



Ingeniería en Industrias Alimentarias

ISSN: En trámite

26 de Abril de 2024

Volumen I/Número 1/2024

Ingeniería en Industrias Alimentarias: retos, perspectivas y tendencias

La trascendencia de la Ingeniería en Industrias Alimentarias

Los insectos como alternativa para la Ingeniería en la Industria Alimentaria



Opinión:

**Dr. José Alberto Gallegos Infante
Dra. Asli Can Karancan
Dra. María Elena Sosa Morales**

Análisis bibliográfico:

Sied M. Jafari: the boom in publishing food engineering books

Artículos Científicos con Arbitraje

Residuos agroindustriales como fuentes de compuestos antioxidantes

Técnicas de formación de almidón resistente para la industria alimentaria: una revisión

Directorio

Mtro. Ramón Jiménez López
Director General
Tecnológico Nacional de México

Dra. Nayelli del Carmen Ramírez Segovia
Directora
TecNM/I. T. Roque

Mtro. Fernando Germán Flores Guillén
Subdirector Académico
TecNM/I. T. Roque

M.C. Julián Ferrer Guerra
Subdirector de Planeación y Vinculación
TecNM/I. T. Roque

Ing. Raúl René Robles Lacayo
Subdirector Administrativo
TecNM/I. T. Roque

M. C. Violeta Herrera Enciso
Jefa del Departamento de Ingenierías
TecNM/I. T. Roque

EDITORES

Formadores:

Editor General

Dr. Christian Oliver Díaz Ovalle

Editor Ejecutivo

Dr. Ahuizolt de Jesús Joaquín Ramos

TecNM/I. T. de Roque

COMITÉ EDITORIAL

Química de Alimentos

Dr. José Alberto Gallegos Infante
TecNM/I.T. Durango, Durango, México

Bioprocesos y Biotecnología de Alimentos

Dr. José Ángel Huerta Ocampo
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo,
A. C., Hermosillo, Sonora, México

Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Año 1, número 1, 26 de abril de 2024 es una publicación semestral editada por el Tecnológico Nacional de México Avenida Universidad 1200, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 033305, teléfono 5536002511 Ext. 65092, www.tecnm.mx, correo d_vinculación05@tecnm.mx, Editor Responsable Dr. Christian Oliver Díaz Ovalle. Reserva de derechos al uso exclusivo No. **04-2023-122017411500-102**, **ISSN: en trámite**, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Comunicación y Difusión, Ing. Christian Ulises Hernández Montoya, Instituto Tecnológico de Roque, Km. 8.0 carretera Celaya-Juventino Rosas, C.P. 38124, Celaya, Guanajuato, México, tel. +52-4616116361 Ext. 116, fecha de última actualización 26 de Abril de 2024.

El objetivo de la Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias es generar un espacio para la difusión de conocimiento científico, tendencias y novedades en la tecnología y ciencia de los alimentos, el aprendizaje y difusión en los avances de la industria alimentaria.

La revista acepta, para publicación en español e inglés, artículos de: divulgación, difusión, avance técnico-científico, revisión, educación y opinión de expertos. Estos son sometidos a revisión editorial y de lenguaje. Se aplicará arbitraje por pares a los artículos científicos y artículos de revisión, el proceso de evaluación del artículo guardará estrictamente el anonimato y el contenido es responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación. Enviar manuscritos a: rjia.editor@roque.tecnm.mx Se autoriza la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación con crédito de la fuente.

EDITORIAL

En las pasadas décadas, la investigación en la Ciencia de los Alimentos ha incrementado con avances notables, desde el diseño de tratamientos no térmicos hasta el desarrollo de alimentos funcionales. Esto garantiza los principios humanos del derecho de tener alimentos nutritivos y salubres. En la actualidad, la diversidad de áreas de conocimiento sobre este tópico es extensa y en proporción con el número de revistas de publicación internacional. Aquí, les damos la bienvenida a una revista enfocada al desarrollo tecnológico, educativo, divulgativo y científico de la Ingeniería en Industrias Alimentarias.

El Tecnológico Nacional de México oferta este tópico como una carrera que se ha distinguido por su demanda y aporte tecnológico y científico. En este número, el tópico está enfocado a los Retos, Perspectivas y Tendencias de esta rama del conocimiento, donde expertos en el área concluyen que estos elementos competen a las tecnologías emergentes. Además, la trascendencia y las alternativas son panoramas expuestos sobre la Ingeniería en Industrias Alimentarias, cuya comprobación está dada en los artículos tecnológicos y científicos de este número.

En este inicio de la revista, los editores agradecemos profundamente la confianza de los autores y de las autoridades del Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, en particular el Departamento de Ingenierías.

Christian Oliver Díaz Ovalle
Ahuitzolt de Jesús Joaquín Ramos
Editores

CONTENIDO

Sección de Divulgación

La Trascendencia de la Ingeniería en Industrias Alimentarias Christian Oliver Díaz Ovalle ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN	1
Los insectos como alternativa para la Ingeniería en la Industria Alimentaria Ma. Cristina Vázquez Hernández ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN	6
Ingeniería en Industrias Alimentarias: retos, perspectivas y tendencias José Alberto Gallegos Infante, Asli Can Karaca, María Elena Sosa Morales SECCIÓN DE OPINIÓN	10
Seid M. Jafari: boom in publishing food engineering books Christian Oliver Díaz Ovalle, Editor ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	12
Análisis bromatológico de una tortilla multiprotéica con características funcionales Karen E. Martínez-Jiménez, Ma. Cristina Vázquez-Hernández ARTÍCULO TECNOLÓGICO	14
Bebida a base de suero de leche dulce fortificada con germinado de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) María del Carmen Ramírez-Mota, Susana Elizabeth Altamirano-Romo ARTÍCULO TECNOLÓGICO	20

Sección de Arbitraje

Residuos agroindustriales como fuentes de compuestos antioxidantes Edith Estefanía Duarte Llanes, Ana Angélica Feregrino Pérez ARTÍCULO DE REVISIÓN	26
Técnicas de formación de almidón resistente para la industria alimentaria: una revisión María Guadalupe Hernández-Ángel, Ahuizolt Joaquín-Ramos ARTÍCULO DE REVISIÓN	35

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

La Trascendencia de la Ingeniería en Industrias Alimentarias



Christian Oliver Díaz Ovalle
Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Roque

La evolución social actual ha demandado cambios notorios en los procesos de transformación global. En el caso de los alimentos, varios elementos son considerados fundamentales: el procesamiento a gran escala, la conservación de la originalidad organoléptica, la preservación de compuestos benéficos para la salud, la garantía de seguridad alimentaria, etc. Estos han sido los retos fundamentales de la industria alimentaria actual.

La industria alimentaria es un baluarte de la sociedad moderna que en las últimas décadas ha tomado un papel decisivo en la economía y el desarrollo social. La sociedad observa que esta industria está centrada en la producción en cadena con una connotación financiera influyente y controladora sobre el desarrollo agropecuario de regiones productoras. Esta percepción ha politizado el objetivo de la industria de alimentos: proveer

alimentos saludables a la mayor cantidad de miembros de la sociedad. Este objetivo involucra los factores esenciales tiempo y distancia de entrega. El tiempo es una restricción inherente en los alimentos y, al pasar, demerita las cualidades organolépticas y nutricionales. La distancia de entrega es un elemento dependiente de la logística y los puntos de producción. No obstante, la industria de alimentos es altamente dinámica y oferta productos novedosos para los sentidos de los consumidores (aquí está oculta una sombra vinculada a la venta de productos).

La industria de alimentos está sujeta a riesgos, retos y restricciones (3R), que deben ser solventados con el avance científico y su proyección en la trascendencia tecnológica. Estos elementos consideran tópicos particulares en el estudio de los alimentos. La Ciencia de los Alimentos ha retomado lo referente a la solución de las 3R de la industria de alimentos e incluye un catálogo de áreas especializadas como: Química de alimentos, Análisis sensorial, Desarrollo de nuevos productos, Tecnología de alimentos, Seguridad alimentaria, Microbiología de alimentos, Empacado de alimentos e Ingeniería de alimentos. Inclusive, el alcance temático ha sido extendido a temas académicos novedosos y vanguardistas, que pueden ser incluidos en una clasificación más detallada. Claro está que, esta lista puede ser modificada al punto de vista de los expertos en estos tópicos.

La industria de alimentos requiere personal capacitado para la toma de decisiones en los procesos, la proyección de nuevos productos, la mantención de sistemas de gestión de calidad y seguridad alimentaria, la aplicación de técnicas actualizadas de análisis, etc. Esto ha justificado la demanda de un especialista para la industria de alimentos, quien no sería solamente un administrador o técnico de laboratorio, sino la persona que debería englobar la transformación y procesado de alimentos. En un momento anterior, durante la evolución de la industria de alimentos, esto justificó la creación de especialidades en Ingeniería química (alimentos, procesos alimentarios, etc.) y en Ingeniería Bioquímica (bioprocesos, sistemas de fermentación, etc.). En la actualidad, las especialidades de ambas ingenierías son opciones aceptables, pero son ramas de un objetivo mayor. En ingeniería química, todo lo concerniente a los procesos,

reactores y operaciones unitarias son su objetivo mayor, así el ingeniero químico fue adaptado a los procesos de alimentos (y continúa adaptándose), similarmente ocurre en la ingeniería bioquímica. Pero, una opción mejor es un objetivo mayor enfocado en alimentos, ya que englobaría su conocimiento particular a la industria de alimentos. Por este motivo, la ingeniería en industrias alimentarias es la opción viable en este aspecto. Esto no indica que las dos opciones anteriores sean demeritadas, sino que la extensión actual de la industria alimentaria reclama mayor profundización en tópicos especializados. Además, el ingeniero en industria alimentarias toma bases y sustentos de la ingeniería química y la ingeniería bioquímica.



Temas académicos actuales para Ingeniería en Industrias Alimentarias.

<p>Química de Alimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Análisis de reacciones lipídicas, hidrolizantes, etc. *Composición y componentes de los alimentos. *Nuevas tendencias y aplicaciones de técnicas de análisis de los alimentos. *Nuevos alimentos y su análisis. *Propiedades de los alimentos.
<p>Ingeniería de Alimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Avances en operaciones unitarias en el procesamiento de los alimentos. *Avances en el transporte y almacenaje de alimentos. *Desarrollo de tratamientos térmicos de alimentos. *Nuevas técnicas de tratamiento no térmicas. *Envasado, empaques y transporte de productos alimentarios. *Avances en sistemas de limpieza y saneamiento de procesos alimentarios.
<p>Seguridad Alimentaria</p> <ul style="list-style-type: none"> *Evaluación y garantía de la calidad alimentaria. *Soberanía alimentaria. *Autosuficiencia alimentaria. *Cadena de suministros y distribución de los alimentos. *Almacenamiento, escasez y hambruna. *Mitigación y prevención de problemas en la producción alimentaria.
<p>Bioprocesos y biotecnología de alimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Mejoras en la calidad de los productos alimentarios. *Uso de enzimas, aditivos y conservación de productos. *Extracción, formación y producción de vitaminas y proteínas. *Tratamientos postcosecha y trazabilidad. *Inoculación microbiológica y fermentación. *Detección de patógenos e ingredientes alimentarios.
<p>Ingeniería de procesos en alimentos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Nuevas tendencias en el control de procesos de alimentos. *Diseño de equipos y plantas procesadoras de alimentos. *Modelado, simulación y optimización de procesos de alimentos. *Inteligencia artificial en análisis de procesos de alimentos. *Simulación asistida por computadora. *Desarrollo de software de simulación.

Este panorama formativo, como profesionales en el área de alimentos, trata las 3R de la industria de alimentos bajo elementos trascendentes, por ejemplo: a) alta diversidad en procesos de producción, b) desconocimiento de cinéticas de reacción que afectan el control del proceso, c) existencia de ensuciamiento y d) sistemas multifásicos sujetos a fenómenos de transporte complejos. Si se desea analizar rigurosamente los sistemas productivos, los elementos de las 3R son la limitante en la operatividad industrial. No obstante, los procesos productivos de los alimentos mantienen operaciones aceptables e incluso

altas eficiencias. ¿Esto indica que los análisis rigurosos de los sistemas de procesos de alimentos no son necesarios? Todo lo contrario, los análisis explican los fenómenos físicos y químicos que dominan los procesos y aclaran percepciones técnicas espurias. Bajo estos conocimientos, los procesos son dominados para generar nuevos productos y llevar las condiciones de operación más allá de lo esperado. Pero, el conocimiento total de la operatividad de procesos particulares sigue sin ser dominado, un ejemplo puede ser en los granos: el tostado conlleva a cambios de componentes, en los cuales la coloración

es un indicador somero y limitado para predecir el avance de la hidrolización de proteínas y formación de nitroso-dimetilamina, por lo cual una prueba de laboratorio guiaría en la toma de decisiones; no obstante, los fundamentos bioquímicos del tostado y los lotes constantes que el ingeniero de proceso observa la han permitido tomar decisiones factibles sobre el proceso: *toma una muestra de grano previo al secado para determinar su dureza, la prueba y observa, y declara un valor aproximado del valor de set-point en la temperatura de aire caliente; al final del proceso, realiza lo mismo con el grano seco; el resultado de laboratorio a posteriori le corrige o sustenta su predicción.* ¿Este ejemplo demuestra que el ingeniero evadió un elemento 3R? No, lo atenuó con un sentido común impregnado de teoría-práctica en la industria alimentaria. Claro, esto depende de las cualidades personales del ingeniero, las cuales no se intentan explicar aquí.

El ejemplo mencionado parece simple y lejano a todo rigor científico, pero la explicación de la razón de la decisión tomada es la motivación para profundizar en la solución de los problemas 3R de la industria alimentaria. En la actualidad, y con proyección futurista, la inteligencia artificial y la tecnología 4.0 empujan la industrialización vanguardista, donde la industria alimentaria trasciende a través de sus publicaciones científicas: solución de problemas,

interpretación de resultados, pronóstico de sistemas, etc., todo sobre el manejo, procesamiento y producción de alimentos. Entonces, si la particularización del conocimiento de ingeniería en industrias alimentarias fue ligeramente extensa, a un futuro una diversificación de tópicos de solución de problemas existirá. El uso de interpretación de imágenes podría ser un caso al respecto: planta de pasteurización de leche, un ingeniero de proceso por turno, planta totalmente automatizada y comienza una fuga de leche en una válvula, *solución*: cámara supervisora de movimiento continuo detecta un cambio de color en el suelo (análisis de la imagen), manda una señal al sistema de mantenimiento que detiene la línea de envasado con un enjuague de agua, un sistema de rieles aéreos permite que un brazo mecánico llegue al área para efectuar el cambio de válvula. Un sistema futurista e irreal, así decía la sociedad al ver en la televisión (1960's) a alguien hablar a través de un reloj de pulsera.

La ingeniería en industrias alimentarias trasciende por la necesidad social y su proyección es posible con el avance de la tecnología. Esto demanda ingeniero contemporáneo con elementos teóricos suficientes. El fin último es lograr un ingeniero de industrias alimentarias con un sentido común total. Esto aumentaría la trascendencia que la ingeniería en industrias alimentarias ha provisto a la sociedad.

RESEÑA DEL AUTOR

Docente de TecNM-Roque (México) de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Especialista en Ingeniería de Procesos en Alimentos y experto en Simulación de Procesos y Dinámica Computacional de Fluidos. Autor de más de cuarenta artículos internacionales, varios capítulos de libro y el libro Diseño de Plantas Alimentarias. Revisor de revistas como *J. of Food Engineering* y *Food and Bioproducts Processing*. Miembro de SNII nivel 1.

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

LOS INSECTOS COMO ALTERNATIVA PARA LA INGENIERÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA



Ma. Cristina Vázquez-Hernández

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Roque

Los insectos son una alternativa para combatir la inseguridad alimentaria debido a su alto valor nutrimental, bajo impacto ambiental, alta eficiencia de conversión de alimento en nutrimentos, alto rendimiento ciclos de vida corto. En México se consumen desde tiempos prehispánicos, por lo cual más del 70% de la población en algún momento los ha degustado. El consumo como alimento de diversos insectos (Chapulines, grillos, chinche de agua, chicanas, escamoles, jumiles, entre otros) es una práctica conocida como entomofagia y en México es llevada a cabo en la mayoría de los estados de la república más comúnmente en el sur en estados como Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Yucatán.

La población mundial alcanzará la cantidad de al menos 9,000 millones para el año 2050, y un buen estado nutricional es posible con al menos 75% de proteínas. Esto podría generar una crisis de escasez en productos alimenticios seguros, inocuos y nutritivos. Sin embargo, la brecha económica de los diferentes estratos sociales ha provocado, que entre 2019 y 2021, el número de personas que padecen hambre en el mundo aumentó a 828 millones (FAO, 2022), incluyendo los casos desnutrición severa debidos a la pandemia (SARs-CoV2, COVID). En el año 2020, casi 3100 millones de personas no tuvieron acceso a una dieta

saludable debido a las repercusiones económicas de la pandemia (pérdida de empleos y la inflación de los precios), al consumo excesivo de alimentos chatarra (con un exceso de calorías y bajo contenido nutrimental) y al aumento en la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas (obesidad, hipertensión, diabetes, etc.). La FAO y la ONU prevén que para el año 2030 casi el 8% de la población mundial seguirá pasando hambre debido a la inseguridad alimentaria. La producción de carne (res, pollo, cerdo, pescado, etc.), vegetales y derivados de estos alimentos requiere de una gran inversión económica y tecnología que va desde los fertilizantes, suplementos alimenticios, hormonas, etc. El uso excesivo de estos productos puede perjudicar la salud de los consumidores y distorsionar los mercados, lo cual promueve la producción de alimentos no

nutritivos, costosos y con riesgo a generar enfermedades a largo plazo. Así, los insectos son una alternativa para ofrecer alimentos a bajo costo, con alto valor nutrimental que pueden ser incluidos en la canasta básica desplazando o supliendo los productos existentes. De los 17 objetivos del Desarrollo Sostenible, la erradicación de la pobreza y la seguridad alimentaria son primordiales para la humanidad. Para lograr su cumplimiento, no cabe duda, que los insectos están implicados.

En un estudio realizado por Escalante-Aburto et al. (2022), la práctica de la entomofagia es reportada con aceptación en Brasil, Sudáfrica, China, Australia y México, con un registro de 549 especies. En México, la entomofagia existe desde la época prehispánica y, actualmente, es asociada a una acción desagradable, alimento de consumo inseguro con riesgo de infección, enfermedad o intoxicación, pero es una opción viable de consumo para la supervivencia. La mayoría de los mexicanos (un poco más del 70%), por curiosidad, han llegado a consumir insectos o productos que contengan harina o insectos en polvo, sin considerar su composición nutrimental. En algunos casos, el consumo es por tradición o por algunos otros factores, como experiencia cultural o estatus académico (las personas con mayor nivel educativo se interesan más en los beneficios nutrimentales). Sin embargo, la población mexicana no desarrolla una ingesta regular para garantizar un cambio en los hábitos alimenticios y nivel significativo en la dieta. La necesidad de romper con los paradigmas es otro elemento esencial de este tema, pues lo convencional es el consumo preferente de proteínas de origen animal.

Actualmente, en México existen diversas empresas dedicadas a la producción de insectos y su procesamiento que forman parte de APICAL, una alianza de empresas pioneras en Latinoamérica en la producción, procesamiento y comercialización de insectos. Entre estas empresas destacan: gr̄YUM (harina de grillo), aceta (proteína de origen vegetal y harina de grillo), Illucens (proteína de la larva soldado negro), Cochua (grillos enteros sazonados y harina de grillo), Be Ento (grillo en polvo), Entomolov (producción de insectos), Insect Nutrition (producción de chapulín y grillo), Magribe (alimentos adicionados con harina de grillo), Mel Bugs (productos alimenticios elaborados con grillo, chapulín y tenebrio), Nutrinsectos (investigación y desarrollo tecnológico de sistemas de crianza y procesamiento de insectos), OptiProt (proteína de insectos), Santena (alimentos elaborados con insectos), Zuustento (producción y procesamiento de tenebrio molitor) y la Fundación Mexicana de Criaderos de Insectos Comestibles.

La producción y consumo de alimentos adicionados con harina de insectos están relacionados con la seguridad

alimentaria y con la frase de “Los insectos son el alimento del futuro”, debido a que el recurso para su crianza y procesamiento es mínimo en comparación con las proteínas animales y vegetales, y el aporte nutrimental es mayor en proteínas, fibra, vitaminas y minerales. La harina de chapulín, grillo, tenebrio o cualquier otro insecto comestible son fuente de nutrientes que contribuye a disminuir el impacto al medio ambiente mediante una bioeconomía circular. Uno de los aspectos relevantes de la producción y consumo de harina de insecto es la inocuidad, puesto que la existencia de enfermedades o parásitos es posible en los vegetales que los insectos consumen. Así, un protocolo adecuado, para su sanitización y correcta eliminación del sistema digestivo, es necesario bajo la Norma Oficial Mexicana (NOM-251-SSA1-2009: Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios). Esto aseguraría la protección contra riesgos sanitarios durante la elaboración de los productos con insectos. Aunque a nivel mundial, una regulación específica para este tipo de productos no existe y la calidad e inocuidad de los alimentos elaborados debe ser garantizada.

El mercado de las harinas de insecto es considerado un nicho de oportunidad y es clasificado como: Mercados tradicionales (caso de México con consumo regular de algún tipo de insecto en casi todo el territorio) y los Mercados emergentes (oportunidad para dar a conocer y comercializar los productos elaborados con insectos, como la Unión Europea, Estados Unidos, etc.). No obstante, los insectos también pueden ser importante fuente alimenticia para la parte pecuaria, acuícola o avícola, por ejemplo, la harina de chapulín y chíca para tilapias en etapa juvenil. Este producto fue formulado por estudiantes del TecNM-campus Roque, cuya evaluación fue posible en granjas de tilapia con beneficios en el peso y costo de inversión al compararse con el alimento comercial.

El chapulín es considerado el insecto más comestible en México y las especies más comunes, para la zona del Bajío de México, son *Sphenarium purpurascens*, *Melanoplus differentialis* y *Brachystola mexicana*, según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Los beneficios de su consumo han sido documentados en años recientes por diversos investigadores (Escalante-Aburto et al., 2022), los cuales incluyen un alto contenido proteico de alta digestibilidad, calcio, magnesio y vitaminas del complejo B.

Estos insectos son recolectados en el campo y con ello se disminuye su impacto ambiental, lo cual es beneficioso pues son considerados plagas que consumen gran parte de los cultivos y provocan repercusiones económicas. Los chapulines son consumidos de diversas formas, como preparaciones gastronómicas, deshidratados,

salados, asados, enchilados, en salmuera, etc. Aunque, el procesamiento en forma de harina sobresale para la adición y elaboración de productos alimenticios como pan, galletas, barras energéticas, etc. La harina de chapulín está compuesta de 60-70% de los insectos, de los cuales su 80% es digerible. Sin embargo, el cambio climático, ocasionado por los gases de efecto invernadero en respuesta a la sobreexplotación de los bosques, la producción pecuaria, entre otros factores que afectan el medio ambiente, ha provocado cambios en los ciclos de lluvia en 2023; particularmente, las primeras precipitaciones pluviales en la zona del Bajío fueron a finales del mes de junio, lo cual ocasionó la baja población de chapulines, esto fue beneficioso para los agricultores (disminución de esta plaga). No obstante, en los últimos ciclos, los productores de alimentos derivados o adicionados con chapulín han recolectado entre 100-200 g/ha que en años anteriores era de 250-500 g/ha. En algunas regiones del país, la sobreexplotación de los insectos también ha contribuido

El ciclo reproductivo de los chapulines comienza cuando las hembras adultas antes de morir (época de otoño-invierno) ovopositan en el suelo a una profundidad de entre 3 a 5 cm, a estas hueveras se les llama ootecas y pueden llegar a contener de 15 a 60 huevecillos lo cual dependerá de la especie; cada hembra puede llegar a ovopositar desde 4 a 7 ootecas en su ciclo de vida. Las ootecas permanecen en el suelo hasta las primeras lluvias debido a que la humedad ocasiona la eclosión de los huevecillos y emergencia de los chapulines en etapa ninfal. El ciclo de vida de estos insectos es corto y en promedio necesitan 500 unidades calor para completar su ciclo de vida (las unidades calor refieren el ritmo de desarrollo en proporción con la temperatura).

a una disminución en su población, por lo cual se ha optado por la producción controlada en granjas, las cuales usan un cultivo intensivo bajo condiciones de invernadero y logran horas calor óptimas para generar poblaciones adultas de insectos sin parásitos (inocuas). Como se ha mencionado, los chapulines contienen gran cantidad de nutrientes, pero su producción controlada es complicada. Las ootecas son difíciles de conservar y cuando no se alimentan lo suficiente se vuelven caníbales; por lo cual, las empresas dedicadas a su producción generan costos altos y llegan a comercializar los productos, como las harinas, hasta en \$1,100.00 MXN/kg. Además del elevado precio comercial, la aversión al consumo de insectos es un tabú para la mayoría de los mexicanos, sobre todo de zonas urbanas no acostumbradas a su consumo cotidiano y con una barrera emocional. Esto provoca que, a pesar de los grandes beneficios de su consumo, los productos alimenticios adicionados con proteína de chapulín, o algún otro insecto, no logren posicionarse en el mercado.

El grillo (*Acheta domestica*) es considerado uno de los insectos prometedores para la elaboración de alimentos fortificados debido a su perfil nutricional (alto aporte de aminoácidos esenciales y antioxidantes). Contiene de 65 a 75% de proteína, *entomoproteínas*, y, al igual que los chapulines, tiene un mayor coeficiente de conversión de alimento a proteína, aportan 6.7 g de grasa y contienen vitamina B12 y minerales esenciales (hierro, fósforo, potasio y magnesio). La ingesta de harina de grillo se ha relacionado con una mejora en la memoria y sistema nervioso y aumento de energía. Este insecto puede producirse en una reducida área y con casi nula emisión de gases de efecto invernadero. Su ciclo de vida es corto y puede ser cosechado cada 40-50 días. Los residuos o subproductos alimenticios, como frutas y verduras, son la alimentación de los grillos, y se estima una producción de 12,000 grillos/m², lo cual representa una oportunidad de negocio rentable. A partir de este insecto, la producción de harina o pasta permitiría la elaboración de hamburguesas, salchichas, tortillas, totopos, tostadas, salsas, galletas, etc.

Tenebrio molitor, también conocido como el gusano de la harina, es otra opción de consumo, además el cual es utilizado como biofertilizante, farmacéutico, cosmético. Tiene un tiempo de eclosión de 1 a 4 semanas y de etapa larvaria de 8 a 10 semanas, esta última presenta el mayor contenido de proteína. Posteriormente, pasa a una etapa de transición hacia la fase adulta, etapa de pupa (1 a 3 semanas), donde permanece inmóvil alimentándose de sus reservas de nutrientes. Después de la etapa de pupa, este insecto llega a su etapa adulta: un escarabajo sexualmente activo para llegar a producir hasta 500 huevecillos. Este gusano está reconocido y certificado por la Agencia Europea para la

Seguridad Alimentaria (EFSA) como seguro para el consumo humano.

Nutricionalmente, la fase larvaria contiene entre un 50 a 60% de proteína de alta digestibilidad, grasas insaturadas, vitaminas (A, D, E, C, B2 y B9) y minerales (hierro, calcio, fósforo, magnesio, potasio y zinc).

Reducir el consumo de proteínas de origen animal y vegetal es un reto debido a los hábitos alimenticios

desarrollados a lo largo del tiempo; sin embargo, es necesario reflexionar y crear conciencia sobre el impacto negativo de su consumo. Antes de preferir el consumo de alimentos de origen animal o vegetal respecto a los

producidos con harina de insecto, debemos considerar que, además de la huella de carbono, también se ocasiona una huella hídrica por los recursos utilizados para la producción de proteínas animales que implica el cultivo de forraje, transporte, infraestructura, etc. La eficiencia de producir estos alimentos se traduce en cuantos kilogramos de proteína se obtienen por kilogramo de alimento, cuantos litros de agua se utilizan para su crianza y la cantidad de CO₂ producida por los desechos pecuarios.

Retomando la pregunta inicial de este artículo, sobre si los insectos son el alimento del futuro, y considerando



las ventajas y desventajas, desde mi punto de vista la respuesta es Sí. No podemos seguir manteniendo durante largo tiempo el estilo de consumo de proteínas convencionales actual. Y, los insectos son una alternativa para erradicar la inseguridad alimentaria y contribuir al cuidado del medio ambiente en un entorno sostenible amigable con la naturaleza. Así, la pregunta final aquí es: *¿Estás dispuesto a*

incluir en tu dieta diaria algún producto adicionado con harina de insecto?

TEXTOS RECOMENDADOS

CIAD. (2023). <https://www.ciad.mx/potencial-de-la-harina-de-grillo-para-la-produccion-sostenible-de-alimentos/>.

Contreras Jiménez, B., Oseguera Toledo, M.E., García Mier, L., Martínez Bravo, R., González Gutiérrez, C.A., Curiel Ayala, F., & Rodríguez-García, M.E. (2020). Physicochemical study of nixtamalized corn masa and tortillas fortified with “chapulin” (grasshopper, *Sphenarium*

purpurascens) flour. *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 527-534. doi.org/10.1080/19476337.2020.1794980.

Escalante-Aburto, A., Rodríguez-Sifuentes, L., Ozuna, C., Mariscal-Moreno, R.M., Mulík, S., Guiné, R., & Chuck-Hernández, C. (2022). Consumer perception of insects as food: Mexico as an example of the importance of studying socio-economic and geographical differences for decision-making in food development.

- International Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6306-6316.
DOI: 10.1111/ijfs.15995.
- FAO. (2022). <https://www.fao.org/newsroom/detail/un-report-global-hunger-SOFI-2022-FAO/es>.
- Vauterin, A., Steiner, B., Sillman, J., & Kahiluoto, H. (2021). The potential of insect protein to reduce food-based carbon footprints in Europe: The case of broiler meat production. *Journal of Cleaner Production*, 320, 128799.
DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128799.
- Villaseñor, V.M., Enriquez-Vara, J.N., Urias-Silva, J.E., & Mojica, L. (2022). Edible insects: Techno-functional properties food and feed applications and biological potential. *Food Reviews International*, 38(sup1), 866-892.
DOI: 10.1080/87559129.2021.1890116.

RESEÑA DE LA AUTORA

Ingeniera Bioquímica en Alimentos con Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y Doctorado en Ingeniería de Biosistemas, profesora del Tecnológico Nacional de México-Campus Roque. Miembro del SNII nivel C. Línea de investigación: *Innovación y desarrollo tecnológico en el cultivo y procesamiento de alimentos con alto valor nutrimental*. Líder del Cuerpo Académico: *Innovación en Bioprocesos Sustentable*.



La ingeniería en industrias alimentarias y su compromiso con los alimentos funcionales

José Alberto Gallegos Infante

Laboratorio Nacional CONAHCYT de Apoyo a la Evaluación de Productos Bióticos (LaNAEPBi), Unidad de Servicio Tecnológico Nacional de México/I.T. de Durango, Durango, México

Un alimento funcional es aquel que proporciona un beneficio a la salud más allá de la nutrición, su desarrollo ha traído problemas a resolver por la ingeniería en industrias alimentarias, como la obtención, extracción, innovación, optimización de un grupo de moléculas, denominadas bioactivos (polifenoles, péptidos bioactivos, terpenoides, entre otros) altamente reactivas y presentes a nivel de trazas, por lo que las estrategias tradicionales como el empleo de calor, solventes, tensoactivos, estabilizadores, entre otros, deben ser minimizados, en orden de mantener la integridad de la biomolécula o bien desarrollar tecnologías

innovadoras de procesamiento mínimo. Es en este contexto, donde el ingeniero en industrias alimentarias debe ser capaz de desarrollar estrategias de procesamiento novedoso (ultrasonido, pulsos eléctricos, infrarojo, luz UV, presión, etc.), capaces de proveer alimentos que sean inocuos, atractivos y con efectos de beneficio a la salud.

Trends and Perspectives in Food Engineering

Asli Can Karaca

Department of Food Engineering, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

Food engineering is a multidisciplinary field that is based on the application of basic engineering knowledge in manufacturing, storage and distribution of high quality, safe, nutritious, economical, and value-added foods with improved sensory and nutritional properties. Food engineering principles

are applied to ensure product quality, consumer health, production efficiency, and environmental sustainability. Researchers and food engineers have concentrated their efforts on developing innovative methods and technology to meet the rising demand for safe, nourishing, and sustainable food products. The evolution in food engineering is still continuing with an increased focus on new product development and parameters affecting food ingredients and formulation. The focus of food engineering research is recently shifting from food safety and processing efficiency to nutritional quality, including innovative aspects such as digital production, biotechnology, and sustainability. The future of food engineering research will continue to concentrate on the development of new processing techniques, optimization of manufacturing systems, digitalization, environmental protection, and sustainable development. Future efforts should be directed toward meeting the consumer expectations for safe, nutritious, and convenient foods. Furthermore, the efforts in the shaping of new advanced technologies should involve a comprehensive and integrated approach empowering new forms of food production that are healthier, safer, smarter, more efficient, and sustainable.

RESEÑA DE AUTORES:

Dr. José Alberto Gallegos Infante es profesor investigador del Tecnológico Nacional de México/I.T. Durango miembro del SNII III. Obtuvo su doctorado en la Universidad Autónoma de Querétaro y forma parte del Grupo de Investigación de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos del Laboratorio Nacional CONAHCYT de Apoyo a la Evaluación de Productos Bióticos (LaNAEPBi), Unidad de Servicio Tecnológico Nacional de México.

Dr. Asli Can Karaca received her Ph.D. in Food Science from University of Saskatchewan in Saskatoon, Canada. She has 10 years of industrial

Tecnologías Emergentes en Industrias Alimentarias

María Elena Sosa Morales

Departamento de Alimentos de la Universidad de Guanajuato, Campus Salamanca-Irapuato, Guanajuato, México

Las Tecnologías Emergentes, también conocidas como No térmicas o No convencionales, es un grupo de procesos para conservar mejor las características sensoriales y nutricionales o funcionales de los alimentos. Estos procesos se están incorporando a la Industria de Alimentos, sustituyendo a métodos como la pasteurización y la esterilización térmica. Entre las tecnologías emergentes se encuentra la alta presión hidrostática (HHP), la luz ultravioleta (UV), los pulsos eléctricos (PEF) y la irradiación (IR). En México, ya se aplican para algunos alimentos y bebidas, por ejemplo, HHP para jugos y puré de aguacate, UV para agua purificada y crema de leche, e IR para chiles secos y condimentos. Estas tecnologías son totalmente seguras para los consumidores y permiten eliminar bacterias y extender la vida útil de los alimentos.

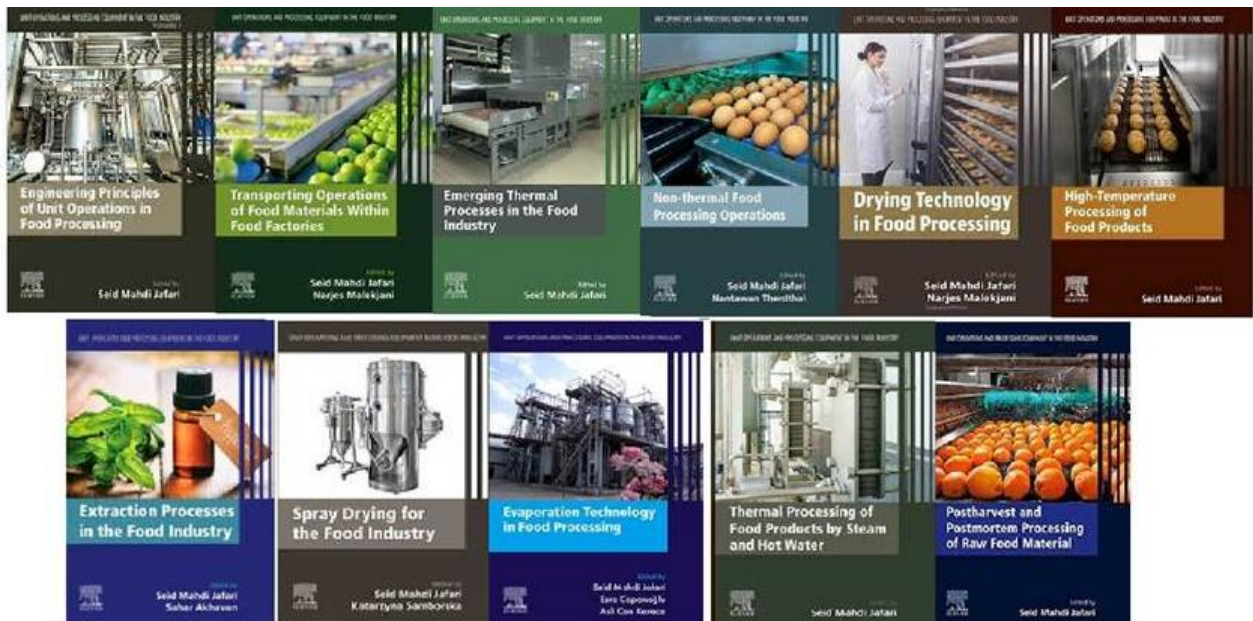
experience in an international medium-sized flavor house. Currently, she is working as an Associate Professor within the Department of Food Engineering at Istanbul Technical University. Her research interest lies in developing value-added protein-based ingredients from sustainable and low-cost resources, investigating their functionality and utilization in innovative food products.

Dra. María Elena Sosa Morales es profesora Titular B del Departamento de Alimentos de la Universidad de Guanajuato, miembro del SNII Nivel 2, y del Consejo de IFT Mexico Section.

Seid M. Jafari: boom in publishing food engineering books

Since 2020, Prof. Seid Mahdi Jafari from Gorgan University, Iran, presents a wide and impressive production of books in food engineering. This note shortly describes the Series: *Unit Operations and Processing Equipment in the Food Industry*,

published by Woodhead Publishing® (Elsevier®). Until now, the Series contains 11 published volumes that describe each area of Food Engineering Production. The image collects some of these titles.



As Editor-in-Chief of the Series, Prof. Jafari has continuously invited scientists and researchers around the world, who have expanded the food engineering topics due to their expertise and recent contributions. Despite the similarity with other publications, Jafari's Series bets on novel topics to steer a better design in process and equipment for the food industry. In principle, the editor does not

pretend to race with well-known titles, such as *Unit Operations in Food Processing* (Earle, 1983) and the outstanding *Unit Operations in Food Engineering* (Ibarz and Barboza-Cánovas, 2010).

The series exposes practical elements to benefit the food industry, where the theoretical basis extends to recurrent, and severe problems. Elsevier® will launch more volumes in 2024, such as Spray Drying

and Evaporation Technology, and even is working on additional topics for further volumes in the series (around a total of 20 volumes), for instance, *Mechanical Separation Process in the Food Industry*, *Mass Transfer Operations in the Food Industry* and *Extrusion and Size Change Processes in the Food Industry*. Most of them will be launched in 2025-2026. This author appreciates the invitation from Prof. Jafari to collaborate in the upcoming volume

Evaporation Technology in Food Processing. Hence, I hope most of our readers may get the opportunity to update their skills under the direction of this series in Food Engineering.

Christian O. Díaz-Ovalle, Editor

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE UNA TORTILLA MULTIPROTÉICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

*Karen E. Martínez-Jiménez, Ma. Cristina Vázquez-Hernández**

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las poáceas, a partir del cual se producen diversos alimentos, entre ellos la tortilla. En México, esta es un producto primordial dentro de la canasta básica, que en 2016 su consumo fue 57-80 kg per cápita al año, según encuestas de CONEVAL. La tortilla aporta el 47% de la ingesta calórica y es deficiente en aminoácidos esenciales y hierro. En zonas rurales de México, la aportación nutrimental llega al 70% de calorías totales y 50% de proteínas, lo cual ha contribuido a la desnutrición. El objetivo de esta investigación fue diseñar, elaborar y analizar los componentes de una tortilla con características funcionales para ofrecer un producto con alto valor nutricional a los consumidores. Los resultados mostraron un alto contenido proteico (10.08%) y de fibra (6.23%).

Palabras clave

Desnutrición, enfermedades crónico-degenerativas, alimentos endémicos.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays*) belongs to the Poaceae family, from which various foods are produced, including tortillas. In Mexico, it is a primary product within the basic food basket in 2016 its consumption was around 57-80 kg per capita per year, according to surveys conducted by CONEVAL. Tortilla provides 47% of caloric intake and is deficient in essential amino acids and iron. In rural areas of México, it is estimated to provide up to 70% of total calories and 50% of proteins, contributing to malnutrition. This research aimed to design, prepare, and analyze the components of a tortilla with functional characteristics to offer a product with high nutritional value. Results showed a high protein (10.08%) and fiber (6.23%) content.

Keywords:

Malnutrition, chronic-degenerative diseases, endemic foods.

Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque. km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. C.P. 38124, Roque, Celaya, Guanajuato, México.

*Autor de correspondencia: ma.vh@roque.tecnm.mx

1. Introducción

En México, el grano de maíz es utilizado para la producción de diversos alimentos como harinas, almidón modificado, jarabes de alta fructosa, etanol, entre otros productos dentro de los cuales destaca la tortilla. Actualmente, este alimento forma parte de la canasta básica y es altamente consumido por su sabor, diversificación en otros productos y por tradición (Aproximadamente el 94% de los mexicanos consumen tortilla) (Toledo et al., 2019). Como lo menciona el CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social), en 2016 el consumo per cápita es de entre 57 a 80 kg de tortillas por año tanto en zonas rurales como urbanizadas. Desde la antigüedad, el proceso de obtención se lleva a cabo mediante la nixtamalización (agregando hidróxido de calcio al agua de cocción), molienda, prensado y cocción en comal. Este procedimiento agrega calcio al producto final y características fisicoquímicas y reológicas agradables al consumidor; sin embargo, este producto es deficiente en aminoácidos esenciales (triptófano y lisina) (Chaudhary et al., 2014; Santiago-Ramos et al., 2018; Escalante-Aburto et al., 2020).

La pobreza alimentaria se relaciona con la seguridad alimentaria y el consumo alimentario, además está asociada con el entorno social y cultural y la capacidad económica de un estrato social (López Salazar, 2015). El hambre y la pobreza han aumentado significativamente hasta 2,000 millones de personas en el mundo en 2019 y estimando que para 2023 se sumarán entre 83 y 132 millones personas que no logran acceder a alimentos inocuos, nutritivos y suficientes (Ramírez-Juárez, 2022). El estudio diagnóstico del Derecho a la Alimentación Nutritiva y de Calidad llevada a cabo por el CONEVAL, en 2018, mostró que México atraviesa un grave problema de vulneración en el tema de seguridad alimentaria que afecta de forma general a la mayoría de las familias, lo cual se traduce en que seis de cada diez hogares no cuentan con los recursos suficientes para tener una alimentación adecuada de calidad (Fierro-Moreno et al., 2023). En Guanajuato, el 43% a 51% del total de la población experimenta dificultades para satisfacer sus necesidades alimentarias (ENSANUT, 2018; INEGI, 2018). El Gobierno de México a través de Sistema Único Automatizado de Vigilancia Epidemiológica (SUAVE, 2021) indica que más del 59% de la población tiene sobrepeso y obesidad, con una actividad física insuficiente, altos niveles de colesterol y presión sanguínea, prevalencia de diabetes mellitus tipo 2, y

desnutrición en los grados leve, moderada y severa con las tasas de incidencia de 15.2, 2.6 y 1.4 casos por cada 100 mil habitantes, respectivamente.

Este trabajo diseñó, elaboró y caracterizó bromatológicamente una tortilla de maíz colorado adicionada con lenteja, cúrcuma, cáscara de jitomate orgánico y chía. Las lentejas proporcionan proteínas altamente digeribles, no contienen colesterol ni grasas saturadas, y contienen carbohidratos complejos y de lenta absorción y bajo índice glicémico (Antonio, 2022; Lugo et al., 2023). El consumo de cúrcuma en la alimentación diaria es de gran importancia por su aporte de antioxidantes (curcumina) que puede ayudar a prevenir el envejecimiento prematuro de las células y algunos tipos de cáncer, mejorar la función hepática y disminuir la inflamación del estómago (Omonte Rodríguez y Bustamante García, 2022; Macías-Giler et al., 2023; Pinzón et al., 2024). Las semillas de chía es fuente de ácidos grasos poliinsaturados, como el ácido alfa-linolénico precursor del omega-3 con propiedades antiinflamatorias, antitrombóticas y vasodilatadoras que regulan la presión arterial y el colesterol (Zettel y Hitzmann, 2018; Ullah et al., 2016). Así, este producto tiene un alto valor nutrimental, satisface el hambre, beneficia la salud disminuyendo la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas y mejora la nutrición.

2. Materiales y métodos

El presente proyecto fue realizado en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México en Roque, extensión de Apaseo el Alto, Guanajuato. El material biológico (maíz colorado criollo, lentejas y semilla de chía) fue cultivado en las parcelas didácticas de la institución durante el ciclo primavera-otoño 2022 y consumió residuos de jitomates orgánicos (*Solanum lycopersicum* var. Uva). La cúrcuma en polvo fue de la marca Kirkland Signature. El diseño partió de tres formulaciones modificando la cantidad de ingredientes y la optimización de las formulaciones fue posible con la herramienta SOLVER® de Excel (Santiago-Ramos et al., 2017). La elaboración de las tortillas siguió la metodología de Santiago-Ramos et al. (2017): proceso de nixtamalización, mezclado de ingredientes, cocimiento de lentejas (agua en ebullición durante 1 h), molienda de lentejas (licuadora a velocidad media durante 30 segundos), adición de semillas de chía, la cúrcuma y harina de jitomate orgánico, y cocción del producto siguiendo la metodología modificada de Carvajal-Macías et al. (2019). La Figura 1 presenta

detalladamente este proceso. Posteriormente, un análisis sensorial fue elaborado (análisis sensorial a nivel consumidor, prueba de preferencia por ordenación con 100 panelistas no entrenados, aplicando una escala de Likert de 5 puntos). La muestra seleccionada fue la de mayor aceptación para realizar la caracterización

bromatológica por triplicado (Humedad, proteína, grasa-extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y carbohidratos) conforme a la norma PROY-NOM-216-SSA1-2002. Una tabla nutricional fue propuesta con base en la norma actualizada NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (Esparza-Arroyo, 2021).

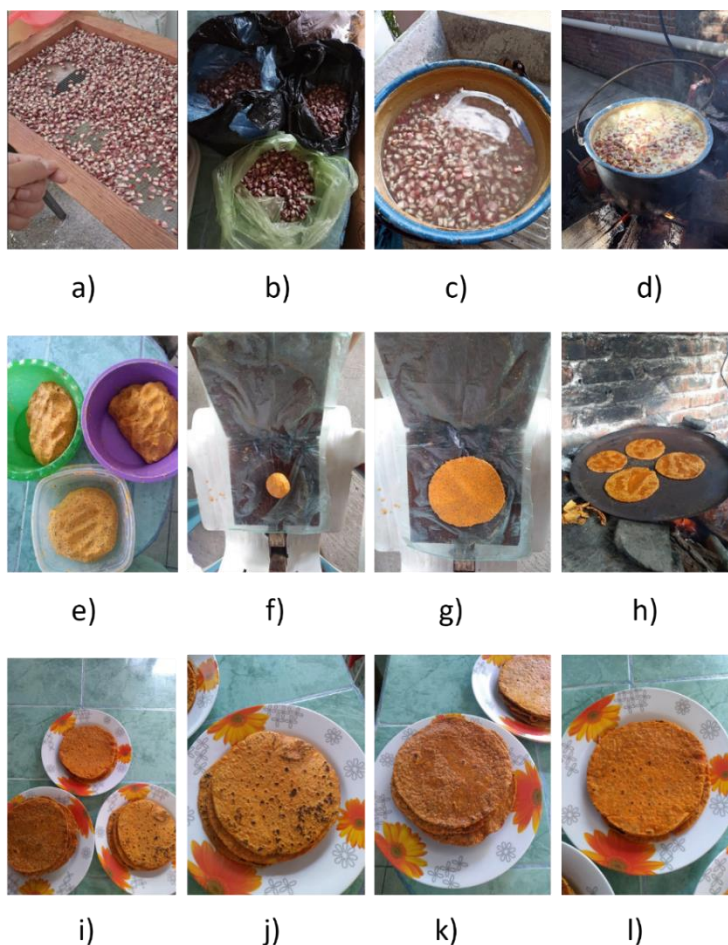


Fig. 1. Proceso de elaboración de tortillas para este proyecto: a)-b) recepción, selección y filtrado del maíz, c) lavado del maíz, d) nixtamalizado, e) masas de diferente formulación, f)-g) prensado tortillas, h) cocción de tortillas, i) tres formulaciones, j) formulación 1, k) formulación 2 y l) formulación 3 (Información clasificada).

3. Resultados y discusión

Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que la Formulación 3, M3 (Información clasificada) tuvo un mayor grado de aceptación por parte de los consumidores y comparada con una tortilla comercial el nivel de preferencia fue 3 veces mayor. La Tabla 1 muestra los resultados del análisis bromatológico realizado a las tortillas (humedad, cenizas, grasas, fibra, proteína y carbohidratos) los cuales fueron realizados

por triplicado (M1, M2 y M3). Los últimos fueron calculados matemáticamente por diferencia. Los análisis fueron por triplicado e incluyeron los cálculos de la media, desviación estándar y error. Las tortillas multiproteicas de la Formulación 3 tienen mayor contenido de fibra (6.23%) en comparación con una tortilla comercial (3.91%); el contenido de proteína es significativamente mayor en las tortillas multiproteicas (media de 10.08%) respecto a la comercial (4.78%).

Estos dos nutrientes tienen gran importancia en la nutrición de los consumidores, pues la fibra puede ayudar a mejorar el tránsito intestinal (fibra insoluble) y sentir saciedad (fibra soluble), ambos provenientes del maíz colorado, la harina de jitomate orgánico, la semilla de chía y la lenteja. El contenido de grasa reportado como extracto etéreo es similar entre la tortilla

multiproteicas: (3.86%) y la tortilla comercial (3.91%), la diferencia radica en el tipo de grasas contenidas en el producto. La Tabla 2 es el resumen nutrimental de las tortillas comerciales.

Tabla 1. Resultados de análisis bromatológicos realizados a la tortilla multiprotéicas. Datos reportados respecto a 100 g de muestra. M1, M2 y M3 indican las repeticiones de los análisis realizados.

ANÁLISIS	M1	M2	M3	Media	Desviación Estándar	Error
Humedad	46.61	46.68	46.31	46.533	0.1603	0.0925
Cenizas	1.55	1.54	1.55	1.546	0.0579	0.0334
E. Etéreo	3.96	3.69	3.93	3.86	0.2111	0.1218
Fibra Cruda	5.8027	6.7263	6.1862	6.2384	0.6562	0.3788
Proteína	10.06	10.06	10.12	10.08	0.0282	0.0162
Carbohidratos	32.0173	31.3037	31.9038	31.7416	0.1645	0.095

Tabla 2. Información nutrimental de tortilla comercial (Marca Santo Corral de 100g)

Este producto contiene azúcares y sal de mesa añadidos Contenido calórico: 186.95 Kcal por 100g		
Componente	Porción: 1 pieza, 23g	Porcentaje
Grasas totales	0.9	3.91
Carbohidratos totales	7.6	33
Fibra	0.9	3.91
Proteína	1.1	4.78

Tabla 3. Tabla nutrimental de las tortillas multiprotéicas (Formulación 3)
Información Nutrimental

Tamaño de porción	100 g
Porciones por envase	1 porción de 100 g aporta:
Contenido Energético	201 kcal
Proteínas	10 g
Lípidos	4 g
Carbohidratos	32 g
Fibra	6 g

A partir de los resultados anteriores y con base en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, la tabla nutrimental del producto fue desarrollada, ver Tabla 3. El nombre de Torti Forte fue propuesto para este producto y una búsqueda en la página del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) conforme al ClasNiza (Tipo de clase: Productos, clase: 29-Carne, pescado, carne de ave y carne de caza; extractos de carne; frutas y

verduras, hortalizas y legumbres en conserva, congeladas, secas y cocidas; jaleas, confituras, compotas; huevos; leche, quesos, mantequilla, yogur y otros productos lácteos; aceites y grasas para uso alimenticio) no arrojó coincidencias. Así, el logotipo de la marca fue diseñado, como lo muestra la Figura 2.



Fig. 2. Logotipo de las Tortillas multiprotéicas con nombre del producto (Torti Forte).

4. Conclusiones

En la última década, en México se ha incrementado considerablemente la incidencia de enfermedades crónico degenerativas y desnutrición, ocasionadas por la inseguridad alimentaria provocada por diversos factores tanto económicos como culturales sumados a los problemas mundiales como la pandemia por COVID (SARS-CoV-2) y la guerra en Ucrania, dando como resultado falta de acceso a alimentos inocuos y nutritivos. Actualmente, las tendencias en la Industria Alimentaria se dirigen al diseño y elaboración de alimentos con alto valor nutrimental y características funcionales que aporten un beneficio a la salud de los consumidores aprovechando los cultivos endémicos dentro una bioeconomía circular sostenible. Las tortillas “Torti Forte” ofrecen al consumidor un producto de la canasta básica que, por su contenido nutrimental, puede favorecer el estado nutricional de los consumidores sin el uso de conservadores.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de proyectos de investigación del cuerpo académico ITROQ-CA 11 “Innovación en Bioprocesos Sustentables” del Tecnológico Nacional de México/IT Roque. Agradecemos a Dra. Rosa María Mariscal Moreno por su apoyo para la realización de este proyecto y la vinculación con CINVSTAV Juriquilla, Qro., donde se realizaron los análisis bromatológicos del producto “Torti Forte”. Así mismo, a

la empresa Salamanca Organics S.P.R. de R.L. por el jitomate (*Solanum lycopersicum* var. Uva) proporcionado para la realización de este proyecto.

Referencias

- Antonio, P.L.P. (2022). Evaluación sensorial y nutricional de un producto, tipo carne, a base de lenteja (*Lens culinaris*) con haba (*Vicia faba*). Universidad agraria del Ecuador, Ecuador.
- Carvajal-Macías, B., Pérez-Ramírez, S., Gaviria-Gaviria, Y., & Alzate-Agudelo, J. (2019). Sustitución de nitritos en un producto cárnico embutido por nabo (*Brassica rapa*) y sustitución parcial de harina de papa (*Solanum tuberosum*) por harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para la evaluación del desarrollo de color y textura. *Informador técnico*, 83(1), 19-29.
- Chaudhary, D.P., Kumar, S., & Langyan, S. (Eds.). (2014). *Maize: nutrition dynamics and novel uses* (Vol. 3). New Delhi, Springer India.
- ENSANUT. (2018). Recuperado de: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_presentacion_resultados.pdf
- Escalante-Aburto, A., Mariscal-Moreno, R.M., Santiago-Ramos, D., & Ponce-García, N. (2020). An update of different nixtamalization technologies, and its effects on chemical composition and

- nutritional value of corn tortillas. *Food Reviews International*, 36(5), 456-498.
- Esparza-Arroyo, S.E. (2021). Caracterización de un alimento preentrenamiento elaborado con camote (*Ipomea batatas L.*). TECNM Campus Roque, México.
- Fierro-Moreno, E., Lozano-Keymolen, D., & Gaxiola-Robles Linares, S.C. (2023). Inseguridad alimentaria en México: análisis de dos escalas en 2020. *Estudios sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 33(61), 1-27.
- INEGI. (2018). Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2020/EAPAlimentacion.pdf>
- López Salazar, R. (2015). Pobreza alimentaria, seguridad alimentaria y consumo alimentario: una aproximación para el caso de México. *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, 9(1), 24-54.
- Lugo, R.D., Contreras, I.P., & Del Águila, D.C. (2023). Formulación y elaboración de postres altos en fibra basados en lenteja (*lens culinaris*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) con efectos funcionales. *Latam: Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, (4), 207-216.
- Macías-Giler, E., García-Murillo, J., Cisneros-Pérez, I., & García-Muentes, S. (2023). Evaluación de los métodos de extracción de curcumina de la cúrcuma (*Curcuma longa*). *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 6(12), 128-163.
- Omonte Rodríguez, L.A., & Bustamante García, Z. (2022). Actividad Antioxidante, Antibacteriana y Citostática de Extractos de Cúrcuma (*Curcuma longa*). *Gaceta Médica Boliviana*, 45(1), 12-16.
- Pinzón, S., Cabrera, L., & Pico-Fonseca, S.M. (2024). La cúrcuma longa como anti-cancerígeno: Una revisión de la literatura. *Universidad y Salud*, 26(1), 1-8.
- Ramírez-Juárez, J. (2022). Seguridad alimentaria y la agricultura familiar en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 553-565.
- Santiago-Ramos, D., de Dios Figueroa-Cárdenas, J., Véles-Medina, J.J., & Mariscal-Moreno, R.M. (2017). Changes in the thermal and structural properties of maize starch during nixtamalization and tortilla-making processes as affected by grain hardness. *Journal of Cereal Science*, 74, 72-78.
- Santiago-Ramos, D., de Dios Figueroa-Cárdenas, J., Mariscal-Moreno, R.M., Escalante-Aburto, A., Ponce-García, N., & Véles-Medina, J.J. (2018). Physical and chemical changes undergone by pericarp and endosperm during corn nixtamalization-A review. *Journal of Cereal Science*, 81, 108-117.
- SUAVE. (2021). Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/745354/PanoEpi_ENT_Cierre2021.pdf
- Toledo, J.M.C., Carballo, A.C., Contreras, J.A.M., de los Santos, G.G., Huerta, H.V., & González, M.C. (2019). Valoración de granos de maíces criollos sobresalientes de la raza zapalote chico. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 6(1), 1-17.
- Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., & Hussain, J. (2016). Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica L.*): a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 1750-1758.
- Zettel, V., & Hitzmann, B. (2018). Applications of chia (*Salvia hispanica L.*) in food products. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 43-50.

BEBIDA A BASE DE SUERO DE LECHE DULCE FORTIFICADA CON GERMINADO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*)

María del Carmen Ramírez-Mota, Susana Elizabeth Altamirano-Romo*

RESUMEN

La quinoa (*Chenopodium quinoa*), un pseudo cereal con orígenes en Suramérica, es considerado de gran valor nutritivo por su alto contenido de proteína en referencia a los cereales y su perfil de aminoácidos esenciales, además de su perfil de vitaminas y minerales, características que mejoran con la germinación debido al aumento de la biodisponibilidad y generación de moléculas con actividad biológica, entre ellas la antioxidante. El aporte nutricional de la quinoa germinada como complemento en bebidas a base de suero de leche fue evaluado en dos formulaciones (F1 y F2) usando diferentes proporciones de harina de germinado de quinoa y comparadas con una bebida comercial (control). Los resultados de análisis fisicoquímicos, proximales y de actividad antioxidante fueron analizados por ANDEVA seguidos por comparación de medias Tukey, ambos con $P \leq 0.05$. La F2 mostró las mejores características nutrimentales al tener mayor porcentaje de fibra y proteína; el contenido de fenoles totales entre las dos formulaciones fue el mismo pero menor al del control, sin embargo, la actividad antioxidante fue mayor. Los datos demuestran que la quinoa germinada es una materia prima que aumenta las propiedades funcionales y nutrimentales en este tipo de productos.

Palabras claves:

Lactosuero, bebida, valor nutritivo, actividad antioxidante, biodisponibilidad.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) is a pseudo-cereal with origins in South America, is considered of great nutritional value due to its high protein content compared with cereals, and its essential amino acids profile improves with vitamins and minerals. These characteristics increase during germination due to the enlargement of bioavailability and generation of molecules with biological activity, including antioxidants. The nutritional contribution of sprouted quinoa, as a raw material for beverages based on whey, was evaluated in two formulations (F1 and F2) using different proportions of quinoa sprouted flour and compared with a commercial beverage (control). The results of physicochemical, proximal, and antioxidant activity analyses were developed by ANOVA and compared with Tukey means, both with $P \leq 0.05$. Formulation 2 showed the best nutritional characteristics due to its highest percentage of fiber and protein. The content of total phenols between the two formulations was the same but lower than the control; however, the antioxidant activity was higher. The data showed that sprouted quinoa is a raw material that increases functional and nutritional properties of these types of products.

Keywords:

whey, beverage, nutritive value, antioxidant activity, bioavailability.

Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México / I. T. de Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas Km. 8, Celaya, Guanajuato, 38124, México
*Autor de correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx

1. Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa*), también conocida como quinoa, es un pseudocereal que se originó en América del Sur, pertenece a la familia *Chenopodiaceae*; y es un alimento demandado debido a su alto valor nutricional, en especial por su aporte de proteína y el perfil de aminoácidos en comparación con cereales como el maíz y trigo (Nowak et al., 2016). La quinua contiene en promedio del 12-17% de proteína y es reconocida como buena fuente de minerales que incluyen al potasio, calcio, magnesio, hierro, fósforo, zinc, manganeso y cobre (Huraca-Aparco et al., 2021); también cuenta con todos los aminoácidos esenciales destacando el contenido de lisina y metionina. Otra característica es la ausencia de gluten, motivo por el cual puede ser incluida en la dieta de personas que padecen de celiaquía (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011).

La germinación es un proceso biológico que mejora el valor nutritivo y el contenido fitoquímico en los cereales y pseudocereales, provoca un aumento de la digestibilidad de proteínas y almidón, y acrecienta el contenido fenólico total y la biodisponibilidad de algunos minerales (Nelson et al., 2013). En la revisión de Campos-Rodríguez et al. (2022) existen referencias con incremento de estas propiedades durante las 48-72 h de germinación en semillas de quinua. De acuerdo a los resultados de Darwish et al. (2020), el contenido de hierro, calcio, zinc, vitamina C y carotenoides incrementó en un 39.43, 49.04, 20.25, 32.17 y 26.02%, respectivamente en semillas de quinua germinadas; mientras que los factores anti nutricionales de saponina, ácido fítico y taninos en 59.60, 50.0 y 11.32%, respectivamente. Además de mejorar el valor nutritivo de las semillas, la germinación también trae los cambios deseables en la disponibilidad de nutrientes, textura y propiedades organolépticas (Padmashree, 2019). De acuerdo con Bhinder (2021), la quinua negra se caracteriza por los ácidos hidroxicinámicos de mayor unión, flavanoles, magnesio, potasio y actividad antioxidante, mientras que la quinua blanca presenta menor saponina, ácido fítico pero mayor proteína, hierro, calcio, también tiene una mayor actividad antioxidante con un incremento de esta de 27.23%, pero tiene menor cantidad de polifenoles que la quinua negra.

El lactosuero es el líquido resultante de la coagulación enzimática o microbiana de la leche durante la elaboración del queso; está formado por una mezcla importante de proteínas que poseen un amplio rango de propiedades; además contiene péptidos con actividad antioxidante, antimicrobiana, antitrombótica, hipolipemiente,

antihipertensiva e inmunológica, entre otros beneficios para la salud del ser humano (Chacón-Gurrola et al., 2017).

A pesar de su valor biológico, el lactosuero generalmente es considerado como un desecho y se elimina sin tratamientos previos generando contaminación ambiental; teniendo esto en consideración, es importante el desarrollo de alimentos con potencial beneficio a la salud que puedan incluir el lactosuero dentro de su formulación contribuyendo al aprovechamiento de subproductos de la Industria Alimentaria. Esta investigación tuvo por objetivo desarrollar un producto fermentado a base de suero de leche y harina de quinua fermentada para evaluar el impacto sobre la calidad nutricional y posibles beneficios a la salud.

2. Materiales y métodos

La quinua, adquirida en un mercado local, fue germinada según lo reportado por Franco et al. (2017) con ligeras modificaciones. El grano fue lavado con agua potable y dejado en remojo durante 6 horas a temperatura ambiente, después de escurrir para retirar el exceso de agua, los granos fueron esparcidos sobre una cama de papel y colocados en una recipiente de plástico para incubarlos 20°C durante 48 horas en oscuridad, alcanzando un tamaño de radícula de 1.5-2.0 cm. Posteriormente, la quinua germinada fue secada a 100 °C durante 1.5 horas y fue pulverizada en un molino para café (Cuisinart DCG-12BC, México) y después fue tamizada con malla No. 60 que corresponde a un tamaño de partícula de 0.025 cm.

El lactosuero fue obtenido como subproducto en el Taller de Lácteos del TecNM-Roque de la elaboración de queso panela con pH y acidez de 6.6 ±0.08 y 0.43 ±0.04 respectivamente, los valores son el promedio de tres lotes. El lactosuero fue pasteurizado a 65±2 °C y filtrado en manta cielo (poro ≈1mm) para eliminar nata y sólidos suspendidos, lo anterior para reducir la carga microbiana y evitar el deterioro microbiológico durante el almacenamiento; además, como requisito de calidad se determinaron coliformes totales y cuantificación de mesófilos aerobios de acuerdo a las NOM-113-SSA1-1994 y NOM-092-SSA1-1994 respectivamente. Una vez frío el suero de leche fue suplementado con harina de quinua germinada de acuerdo al diseño experimental que consistió en dos formulaciones: Formulación 1 (F1) 15 g de harina de quinua germinada por cada 100 mL; y Formulación 2 (F2) 10 g de harina de quinua germinada por cada 10m mL. A ambas formulaciones les fueron agregados los aditivos (5 g miel de agave y 1.5 mL de extracto de vainilla). Como control (FC) fue usada una bebida a base de suero dulce con 10 g de harina de trigo integral por 100 mL de bebida y

endulzada con 5 g de miel y saborizada con 1 mL de extracto de vainilla.

Los análisis fisicoquímicos (grados Brix ($^{\circ}$ Bx), acidez titulable (Acz) y determinación de pH) y análisis proximales fueron realizados a la formulaciones y control. La humedad fue determinada de acuerdo a la técnica descrita en la NMX-F-083-1986; las cenizas por el método descrito en la NMX-F-607-NORMEX-2020; la proteína fue determinada con la técnica descrita en la NMX-F-68-S-1980, utilizando el equipo Kjeldahl (NOVATECH, KJ6-C); la determinación de grasa con la técnica de la NMX-F-615-NORMEX-2018, utilizando el equipo Soxhlet (NOVATECH, VH-6P); y fibra de acuerdo a la NOM-F-90-S-1978. Finalmente, la determinación de actividad antioxidante fue determinada por los métodos de DPPH, FRAP y Folin-Ciocalteu (Alvarez-Jubete et al., 2010; Benzie y Strain, 1999).

El análisis estadístico fue realizado con el software SAS 9.4 de acuerdo a un diseño completo al azar donde las fuentes de variación son las formulaciones F1, F2 y FC; después del ANOVA fue realizada una comparación de medias por la prueba de Tukey, ambas con un valor de $P < 0.05$.

3. Resultados

De acuerdo a la NOM-091-SSA1-1994 establece que los coliformes totales deben ser menores a 20 UFC/mL y los

mesófilos aerobios deben estar por debajo de las 30,000 UFC/mL, durante el análisis microbiológico del suero de leche se encontró que la cantidad de mesófilos anaerobios fue de 60 UFC/mL y la de coliformes totales es igual a 20 UFC/mL. Las Tablas 1 y 2, se presenta la comparación de medias de los análisis fisicoquímicos y proximales de las formulaciones. En cuanto a las propiedades fisicoquímicas, todas las formulaciones mostraron valores de pH con diferencia estadísticamente significativa entre ellas y con el control, los valores de pH son similares a los reportados por Kaur & Tanwar (2016). Mientras que en $^{\circ}$ Bx y acidez las formulaciones F1 y F2 no presentan diferencia significativa entre ellas, pero sí respecto al control. Al agregar harinas o extractos de harinas de cereales germinados y sin germinar los valores de pH suben y los valores de ácido titulado decrecen (Ujiroghene et al., 2019), el uso de harina de quinoa como sustrato para la elaboración de yogurt con base vegetal aminoró la tasa de acidificación, quizá por no ser la quinoa un buen sustrato para las bacterias ácido lácticas usadas (Huang et al., 2022).

Tabla 1. Efecto de la adición de quinoa germinada sobre las propiedades fisicoquímicas de la bebida a base de suero de leche.

	pH	$^{\circ}$ Brix	Acidez
F1	6.12 ^c	3.77 ^b	0.013 ^b
F2	6.22 ^b	3.70 ^b	0.010 ^b
FC	6.32 ^a	11.02 ^a	0.024 ^a

Los valores representan la media de 3 réplicas y para la acidez los valores son porcentaje de ácido málico por 100 g. Los valores con letra diferente en la columna indican diferencia significativa en la prueba de Tukey con $P < 0.05$.

Tabla 2. Análisis de la composición proximal en las formulaciones de la bebida a base de suero de leche y quinoa fermentada.

	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra	Proteína	Carbohidratos
F1	75.84 ^b	0.70 ^a	2.55 ^b	2.81 ^b	8.71 ^{ba}	9.37 ^a
F2	77.92 ^b	0.64 ^a	2.29 ^b	3.46 ^a	9.30 ^a	6.38 ^b
FC	83.64 ^a	0.50 ^b	4.74 ^a	0.42 ^c	7.81 ^b	2.86 ^c

Los valores representan la media de 3 réplicas y están expresados como porcentaje respecto de 100 g en base húmeda de muestra. Los valores con letra diferente en la columna indican diferencia significativa en la prueba de Tukey con $P < 0.05$.

Las formulaciones, en general, registraron valores más altos de cenizas, fibra, proteína y carbohidratos en comparación con el control, mientras que los valores de humedad y grasa fueron más bajos en F1 y F2 que en el control. En los alimentos, la cantidad de cenizas nos da una idea de la proporción de minerales que pueden

aportar a la dieta, en este sentido, ambas formulaciones fueron superiores al control comercial usado como testigo, esta diferencia es debida al aporte de la quinoa germinada, en grano o germinada, la quinoa contiene minerales que pueden ser asimilados por el consumidor (Fernandes et al., 2018). El contenido de grasa en

ambas formulaciones fue menor que el control, esto puede explicarse por el periodo de 48 horas de germinación al que fue sometida la quinoa, en alimentos como la lenteja ha sido reportado que a medida que aumenta el tiempo de germinación la cantidad de grasa disminuye (Fouad y Rehab, 2015), a lo anterior también habría que sumar la cantidad de grasa que pudo haber sido retirada durante el proceso de filtración posterior a la pasteurización realizada al suero de leche durante la elaboración de la bebida. Huang et al. (2022) reportaron un porcentaje de 0.35 en una formulación a base de quinoa 1:7 (m/V) mientras que el valor en una bebida elaborada a base de leche de búfala usando quinoa como ingredientes alcanzó un valor de 3.95 y los valores reportados para el suero dulce, concentrados y aislados de proteína de suero de leche están dentro del intervalo de 1.07 a 6.25 (Paucar-Menacho et al., 2022; Huang et al., 2022), es decir, el aporte de grasa es relativamente igual o menor al de formulaciones estudiadas y algunas comerciales.

Durante la germinación, los numerosos cambios bioquímicos inducen en las semillas la degradación de macromoléculas como almidón y proteínas de reserva,

esta degradación da lugar a un incremento en la concentración de proteína compuestos fenólicos y fibra dietética (Pilco-Quesada et al., 2020), esto es la fuente de fibra que se registró en mayor concentración en la formulación respecto de la bebida testigo. Pilco-Quesada et al., 2020 reportaron un aumento del 100 % en el contenido de proteína en quinoa a las 48 horas de germinación, mientras que los valores de proteína en el suero dulce es de 12.98 g en base seca y en bebidas solo a base de suero dulce diluido con 9% de saborizante natural a base de agua fue 0.535 g/mL; en este trabajo ambas formulaciones con quinua son estadísticamente iguales. En relación a los carbohidratos, todas las muestras analizadas son diferentes, el valor más alto registrado fue para la formulación con mayor contenido de quinua (F1, Tabla 2). Diferentes estudios del uso de quinoa germinada en algunos alimentos han demostrado el aumento del contenido de proteína y fibra, pero también el de los carbohidratos, esto puede explicarse a los periodos cortos de germinación utilizados en los trabajos, de 0 a 72 horas (Paucar-Menacho et al., 2022; Pilco-Quesada et al., 2020; Abo Ali et al., 2022).

Tabla 3. Determinación de actividad antioxidante en las formulaciones de la bebida.

	DPPH ($\mu\text{M ET/mL}$)	FRAP ($\mu\text{M ET/mL}$)	FENOLES (EAG mg/mL)
F1	229.88 ^a	557.63 ^{ab}	1687.05 ^b
F2	75.08 ^b	641.67 ^a	1996.64 ^b
FC	136.61 ^b	423.91 ^b	3233.4 ^a

Los valores representan la media de 3 réplicas. Los valores con letra diferente indican la diferencia significativa en la prueba de Tukey con $P < 0.05$. columna

La actividad antioxidante de las formulaciones es presentada en la Tabla 3, donde se puede observar que la formulación F1 mostró la mayor actividad antioxidante (229.88 $\mu\text{M ET/mL}$) respecto a la F2 y al control (C), que no registraron diferencia significativa. En el caso de FRAP, no hubo diferencias significativas entre las formulaciones, pero sí respecto del testigo, en FRAP el valor más alto registrado fue para la F2 mientras que el C, al igual de en DPPH, registró el valor más bajo. Al analizar la cantidad de fenoles (Tabla 3), es claro que el mayor contenido lo tiene la bebida C con 3233 mg EAG/mL y no fue observada diferencia significativa entre las formulaciones, ambas con menor concentración de fenoles respecto a C. A pesar de mostrar el valor más alto en concentración de fenoles la bebida C arrojó los valores más bajos de actividad

antioxidante en ambas pruebas, es muy probable que la actividad de los fenoles, correspondientes al trigo, fue afectada por el proceso de elaboración de la bebida (López-Martínez et al., 2017). Por otra parte, la actividad antioxidante registrada para las formulaciones en gran medida puede atribuirse al suero de leche, pues se ha demostrado que los líquidos biológicos contienen moléculas y compuestos capaces de neutralizar los radicales libres (Shahidi y Zhong, 2015).

4. Conclusiones

En esta propuesta para el desarrollo de bebidas a base de un subproducto de la industria láctea, suero de leche, suplementado con quinoa, se demostró que las formulaciones a base de suero con quinoa tienen mejores características nutricionales, en función del

contenido más alto de cenizas (aporte de minerales), fibra y proteína respecto al control. Una desventaja es la concentración alta de carbohidratos que estuvieron presentes en mayor concentración en las bebidas que contenían quinoa, sin embargo, parte de estos carbohidratos funcionan como prebióticos. Otra característica importante es la actividad antioxidante de la bebida, que incrementó al aumentar el contenido de quinoa germinada, característica buscada en alimentos funcionales. Los resultados aportan conocimiento para el desarrollo de bebidas a base de suero de leche que mejoran al complementar con otros ingredientes como la quinoa.

Referencias

- Abo Ali, G., El-Dardiry, A. & El-Rhmany, A. (2022). Study of the chemical, rheological, functional, microstructure, microbial, and sensory properties of Kareish cheese fortified with germinated quinoa seeds and processed using ultrasound technology. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(11), 515-529.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. & Gallagher, E. (2010). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119, 770 - 778.
- Benzie, I. & Strain, J. (1999). Ferric reducing (antioxidant) power as a measure of antioxidant capacity: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70 - 76.
- Bhinder, S.K. (2021). Impact of germination on phenolic composition, antioxidant properties, antinutritional factors, mineral content and Maillard reaction products of malted quinoa flour. *Food Chemistry*, 346, 128915.
- Bianchi, F., Rossi, E., Gomes, R. & Sivieri, K. (2015). Potentially synbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and soy. *Food Science and Technology International*, 21(6), 401-415.
- Campos-Rodriguez, J., Acosta-Coral, K., & Paucar-Menacho, L.M. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Composición nutricional y Componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 209-220.
- Chacón-Gurrola, L.R., Chávez-Martínez, A., Rentería-Monterrubio, A.L. & Rodríguez-Figueroa, J.C. (2017). Proteínas del lactosuero: usos, relación con la salud y bioactividades. *Interciencia*, 712-718.
- Darwish, A.M., Al-Jumayi, H.A., & Elhendy, H.A. (2021). Effect of germination on the nutritional profile of quinoa (*Cheopodium quinoa* Willd.) seeds and its anti-anemic potential in Sprague-Dawley male albino rats. *Cereal Chemistry*, 98(2), 315-327.
- Diario Oficial de la Federación (1979). NOM-F-90-S-1978. Determinación de Fibra Cruda en Alimentos.
- Diario Oficial de la federación (1980). NOM-F-68-S-1980. Alimentos Determinación de Proteínas.
- Diario Oficial de la Federación (1986). NMX-F-083-1986. Determinación de humedad en productos alimenticios.
- Diario Oficial de la Federación (1994). NOM-112-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
- Diario Oficial de la Federación (2019). NMX-F-615-NORMEX-2018. Determinación de extracto etero (método soxhlet) en alimentos.
- Diario Oficial de la Federación (2022). NMX-F-607-NORMEX-2020. Determinación de cenizas en alimentos.
- Fernandes, C., Sonawane, K.S., & Arya, S.S. (2018). Cereal based functional beverages: A review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(3), 914-919.
- Fouad, A. A. and Rehab, F. M. A., (2015) (233–246), Effect of germination time on proximate analysis, bioactive compounds and antioxidant activity of lentil (*Lens culinaris* Medik.) sprouts. *Acta Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria*, 14(3), 233-246
- Franco, W., Evert, K., & Van Nieuwenhove, C. (2021). Quinoa flour, the germinated grain flour, and sourdough as alternative sources for gluten-free bread formulation: Impact on chemical, textural and sensorial characteristics. *Fermentation*, 7(3), 115.
- Huang, K., Liua, Y., Zhang, Y., Cao, H., Luo, D.-k., Yi, C. & Guan, X. (2022). Formulation of plant-based yoghurt from soybean and quinoa and evaluation of physicochemical, rheological, sensory and functional properties. *Food Bioscience*, 49, 101831.
- Huraca-Aparco, R., Tapia-Tadeo, F., Kari-Ferro, A. & Alvarez-Arias, C. (2021). Contenido mineral y

- proteína en germinados de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *ALFA*, 517-520.
- Kaur, I. & Tanwar, B. (2016). Quinoa beverage: Formulation, processing and portential health benefits. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases*, 23(2), 215 - 225.
- López-Martínez, L., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. & Heredia, J. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*, 38, 624-634.
- Nelson, K., Stojanovska, L., Vasiljevic, T. & Mathai, M. (2013). Germinated grains: a superior whole grain functional food? *Canadian Journal Physiology and Pharmacology*, 91, 429-441.
- Nowak, V., Du, J., & Charrondière, U. R. (2016). Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food chemistry*, 193, 47-54.
- Padmashree, A.N. (2019). Effect of Germination on Nutritional, Antinutritional and Rheological. *Defence Life Science Journal*, 55-60.
- Paucar-Menacho, L.M., Schmiele, M., Lavado-Cruz, A.A., Verona-Ruiz, A.L., Mollá, C., Peñas, E., et al. (2022). Andean Sprouted Pseudocereals to Produce Healthier Extrudates: Impact in Nutritional and Physicochemical Properties. *Foods*, 11, 3259.
- Pilco-Quesada, S., Tian, Y., Yang, B., Repo-Carrasco-Valencia, R. & Soumela, J.-P. (2020). Effects of germination and kilning on the phenolic compounds and nutritional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 94, 102996.
- Repo-Carrasco-Valencia, R.A.-M., & Serna, L.A. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(1), 225-230.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, 757-781.
- Ujiroghene, O. J., Liu, L., Zhang, S., Lu, L., Zhang, C., Pang, X., & Lv, J. (2019). Potent α -amylase inhibitory activity of sprouted quinoa-based yoghurt beverages fermented with selected anti-diabetic strains of lactic acid bacteria. *RSC Advances*, 9, 9486-9493.