



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



Posgrado en Ciencias en Bioprocesos

**Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes
funcionales en la formulación de matrices cárnicas**

Tesis que para obtener el grado de:
Maestría en Ciencias en Bioprocesos

PRESENTA:
Torres Ochoa Ana Luisa

Director de Tesis:
Dra. Grajales Lagunes Alicia

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P.

FECHA: Agosto, 2024



UASLP-Sistema de Bibliotecas
Repositorio Institucional Tesis Digitales Restricciones de Uso
DERECHOS RESERVADOS
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en este Trabajo Terminal está protegido por la Ley Federal de Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos.

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde se obtuvo, mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto o con fines de lucro, reproducción, edición o modificación será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes funcionales en la formulación de matrices cárnicas © 2024 by Ana Luisa Torres Ochoa is licensed under [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Este proyecto se realizó en Laboratorio de Ciencia de los Alimentos de Investigación, Laboratorio de Ingeniería de los Alimentos, Laboratorio de Tecnologías Emergentes y Laboratorio de Bioquímica y Ciencia de los Alimentos adscritos a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, en el periodo comprendido entre septiembre del 2020 a Julio 2024, bajo la dirección de la Dra. Alicia Lagunes Grajales

El programa de Maestría en Ciencias en Bioprocesos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí pertenece al Sistema Nacional de Posgrados de Calidad (SNP) del CONAHCYT, registro 000588. Número de la beca otorgada por CONAHCYT: 1099574. Número de CVU 1099574.

Los datos del trabajo titulado Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes funcionales en la formulación de matrices cárnicas se encuentra bajo resguardo de la Facultad de Ciencias Químicas y pertenece a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.



POSGRADO EN CIENCIAS EN BIOPROCESOS
Tel: 444-826-2300 ext. 6542 y 6540

San Luis Potosí, S.L.P. a 02 diciembre de 2020

Dra. Alicia Grajales Lagunes
Profesor Investigador
Posgrado en Ciencias en Bioprocesos
Presente

Estimada Dra. Alicia Grajales

Habiendo revisado su solicitud para el registro de título de tesis de la estudiante de Maestría en Ciencias en Bioprocesos Ana Luisa Torres Ochoa, esta Coordinación a mi cargo le informa que el Comité Académico del Posgrado avaló y consideró APROBADO el título de tesis:

"Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes funcionales en la formulación de matrices cárnicas"

El protocolo de este registro de tesis, NO requiere ser avalado por el Comité Ética en Investigación y Docencia (CEID). Sin otro en particular, me es grato saludarla.

ATENTAMENTE



Dra. Ruth Elena Serna
Coordinadora del Posgrado en Ciencias en Bioprocesos
FCQ, UASLP.
Tel 444-826-2300, Ext. 6542


FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS
Av. Dr. Manuel Naves Núm. 6
Zona Universitaria - CP 78210
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 24 40 al 48
Ext. (444) 835 2372
www.uaslp.mx

c.c.p. Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS



Posgrado en Ciencias en Bioprocesos

Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes funcionales en la formulación de matrices cárnicas

Tesis que para obtener el grado de:
Maestría en Ciencias en Bioprocesos

PRESENTA:
Torres Ochoa Ana Luisa

SINODALES:

Presidente: Dr. Miguel Ángel Ruiz Cabrera _____

Secretario: Dr. Raúl González García _____

Sinodal: Dra. Alicia Grajales Lagunes _____

Sinodal Suplente: Dra. Avelina Franco Vega _____

SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P.

FECHA: Agosto 2024

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORIAL ACADÉMICO

Dra. Alicia Grajales Lagunes: director de tesis. Adscrito al Posgrado en Ciencias en Bioprocesos en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Dra. Avelina Franco Vega: Asesor de tesis. Adscrito al Posgrado en Ciencias en Bioprocesos en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Dr. Miguel Ángel Ruiz Cabrera: Asesor de tesis. Adscrito al Posgrado en Ciencias en Bioprocesos en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Dr. Raúl González García: Asesor de tesis. Adscrito al Posgrado en Ciencias en Bioprocesos en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

Facultad de Ciencias Químicas

Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

Posgrado en Ciencias en Bioprocesos

Programa de Maestría

Formato M5

Carta Cesión de Derechos

San Luis Potosí SLP a Agosto/ 05 /2024

En la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., el día 05 del mes de agosto del año 2024 El que suscribe Ana Luisa Torres Ochoa Alumno(a) del programa de posgrado Ciencias en Bioprocesos adscrito a Facultad de Ciencias Químicas manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo terminal, realizado bajo la dirección de: Dra. Alicia Grajales Lagunes y cede los derechos del trabajo titulado Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes funcionales en la formulación de matrices cárnicas a la **Universidad Autónoma de San Luis Potosí**, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir de forma total o parcial texto, gráficas, imágenes o cualquier contenido del trabajo si el permiso expreso del o los autores. Éste, puede ser obtenido directamente con el autor o autores escribiendo a la siguiente dirección luisa8a@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ana Luisa Torres Ochoa



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
Facultad de Ciencias Químicas
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado
Posgrado en Ciencias en Bioprocesos
Programa de Maestría

Formato M28

Carta de Análisis de Similitud

San Luis Potosí SLP a Agosto/06/2024

L.B. María Zita Acosta Nava
Biblioteca de Posgrado FCQ

Asunto: Reporte de porcentaje de similitud de tesis de grado

Por este medio me permito informarle el porcentaje de similitud obtenido mediante Ithenticate para la tesis titulada Uso de posbióticos y prebióticos como ingredientes funcionales en la formulación de matrices cárnicas presentada por Ana Luisa Torres Ochoa. La tesis es requisito para obtener el grado de Maestría en el Posgrado en Ciencias en bioprocesos. El análisis reveló un porcentaje de similitud de 29% excluyendo referencias y metodología.

Agradezco sinceramente su valioso tiempo y dedicación para llevar a cabo una exhaustiva revisión de la tesis. Quedo a su disposición para cualquier consulta o inquietud que pueda surgir en el proceso.

Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Dr. Jaime David Pérez Martínez
Coordinador del Posgrado en Ciencias en Bioprocesos

Agradecimientos académicos

A mi directora de tesis, la doctora Alicia Grajales Lagunes, porque su confianza, habilidades y conocimientos transmitidos, fueron pilares fundamentales en cada etapa de este trabajo. Sin su paciencia, compromiso y disciplina no lo hubiese logrado. Gracias.

Al Dr. Miguel Ángel Ruiz Cabrera, por compartir sus conocimientos, tiempo y experiencias en cada ensayo, avance y presentación llevada a cabo en el desarrollo de esta investigación.

A la maestra en ciencias Cecilia Rivera Bautista, por su disponibilidad y apoyo. Por compartir su experiencia y conocimientos en el desarrollo de los diversos experimentos llevados a cabo así también por alentarme en el proceso de la conclusión de esta investigación.

A la Dra. Avelina Franco Vega, el Dr. Raúl González García y la Dra. Patricia Aguirre Bañuelos por su tiempo y disposición para el acompañamiento de esta investigación.

Agradecimientos personales

Este trabajo de investigación es sin duda el resultado del apoyo incondicional de mi familia. Gracias por todas sus palabras de aliento, sin duda fueron la base y respaldo para el desarrollo de esta investigación.

A mi madre quien siempre me apoyo en las decisiones tomadas durante mi desarrollo profesional, gracias por su confianza y amor que siempre me ha brindado.

A mi hermana Claudia quien siempre tuvo un consejo para darme, tiempo para escucharme y por permanecer durante los días difíciles. A mi sobrino Santiago que pasar tiempo con él siempre fue un respiro cuando más lo necesitaba.

A mis tíos y primos especialmente a Evelyn por siempre alegrarse por cada logro alcanzado. Gracias familia y amigos por que sin duda sin ustedes y su apoyo esto no hubiera sido posible.

Resumen

Los alimentos funcionales han tomado gran relevancia por su aporte benéfico a la salud, sin embargo, su elaboración ha sido delimitada por las condiciones de procesamiento de los alimentos, debido a que los compuestos bioactivos mayormente utilizados requieren condiciones de supervivencia específicas para generar dichos beneficios, tal es el caso de los probióticos. Por lo que constantemente se buscan alternativas para diversificar la elaboración de alimentos funcionales, tal es el caso de los postbióticos, los cuales son metabolitos no viables (como vitaminas, proteínas, ácidos grasos de cadena corta y polisacáridos) producidos por la muerte celular de bacterias probióticas, lo que permite que sean más estables y se pueden utilizar en productos que requieren tratamiento térmico para su producción, como los productos cárnicos. Por lo cual el objetivo de esta investigación fue incluir postbióticos en la formulación de embutidos cárnicos (salchichas cocidas), para su elaboración se llevó a cabo un diseño experimental aleatorio con dos variables de mezcla: %grasa y %postbióticos. Las variables de respuesta evaluadas fueron el contenido de proteínas, polifenoles totales, ácido láctico y acético, pH, color, perfil de textura y evaluación sensorial. Los estudios arrojaron resultados positivos en la elaboración del embutido cárnico (salchicha) con adición de postbióticos, tal fue el caso del contenido de proteínas, polifenoles, ácido acético y ácido láctico, así como la cohesión y la elasticidad donde el resultado fue significativamente mayor ($p < 0.05$). Sin embargo, los parámetros de color, pH, dureza y masticabilidad no se vieron afectados de manera significativa ($p > 0.05$). En general, las salchichas con postbióticos fueron mejor aceptadas por los jueces consumidores que la muestra de control. Por lo tanto, es posible incluir postbióticos en la producción de salchichas funcionales.

Palabras clave: Alimentos funcionales, compuestos bioactivos, postbióticos, probióticos, ultrasonido, tratamiento térmico.

Abstract

Functional foods have gained great relevance for their beneficial contribution to health, however, their elaboration has been limited by the food processing conditions, since the bioactive compounds mostly used require specific survival conditions to generate such benefits, as is the case of probiotics. Therefore, alternatives are constantly being sought to diversify the elaboration of functional foods, such is the case of postbiotics, which are non-viable metabolites (such as vitamins, proteins, short-chain fatty acids and polysaccharides) produced by the cell death of probiotic bacteria, which allows them to be more stable and can be used in products that require heat treatment for their production, such as meat products. Therefore, the objective of this research was to include postbiotics in the formulation of meat sausages (cooked sausages), for which a randomized experimental design was carried out with two mixing variables: %fat and %postbiotics. The response variables evaluated were protein content, total polyphenols, lactic and acetic acid, pH, color, texture profile and sensory evaluation. The studies yielded positive results in the preparation of meat sausage with the addition of postbiotics, such was the case of protein content, polyphenols, acetic acid, and lactic acid, as well as cohesion and elasticity, where the result was significantly higher ($p < 0.05$). However, the parameters of color, pH, hardness, and chewiness were not significantly affected ($p > 0.05$). Overall, the sausages with postbiotics were better accepted by the consumer judges than the control sample. Therefore, it is possible to include postbiotics in the production of functional sausages.

Keywords: Functional foods, bioactive compounds, postbiotics, probiotics, ultrasound, heat treatment.

Tabla de contenido

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | Introducción | 14 |
| 2. | Antecedentes..... | 15 |
| 2.1 | Alimentos funcionales..... | 15 |
| 2.2 | Compuestos bioactivos..... | 16 |
| 2.3 | Prebióticos..... | 16 |
| 2.4 | Probióticos..... | 17 |
| 2.5 | Postbióticos | 17 |
| 3. | Justificación | 20 |
| 4. | Hipótesis..... | 21 |
| 5. | Objetivo General..... | 21 |
| 5.1 | Objetivos específicos..... | 21 |
| 6. | Materiales y métodos..... | 22 |
| 6.1 | Obtención de postbióticos | 22 |
| 6.2 | Composición química de los postbióticos | 22 |
| 6.3 | Preparación de salchichas..... | 23 |
| 6.4 | Composición química de salchichas..... | 23 |
| 6.5 | Propiedades tecnológicas de las salchichas | 24 |
| 6.5.1 | Determinación de pH..... | 24 |
| 6.5.2 | Color..... | 24 |
| 6.6 | Análisis estadístico | 26 |
| 7. | Resultados y discusión | 27 |
| 7.1 | Composición química de los postbióticos | 27 |
| 7.2 | Propiedades tecnológicas de las salchichas | 27 |

| | | |
|----|--------------------|----|
| 8. | Conclusiones | 37 |
| 9. | Bibliografía..... | 38 |

1. Introducción

La obesidad, el síndrome metabólico y aquellas enfermedades crónicas no transmisibles exigen cambios fundamentales en los estándares nutricionales y de estilo de vida de la población, ya que la investigación moderna ha demostrado que el microbiota humano (Conjunto de microorganismos que han colonizado su cuerpo y con los que cohabita: principalmente bacterias, pero también virus, hongos, levaduras y protozoos) ocupa un papel central en la modulación de la salud del huésped.

Con lo que se ha generado un interés creciente en productos que promueven la salud aportando beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano y que además sean seguros para consumo; esta tendencia del mercado global ha impulsó a la industria alimentaria a invertir en el desarrollo de productos innovadores que contienen componentes bioactivos (Petzold et al., 2018). Estas variaciones en los patrones de alimentación generaron una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponde a la de los alimentos funcionales.

El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos para uso específico de salud" ("Foods for specified health use" o FOSHU) y que se refiere a aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutrimental.

En opinión de los expertos, muchas de las enfermedades crónicas que afligen a la sociedad de un modo particular (cáncer, obesidad, hipertensión, trastornos cardiovasculares) se relacionan de un modo muy estrecho con la dieta alimenticia.

En la actualidad, se observa una clara preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta sin protesta que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, por lo que se detecta en el mercado alimentario marcada preferencia por aquellos alimentos que se anuncian como beneficios para la salud.

2. Antecedentes

2.1 Alimentos funcionales

La alimentación ha sido una de las necesidades y preocupaciones fundamentales del hombre. Anteriormente se creía que sólo era esencial para la entrega de los nutrientes y energía necesaria para mantener los procesos vitales, hoy impera el concepto de una alimentación saludable y equilibrada. Por esta razón los alimentos funcionales han tomado gran importancia en la alimentación actual, pues además de nutrir, aportan algunos compuestos con propiedades fisiológicas a la salud humana.

Los alimentos están compuestos por un gran número de sustancias que se clasifican principalmente en tres tipos: nutrientes, compuestos indeseables o anti nutricionales y compuestos bioactivos (que pueden ser nutrientes, o compuestos que confieren características sensoriales). No se trata de comprimidos ni cápsulas, sino de alimentos, tanto de origen animal como vegetal u otro tipo de alimentos, que son fortificados y/o mejorados principalmente con sustancias biológicamente activas que ayudan a la prevención de enfermedades crónicas degenerativas (Urango L, 2009). Por lo que el concepto de alimentos funcionales se define como productos alimenticios que, además de proporcionar nutrientes esenciales, ofrecen beneficios adicionales para la salud y el bienestar. Estos alimentos pueden ayudar a prevenir o tratar enfermedades crónicas, mejorar la digestión y la absorción de nutrientes, fortalecer el sistema inmunológico, reducen el riesgo de desarrollar enfermedades como obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares, ofrecen beneficios para la salud mental y el bienestar emocional, por lo que tienen la capacidad de mejorar la calidad de vida en general. Es importante destacar que, aunque los alimentos funcionales ofrecen beneficios adicionales, no deben reemplazar una dieta equilibrada y variada. La necesidad de crear alimentos funcionales ha abierto camino para la generación de una amplia gama de compuestos bioactivos (probióticos, prebióticos, fitoquímicos, péptidos bioactivos, etc.) que promuevan la salud (Nataraj et al., 2020).

2.2 Compuestos bioactivos

Los componentes bioactivos despiertan especial interés en la comunidad científica, por ser sustancias con efectos benéficos en la salud, evidenciado por estudios que involucran efectos, acciones y prevención de riesgo en ciertas enfermedades. Se definen como componentes o sustancias químicas presentes en los alimentos que influyen en las actividades celulares y fisiológicas obteniendo, tras su ingesta, un efecto beneficioso para la salud y el bienestar.

Estos compuestos pueden influir en la salud humana de diversas maneras como: reduciendo la inflamación y el estrés oxidativo, mejorando la salud cardiovascular, apoyando la salud intestinal y sistema inmunológico, entre otros; estos compuestos se entienden que no son nutrientes y por tanto no son esenciales para la vida.

Las razones de interés de los consumidores por estas sustancias radican en obtener bienestar por medio de la dieta, ya que es importante destacar que la biodisponibilidad y el efecto de los compuestos bioactivos pueden variar dependiendo de la fuente y preparación de los alimentos, por lo que se busca mayor variedad de alimentos adicionados con compuestos bioactivos, por ello demandan información sobre los efectos de estas sustancias tal es el caso de los prebióticos, probióticos y postbióticos (Urango L, 2009).

2.3 Prebióticos

Los prebióticos son carbohidratos de cadena corta que no son digeribles por las enzimas digestivas en los humanos y mejoran selectivamente la actividad de algunos grupos de bacterias beneficiosas. Es decir, sirven como alimento para las bacterias beneficiosas presentes en el intestino, estimulando su crecimiento y actividad. De esta forma, los prebióticos promueven un microbiota intestinal saludable, lo que puede tener beneficios para la salud en general.

En el intestino, los prebióticos son fermentados por estas bacterias para producir ácidos grasos de cadena corta los cuales sirven como fuente de energía para las bacterias presentes en el intestino, mejoran la absorción de nutrientes como

carbohidratos y proteínas, así como también presentan mejora en la barrera intestinal, previniendo la entrada de toxinas y patógenos en el cuerpo.

También brindan muchos otros beneficios para la salud en el intestino grueso, como la reducción del riesgo de cáncer y el aumento de la absorción de calcio y magnesio. Los prebióticos se encuentran en varias verduras y frutas y se consideran componentes alimentarios funcionales que presentan importantes ventajas tecnológicas (Al-Sheraji et al., 2013).

2.4 Probióticos

Los probióticos se definen como microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped. Los efectos beneficiosos de los probióticos dependen en gran medida de su supervivencia a través de procesos técnicos y su viabilidad durante el paso a través del tracto gastrointestinal.

En este sentido es que la matriz alimentaria e ingredientes, incluidos los prebióticos, juegan un papel importante, pues estos factores pueden influir de manera positiva o negativa en el rendimiento de las bacterias probióticas.

Es por ello por lo que las matrices lácteas son ideales para ser portadores de compuestos bioactivos probióticos pues sus condiciones de procesos y composición son aptas para favorecer el rendimiento de los mismo.

2.5 Postbióticos

Los postbióticos son compuestos y/o metabolitos solubles producidos por la muerte celular de bacterias probióticas, que pueden utilizarse en combinación con componentes nutricionales para promover beneficios en la salud. Al tratarse de componentes inertes supera el reto tecnológico de la eficiencia y colonización de mantener los microorganismos viables y estables en el producto a una dosis elevada para que genere un beneficio en la salud. Esto facilita la administración de los ingredientes activos en el lugar deseado del intestino, mejora la vida útil y puede

simplificar el proceso de producción y desarrollo de alimentos funcionales. Se considera postbióticos al conjunto de bacteriocinas, ácidos grasos de cadena corta, péptidos y proteínas, generados a través de la lisis celular de las bacterias probióticas. Si bien son componentes bioactivos en estudio, ya se han aplicado en la producción de biofilm, y/o empaques que presentan función antimicrobiana en alimentos; por otro lado, debido a los componentes que presentan los postbióticos, son una alternativa en la producción de alimentos funcionales (El-Ghany, s. f.).

Además, los postbióticos crean sinergia con los ácidos orgánicos y bacteriocinas que son producidas por el microbiota intestinal y son capaces de reducir el pH, inhibe la proliferación de patógenos oportunistas y, en consecuencia, presentan una influencia positiva en la salud del individuo.

2.6 Métodos de obtención de postbióticos

La tecnología utilizada para la obtención de postbióticos se enfoca en inducir la pérdida de viabilidad en el microorganismo; en la tabla 1 se muestran varios métodos usados para estos propósitos, incluyendo calor, alta presión, sonicación, entre otros. En general se produce la pérdida de viabilidad de los microorganismos vivos después de la exposición a factores que alteran la estructura celular microbiana y/o cambio en su función fisiológica.

Por otro lado, si lo que se desea es romper la membrana bacteriana se aplica la combinación de al menos dos tratamientos para obtener los metabolitos intracelulares y/o componentes de la pared celular en forma de fragmentos.

Sin embargo, en algunos casos el resultado puede contener fragmentos celulares o componentes indeseados por lo cual es necesario una centrifugación acompañada de un microfiltrado del sobrenadante libre de células recuperado tras la centrifugación (Cuevas-González et al., 2020).

| Método | Objetivos | Condiciones |
|--|--|--|
| Tratamiento térmico (pasteurización, esterilización) | Destrucción de la membrana celular, desnaturalización proteica e inactivación enzimática | <i>Bac. amyloliquefaciens</i> FPTB16 y <i>Bac. subtilis</i> FPTB1 (2 h a 60 °C). <i>B. longum</i> BR-10 (105 °C por 20 min) |
| Radiación (ionización y rayos UV) | Desnaturalización de las proteínas y daño a los ácidos nucleicos. | <i>L. reuteri</i> ATCC 23272 (Cobalto 60 por 20 h a 8.05 Gy) |
| Altas presiones | Daño a la estructura celular | <i>L. rhamnosus</i> ATCC 53103 (400 o 600 Mpa a 37 °C por 10 min) |
| Ultrasonido | Daño a la estructura celular | <i>B. longum</i> SPM1207 (sonicación por 5 min) |
| Ultrasonido/ reacción enzimática | Destrucción de la estructura celular | <i>L. casei</i> CRL 431 (Ultrasonido por 30 min/ 42 kHz; lisozima 1 mg/mL, 37 °C por 150 min) |
| Ultrasonido/ reacción química | Destrucción de la estructura celular | <i>Bifidobacterium</i> , <i>Enterococos</i> , <i>Lactobacilos</i> , <i>Lactococcus</i> (Ultrasonido a 300 w por 2 min/ 0.5 M solución de hidróxido de potasio) |

3. Justificación

Las tendencias mundiales de alimentación recaen en el consumo de alimentos ricos en grasas, carbohidratos y una disminución de consumo de fibras, lo que conlleva a que la población presente malnutrición, la cual es definida como el resultado de una dieta desequilibrada por falta o exceso de nutrientes.

La malnutrición incrementa el factor de riesgo de presentar desnutrición, sobrepeso u obesidad teniendo como consecuencia el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas (diabetes, enfermedades cardiovasculares, enfermedad vascular cerebral, etc.).

En los últimos años la percepción de los consumidores sobre la relación existente entre la dieta y la salud ha incrementado significativamente por lo que demandan alimentos que incluyan ingredientes bioactivos que además de aportarles las necesidades nutrimentales básicas, también tengan un beneficio en la salud.

Los prebióticos y probióticos son los ingredientes bioactivos que han sido utilizados con mayor frecuencia en la elaboración alimentos funcionales de origen lácteo y en algunos jugos de fruta. Sin embargo, una limitante de los probióticos es que no se pueden utilizar en la elaboración de alimentos que necesiten tratamientos térmicos severos ya que serían destruidos.

Por ello el uso de postbióticos es una alternativa para elaborar alimentos funcionales que requieran de un proceso térmico como los productos cárnicos. Los productos cárnicos de mayor consumo por la población infantil de América Latina incluyendo México son las salchichas, por ello en el presente estudio se planteó elaborar una salchicha funcional tipo Viena utilizando prebióticos y postbióticos, que proporcionen beneficios a la salud del consumidor.

4. Hipótesis

El uso de ultrasonido y calor favorecen la inactivación celular de bacterias probióticas para la obtención de postbióticos.

La adición de prebióticos y postbióticos en la elaboración de un embutido cárnico (salchicha tipo Viena) causaran sinergia para incrementar la calidad nutrimental y funcional del producto, sin dañar sus características sensoriales.

5. Objetivo General

Elaborar un producto cárnico funcional (salchicha tipo Viena) con la inclusión de prebióticos (inulina) y postbióticos (células de bacterias ácido lácticas) sin dañar las características organolépticas del producto.

5.1 Objetivos específicos

- a. Establecer las mejores condiciones para la obtención de postbióticos a partir de bacterias ácido-lácticas utilizando técnicas de ultrasonido, tratamiento térmico y la combinación de ambos tratamientos.
- b. Seleccionar el método de producción de postbióticos con base al contenido de proteínas, polifenoles y ácidos grasos de cadena corta.
- c. Elaborar prototipos de salchichas funcionales mediante el uso de prebióticos y postbióticos.
- d. Seleccionar el prototipo de salchicha que presente una mejor calidad nutrimental (contenido de proteínas y aminoácidos), funcional (contenido de ácidos grasos de cadena corta y polifenoles) y evaluación sensorial (aceptación del consumidor).

6. Materiales y métodos

6.1 Obtención de postbióticos

Se utilizó la bacteria *Lactobacillus acidophilus* (DSM 20079) para la obtención de los postbióticos. Primero, la leche de soja se obtuvo según García-Mantrana et al. (2015) con algunas modificaciones. Los granos de soja se remojaron en agua (1:4 w: v) a 97 ± 2 °C durante 5 min. Posteriormente, las semillas de soja se licuaron en una proporción soja: agua (1:7 p: v) durante 3 min. La mezcla es filtrada y esterilizada en autoclave a 112 °C durante 12 min y se almacenó a 4 °C hasta su uso.

Se inoculó *Lactobacillus acidophilus* en la leche de soja y se incubó a 37 °C durante 18 horas. Fueron necesarias varias resiembras hasta obtener una concentración de 109 UFC/mL y 500 mL de volumen.

Esta concentración se corroboró con una resiembra en placa en agar MRS enriquecido con cisteína según el método de Miles-Misra. Se aplicó un tratamiento térmico a 95 ± 2 °C durante 30 min para obtener los postbióticos, a continuación, se añadieron fructanos de *Agave salmiana* en una proporción de 1:3, respectivamente, hasta alcanzar el 10 % de sólidos en las soluciones. La solución se secó utilizando un Mini Spray Dryer B-290 (Buchi, Suiza) a una temperatura del aire de entrada de 175 °C, un flujo de alimentación de 7 mL/min, con una presión de aire del compresor de 1,5 bar, para obtener postbióticos/prebióticos en polvo.

6.2 Composición química de los postbióticos

Mediante el método Kjeldahl, se determinó el contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas y humedad (AOAC, 2012). Los polifenoles totales se determinaron por el método Folin-Ciocalteu en el que se utilizó ácido gálico como patrón. La absorbancia se determinó a 765 nm. Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (g/100 g). Los ácidos acético y láctico se determinaron mediante HPLC Thermo Fisher Scientific UltiMate 3000 Massachusetts, EE.UU.). Un Aminex HPX-87H (300 x 7,8 mm BioRad California EE.UU.) se mantiene a 35 °C. Se utilizaron condiciones isocráticas a 0,4 mL/min de flujo, utilizando 0,008 N de H₂SO₄ como fase móvil y un volumen de inyección de 20 mL/min. y un volumen de inyección de 20 µL.

6.3 Preparación de salchichas

Las salchichas se prepararon con un 55 % de carne de cerdo, 25 % de grasa dorsal de cerdo, 13 % de hielo y un 7 % de especias (Tomaschunas et al., 2013). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con dos variables de mezcla (grasa y postbióticos) utilizando el software MODDE 7.0 (Umetric Inc.). Se estableció la siguiente restricción: la suma de las dos variables fue igual a 25. Se realizaron un total de 10 experimentos para preparar las salchichas (Tabla 2).

En primer lugar, la carne y la grasa se cortaron en trozos pequeños; a continuación, se trituraron con un procesador de cocina Hobart modelo FP41 y se mezclaron con los demás ingredientes a 10 °C. La masa de carne se embutió en una tripa de celulosa de 2,5 cm de diámetro; la longitud de la salchicha era de aproximadamente 15 cm. Se cocinaron en un baño de agua a 80 °C durante 21 minutos con una temperatura interna de 72 °C; las muestras se enfriaron inmediatamente en hielo hasta alcanzar una temperatura de 25 °C. Se almacenadas a 4 °C hasta su utilización.

6.4 Composición química de salchichas

En las salchichas se determinó el contenido proteico, polifenoles totales, ácido acético y ácido láctico porque eran los parámetros químicos para elegir las mejores condiciones de las salchichas para realizar la evaluación sensorial. Estos parámetros se evaluaron como se menciona en el punto 6.2.

Tabla 2. Condiciones experimentales

| Numero de experimento | Orden de corrida | Postbióticos (%) | Grasa (%) |
|-----------------------|------------------|------------------|-----------|
| 1 | 3 | 25 | 0 |
| 2 | 7 | 16.66 | 8.33 |
| 3 | 5 | 8.33 | 16.66 |
| 4 | 8 | 0 | 25 |
| 5 | 9 | 18.75 | 6.25 |
| 6 | 1 | 6.25 | 18.75 |
| 7 | 4 | 12.5 | 12.5 |
| 8 | 6 | 0 | 25 |
| 9 | 10 | 25 | 0 |
| 10 | 2 | 0 | 25 |

6.5 Propiedades tecnológicas de las salchichas

6.5.1 Determinación de pH

Para determinar los valores de pH de las salchichas se utilizó un pH-metro digital Thermo Scientific Orion 410A. Antes de cada medición, se calibró el pH-metro utilizando soluciones tampón de pH 4.00 y 7.00 soluciones tampón. El pH de las salchichas se determinó homogeneizando una muestra de 5 g en 45 mL de agua destilada y, a continuación, se determinaron los valores de pH. Todas las mediciones de pH se realizaron por triplicado a 25 °C.

6.5.2 Color

El análisis del color se realizó en la sección transversal de las salchichas utilizando un CM-2500d (cámara Konica Minolta, Co., Osaka, Japón). Se determinaron las coordenadas de color CIELAB: luminosidad (L^*), rojez (a^* rojo-verde) y amarillez (b^* amarillo-azul). Se realizaron cinco determinaciones por muestra.

6.5.3 Análisis de textura

El análisis de perfil de textura se realizó con un Analizador de Textura TAXT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra). Muestras de salchicha de 2,5 cm de altura, se sometieron a 2 ciclos compresión al 50 % a una velocidad de 1 mm/s y a 25 °C. para

obtener los valores de dureza (N), elasticidad (mm), adhesividad (N s), cohesividad y masticabilidad (N mm), de cada muestra. Se realizaron tres determinaciones por muestra

6.5.4 Análisis microbiológicos

Las salchichas se sometieron a análisis de coliformes totales, bacterias aerobias mesófilas, mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus*, y *Salmonella* spp. Se obtuvo asépticamente una alícuota de 10 g por cada salchicha y luego se homogeneizó con 90 mL de agua de peptona estéril al 1,5% utilizando un stomacher 400 durante 1,5 min para determinar las bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y fecales, levaduras y mohos (Fernández-López, 2008). Para *Salmonella* spp y *staphylococcus aureus*, se utilizó una alícuota de 25 g de muestra con 75 mL de peptona estéril al 1,5% de peptona. Las alícuotas se diluyeron seriadamente en agua de peptona y se sembraron siguiendo las metodologías estándar descritas en la Norma Mexicana NOM-213-SSA1-2018. Los resultados se evaluaron con base en los parámetros de calidad específicos para productos cárnicos establecidos por la norma NOM-213-SSA1-2018 y se expresaron como log UFC/g y se realizaron tres ensayos replicados para cada muestra. realizadas para cada muestra. Las bacterias patógenas se evaluaron después de 15 días.

6.5.5 Evaluación sensorial

Se reclutó un panel no entrenado de 80 jueces (25-50 años) entre el personal y los estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Las salchichas se evaluaron mediante una escala hedónica de 7 puntos (1 = "no me gusta mucho" y 7 = "me gusta mucho"). Tres muestras de aproximadamente 2 cm (16 y 18 % de postbióticos y control sin postbióticos) para evaluar su sabor, aspecto y aceptabilidad general. El índice de aceptabilidad se calculó como AI (%): $100 \times A / B$ (A = puntuación del producto obtenida, B = puntuación máxima otorgada al producto) (Silvano-Arruda et al., 2016).

6.6 Análisis estadístico

El análisis de varianza (ANOVA) para una mezcla se realizó utilizando un modelo de holgura para la variable grasa. Para el análisis se utilizó el programa informático MODDE 7.0 (de Umetrics AB) con un nivel de confianza del 95 % ($p < 0,05$). Se utilizó un modelo lineal con interacciones de tercer orden (Ecuación 1) para evaluar los efectos principales de las variables independientes en cada una de las variables de respuesta.

$$Y = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 \quad (\text{Ec. 1})$$

donde se representa cualquiera de las variables de respuesta pH, color, parámetros de textura, contenido en proteínas, polifenoles totales, contenido de ácido láctico o ácido acético. P es la concentración de postbióticos, a_0 es la constante del modelo, $a_1 - a_3$ son los coeficientes de regresión lineal del modelo.

Se realizó una transformación BoxCox para estabilizar la varianza de la predicción únicamente en el caso de las proteínas. Para la evaluación sensorial, el ANOVA se realizó utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI con un nivel de confianza del 95 %. Se aplicó la prueba de Tukey para las comparaciones de medias, y las diferencias se consideraron significativas a $p < 0,05$.

7. Resultados y discusión

7.1 Composición química de los postbióticos

La composición química de los postbióticos se muestra en la Tabla 3. Los principales componentes fueron carbohidratos y proteínas. También se obtuvieron ácido láctico y acético, así como polifenoles debido al uso de leche de soja. El mayor contenido de hidratos de carbono puede deberse a la adición de inulina (11 %) y a los polisacáridos producidos por los postbióticos.

Tabla 3. Composición de los postbióticos

| Composición de los postbióticos | |
|---------------------------------|--|
| Humedad | 9.89 ±0.06% |
| Proteínas | 5.04±0.66% |
| Carbohidratos | 81.87±0.58% |
| Grasa | 1.02±0.02% |
| Cenizas | 2.18±0.03% |
| Polifenoles | 2.84±0.72 mg de Ac. gálico / ml de extracto de muestra |
| Ácido Láctico | 102.2±0.35 mM |
| Ácido Acético | 10.98±0.19 mM |

7.2 Propiedades tecnológicas de las salchichas

7.2.1 Ph y color

El pH es un parámetro importante en la elaboración de embutidos cocidos porque contribuye a la estabilidad de la emulsión y depende de la formulación. La inclusión de postbióticos y la reducción de grasa no afectaron a los valores de pH de las salchichas ($p= 0,38$), (Los coeficientes de regresión lineal se muestran en la tabla 4).

Las salchichas cocidas presentaron valores de pH entre 6.67 y 7.33 (Tabla 5); los valores más altos se observaron cuando los postbióticos (16.7 %) y grasa (8.3 %) se encontraban en mezcla. Estos valores fueron similares a los de las salchichas comerciales (7.06 ± 0.02). Estos resultados concuerdan con otros estudios que indican que la adición de ingredientes como fructanos, fibra de naranja y chía (Cáceres et al., 2004; Fernández-López et al., 2008, 2019) no influye en el valor del pH. Sin embargo,

los valores de este estudio fueron superiores a los reportados por estos autores. Estas diferencias podrían atribuirse a la formulación del embutido.

El color es un parámetro importante que influye significativamente en la aceptación del consumidor. Los valores de L^* , a^* y b^* para cada condición experimental se muestran en la Tabla 5. Los valores de luminosidad (L^*) oscilaron entre 46.75 y 65.37; el valor más bajo correspondió a la mezcla de 50 % de postbióticos y 50 % de grasa, y el valor más alto a la mezcla se observó en las salchichas con 16 % de postbióticos y 8 % de grasa. Esto indica que la combinación de postbióticos y grasa ligeramente modifica este parámetro; no se observaron diferencias significativas ($p=0,85$) entre los experimentos (Tabla 4).

Es importante mencionar que se obtuvieron valores similares en las condiciones de 0 % de grasa y 25 % de postbióticos o 25 % de grasa y 0 % de postbióticos. Estos resultados sugieren que los postbióticos podrían utilizarse como sustitutos de la grasa en la producción de salchichas.

El valor L de las salchichas cocidas comerciales fue de $59,7\pm 0,012$, que fue similar al de los experimentos en los que se incluyeron postbióticos. Sin embargo, los valores L^* de este estudio fueron superiores a los reportados por Cáceres et al. (2004) cuando estos autores añadieron fructanos y más bajos que los reportados en salchichas fermentadas (Hu et al., 2022) y la inclusión de chía (Fernández López et al., 2019). Los valores obtenidos para el enrojecimiento " a " no se vieron afectados por la inclusión de postbióticos ($p= 0.83$). Sin embargo, estos valores fueron superiores a los reportados por otros autores (Cáceres et al., 2004; Fernandez-López et al., 2019) y salchichas cocidas comerciales ($15,15\pm 0,012$). Lo que podría deberse a la formulación del embutido. La amarillez " b " se ha correlacionado con las reacciones entre los productos de oxidación de los lípidos y las aminos de las proteínas (Liu et al., 2019). Se observó un comportamiento similar de los valores de b^* en todas las muestras ($p=0,76$), y estos coincidieron con los reportados por otros autores que realizaron fermentación de embutidos (Dos Santos et al., 2021) pero fueron superiores a los reportados por Cáceres et al., 2004 y Fernández-López et al., 2019.

Es importante mencionar que la comparación de los parámetros de color con los estudios anteriores publicados en la literatura es difícil, ya que estos parámetros dependen de la formulación y de las condiciones de preparación de las salchichas. Lo importante es comprobar que la formulación utilizada no provoca cambios significativos en el color ya que es un parámetro muy importante para el consumidor.

Tabla 4. Coeficientes de regresión del modelo lineal para evaluar el efecto de la inclusión de postbióticos en las propiedades fisicoquímicas y químicas de las salchichas ($p < 0,05$)

| Coeficiente de regresión del modelo lineal | | | | |
|--|----------|---------|---------|---------|
| Variable de respuesta | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 |
| pH | 6.971 | -1.997 | 6.619 | -4.709 |
| $p(t)$ | 1.81E-09 | 0.2317 | 0.1495 | 0.1270 |
| $p(F)=0.3857$ $R^2=0.376$ | | | | |
| L^* | 50.478 | 38.660 | -88.293 | 55.514 |
| $p(t)$ | 4.47E-05 | 0.5432 | 0.6012 | 0.6202 |
| $p(F)=0.8563$ $R^2=0.112$ | | | | |
| a^* | 27.508 | 26.221 | -81.278 | 55.086 |
| $p(t)$ | 8.23E-05 | 0.4984 | 0.4347 | 0.4257 |
| $p(F)=0.8377$ $R^2=0.123$ | | | | |
| b^* | 10.932 | -1.524 | 0.573 | 1.725 |
| $p(t)$ | 4.17E-06 | 0.8658 | 0.9810 | 0.9139 |
| $p(F)=0.7684$ $R^2=0.1613$ | | | | |
| <i>Dureza</i> | 30.688 | -47.935 | 94.175 | -39.402 |
| $p(t)$ | 0.0013 | 0.5019 | 0.6179 | 0.7516 |

| | | | | |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <i>p(F)=0.5309</i> | | | | |
| <i>R²=0.289</i> | | | | |
| <i>Cohesividad</i> | 0.588 | 0.764 | -1.125 | 0.555 |
| <i>p(t)</i> | 3.97E-08 | 0.0113 | 0.0940 | 0.1903 |
| <i>p(F)=0.0010</i> | | | | |
| <i>R²=0.923</i> | | | | |
| <i>Elasticidad</i> | 0.914 | -0.002 | -0.207 | 0.061 |
| <i>p(t)</i> | 1.32E-10 | 0.9862 | 0.5651 | 0.7972 |
| <i>p(F)=0.0004</i> | | | | |
| <i>R²=0.943</i> | | | | |
| <i>Masticabilidad</i> | 16.142 | -8.517 | 24.492 | -9.659 |
| <i>p(t)</i> | 0.0012 | 0.8155 | 0.8015 | 0.8811 |
| <i>p(F)=0.4836</i> | | | | |
| <i>R²=0.316</i> | | | | |
| <i>Polifenoles totales</i> | 3.044 | 3.810 | 4.365 | -3.135 |
| <i>p(t)</i> | 4.57E-07 | 0.0608 | 0.3609 | 0.3259 |
| <i>p(F)=1.36E-6</i> | | | | |
| <i>R²=0.991</i> | | | | |
| <i>Proteínas</i> | 0.0115 | -0.0194 | 0.0258 | -0.0141 |
| <i>p(t)</i> | 7.65E-13 | 1.22E-07 | 7.37E-06 | 2.32E-05 |
| <i>p(F)=6.29E-10</i> | | | | |
| <i>R²=0.999</i> | | | | |
| <i>Ac. Láctico</i> | 87.232 | 20.189 | 156.081 | -105.431 |
| <i>p(t)</i> | 1.30E-10 | 0.1466 | 0.0029 | 0.0027 |
| <i>p(F)=2.42E-8</i> | | | | |
| <i>R²=0.998</i> | | | | |
| <i>Ac. Acético</i> | 9.307 | 3.820 | -0.428 | 3.990 |
| <i>p(t)</i> | 5.55E-09 | 0.1651 | 0.9493 | 0.3874 |

$$p(F)=1.68E-6$$

$$R^2=0.991$$

El carácter en negrita indica que el parámetro correspondiente tiene un efecto significativo sobre las variables evaluadas. P(F)= probabilidad de Fisher, p(t)= probabilidad t-student.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y químicos de las salchichas.

| Numero de experimento | Parámetros | | | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|---------------|---|-----------------|------------------|
| | pH | L* | a* | b* | Proteínas (%) | Polifenoles (mg Ac Gálico/mL de extracto) | Ac. Láctico(mM) | Ac. Acético (mM) |
| 1 | 6.96±0.18 | 52.8±5.37 | 31.76±2.88 | 11.64±1.06 | 15.94±0.045 | 8.00±0.05 | 157.35± 1.61 | 17.14±0.05 |
| 2 | 7.33±0.71 | 65.37±2.06 | 20.96±1.35 | 11.06±0.43 | 12.9±0.095 | 6.69±0.05 | 137.82±0.18 | 12.5±0.22 |
| 3 | 6.76±0.11 | 52.44±2.4 | 31.98±1.37 | 12.07±1.16 | 11.6±0.014 | 4.66±0.04 | 110.36±0.05 | 10.77±0.08 |
| 4 | 6.99±0.63 | 53.58±3.42 | 33.55±1.22 | 11.30±0.4 | 9.33±0.08 | 3.02±0.01 | 87.30±0.004 | 9.45±0.06 |
| 5 | 7.2±0.31 | 47.37±6.69 | 25.25±1.87 | 9.86±0.54 | 13.4±0.14 | 7.22±0.13 | 146.71±0.07 | 13.83±0.01 |
| 6 | 7.0±0.014 | 61.55±2.05 | 24.91±0.86 | 8.74±0.35 | 11.1±0.52 | 4.51±0.05 | 98.27±0.73 | 10.16±0.13 |
| 7 | 6.87±0.12 | 46.75±6.0 | 31.81±2.6 | 10.99±0.8 | 12.46±0.05 | 5.22±0.07 | 122.22±0.004 | 11.77±0.05 |
| 8 | 7.22±0.23 | 55.22±6.2 | 25.72±2.11 | 11.72±0.44 | 9.27±0.01 | 3.01±0.01 | 87.11±0.25 | 9.13±0.19 |
| 9 | 6.79±0.16 | 59.9±0.6 | 23.73±0.49 | 11.99±0.04 | 16.01±0.1 | 8.11±0.03 | 158.69±0.04 | 16.23±0.1 |
| 10 | 6.67±0.15 | 41.65±7.5 | 24.10±2.63 | 10.06±1.35 | 9.37±0.085 | 3.05±0.03 | 87.43±0.02 | 9.36±0.04 |

P=postbióticos, G= Grasa 1 = 25% P, 0% G, 2= 16.66% P 8.33% G, 3=8.33% P, 16.66% G, 4=0% P, 25% G, 5=18.75%, 6.25% G, 6=6.25% P, 18.75% G, 7=12.5% P, 12.5% G, 8=0% P, 25% G, 9=25% P, 0% G, 10=0% P, 25% G

7.2.2 Composición química de las salchichas

La inclusión de postbióticos en la formulación de las salchichas cocidas afectó significativamente al contenido de proteínas, polifenoles totales, ácido acético y ácido láctico (Tabla 4). Las salchichas con mayor contenido proteico (16 %) se elaboraron con la inclusión de postbióticos (Tabla 5). Los embutidos elaborados sin postbióticos tuvieron un contenido de proteína de 9.35 como la mayoría de los embutidos comerciales en México (Trejo-Avenidaño et al., 2019). Además, el contenido de proteína de este estudio fue superior a los reportados por Kasaiyan et al. (2023) cuando utilizaron garbanzos para elaborar embutidos. Otros metabolitos, como los polifenoles y los ácidos láctico y acético, también mejoraron significativamente con la inclusión de postbióticos (tablas 4 y 5). Se ha estudiado que los polifenoles tienen efectos beneficiosos como antioxidantes, citotoxicidad, antiinflamatorios, antihipertensivos y antidiabéticos. Por lo que la inclusión de polifenoles en la dieta podría regular los perfiles lipídicos, la presión arterial, la resistencia a la insulina y la inflamación sistémica, así como como protector de las células frente al daño oxidativo y preventivo de enfermedades neurodegenerativas; ya que recientemente, se informó de su potencial interacción con el microbiota intestinal (Cory et al., 2018; Rana et al., 2022). El ácido láctico y el ácido acético tienen un efecto positivo en el mantenimiento de la homeostasis en el intestino, potenciando el crecimiento de bacterias beneficiosas; sirven como energía para los colonocitos y son precursores para la síntesis de butirato y propionato que pueden contribuir a la prevención del cáncer de colon (Peredo Lovillo et al., 2020).

Nuestros resultados sugieren que la inclusión de postbióticos aumentó el contenido proteico de las salchichas cocidas y otros metabolitos que contribuyen a la salud humana.

7.2.3 Análisis de textura

La Tabla 5 muestra los resultados del efecto de la inclusión de postbióticos y la reducción de grasa en las propiedades de textura de las salchichas. Sólo la cohesividad y la elasticidad (Tabla 4) se vieron afectadas por la inclusión de postbióticos ya que se obtuvo un aumento significativo de los valores de cohesividad.

Los valores más altos de cohesividad ($0,781\pm 0,006$) fueron encontrados en las salchichas elaboradas con un 25% de postbióticos y un 0% de grasa; para las salchichas elaboradas sin postbióticos y con un 25 % de grasa, el valor fue de $0,587\pm 0,049$, este comportamiento también se observó con salchichas elaboradas con proteínas de garbanzos (Kasaiyan et al., 2023) y este valor fue similar a los obtenidos para salchicha comercial (0.68 ± 0.09).

Estos resultados sugieren que los postbióticos podrían aumentar la cohesividad, facilitando un elevado número de interacciones entre los componentes de la estructura (Chorbadzhiev et al., 2017); además, se informó (Petridis et al., 2010) que el alto contenido de proteína en salchichas se produce una red de gel más dura y cohesiva. La elasticidad es una característica deseada por los consumidores (Petridis et al., 2010). Los valores de elasticidad oscilaron entre 0,765 y 0,93 (Tabla 6). y los valores más altos se observaron en las salchichas con mayor contenido de postbióticos y grasa respectivamente.

Este comportamiento concuerda con los reportados por Kasaiyan et al. (2023) cuando las proteínas de origen vegetal se utilizaron para elaborar salchichas. La disminución de la elasticidad podría verse afectada por la cantidad de agua añadida en la formulación y el contenido de proteínas en el producto final (Chorbadzhiev et al., 2017). Algunas condiciones experimentales con postbióticos (Tabla 6) presentaron valores similares a los de las salchichas cocidas comerciales ($0,88\pm 0,19$).

La dureza y la masticabilidad no se vieron afectadas significativamente (Tabla 4) por la adición de postbióticos; la tendencia observada fue que las salchichas elaboradas con postbióticos eran más duras que las elaboradas con grasa.

La reducción del contenido de grasa se ha asociado con un aumento de la dureza de los productos cárnicos (Mendoza et al., 2001; Selgas et al., 2005; Salazar et al., 2009; Menegas et al., 2013).

La inclusión de postbióticos parciales o completos genera salchichas más blandas que las comerciales (52,4N). Sin embargo, las propiedades de textura de las salchichas elaboradas en este estudio fueron superiores a las elaboradas con harinas vegetales (garbanzos) (Kasaiyan et al., 2023).

Tabla 6. Parámetros del perfil de textura del embutido cárnico.

| Numero de experimento | Parámetros | | | |
|-----------------------|--------------|-------------|-----------------|--------------------|
| | Dureza N | Cohesividad | Elasticidad(mm) | Masticabilidad (N) |
| 1 | 44.107±7.26 | 0.785±0.001 | 0.765±0.0057 | 26.452±4.14 |
| 2 | 33.115 ±1.8 | 0.762±0.003 | 0.859±0.006 | 21.670±1.42 |
| 3 | 21.998±0.59 | 0.737±0.001 | 0.885±0.001 | 14.348±0.38 |
| 4 | 36.588±8.83 | 0.590±0.008 | 0.930±0.009 | 20.074±4.93 |
| 5 | 27.168±2.25 | 0.770±0.001 | 0.794±0.002 | 16.596±1.3 |
| 6 | 24.732±2.23 | 0.727±0.003 | 0.895±0.006 | 16.089±1.63 |
| 7 | 25.502±8.5 | 0.744±0.001 | 0.884±0.004 | 16.764±5.54 |
| 8 | 41.147±0.99 | 0.536±0.03 | 0.912±0.002 | 20.088±0.64 |
| 9 | 31.387±10.95 | 0.776±0.002 | 0.771±0.001 | 18.769±6.56 |
| 10 | 14.406 ±3.84 | 0.635±0.02 | 0.904±0.001 | 8.292±2.42 |

P=postbióticos, G= Grasa 1 = 25% P, 0% G, 2= 16.66% P 8.33% G, 3=8.33% P, 16.66% G, 4=0% P, 25% G, 5=18.75%, 6.25% G, 6=6.25% P, 18.75% G, 7=12.5% P, 12.5% G, 8=0% P, 25% G, 9=25% P, 0% G, 10=0% P, 25% G

7.2.4 Análisis microbiológicos

No se detectaron en las salchichas evaluadas coliformes totales, bacterias aerobias mesófilas, *Staphylococcus aureus* ni *Salmonella* spp. Los mohos y levaduras se detectaron en cantidades inferiores (1.5 ± 0.7 UFC/g) a las permitidas por la norma NOM-213-SSA1-2018 (<10 UFC/g). Entonces, los embutidos fueron aptos para realizar la evaluación sensorial.

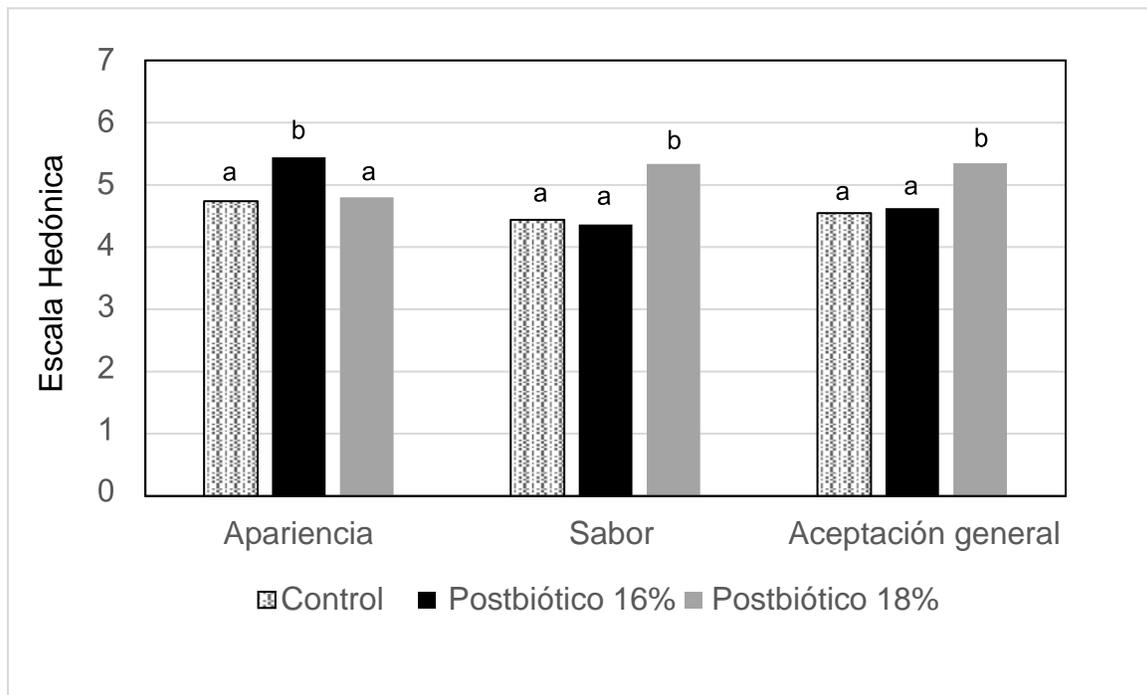
7.2.5 Evaluación sensorial

Para el estudio de evaluación sensorial, sólo se seleccionaron las salchichas con 16.66% y 18.75% de postbióticos y el control, estas se seleccionaron basándose en los resultados de las propiedades químicas y fisicoquímicas evaluados. Los valores apariencia, sabor y aceptación general se muestran en la Figura 1, con diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tres parámetros evaluados. Las salchichas elaboradas con 16,66 % de postbióticos y 8,33 % de grasa tuvieron una mayor puntuación en apariencia "Me gusta ligeramente" respecto al control, y el embutido elaborado con 18,75 de postbióticos obtuvo "No me gusta ni me disgusta".

El color rosado característico fue más pronunciado en los embutidos elaborados con 16,66 % de postbióticos. El porcentaje de índice de aceptabilidad para la apariencia fue de 77.67%, 68.57% y 67.67% para las salchichas elaboradas con 16.66 % de postbióticos, 18.75% de postbióticos y control, respectivamente. La puntuación de sabor más alta se obtuvo con las salchichas elaboradas con 18.75 de postbióticos "Me gusta ligeramente" para las demás muestras; la puntuación fue "no me gusta ni me disgusta".

El índice de aceptabilidad de aceptación general fue de 76.42%, 66.07% y 65% para los embutidos elaborados, con 18.75% postbióticos, 16.66% postbióticos y control, respectivamente. Según estos resultados, los embutidos con postbióticos tuvieron una puntuación superior o similar a la del control, y las puntuaciones no fueron negativas. Además, se ha informado de que un producto puede considerarse aceptable en términos sensoriales cuando el porcentaje del índice de aceptabilidad es superior al 70% (Silvano-Arruda et al., 2016); considerando este criterio, el embutido elaborado con 18,75% de postbióticos y 6,25 % de grasa fue aceptado por el consumidor en

sabor y en general. Por lo tanto, se puede emplear una combinación de postbióticos y grasa para preparar salchichas cocidas saludables y nutritivas.



8. Conclusiones

El uso de postbióticos como componentes bioactivos para la elaboración de alimentos funcionales procesados tal es el caso de las salchichas cocidas, representa un avance prometedor en el campo de la ciencia y tecnología de alimentos. Debido a que la inclusión de estos en las salchichas evaluadas mejora el perfil nutricional, tal es el caso del aumento del contenido proteico, poli fenólico y de algunos ácidos de cadena corta (Ácido acético y láctico) así como la reducción de grasas podría proporcionar beneficios adicionales para la salud de los consumidores.

En general, las propiedades fisicoquímicas como el pH, el color, la dureza y la masticabilidad no se vieron afectadas por la inclusión de postbióticos. Pero si mejoran la cohesividad y la elasticidad, destacando que los valores fueron similares a los de las salchichas comerciales. Los resultados obtenidos concluyen que la evaluación sensorial reveló que el aspecto, el sabor y la aceptación general fueron juzgados aceptables por los panelistas, especialmente para las salchichas elaboradas con 18.75% de postbióticos y 6.25 % de grasa. Sin embargo, se requieren investigaciones adicionales para evaluar la vida útil de los productos a diferentes días de almacenamiento y determinar el tipo de polifenoles se encuentran en el producto final.

9. Bibliografía

- 9.1 Chai, J., Jiang, P., Wang, P., Jiang, Y., Li, D., Bao, W., Liu, B., Liu, B., Zhao, L., Norde, W., Yuan, Q., Ren, F., & Li, Y. (s. f.). The intelligent delivery systems for bioactive compounds in foods: Physicochemical and physiological conditions, absorption mechanisms, obstacles and responsive strategies. *Trends In Food Science & Technology*, 78, 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.003>
- 9.2 Cuevas-González, P., Liceaga, A., & Aguilar-Toalá, J. (2020). Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications. *Food Research International*, 136, 109502. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109502>
- 9.3 Petzold, G., Moreno, J., Gianelli, M. P., Cerda, F., Mella, K., Zúñiga, P., & Orellana-Palma, P. (2018). Food Technology Approaches for Improvement of Organoleptic Properties Through Preservation and Enrichment of Bioactive Compounds. En *Elsevier eBooks* (pp. 67-92). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811447-6.00003-5>
- 9.4 Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M., & Hassan, F. A. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal Of Functional Foods*, 5(4), 1542-1553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.009>
- 9.5 El-Ghany, W. A. A. (s. f.). Paraprobiotics and postbiotics: Contemporary and promising natural antibiotics alternatives and their applications in the poultry field. *Open Veterinary Journal*, 10(3). <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i3.11>
- 9.6 Nataraj, B. H., Ali, S. A., Behare, P. V., & Yadav, H. (2020). Postbiotics-paraprobiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Factories*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01426-w>

app.ithenticate.com/es/dv/20220511?o=110382041&Jang=es

06-Ago-2024 08:40AM 8867 palabras • 154 coincidencias • 71 fuentes Preguntas

iThenticate **Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes** Citas incluidas 29%
Bibliografía incluida

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
Posgrado en Ciencias en Bioprocesos
Uso de postbióticos y prebióticos como ingredientes
funcionales en la formulación de matrices cármicas

Resumen de Coincidencias

| Rank | Source | Words | Percentage |
|------|--|--------------|------------|
| 1 | Internet Copiado el 24-Ene-2022 ar.kalasalengam.ac.in | 619 palabras | 7% |
| 2 | Internet Copiado el 25-Mar-2024 repositorioinstitucional.uaasp.mx | 335 palabras | 4% |
| 3 | Internet Copiado el 05-Ene-2022 rca-universidad.yolasite.com | 172 palabras | 2% |
| 4 | Internet Copiado el 01-Dic-2020 es.scribd.com | 137 palabras | 2% |
| 5 | Internet Copiado el 06-Dic-2022 rei.iteso.mx | 103 palabras | 1% |

PÁGINA: 1 DE 38

Reseña del artículo: Inclusion of postbiotics from *Lactobacillus acidophilus* in the elaboration of cooked sausages: effects of quality properties.

El artículo correspondiente a este trabajo fue enviado para su publicación a una revista científica indexada (ANEXO).

Correo: ALICIA GRAJALES LAGUNES - Outlook

Submission Acknowledgement | BMS-CNF-2024-138

Current Nutrition and Food Science <admin@bentham.manuscriptpoint.com>

Lun 15/07/2024 01:17 PM

Para: ALICIA GRAJALES LAGUNES <grajales@uaslp.mx>

Reference#: BMS-CNF-2024-138

Submission Title: Inclusion of postbiotics from Lactobacillus acidophilus in the elaboration of cooked sausages: effects of quality properties. Dear Dr., GRAJALES Lagunes,

Thank you for your submission to "**Current Nutrition and Food Science (CNF)**". It will be sent to the Editor-in-Chief for his initial provisional approval. Once this is obtained it will be passed on to our Author Support Services department (BASS), for an initial assessment of the manuscript. BASS is a specialized department that helps authors and editors make sure that the manuscript becomes ready for submission into the peer-review process. The manuscript is being processed on the clear understanding that it contains original work that has neither been published earlier nor has it been simultaneously submitted for publication elsewhere. In case this is not so, then kindly let us know immediately.

Please note that Bentham Science uses **Cross Check's iThenticate** software to check for similarities between the submitted and already published material to minimize any chances of plagiarism.

Further, as per Bentham Science Ethical Guidelines for Publication, all manuscripts are processed with the understanding that all authors and co-authors have reviewed and accordingly approved the manuscript before final submission to avoid any conflicts of interest later. Our ethical policies can be viewed on the Journal's website.

Articles which are well referenced (100 or more references) may have high chances of acceptance by referees and they are likely to attract a greater number of citations The recommended number of references as per norm (<https://clarivate.com/essays/impact-factor/>) for Review Articles is approximately 100 or more, for Research Articles 75 or more, for Mini Reviews 75 or more & Letter Articles 50 or more.

In case of any doubt or conflict please get in touch with us.

Your manuscript has been assigned to the following Editor/Manager to whom all correspondence may kindly be addressed: cnf@benthamscience.net

Few tips to enhance the visibility & citations of your article:

If you don't already have an ORCID ID, please create one at <https://orcid.org/register>.

Selection of Appropriate Keywords: Please choose important and relevant keywords that researchers in your field could be searching for so that your paper can appear in many database searches. In biomedical fields, MeSH terms are a good 'common vocabulary' source to draw keywords from: see <https://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html>

The authors' names should be provided according to the previous citations (or as the authors would want them to be published) along with their institutional affiliations, current addresses, telephone, cell & fax numbers, and email addresses. Email address must be provided with an asterisk in front of the name of the principal author. The corresponding author(s) should be designated and their complete address, business telephone and fax numbers and e-mail address must be stated to receive correspondence and galley proof. It is also suggested to update your profile in SCOPUS and other databases regularly.

Authors should avoid the use of non-standard abbreviations and question marks in titles.

For articles submitted from non-English speaking countries, authors should have their articles carefully checked and the language corrected by a native English speaker. Alternatively, authors

may want to avail of Bentham's English language. For a quote, please contact the Bentham editorial office. Please note that your article will not be processed till you have completed and returned the attached fee form by replying to this e-mail.

Looking forward to a successful collaboration in the publication of your article.

Sincerely,

Editorial Office Editorial Office

Current Nutrition and Food Sciences Bentham Science Publishers cnf@benthamscience.net

<https://www.eurekaselect.com/journal/35>

Bentham Science is constantly striving to improve its publication practices. If you are not satisfied with any procedure of the processing of your manuscript, then please let us know at the following email address with full details: Note: For Assistance please contact: info@benthamscience.net

For complaints please contact: complaint@benthamscience.net

Please click below to Download Fee Form and Copyright Form. [copyright-letter-biomed.pdf](#) | [copyright_form.pdf](#)

To unsubscribe from MPS and stop receiving emails further. **Please Click [Here](#)**

Powered by [Bentham Manuscript Processing System](#)