia de las muestras con la ecuación 6 y luego se empleó la ecuación obtenida de la curva de calibración figura 38, y se aplicó en la ecuación 9.

Figura 39.

Capacidad antioxidante DPPH.

$$DPPH = \frac{Abts - b}{a} * \frac{V * FD * 100}{PM * 1000}$$

Recuento microbiológico: Para validar el mejor tratamiento y la reducción de microorganismos se realizó recuentos en placas Petrifilm 3M de aerobios, hongos y levaduras del mejor tratamiento para el permeado y el retenido obtenidos del proceso de ultrafiltración, que se contrarresto con un recuento microbiológico realizado al jugo fresco de naranja.

Se trabajó con dos muestras: la muestra directamente y una dilución 10^{-2}. Para los cultivos de aerobios, hongos y levaduras, en el cual se empleó las muestras sin dilución, se colocó la placa Petrifilm en la cámara de siembra para tener un área estéril se ayudó de un mechero. Se levantó la lámina semitransparente superior.

Se colocó la muestra de manera perpendicular a la placa Petrifilm, con ayuda de una pipeta, 1ml de muestra en el centro de la película cuadriculada inferior.

Con ayuda del dispersador de distribuyó la muestra sobre el área circular. No se debe girar ni deslizar el dispersador. Es importante realizar este paso para distribuir la muestra, antes de inocular la placa. Se levantó el dispersor, se rotuló y se procedió a la incubación. El tiempo de incubación fue 72 horas a una temperatura de 30°C.

Para las muestras con dilución se extrajo 1ml de muestra y se la diluyó en 9ml de agua estéril en un frasco, se agito muy bien y de ahí se tomó la muestra. Para sembrar la muestra se siguió el procedimiento anteriormente explicado.

Una vez concluido el tiempo de incubación se procedió a la interpretación de resultados.

Resultados y discusión

Tabla 34.

Características físicas-químicas y funcionales del jugo de naranja (Citrus sinensis)

TRATAMIENTO	SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX)	DENSIDAD REAL (g/ml)	ACIDEZ IÓNICA (pH)	ACIDEZ TITULABLE (%)	TURBIDEZ (FAU)	SOLIDOS TOTALES (CONCENTRACION g/ml)	VISCOSIDAD (Pa*s)	ANTIOXIDANTES ABTS µg trolox/100ml	ANTIOXIDANTES DPPH µg trolox/100ml	FENOLES mg Ac. Gal/100ml	ÁCIDO ASCÓRBICO mg/100ml
Jugo naranja fresco	10	1,052	3,4	0,96	312	0,12	0,00126559	157377,46	62880,65	18,58	42,64
T1P1	5	1,018	3,45	0,426	10	0,13	0,00097198	35388,66	9175925,65	7,12	22,73
T2P1	7	1,027	3,37	0,469	10	0,17	0,00103667	51041,34	13234509,05	12,59	39,9
T3P1	6	1,03	3,48	0,49	10	0,16	0,00109238	45937,2	11911056,59	8,33	36,46
T4P1	6	1,02	3,5	0,36	10	0,15	0,00093992	46107,34	11955172,19	14,23	40,81
T5P2	5,5	1,02	3,6	0,426	10	0,04	0,00106343	32156,04	8337739,61	16,52	37,84
T6P2	6,5	1,03	3,37	0,512	10	0,05	0,00125378	43555,28	11293448,55	53,52	45,85
T7P2	5,5	1,02	3,62	0,426	10	0,07	0,0010131	37090,04	9617076,47	10,67	54,09
T8P2	6	1,02	3,5	0,36	10	0,15	0,00093992	21267,22	5514377,47	14,85	41,73
T1R1	7	1,03	3,44	0,36	29	0,17	0,00103785	47638,58	27496,68	26,21	33,72
T2R1	9,5	1,04	3,44	0,64	259	0,2	0,00106305	21267,22	57639,2	16,86	36,01
T3R1	9,5	1,038	3,45	0,68	327	0,21	0,00134465	56145,47	51275,78	18,33	32,34
T4R1	11	1,048	3,4	0,64	265	0,17	0,00098687	77242,56	55629,7	27,68	55,92
T5R2	8,5	1,03	3,5	0,64	255	0,06	0,00120738	77242,56	57136,83	23,75	38,75
T6R2	13	1,051	3,48	0,85	256	0,08	0,00114404	73839,8	59313,79	25,22	43,1
T7R2	10	1,039	3,43	0,64	400	0,06	0,00104723	86940,41	61993,12	30,88	30,51
T8R2	11	1,048	3,4	0,64	265	0,17	0,00098687	72138,43	64839,92	21,04	20,21

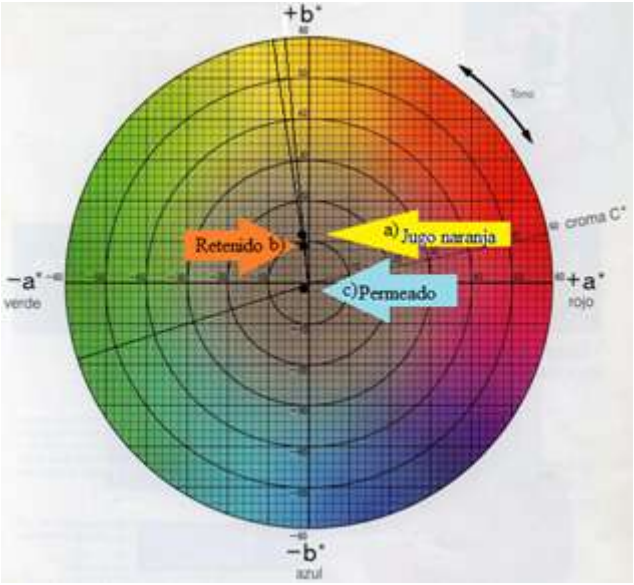
T= Tratamiento, # número de tratamiento, R= Retenido, # número de repetición.

La tabla 4, contiene las características físicas-químicas y funcionales del jugo de naranja natural y de los productos resultandos de la ultrafiltración (permeado y retenido), siendo evidente que producto clarificado obtenido difiere significativamente sus características físicas y químicas, pero conserva sus características funcionales. El jugo clarificado ha perdido turbidez (León Revelo & Rosero Delgado, 2011), pues en un promedio total de retenido y permeado, la diferencia es considerable siendo el primero de <10 FAU y el segundo de 257 FAU, lo que es indicador que el jugo a perdido componentes, principalmente sólidos solubles que se han reducido de 9.94°Brix 5.94°Brix siendo su densidad promedio de permeado de 1.024g/ml, lo cual influye di-

rectamente en su color, asiéndolo más atractivo. A la vez es evidente que el contenido de vitamina C se ha mantenido en comparación con el jugo natural.

Figura 40.

*Diagrama de color L*a*b*.*



Optimización de la ultrafiltración del jugo de naranja

Las condiciones óptimas para optimizar el proceso de ultrafiltración para el permeado fueron calculadas con las variables respuesta cuyo coeficiente de R^2ajustado sea mayor del 70%, por lo cual las variables determinantes son sólidos solubles y acides titulable.

La maximización de las variables influyentes como se muestra en la tabla 35, se logra con una presión de 25(Bar) y una velocidad de alimentación de (130Hz), que permiten obtener un contenido de 7°brix y una acidez titulable de 0.469%.}

Tabla 35.

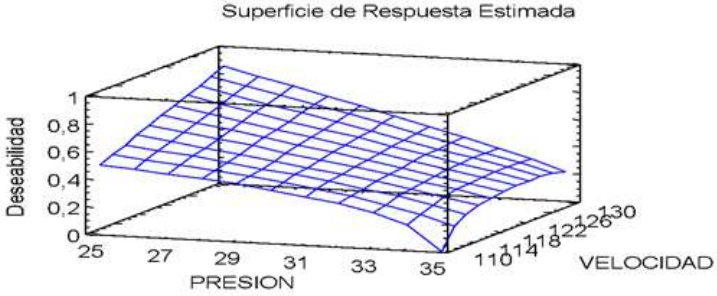
Optimización de las variables independientes.

Factor	Óptimo
Presión (Bar)	25
Velocidad de alimentación (Hz)	130

En la figura 41, se presenta la superficie de respuesta para la optimización de la presión y de la velocidad de alimentación para el equipo de ultrafiltración 1812 de Sterlitech que emplea una membrana espiral de un poro de 10µm de un área activa de 0.27-0.46m, en la cual se visualiza que a una baja presión y alta velocidad de alimentación (25Bar-130Hz), se consigue un alto contenido de sólidos solubles y acidez titulable característica del jugo natural en el jugo permeado.

Figura 41.

Superficie de respuesta para la optimización de las variables dependientes.



Conclusiones

Los resultados obtenidos de la investigación indican que el jugo clarificado de naranja *(Citrus sinensis)* por ultrafiltración a través del uso de membranas, son muy prometedores por sus ventajas lo cual incrementa su potencial de aplicación para sustituir la clarificación tradicional de jugos.

Las características físico-químicas y funcionales del jugo de naranja fueron afectadas con el proceso de ultrafiltración, pues el permeado obtenido tiene un bajo contenido de sólidos solubles se redujo un 40.63%, la densidad se redujo en un 2.74%, en el pH no hubo cambios considerables, la acidez se redujo en un 54.83%, la concentración de sólidos totales no sufrió cambio, la viscosidad se redujo en un 17.91%, lo cual lo hace más ligero. El cambio más notorio es en el color el cual se hizo más luminoso, por la pérdida de turbidez que se redujo en un 96.79%. Para los componentes funcionales en la capaci-

dad antioxidante por el método de ABTS se registró que no hubo una afinidad el reactivo mientras que por el método de DPPH hubo afinidad de la muestra por un radical en un 34.82%, el contenido de fenoles totales se redujo de 18.58 a 17.23 mg Ac.Gal/100ml y para el contenido de ácido ascórbico hubo una leve reducción del 6.36%.

El proceso de ultrafiltración tangencial es un medio de pasteurización en frio que permite mantener las características funcionales de los jugos, reduciendo algunas de sus características como contenido de sólidos solubles, densidad, viscosidad y turbidez, que lo hacen una alternativa prometedora para la industria pues su movilización permitirá un ahorro por su facilidad de movilización del flujo.

Referencias bibliográficas

Ávila, R., & Bullón, J. (2013). La concentración de jugos de fruta: Aspectos básicos de los procesos sin y con membrana. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela,, 28*(3), 65-75.

Brito, B., & Vásquez, W. (2013). *Control de la calidad en la Pre y Pos Cosecha de las Frutas.* Programa Nacional de Fruticultura. Departamento de nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones.

León Revelo, G. G., & Rosero Delgado, E. (2011). *Obtención de jugo clarificado de uvilla (physalis peruviana. l.), utilizando degradación enzimática y microfiltración.* UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Obtenido de https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/529/3/03%20AGI%20240%20TESIS.pdf

Moreano, F., Villacrés, E., & Rodríguez, R. (2011). *Determinación del contenido de BetaGlucanos en líneas avanzadas y en variedades de cebada, procesada y no procesada, por medio de un método enzimático.* Universidad Técnica de. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1865

Moreiras, G. V., Ávila Torres, J., Ruiz Moreno, E., Rodríguez Alonso, P., & Valero Gaspar, T. (2009). *La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta.* Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio.

Ramakrishnan, N., Eklavya, B., & Nisha, N. (2018). *Is radio relevant in the 21st century.* The Hindu.

Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente. ***REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 16***(1), 1-14.

Sánchez, M. J., Fernández, M., & Diaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador. ***Revista Científica UISRAEL, 8***(1), 107-121. doi:https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400

Schvab, M. D., Ferreyra , M., Gerard, L., & Davies, C. (2013). Parámetros de calidad de jugos de naranja entrerrianas. ***Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14***(1), 85-92.

Conclusión

Las investigaciones presentadas en este compendio ofrecen una visión panorámica de las innovaciones actuales en el campo de la ciencia de los alimentos. A través de la exploración de diversas materias primas, tecnologías y procesos, los autores demuestran el potencial de la investigación para transformar la industria alimentaria y satisfacer las demandas de un mercado cada vez más exigente en términos de salud, sostenibilidad y sabor. Desde la valorización de subproductos hasta el desarrollo de nuevos productos con propiedades funcionales mejoradas, estos estudios contribuyen a construir un sistema alimentario más eficiente, resiliente y respetuoso con el medio ambiente.

La aplicación de tecnologías emergentes, como la ultrafiltración y la fritura al vacío, ha permitido optimizar los procesos productivos y mejorar la calidad nutricional de los alimentos. Asimismo, el uso de ingredientes naturales y funcionales, como el mucílago de melloco y el extracto de tzintzo, ha abierto nuevas posibilidades para el desarrollo de productos más saludables y con mayor valor agregado. La elaboración de productos veganos a base de legumbres, por su parte, ha demostrado ser una alternativa viable y atractiva para los consumidores que buscan opciones alimentarias más sostenibles y éticas.

Los resultados obtenidos en estas investigaciones tienen importantes implicaciones para la industria alimentaria. Por un lado, ofrecen una base sólida para el desarrollo de nuevos productos que respondan a las tendencias del mercado y a las necesidades de los consumidores. Por otro lado, permiten optimizar los procesos productivos existentes, reduciendo costos y mejorando la eficiencia. Además, contribuyen a la diversificación de la oferta alimentaria, ofreciendo opciones más saludables y sostenibles para los consumidores.

Sin embargo, es importante reconocer que aún existen desafíos por superar. La escalada industrial de los procesos y productos desarrollados en estas investigaciones requiere de estudios adicionales. Asimismo, es necesario realizar análisis de ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental de las nuevas tecnologías y productos. Por último, se requieren estudios sensoriales a gran escala para garantizar la aceptación de los nuevos productos por parte de los consumidores.

DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Publicado en Ecuador
Diciembre 2024

Edición realizada desde el mes de Octubre del 2024 hasta Diciembre del año 2024, en los talleres Editoriales de MAWIL publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 30, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.