

Usos de los subproductos de la papa en la industria alimentaria: RSL

Uses of potato by-products in the food industry: RSL

 Huber Joel Chancha Inga¹,  Luz Clarita Seguil Gonzales¹,  Daniel Edgar Alvarado León² y  Cristian Omar Larrea Cerna¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

² Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú

Contacto: ¹76156380@unat.edu.pe

RESUMEN

Este artículo de revisión sistemática analiza los usos de los subproductos de la papa en la industria alimentaria, resaltando que muchos de estos subproductos son desechados al medio ambiente sin tratamiento debido a su bajo valor comercial, lo que representa un riesgo ambiental. El objetivo del estudio es realizar una revisión sistemática de literatura acerca de los usos que se realizan a los subproductos de papa en la industria alimentaria, identificando 32 artículos relevantes entre 3547 encontrados en la base de datos de Scopus. Los resultados muestran que los subproductos de la papa pueden ser utilizados como ingrediente en formulaciones de alimentos, extracción de compuestos bioactivos y para conservar alimentos. Según el análisis de los manuscritos, los subproductos de papa tienen un efecto positivo en las diversas aplicaciones mencionadas por sus compuestos bioactivos, donde destacan los polifenoles como el ácido clorogénico, ácido cafeico y el ácido ferúlico que tienen propiedades antioxidantes que al ser incorporadas en nuevas formulaciones de alimentos ofrecen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y anticancerígenas. Aunque la bibliografía es extensa, aún hay áreas que requieren más investigación para aprovechar los subproductos de la papa de manera sostenible en la industria alimentaria, siguiendo una economía circular.

Palabras clave: Subproducto de papa, alimentos, compuestos bioactivos, películas comestibles, industria alimentaria.

ABSTRACT

Organic agriculture is highly valued internationally as it results in significant economic gains for the value chains of various food products. Within the organic certification process, the identification of agrochemical residues in food is vital for screening production lots that come from organic and/or conventional crops. Currently, the analysis of agrochemical residues is performed with highly sophisticated techniques such as liquid chromatography (LC) and gas chromatography (GC) coupled to mass detectors (MS), these techniques are highly expensive and complex. The present review provides insights into how the combination of vibrational spectroscopy with appropriate chemometric techniques (multivariate statistics) can be used to develop methods for classification and quantification of agrochemical residues in various food matrices in a simple way, avoiding the use of toxic reagents, reducing operating costs and long analysis times in laboratories. The development of portable technology in vibrational spectroscopy would allow in-situ analysis in crop fields and agri-food industries.

Keywords: Vibrational spectroscopy, organic, chemometric analysis, agrochemical residues.

INTRODUCCIÓN

La producción orgánica está basada en una serie de La papa (*solanum tuberosum* L.), es considerada uno de los tubérculos con mayor consumo a nivel mundial, su alta demanda ha incitado su industrialización en diversos productos que incluyen papas fritas, papas congeladas, puré, chips, entre otros favoreciendo la economía para las industrias dedicadas a este rubro (Jimenez-Champi et al., 2023). Su importancia radica en su alto valor nutricional, ya que es una fuente importante de carbohidratos, fibra, vitaminas (C y B) y minerales (potasio) lo cual la convierte en un alimento muy nutritivo (Hu et al., 2024). También es importante desde el punto de vista económico, ya que es un cultivo ampliamente producido en todo el mundo y genera ingresos para los agricultores. Además, su almacenamiento prolongado permite que esté disponible durante todo el año (Fleming & Morris, 2023).

A nivel mundial la producción de papa es aproximadamente de 368 millones de toneladas al año y se estima que se procesan alrededor de 150 millones de toneladas de papa en diferentes productos que en consecuencia generan alrededor de 50 millones de toneladas de residuos al año que incluyen cáscaras, papas incompletas o trozadas, almidón residual entre otros subproductos, el problema radica en la inadecuada gestión de estos subproductos que contribuyen a la contaminación del medio ambiente y al agotamiento de recursos naturales y la pérdida económica de las industrias (FAO, 2018).

En el Perú, la producción de papa es alrededor de 6 millones de toneladas al año y procesan alrededor de 3.7 millones de toneladas papa, incluyendo a las papas nativas, este procesamiento incluye la producción de papas fritas, puré de papas, snacks y otros productos derivados de la papa, que en efecto generan una gran cantidad de residuos (Midagri, 2018).

Ahora bien, en el departamento de Huancavelica la papa es el principal cultivo y fuente de ingresos de las familias campesinas. Según Midagri, la producción de papa en Huancavelica en el año 2022 fue aproximadamente de 330.471,75 toneladas. Sin embargo, no se cuenta con información estadística de la cantidad de procesamiento de papa y de la cantidad de residuos que se generan al año, pero podemos afirmar que es significativo.

Si bien es cierto, la economía circular se caracteriza por ser un pilar fundamental de la producción y consumo sostenible de los recursos naturales, basado en la idea del reciclaje y reutilización de los subproductos alimentarios, generando un valor económico para otras industrias (Rodríguez-Martínez et al., 2021).

La papa se emplea en gran medida para la elaboración de diversos productos alimentarios. Sin embargo,

durante el procesamiento de la papa se generan una gran cantidad de subproductos, estos subproductos generados se pueden recuperar, ya sean cáscara o papa incompleta, que pueden ser aprovechados para la elaboración de nuevos productos alimenticios, entre otras aplicaciones industriales (Jimenez-Champi et al., 2023; Chauhan et al., 2023), esto representa una oportunidad para la innovación alimentaria. Además, las reutilizaciones de estos subproductos generan nuevas oportunidades comerciales y contribuyen al desarrollo económico.

Otros aspectos fundamentales dentro de la línea de innovación alimentaria en relación con el tema de la investigación son: Los subproductos de la industria de la papa pueden ser utilizados para desarrollar alimentos con alto valor nutricional, como snacks saludables, harinas funcionales o ser incorporado en formulaciones de alimentos, entre otras aplicaciones industriales (Chauhan et al., 2023). Aprovechar estos subproductos para la producción de alimentos contribuye a reducir el desperdicio y a utilizar de manera más eficiente los recursos disponibles (Chauhan et al., 2023). Al utilizar los subproductos de la industria de papa para la producción de alimentos y otros productos de valor agregado, se reduce la cantidad de residuos que terminan en vertederos o se desechan sin un uso específico (Gaspar & Braga, 2023). Esto contribuye a disminuir el impacto ambiental asociado con la gestión de residuos.

En la actualidad, se están desarrollando diversas investigaciones a los subproductos de la papa con la finalidad de otorgar un valor agregado que incluye la elaboración de nuevos productos alimenticios, películas comestibles, extracción de compuestos bioactivos, entre otras aplicaciones industriales (Chauhan et al., 2023; Jimenez-Champi et al., 2023; Gaspar & Braga, 2023; Gaudino et al., 2020).

Por ello, basándonos en lo mencionado anteriormente, fue necesario realizar un artículo de revisión con las aplicaciones actuales que se le pueden realizar a los subproductos de la papa para el aprovechamiento sostenible, a fin de reducir su impacto ambiental y promover su uso eficiente en diferentes sectores industriales.

Por lo tanto, el objetivo de este artículo de RSL es analizar y presentar los diversos usos que se realizan a los subproductos de la papa dentro de la industria alimentaria.

Por último, mencionar que los subproductos de la papa pueden tener un gran potencial de sus propiedades tanto nutricionales, funcionales y tecnológicas para la elaboración de alimentos con potencial benéfico en la salud y conservación de alimentos, así como sus distintas aplicaciones en diferentes industrias.

METODOLOGÍA

En la presente investigación se aplicó una metodología de planificación donde se busca el enfoque que va a tener la revisión sistemática, posterior se realizó la realización de la investigación de SRL siguiendo las directrices del PRISMA con la finalidad de tener una búsqueda más precisa como la identificación, cribado y selección. La metodología comenzó mediante una búsqueda intuitiva acerca de las diversas investigaciones relacionadas con el tema propuesto, así abarcar estudios sobre los usos y aplicaciones de los subproductos dentro de la industria alimentaria, donde se encontró 3547 artículos con relación al tema en la base de datos de Scopus.

Posterior a ello se realizó el modelo de PICOC para dividir el tema de la investigación en palabras claves para una búsqueda más minuciosa en la base de datos de Scopus.

Además, que es de gran importancia para formular las preguntas de la revisión de literatura, posteriormente se realizó una búsqueda sistemática utilizando los filtros booleanos, la base de datos terminológica (IATE) y el diagrama prisma con los criterios de inclusión y exclusión. A través de estos criterios aplicados se realizó una búsqueda sistemática donde se exploraron de manera más metódica la base de datos de Scopus, considerando el periodo de publicación de los artículos (2018 -2023). La muestra para el estudio fue de 130 artículos que cumplieron con los criterios establecidos para poder poner en desarrollo el artículo de revisión RSL.

Formulación de las preguntas de investigación

Según la literatura, los criterios PICOC (población, intervención, comparación, resultado y contexto) son una herramienta utilizada en los diversos campos de las investigaciones para dividir los objetivos de una revisión sistemática de la literatura (SRL) en palabras clave de búsqueda que ayudan a los investigadores a formular preguntas de investigación (Carrera-Rivera et al., 2022). Los elementos clave son las preguntas de investigación que tienen que estar bien definidas para la identificación del estudio y la extracción de datos (Pati & Lorusso, 2018).

Debido a que la investigación se basa en presentar los diversos usos y aplicaciones de los residuos de la papa para la elaboración de diferentes productos en la industria alimentaria, se menciona la siguiente pregunta clave de la investigación ¿Cuáles son los diversos usos que se realizan a los subproductos de papa dentro de la industria alimentaria? Igualmente, debido a la gran cantidad de artículos referentes al tema de investigación propuesto y como pregunta principal mencionado anteriormente, se establecerá una serie de preguntas específicas que se mencionan a continuación:

Pregunta General

Q1: ¿Cuáles son los diversos usos que se realizan a los subproductos de papa dentro de la industria alimentaria?

Preguntas Específicas

EQ1: ¿Cuáles son los usos que se realizan a los subproductos de papa en los alimentos?

EQ2: ¿Cuáles son los métodos que se utilizan para extraer compuestos bioactivos de los subproductos de la papa?

EQ3: ¿Qué efectos positivos ofrecen las películas comestibles de subproductos papa en la conservación de alimentos?

Especificaciones de palabras clave

Las palabras clave en el modelo PICOC radica en su capacidad para identificar y delimitar de manera precisa los elementos clave de una pregunta de investigación (Lu et al., 2020). Además, las palabras clave en artículos de RSL, se destaca por su importancia para la indexación y recuperación de información científica, las palabras clave permiten a los investigadores encontrar rápidamente artículos relevantes sobre un tema específico y evaluar su relevancia para sus propias investigaciones (Sezer et al., 2022).

En este trabajo de investigación se utilizó una variedad de palabras clave en español e inglés con los mismos significados, con la finalidad de encontrar de manera más precisa los artículos de investigación relacionados con el tema, algunas palabras clave utilizadas fueron: Subproducto de papa, Cáscara de papa, industria alimentaria, ingrediente funcional.

Además, hay que precisar que, para obtener mejores resultados de la búsqueda en la base de datos, se tiene que acudir al uso de combinaciones de las palabras claves con operadores booleanos y el uso de la base de datos terminológica (IATE) para el uso de palabras claves estandarizados para una búsqueda más organizada en la base de datos.

La definición de un operador booleano hace referencia a la función sobre clases que combina sintácticamente diferentes términos en términos más complejos mediante operadores como la negación (NOT), multiplicación lógica (AND), y suma lógica (OR) para resultados más precisos en la investigación (Scells et al., 2020). Bajo esta definición de los operadores booleanos, se pudo suprimir los artículos que no tienen relación y se seleccionó los artículos con relación al tema de investigación para cada criterio en la matriz PICOC.

Tabla 1

Matriz de PICOC del estudio

Metodología	Descripción	Palabras claves en español	Palabras claves en inglés
P Problema	Durante el procesamiento de la papa en diferentes productos alimenticios se generan gran cantidad de subproductos o residuos de papa, en especial la cáscara, sin darle un valor agregado para la elaboración en diferentes productos en la industria alimentaria.	*Subproducto de papa *Residuo de papa *Cáscara de papa *Transformación de residuos de papa *Productos alimenticios a base de residuos de papa	*Potato by-product *Potato residue *Potato peel *Potato residue processing *Potato residue food products
I Intervención	Promover el uso de los residuos de papa como la cáscara, pulpa de papa y recortes en forma de materia prima como harina por su potencial en fibra e ingrediente funcional para la elaboración de diferentes productos en la industria alimentaria.	*Cáscara de papa OR "Fibra de papa *Harina de cáscara de papa *Ingredientes funcionales de papa *Productos con residuos de papa	*Potato peel *Potato fiber *Potato peel flour *Functional potato ingredients *Potato residues products
C Comparación	Análisis de las diferentes aplicaciones de los subproductos de papa para identificar su potencial uso en la industria alimentaria, ya sea en harina, por sus propiedades de la fibra y propiedades bioactivas para su incorporación como ingrediente funcional en la elaboración de alimentos o en otros procesos industriales.	*Cáscara de papa OR " *Fibra de papa *Harina de cáscara de papa *Ingredientes funcionales de papa *Productos con residuos de papa	*Potato peel *Potato fiber *Potato peel flour *Functional potato ingredients *Potato residues products
O Resultado	Elaboración de diferentes productos de los residuos de la papa como alimentos funcionales, productos alimenticios, películas comestibles, extracción de compuestos bioactivos, etc.	*Cáscara de papa *Alimentos funcionales a partir de residuos de papa *Películas comestibles a partir de residuos de patata *Productos alimenticios con residuos de patata *Extracción de compuestos bioactivos a partir de residuos de patata *Bioetanol a partir de residuos de patata	*Potato peel *Functional food from potato residue *Edible films from potato residue *Products food with potato residues *Extraction of bioactive compounds from potato residues *Bioethanol from potato residues.
C Contexto	Industria Alimentaria, innovación alimentaria, desarrollo de productos	*Cáscara de papa *Industria alimentaria *Innovación alimentaria	*Potato peel *Food industry *Innovation food

Formulación / selección de ecuaciones y motores de búsqueda

Para una búsqueda específica se tiene que combinar palabras clave con operadores como AND, NOT y OR para producir resultados más precisos y relevantes, para buscar una frase específica, los términos deben estar entre comillas dobles (" ") o, para una coincidencia exacta, entre corchetes ({}). (Bhunia y Mark, 2019).

La base de datos seleccionada para el estudio se realizó en función a su alta gama de publicaciones, donde eligió a la base de datos de SCOPUS considerada la mayor base de datos multidisciplinaria existente.

A continuación, se muestran las palabras claves con los operadores (AND, NOT y OR) y los términos en comillas para una búsqueda más sistematizada (Tabla 2).



Tabla 2

Ecuaciones de búsqueda

Base de Datos	Palabras Claves / Ecuación De Búsqueda	Resultados
SCOPUS	("potato by-product" OR "potato residue" OR " potato peel" OR "potato residue processing" OR "Potato residue food products") AND ("Potato peel" OR "Potato fiber" OR "Potato peel flour" OR "Functional potato ingredients" OR "potato residues products") AND ("Potato peel" OR "Potato fiber" OR "Potato peel flour" OR "Functional potato ingredients" OR "potato residues products") AND ("potato peel" OR "functional food from potato residue" OR "Edible films from potato residue" OR " Products food with potato residues" OR "extraction of bioactive compounds from potato residues" OR "Bioethanol from potato residues") AND ("potato peel" OR "food industry" OR "innovation food").	187

Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión se definen por los autores antes de realizar la revisión de SRL para evitar sesgos, la selección de los artículos dependerá de ciertos criterios como el período a revisar, el tipo de idioma, el tipo de literatura, el tipo de fuente, la fuente de impacto y accesibilidad (Carrera-Rivera et al., 2022).

Una vez realizada la búsqueda inicial en la base de datos de SCOPUS de manera intuitiva sin realizar ningún tipo de filtro, se procedió a realizar la metodología del diagrama de PRISMA de manera sistemática con los criterios de inclusión y exclusión para una búsqueda más detallada al tema elegido.

Según Page et al. (2021), la declaración, elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y meta

análisis (PRISMA), fue diseñada como una guía para ayudar a los revisores sistemáticos a informar de manera transparente por qué se realizó la revisión, qué hicieron los autores y qué encontraron, esto mediante pautas para identificar, seleccionar, evaluar y sintetizar estudios.

Para la presente investigación, se tuvo como primer criterio de inclusión la búsqueda de artículos de investigación de los últimos 5 años para tener una información actualizada del tema y como criterio de exclusión a los artículos mayores a 5 años de publicación.

En la Tabla 3 se establecen algunos criterios de inclusión y exclusión en relación con el tema de estudio.

Tabla 3

Criterios para la búsqueda de artículos científicos (prisma)

Tipo	Criterios de Inclusión	Tipo	Criterios de Exclusión
CI1	Artículos de los últimos 5 años (2018 -2023)	CE1	Artículos mayores de 5 años
CI2	Área temática: Ingeniería, ingeniería química, ciencias agrícolas y biológica, Bioquímica, Genética y Biología Molecular		
CI3	Tipo de documento: Artículo		
CI4	Idiomas: Todos		
CI5	Países: Todos		
CI6	Acceso abierto		

Una vez realizada la búsqueda minuciosa en la base de datos de SCOPUS y aplicando el diagrama prisma con los filtros de inclusión y exclusión mostrados anteriormente, los resultados fueron, 3347 en su etapa inicial; sin embargo, en SCOPUS solo se puede visualizar hasta 2000 artículos con una exclusión de 155 artículos, bajo esta condición solo se tiene un registro de artículos de cribado de 2000 artículos, el cual se le aplicó el algoritmo de PICOC y los criterios de inclusión: CI1, CI2, CI3, CI4, CI5, CI6, así como los

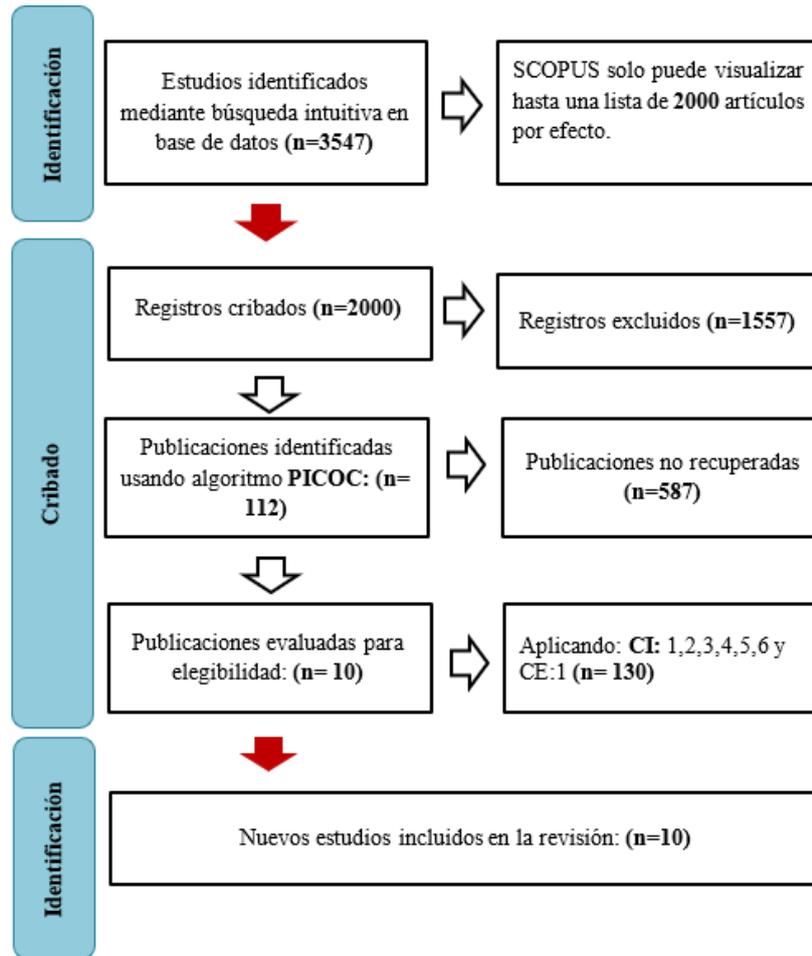
criterios de exclusión: CE1, teniendo como resultado 112 artículos.

Asimismo, se ha incluido 10 artículos que tienen mucha relación con el tema de investigación, obteniendo un total de 130 artículos para realizar el artículo de revisión de SRL, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA



RESULTADOS

En la búsqueda de información de investigaciones con relación al tema planteado, inicialmente mediante una búsqueda intuitiva, se obtuvo, 3547 artículos en la base de datos de Scopus. Sin embargo, aplicando una búsqueda más sistemática con los algoritmos de PICOC, las terminologías estandarizadas en el IATE y el diagrama prisma de inclusión y exclusión, se tiene

un registro de 113 artículos. De igual manera, a los 113 artículos registrados se evaluó a cada uno de forma detallada y que cumpla con el tema planteado acerca de los usos de los subproductos de papa, pero dentro de la industria alimentaria, mediante esta revisión ordenada y aplicando los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo 32 artículos que cumplen con la finalidad de la investigación.

Resultado del año de publicación de las investigaciones

Tabla 4

Cantidad de investigaciones encontradas sobre usos de los subproductos de papa en la industria alimentaria

Año	N°	Porcentaje
2018	0	0%
2019	3	9%
2020	7	22%
2021	7	22%
2022	5	16%
2023	10	31%
Total	32	100%

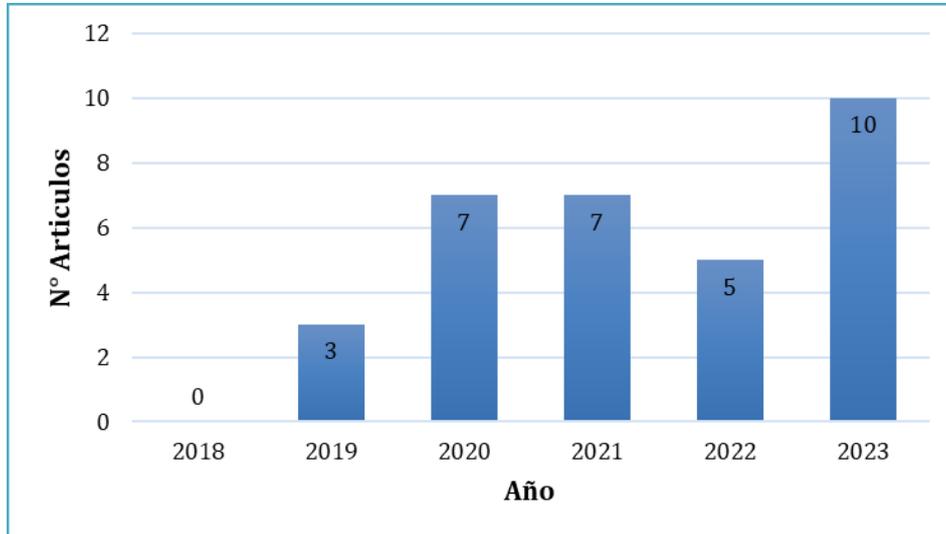


Los resultados en la figura 2 muestran el número de artículos publicados en el año del 2018 a 2023. En el 2023 se han publicado 10 documentos acerca del tema de investigación (31%), superior a todos los estudios

encontrados en los años anteriores. Este resultado demuestra que el tema acerca de subproductos de papa es muy reciente a nivel mundial y va aumentando los estudios en los últimos años.

Figura 2

Cantidad de investigaciones publicadas sobre usos de subproductos de papa en la industria alimentaria según año de publicación



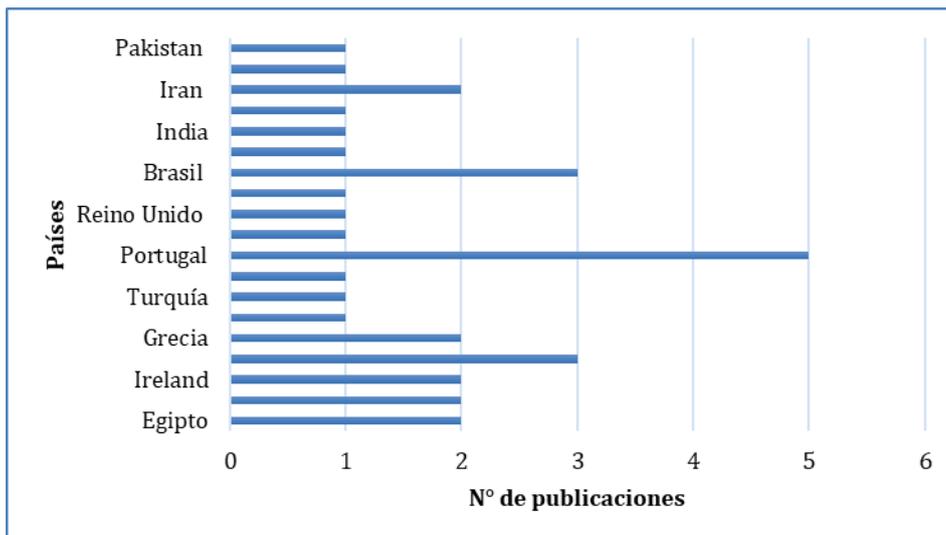
Resultado de los números de artículos publicados en cada país a nivel mundial

Según los resultados obtenidos en la figura 3 se muestra el número de publicaciones que cada país realizó abordando el tema de los subproductos de papa en la industria alimentaria, donde el país de Portugal

representa la mayoría de las publicaciones con 5 documentos publicados (46%), seguidos por China y Brasil con 3 publicaciones cada uno (27%), seguidos por Egipto, Italia, Irlanda, Grecia e Irán con 2 publicaciones (18%) y demás países con 1 publicación (9%).

Figura 3

Cantidad de artículos publicados en cada país a nivel mundial



Resultados de las preguntas propuestas en la matriz PICOC

A continuación, se presentan los resultados a las preguntas PICOC planteadas.

Resultados para la pregunta EQ1

Q1: ¿Cuáles son los diversos usos que se realizan a los subproductos de papa dentro de la industria alimentaria?

Tabla 5

Resultados de los diversos usos que se realizan a los subproductos de papa en la industria alimentaria

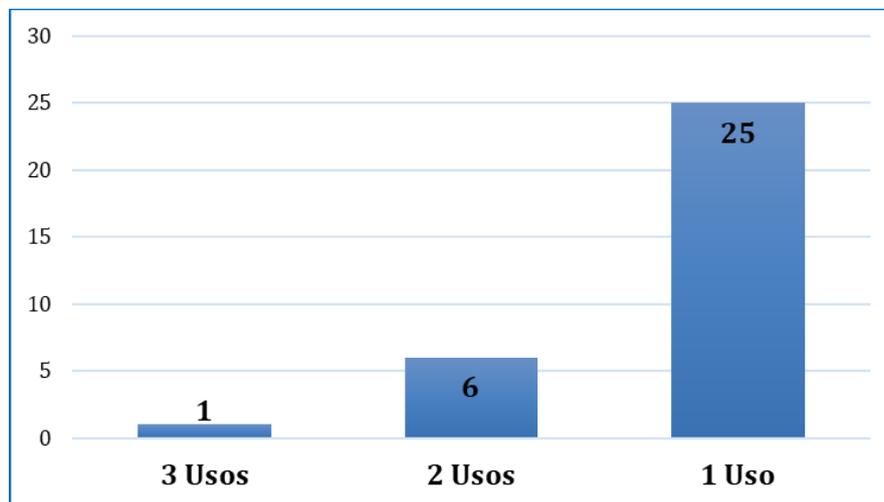
Usos de los subproductos de papa	Cantidad de Artículos	Número de Artículos
3 usos	1	N° 29
2 usos	6	N° 7, 10, 14, 27, 31, 32
1 usos	25	Artículos restantes
Total	32	

Asimismo, se presenta en la figura 4 los resultados de los usos de subproductos en las distintas investigaciones, podemos ver que 1 investigación realiza 3 diversos usos a los subproductos de papa que incluye la extracción de los compuestos bioactivos, la elaboración de una película comestible y su aplicación en un alimento (3%). Seguidamente, 6 investigaciones realizan 2 usos a los subproductos de papa que puede

incluir la extracción de compuestos bioactivos y su aplicación en un alimento o la extracción de compuestos bioactivos y su elaboración de una película comestible (19%) y 25 investigaciones que realizan solo 1 uso a los subproductos de la papa (78%) que puede ser la incorporación en alimentos, la extracción de compuestos bioactivos o la elaboración de una película comestible.

Figura 4

Resultados de los diversos usos que se realizan a los subproductos de papa en la industria alimentaria



Nota: 3 usos (alimentos, extracción de compuestos bioactivos y películas comestibles), 2 usos (extracción de compuestos bioactivos y alimentos o extracción de compuestos bioactivos y películas comestibles), 1 uso (alimentos, extracción de compuestos bioactivos o películas comestibles).

Según los resultados en la presente RSL, la tabla 6 muestra la cantidad de investigaciones con referentes a la incorporación de subproductos de papa en alimentos,

en la extracción de compuestos bioactivos y su aplicación para la elaboración de películas comestibles.

Tabla 6

Cantidad de investigaciones sobre los diversos usos que se realizan a los subproductos de papa en la industria alimentaria

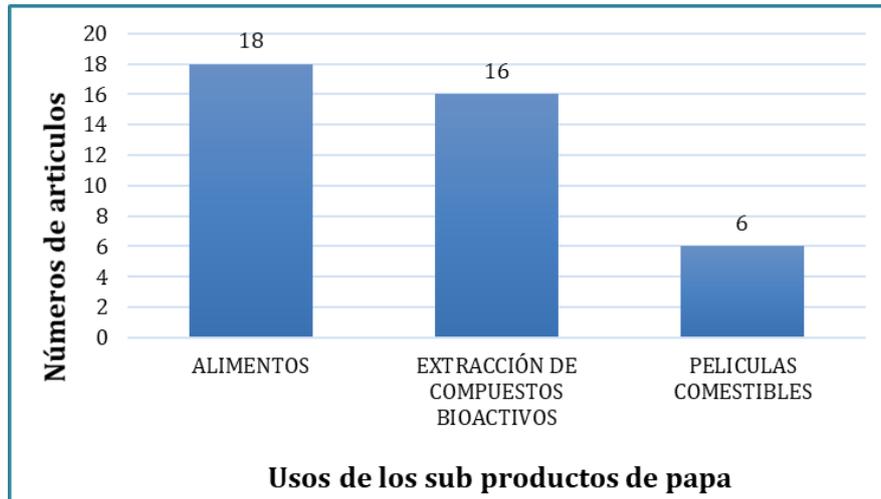
Usos de los subproductos de papa	Cantidad de Artículos	Porcentaje
Alimentos	18	45%
Extracción de compuestos bioactivos	16	40%
Películas comestibles	6	15%
Total	40	100%

Los resultados en la figura 5 se muestra los diversos usos que tiene los subproductos de la papa en la industria alimentaria, donde 18 artículos utilizan a los subproductos de la papa como ingrediente para la

elaboración de alimentos (45%) y 16 artículos utilizan para la extracción de compuestos bioactivos (40%) y 6 artículos para la elaboración de películas comestibles (15%).

Figura 5

Cantidad de Investigaciones sobre los usos de los subproductos de papa en la industria alimentaria



Resultados para la pregunta EQ1

EQ1. ¿Cuáles son los usos que se realizan a los subproductos de papa en los alimentos?

Tabla 7

Usos de los subproductos de papa en la aplicación de alimentos

¿Cuáles son los usos que se realizan a los subproductos de papa en los alimentos?			
Usos	Cantidad de Artículos	Porcentaje	Número de Artículos
Incorporación en formulaciones de alimentos	12	67%	Artículo: 1, 6, 8, 9, 14, 15,17,18, 21, 25, 26, 29.
Conservación de alimentos	6	33%	Artículo: 10, 16, 20, 26, 28, 31.
Total	18	100%	

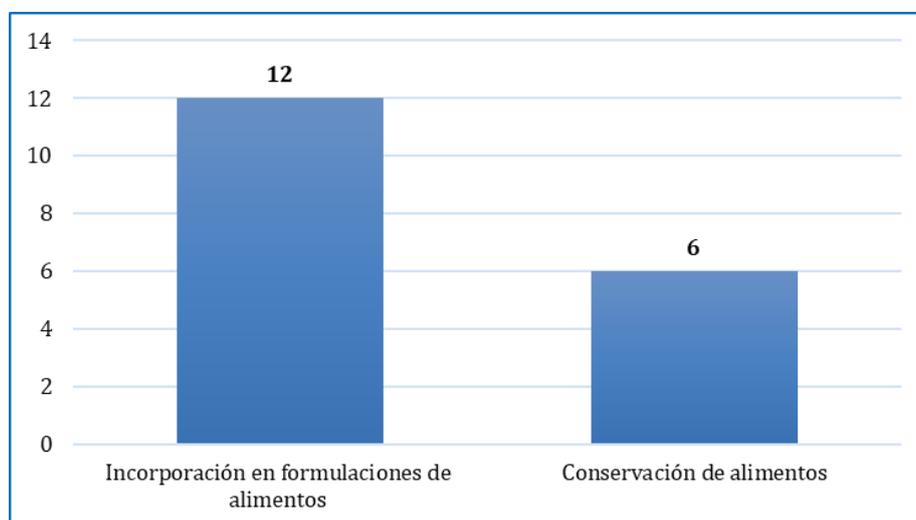
0

Los resultados obtenidos se detallan en la figura 10, el uso de los subproductos de papa como incorporación en formulaciones de alimentos se lleva el primer lugar con 12 artículos que representa un 67% del total,

seguido del uso de subproductos de papa para la conservación de alimentos con 6 artículos lo que representa un 33%.

Figura 6

Grado de resultados en el uso de subproductos de papa en la aplicación de alimentos procesados



Resultados para la pregunta EQ2

EQ2. ¿Cuáles son los métodos que se utilizan para extraer compuestos bioactivos de los subproductos de la papa?

Tabla 8

Métodos de extracción de compuestos bioactivos en subproductos de papa

¿Qué métodos se utilizaron en la extracción de compuestos bioactivos de los subproductos de la papa?			
Métodos de extracción	Cantidad de Artículos	Porcentaje	Número de Artículos
Métodos de extracción avanzada	8	50%	Artículo: 4, 13, 14, 22, 23, 24, 27, 28
Métodos de extracción convencionales	2	13%	Artículo: 3, 5
Métodos de extracción con solventes verdes	5	38%	Artículo: 2, 6, 11, 12, 19, 26
Total	16	100%	

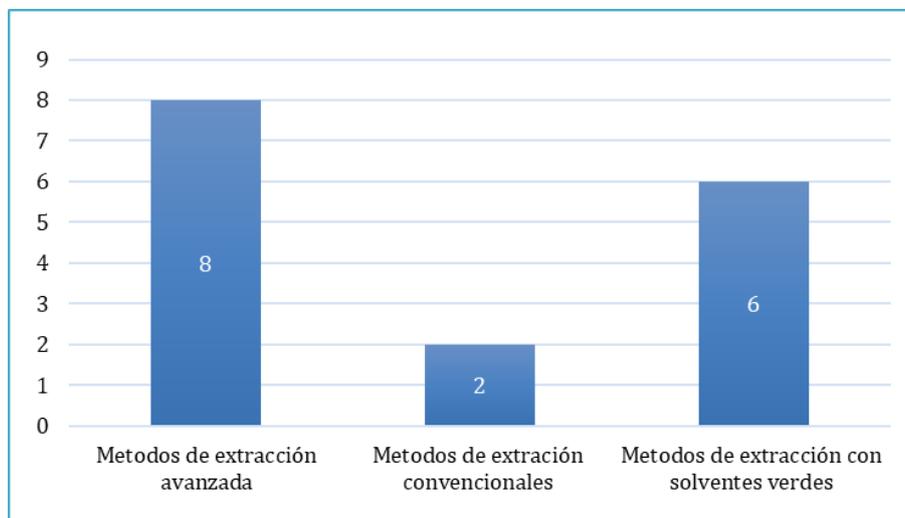
Nota. Métodos de extracción avanzada (ultrasonido, hidrotermal, microondas, pulsos eléctricos, fluidos supercríticos), extracción convencional (maceración, percolación, Soxhlet), extracción solvente verdes (etanol, agua, CO2).

Según los resultados obtenidos acerca de los métodos de extracción de subproducto de papa se detalla en la figura 7, la extracción avanzada se lleva el primer con 8 artículos que representa un 50%, seguido de la

extracción con solventes verdes con 6 artículos que representa un 38% y por último se utiliza la extracción convencional con 2 artículos lo cual representa el 12%.

Figura 7

Grado de resultados de los métodos en la extracción de compuestos bioactivos de subproductos de papa



Resultados para la pregunta EQ3

EQ3. ¿Qué efectos positivos ofrecen las películas comestibles de subproductos papa en la conservación de alimentos?

Tabla 9

Efectos positivos o negativos de los subproductos de papa en películas comestibles para conservar alimentos

¿Hay efectos positivos o negativos en las películas comestibles elaboradas con subproducto de papa para la conservación de alimentos?			
Efectos	Nº de artículos	Porcentaje	Artículos
Efectos positivos	5	83%	Artículo: 7, 10, 20, 28, 30.
Efectos negativos	1	17%	Artículo: 31.

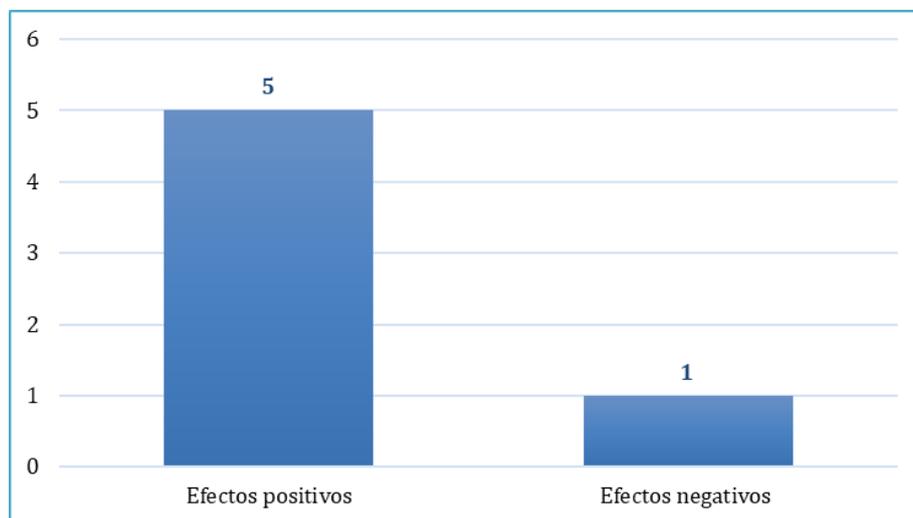


Según los resultados obtenidos en el presente RSL en la figura 8 se describe los efectos positivos y negativos de las películas comestibles en a la conservación de alimentos, los resultados muestran que 5 investigaciones mencionan que las películas

comestibles producidas con subproductos de papá tienen un efecto positivo en la conservación de alimentos (83%) y 1 estudio muestra lo contrario con un efecto negativo en la conservación de alimentos (17%).

Figura 8

Grado de resultados del efecto positivo o negativo de las películas comestibles de los subproductos de papa en la conservación de alimentos



DISCUSIÓN

El presente capítulo comprende la discusión de los hallazgos encontrados en el trabajo de investigación:

Q1: ¿Cuáles son los diversos usos de los subproductos de papa dentro de la industria alimentaria?

Los subproductos de la papa en especial la cáscara es un residuo que se desecha por su poco valor comercial. Sin embargo, en los últimos años ha surgido un interés en el aprovechamiento de este subproducto debido a su potencial como fuente de compuestos bioactivos para el desarrollo de nuevos productos en la industria alimentaria. A continuación, se presenta la discusión de los diversos usos que se realizan a los subproductos de papa en la industria alimentaria.

La eficacia de los subproductos de papa para su uso en la industria alimentaria radica en sus altos niveles de compuestos bioactivos presentes en la cáscara. La presencia de estos fitoquímicos principalmente los polifenoles como el ácido clorogénico, ácido cafeico y ferúlico ofrecen propiedades como antimicrobianas, antiinflamatorias y anticancerígenas (Lakka et al., 2020), que ha permitido que este subproducto sea valorado en la industria alimentaria para su uso como ingrediente en nuevas formulaciones de alimentos, en la extracción de compuestos bioactivos y su uso para la conservación de alimentos. De los 32 artículos analizados, Durmaz y Yüksel (2021), mencionan que la incorporación de harina de cáscara de papa en formulaciones de alimentos mejora las propiedades

tecnofuncionales, el contenido de fibra dietética y el contenido fenólico total. De la misma manera Tlay et al. (2023), concuerda con el estudio anterior y hace referencia que la harina de cáscara de papa se puede utilizar como ingrediente en alimentos procesados con un alto contenido de fibra dietética y contenido fenólico total. Bakar et al. (2022) y Fradinho et al. (2020), también respaldan la idea de que la harina de cáscara de papa aparte de sus propiedades nutricionales, también presenta propiedades antioxidantes que ayudan a proteger a las células del daño causado por los radicales libres y prevenir enfermedades cardiovasculares. Mientras que Zhang et al. (2020), afirma que la extracción de compuestos bioactivos mejorará la tasa de recuperación de estos fitoquímicos y su incorporación directa en forma de extracto en los alimentos aumenta significativamente el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del producto final. Estos métodos de recuperación de compuestos bioactivos de la cáscara de papa permiten un mayor velocidad y rendimiento en la extracción, así como una mejor preservación de los componentes extraídos (Xu et al., 2022). No obstante, también se resalta lo mencionado por Gebrechistos et al. (2020), que el extracto de cáscara de papa ofrece actividad antimicrobiana sobre bacterias patógenas principalmente por su contenido de fitoquímicos como el ácido cafeico y clorogénico. Además, su aplicación en películas comestibles ofrece efectos positivos en términos de resistencia a la tracción, permeabilidad al vapor de agua y actividad antimicrobiana (Jorge et al., 2023). Frente a los autores mencionados se puede afirmar que existe una relevancia a los estudios

realizados y coinciden que la cáscara de papa es una fuente rica de fitoquímicos con propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud. Además, su incorporación en formulaciones alimentarias mejora las propiedades nutricionales y funcionales. Por otro lado, su uso en películas comestibles ofrece beneficios tanto mecánicos como antimicrobianos. Por ende, las utilidades de los subproductos de papa ofrecen ser una adopción valiosa para la preservación de alimentos y mejora en las propiedades nutricionales y bioactivas previniendo con un enfoque benéfico en la salud hacia las enfermedades generadas por los radicales libres. En la figura 5 del total de artículos analizados para responder la pregunta principal se puede observar que 18 artículos realizaron estudios a los subproductos de papa como ingrediente en la elaboración de alimentos con objetivos claros de mejorar las propiedades tecnofuncionales, bioactivas, nutricionales, etc. Mientras que 16 artículos están relacionados a los métodos de extracción de compuestos bioactivos de los subproductos de papa con objetivos claros en la velocidad y rendimiento en los métodos de extracción. Por último 6 artículos están relacionados con la conservación de alimentos con el objetivo principal de alargar la vida útil del producto.

EQ1: ¿Cuáles son los usos que se realizan a los subproductos de papa en los alimentos?

A través del análisis de 18 artículos en relación a la primera pregunta, en la figura 6 se destaca que 12 de los artículos se centraron específicamente sobre los usos de los subproductos de la papa en la producción de alimentos. Estos estudios proporcionaron una perspectiva detallada de las propiedades nutricionales y funcionales de la incorporación de los subproductos de papa en los alimentos. Por otro lado, 6 artículos exploran el tema de los subproductos de papa para la conservación de alimentos. En relación a los subproductos de papa utilizados como ingrediente para la producción de alimentos. Uno de los hallazgos más destacados es que los subproductos de la papa son una fuente rica en nutrientes como fibra, contenido fenólico, vitaminas y minerales. Esto significa que su incorporación en la elaboración de alimentos puede mejorar el perfil nutricional y bioactivo de los productos finales, lo cual es beneficioso para la salud del consumidor. Singh et al., (2020) resalta que los subproductos de papa pueden ser utilizados en una amplia gama de alimentos, esto demuestra el potencial versátil y adaptable de estos subproductos en distintos contextos culinarios. Asimismo, Durmaz & Yüksel (2021), destacan que la incorporación de harina de cáscara de papa en la elaboración de chips mejora el contenido fenólico y este aumenta significativamente con el aumento de la harina de cáscara de papa. El estudio realizado por Tlay et al. (2023b) concuerda con lo mencionado en el estudio anterior, quien también observó el mismo comportamiento del contenido fenólico en las galletas elaboradas con harina de

cáscara de papa. Por su parte, Bakar et al. (2022), también afirma este comportamiento que a mayor nivel de sustitución de la harina de cáscara de papa también aumenta la fibra dietética, los flavonoides y el contenido de radicales ABTS en la producción de galletas. Sin embargo, Kaur et al. (2022), contradice estas afirmaciones señalando que la harina de cáscara de papa presenta una fibra dietética insoluble, con una proporción de antinutrientes que pueden ser perjudiciales en la formulación de alimentos. Por otro lado, Ali et al. (2023b) menciona que la modificación del almidón de los subproductos de papa y su incorporación en galletas mejora el contenido de amilosa y reduce la dureza. Otros autores como Fradinho et al. (2020) en su estudio menciona que el extracto obtenido de la cáscara de papa mejora las características tecno funcionales de la pasta sin gluten. Por el contrario, Akter et al. (2023) ha demostrado que la harina de cáscara de papa es beneficiosa en la elaboración de pan sin gluten, ya que aumenta el contenido fenólico, contenido de proteínas y carbohidratos ideal para personas celíacas.

En cuanto a productos lácteos, se ha demostrado que el extracto de cáscara de papa mejora las cualidades nutricionales, antioxidantes y sensoriales del yogurt (Brahmi et al., 2022). Sin embargo, para Lourdes Pérez-Chabela et al. (2022b) la incorporación de harina de cáscara de papa puede resultar favorable para mejorar la capacidad prebiótica del yogurt debido a su contenido en fibra dietética y polifenoles y pueden emplearse como prebióticos para aumentar la colonización de probióticos en la flora intestinal con un efecto benéfico sobre la salud del consumidor. En otros estudios, se ha encontrado evidencia sobre los efectos positivos para la salud asociados con el consumo de productos alimenticios fortificados con harina o extracto de cáscara de papa. En su estudio de Soltan et al. (2023) hace énfasis esta afirmación debido a que el extracto de cáscara incorporado en un alimento reduce los triglicéridos hepáticos y colesterol, así como un impacto positivo en la prevención del hígado graso no alcohólico. También se ha demostrado que el extracto de harina reduce la formación potencialmente cancerígena de aminas heterocíclicas que se forman durante el procesamiento de la carne a altas temperaturas sin afectar las propiedades sensoriales (Pérez-Báez et al., 2021). Los estudios revisados sugieren que estos productos pueden mejorar las propiedades nutricionales, bioactivas, organolépticas y tecnológicas mientras ofrecen beneficios para la salud. Esto es importante, ya que los compuestos bioactivos tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que puede contribuir a la prevención de enfermedades cardiovasculares generadas por los radicales libres. Sin embargo, es importante tener en cuenta que se necesitan más investigaciones para comprender completamente los efectos potenciales sobre la salud

humana antes del uso generalizado en productos alimenticios.

En relación a los subproductos de papa utilizados para la conservación de alimentos, es importante destacar que estos, tienen un alto contenido fenólico que les otorga propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Esto ha llevado a su utilización en la conservación de alimentos. Hadary et al. (2023) en su estudio destaca que el extracto de cáscara de papa y su mezcla con hojas de hibisco mejoran el contenido de vitamina C, el perfil de antioxidantes, color y propiedades sensoriales del jugo de naranja fermentado, aumentando su vida útil a 21 días. Aparte de sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, se destaca que el almidón de la cáscara de papa como polímero natural se puede usar para formar películas resistentes al oxígeno y al vapor, prolongando la vida útil del alimento. Donde autores como Jorge et al. (2023b) demuestran que las películas elaboradas con cáscara de papa han demostrado mejorar la jugosidad y rigidez del pescado ahumado, lo mismo afirma Sani et al. (2021) en su estudio la película comestible elaborada con cáscara de papa aumenta la resistencia a coliformes y vida útil de la carne de codorniz. Del mismo modo Moradi et al. (2023b), hace referencia que las películas comestibles a base de cáscara de papa han mostrado una vida útil hasta 6 días en refrigeración a 4°C y menor cantidad de unidades formadoras de colonias (4,05 log UFC/g) en muslos de pollo. En aplicaciones para la conservación de productos lácteos Coimbra et al. (2023) menciona que la película comestible en el queso curado ofrece aumento de dureza sin afectar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas. De los autores mencionados se puede afirmar que cada uno destaca a los subproductos de papa para la conservación de alimentos y resalta los atributos que este posee en cada alimento particular estudiado y puede ser beneficioso para la conservación de alimentos. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para evaluar estos aspectos y determinar las recomendaciones adecuadas para su uso en productos alimenticios.

EQ2: ¿Cuáles son los métodos que se utilizan para extraer compuestos bioactivos de los subproductos de la papa?

En relación con la pregunta, de los 16 artículos encontrados se ha podido recopilar información de investigaciones que hablan sobre los métodos para la extracción de compuestos bioactivos de la cáscara de papa. En la figura 7 se observa que 8 artículos utilizaron la extracción avanzada que incluyen a la extracción asistida por ultrasonido, agua subcrítica, etc y en 6 artículos se utilizaron la extracción con solventes verdes (etanol, metanol) y 2 artículos utilizaron el método de extracción convencional para la recuperación de compuestos bioactivos de los subproductos de papa. Los estudios mostraron que los

diferentes métodos de extracción afectan la cantidad y calidad de los compuestos bioactivos extraídos, así como su actividad antioxidante. Zhang et al. (2020) hace mención de que la extracción asistida por ultrasonido mejora la tasa de recuperación de polifenoles en cáscara de papa en un tiempo corto y con un rendimiento superior a la extracción convencional sólido-liquido. De la misma manera Xu et al. (2022) y Wang et al. (2020) concuerdan con el estudio anterior y afirman que la extracción asistida por ultrasonido es la más eficiente en la recuperación de polifenoles en menor tiempo y mayor rendimiento en comparación a los métodos de extracción convencionales. Por su parte, Moradi et al. (2023) menciona que el extracto de cáscara de papa extraído mediante ultrasonido presenta un contenido considerablemente alto de compuestos fenólicos, lo que sugiere un potencial antimicrobiano para la conservación de carne. En conjunto estos autores respaldan a la extracción asistida por ultrasonido como la más eficiente en términos de velocidad de extracción, rendimiento y una mejor conservación de los componentes extraídos. Desde el punto de vista Fradinho et al. (2020) describe que la extracción con agua subcrítica como la más eficiente a altas temperatura debido a que resultó en una considerable recuperación de contenido fenólico y capacidad antioxidante ($1,02 \pm 0,03$ g EAG/L, $15,68 \pm 0,26$ mmol TEAC/L). Mientras para De Andrade Lima et al. (2021) la extracción con CO₂ supercrítico permite una recuperación del hasta del 80% de compuestos fenólicos, siendo el ácido clorogénico el más abundante. Sin embargo, para Martínez-Fernández et al. (2023b) la extracción hidrotermal favoreció la recuperación de polifenoles en forma libre, glicocalcoides y polisacáridos en condiciones específicas de temperatura de 140 a 160 °C. Estos autores resaltan a los métodos de extracción con agua subcrítica, la extracción con CO₂ subcrítico y la extracción hidrotermal como las más eficientes en términos de velocidad y rendimiento superior a los demás métodos de extracción con un efecto positivo para su incorporación en la formulación de alimentos.

Con respecto a la extracción con solventes verdes, los estudios analizados lo consideran un método más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, lo que reduce el impacto ambiental y los riesgos para la salud humana. Según Frontuto et al. (2019) menciona que la extracción asistida por campos eléctricos pulsados usando solventes verdes mejora el rendimiento en la extracción de polifenoles. Por su parte, Lakka et al. (2020) resalta que el uso de solventes verdes como hidroxipropil β-ciclodextrina a una temperatura de 30°C aumenta significativamente el rendimiento de polifenoles ($17,27 \pm 0,93$ mg equivalente de ácido clorogénico g⁻¹ masa seca) en la cáscara de papa. No obstante, también se observa que algunos estudios reportan resultados contradictorios en cuanto al rendimiento de compuestos fenólicos utilizando

diferentes tipos de solventes verdes. Para Samotyja (2019) la extracción con etanol al 96% aumenta la tasa de recuperación de fenólicos totales. Por el contrario, Brahmi et al. (2022) y Sampaio et al. (2019), mencionan que se obtiene un mayor rendimiento de compuestos fenólicos totales utilizando etanol al 80%. Mientras que Venturi et al. (2019), menciona que la extracción utilizando etanol al 10% tiene buena capacidad de recuperación de compuestos fenólicos. Existen cierta discrepancia entre los estudios en cuanto a sus resultados utilizando diferentes concentraciones de solventes verdes, lo cual sugiere que las condiciones específicas de extracción pueden influir significativamente en los resultados.

Con respecto a la extracción convencional, en pocos estudios señalan a la extracción convencional como un método adecuado para recuperar compuestos bioactivos de los subproductos de papa. En relación con los métodos de extracción convencional de los subproductos de papa Casasni et al. (2023b) resalta a la extracción organosol con disolvente convencional 1-propanol al 40% como un método para obtener un rendimiento 24% mayor para la extracción de polifenoles en comparación con otros métodos. Por su parte Apel et al. (2020) menciona que la extracción convencional sólido-líquido a condiciones específicas puede recuperar glicoalcaloides en la cáscara de papa de manera significativamente superior a la extracción asistida por ultrasonido. De los autores mencionados se puede afirmar que ambos coinciden en señalar que la extracción convencional puede ser efectiva para obtener compuestos bioactivos de la cáscara de papa, pero difieren en los compuestos específicos que se están extrayendo y en los métodos utilizados. Es importante tener en cuenta que ambos estudios utilizaron diferentes métodos y condiciones experimentales, lo que podría influir en los resultados obtenidos. De todas las investigaciones analizadas en este ítem, los estudios indican que la extracción asistida por ultrasonido y otros métodos alternativos como el uso de solventes verdes o la extracción convencional pueden mejorar significativamente el rendimiento y eficiencia en la recuperación de compuestos bioactivos en la cáscara de papa. Sin embargo, se requiere más investigación para comparar directamente estos métodos y determinar cuál es el más efectivo en términos de rendimiento y calidad del extracto obtenido.

EQ3: ¿Qué efectos positivos ofrecen las películas comestibles de subproductos papa en la conservación de alimentos?

En relación a la pregunta, según los 32 artículos seleccionados, en la figura 8 se evidencian 5 artículos que afirman resultados prometedores a las películas comestibles elaboradas a partir de los subproductos de la papa para la conservación de alimentos y 1 artículo afirma lo contrario. En primer lugar, se resalta que estas

películas comestibles presentan propiedades barreras que ayudan a prolongar la vida útil de los alimentos, lo cual es un aspecto crucial en la industria alimentaria. Se destaca al estudio realizado por Gebrechristos et al. (2020) que encontró que los ácidos cafeico y clorogénico presentes en el extracto de cáscara de papa incorporados en una película comestible ofrecen actividad antimicrobiana contra ciertas bacterias como *E. Coli*, *S. Enterica* y *S. Aureus*. Esta propiedad resulta ser positiva para alargar la vida útil del alimento. Además, Jorge et al. (2023), quien menciona que la película comestible elaborada a partir de almidón de cáscara de papa presenta efectos positivos al presentar mayor resistencia a la tracción, alta permeabilidad al vapor de agua entre 48° y 57°, velocidad máxima de transmisión de vapor de agua y menores temperaturas de degradación. Por otro lado, el estudio de Coimbra et al. (2023) concuerda con el estudio anterior y destaca el mismo comportamiento en películas comestibles elaboradas de cáscara de papa que ofrecen mayor permeabilidad al vapor de agua y flexibilidad, lo cual ha demostrado ser beneficioso para la conservación de quesos curados. Asimismo, Lopes et al. (2021) afirma que la aplicación de la película comestible enriquecidas con extractos fenólicos de cáscara de papa mejora la tolerancia al agua, elasticidad y actividad antioxidante (56–85% de inhibición de ABTS después de 7 días) durante el envasado de pescado ahumado quien mostró un color dorado, menor jugosidad y mayor rigidez, sin alterar el olor, color y sabor. Por su parte Moradi et al. (2023) menciona que los extractos de cáscara de papa en un 20% y su incorporación para la elaboración de un envase antimicrobiano de polietileno de baja densidad y su aplicación en el envasado de muslos de pollo demostró menor ácido tiobarbitúrico, nitrógeno volátil total, unidades formadoras de colonias y mayor vida útil hasta 6 días a 4°C. En conjunto estos autores respaldan el potencial de las películas comestibles elaboradas con subproductos de papa quienes presentan efectos positivos para la conservación de alimentos debido a las propiedades mencionadas en los estudios anteriores. Por otro lado, el estudio realizado por Sani et al. (2021) contradice a los estudios anteriores y destaca que la película comestible a base de almidón de cáscara de papa no tuvo un efecto benéfico en la conservación de carne debido a su baja durabilidad y resistencia a la permeabilidad al vapor. No obstante, cuando esta película fue enriquecida con piel de manzana y aceite esencial demostró una buena permeabilidad al vapor e incrementó sus propiedades antioxidantes, lo cual resultó beneficioso para la conservación del producto. En general todas las investigaciones muestran resultados variados sobre el uso de películas comestibles elaboradas con extractos o componentes derivados de la cáscara de papa para la conservación de alimentos. Mientras algunas investigaciones encuentran beneficios como actividad antimicrobiana, tolerancia al agua y propiedades antioxidantes, otros encuentran limitaciones como baja

durabilidad o resistencia a la permeabilidad al vapor. Estas diferencias pueden deberse a las diferentes metodologías utilizadas en cada estudio o a las distintas aplicaciones específicas analizadas. Es importante considerar estos resultados variados al evaluar el potencial uso práctico y comercial de estas películas comestibles derivadas de la cáscara de papa para la conservación alimentaria. Es necesario seguir investigando para comprender mejor su aplicabilidad y optimizar su uso en diferentes contextos alimentarios.

CONCLUSIONES

En conclusión, la presente investigación analizó los diversos usos de los subproductos de papa en relación a su utilización como ingrediente en la producción de la cadena alimentaria, extracción de compuestos bioactivos y películas comestibles. En lo referido a su utilización en la producción de alimentos, se ha encontrado que los subproductos aportan propiedades nutricionales, propiedades funcionales y propiedades tecnofuncionales, mejorando así la calidad sensorial del producto final. En cuanto a la extracción de compuestos bioactivos, los subproductos de papa han demostrado tener propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias alargando así la vida útil de los alimentos. Estos compuestos pueden ser extraídos mediante diversos métodos de extracción como la extracción por ultrasonido, hidrotérmica, subcrítica, la extracción con solventes verdes y el método de extracción convencional. Sin embargo, el método de extracción va depender de las condiciones específicas para cada uno de ellos, con el fin de maximizar su eficacia y rendimiento para el desarrollo de nuevos productos con beneficios para la salud. Por último, se ha investigado el uso de los subproductos de papa en la producción de películas comestibles. Estas películas tienen propiedades de barrera y antimicrobianas, lo que las hace ideales para el envasado de alimentos. Además, al ser comestibles, no generan residuos adicionales, contribuyendo a reducir el uso de plásticos convencionales. Se recomienda para futuros trabajos realizar una revisión de los usos de los subproductos de papa en áreas fuera de la industria alimentaria, como el caso de los biocombustibles. Para llevar a cabo un análisis más profundo del potencial que poseen los subproductos de la papa, para fomentar el uso sostenible a través de políticas y prácticas que promuevan una economía circular en la industria, sería beneficioso también buscar artículos con otras bases de datos y analizar estudios de acceso cerrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akter, M., Anjum, N., Roy, F., Yasmin, S., Sohany, M., & Mahomud, M. S. (2023). Effect of drying methods on physicochemical, antioxidant and functional properties of potato peel flour and quality evaluation of potato peel composite cake. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100508. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100508>
- Ali, S., Siddique, Y. A., Mehnaz, S., & Sadiq, M. B. (2023b). Extraction and characterization of starch from low-grade potatoes and formulation of gluten-free cookies containing modified potato starch. *Heliyon*, 9(9), e19581. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19581>
- Alqahtani, M. M., Alasmari, A., Ghazzawy, H. S., & Hikal, D. M. (2023). Antihyperlipidemic effect of bread fortified with potato peel powder against triton X-100-induced hyperlipidemia in male albino rats. *Journal of Functional Foods*, 108, 105725. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105725>
- Apel, C., Lyng, J. G., Papoutsis, K., Harrison, S. M., & Brunton, N. P. (2020). Screening the effect of different extraction methods (ultrasound-assisted extraction and solid-liquid extraction) on the recovery of glycoalkaloids from potato peels: Optimisation of the extraction conditions using chemometric tools. *Food and Bioprocess Technology*, 119, 277-286. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.06.018>
- Bakar, M. F. A., Ranneh, Y., & Kamil, N. (2022). Development of high fiber rich antioxidant biscuits from purple and orange sweet potato peels. *Food Research*, 6(1), 12-19. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(1\).036](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(1).036)
- Bhunja, S., & Mark, T. (2019). A quick overview of electronic hardware. En Elsevier eBooks (pp. 23-45). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812477-2.00007-1>
- Brahmi, F., Mateos-Aparicio, I., García-Alonso, A., Abaci, N., Saoudi, S., Smail-Benazzouz, L., Guemghar-Haddadi, H., Madani, K., & Boulekbache-Makhlouf, L. (2022). Optimization of conventional extraction parameters for recovering phenolic compounds from potato (*Solanum tuberosum* L.) peels and their application as an antioxidant in yogurt formulation. *Antioxidants*, 11(7), 1401. <https://doi.org/10.3390/antiox11071401>
- Carrera-Rivera, A., Ochoa-Agurto, W., Larrinaga, F., & Erle, G. L. (2022). How-to Conduct a Systematic Literature Review: a quick guide for computer science research. *MethodsX*, 9, 101895. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895>
- Casasni, S., Guenaoui, A., Grigorakis, S., & Makris, D. P. (2023). Acid-Catalyzed organosolv treatment of potato peels to boost release of polyphenolic compounds using

- 1- and 2-Propanol. *Applied sciences*, 13(16), 9484. <https://doi.org/10.3390/app13169484>
- Chauhan, A., Islam, F., Imran, A., Imran, A., Zahoor, T., Khurshid, S., & Shah, M. A. (2023). A review on waste valorization, biotechnological utilization, and management of potato. *Food Science and Nutrition*, 11(10), 5773-5785. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3546>
- Coimbra, P., Marona, B., Henriques, M., Campos, L., Gomes, D., Vitorino, C., Sousa, J., Braga, M. E., & Gaspar, M. C. (2023). Edible films based on potato and quince peels with potential for the preservation of cured cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, 40, 101176. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101176>
- De Andrade Lima, M., Andreou, R., Charalampopoulos, D., & Chatzifragkou, A. (2021). Supercritical carbon dioxide extraction of phenolic compounds from potato (*Solanum tuberosum*) peels. *Applied sciences*, 11(8), 3410. <https://doi.org/10.3390/app11083410>
- De Lourdes Pérez-Chabela, M., Cebollón-Juárez, A., Bosquez-Molina, E., & Totosaús, A. (2022). Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. *Food Science and Technology*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.38220>
- Durmaz, A., & Yüksel, F. (2021). Deep fried wheat chips added with potato peel flour—Effect on quality parameters. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 13(1), 115-124. <https://doi.org/10.15586/qas.v13i1.844>
- FAO. (2018). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2019: Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Food & Agriculture Org.
- Felekis, V., Stavragi, C., Malamis, D., Mai, S., & Barampouti, E. M. (2023). Optimisation of bioethanol production in a potato processing industry. *Fermentation*, 9(2), 103. <https://doi.org/10.3390/fermentation9020103>
- Filho, E. G. A., Sousa, V. M., Rodrigues, S., De Brito, E. S., & Fernandes, F. Á. N. (2020). Green ultrasound-assisted extraction of chlorogenic acids from sweet potato peels and sonochemical hydrolysis of caffeoylquinic acids derivatives. *Ultrasonics Sonochemistry*, 63, 104911. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104911>
- Fleming, S. A., & Morris, J. (2023). Perspective: potatoes, quality carbohydrates, and dietary patterns. *Advances in Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.10.010>
- Fradinho, P., Oliveira, A. C., Domínguez, H., Torres, M. D., Sousa, I., & Raymundo, A. (2020). Improving the nutritional performance of gluten-free pasta with potato peel autohydrolysis extract. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 63, 102374. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102374>
- Frontuto, D., Carullo, D., Harrison, S. M., Brunton, N. P., Ferrari, G., Lyng, J. G., & Pataro, G. (2019). Optimization of pulsed Electric Fields-Assisted extraction of polyphenols from potato peels using response surface methodology. *Food and Bioprocess Technology*, 12(10), 1708-1720. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02320-z>
- Gaspar, M. C., & Braga, M. E. (2023). Edible films and coatings based on agrifood residues: a new trend in the food packaging research. *Current Opinion in Food Science*, 50, 101006. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101006>
- Gaudino, E. C., Colletti, A., Grillo, G., Tabasso, S., & Cravotto, G. (2020). Emerging processing technologies for the recovery of valuable bioactive compounds from potato peels. *Foods*, 9(11), 1598. <https://doi.org/10.3390/foods911159>
- Gebrechistos, H. Y., Ma, X., Xiao, F., He, Y., Zheng, S., Oyungerel, G., & Chen, W. (2020). Potato peel extracts as an antimicrobial and potential antioxidant in active edible film. *Food Science and Nutrition*, 8(12), 6338-6345. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1119>
- Grillo, G., Tabasso, S., Capaldi, G., Radošević, K., Redovniković, I. R., Gunjević, V., Gaudino, E. C., & Cravotto, G. (2023). Food-Waste valorisation: Synergistic effects of enabling technologies and eutectic solvents on the recovery of bioactives from violet potato peels. *Foods*, 12(11), 2214. <https://doi.org/10.3390/foods12112214>
- Hadary, A., Sulieman, A., & El-Shorbagy, G. (2023). Comparative effects of hibiscus leaves and potato peel extracts on characteristics of fermented orange juice. *Journal of food quality and hazards control*. <https://doi.org/10.18502/jfqhc.10.1.11988>
- Hu, C., He, Y., Zhang, W., & He, J. (2024). Potato proteins for technical applications: nutrition, isolation, modification and Functional properties - a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 91, 103533. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103533>
- Jacinto, G., Stieven, A., Maciel, M. J., & De Souza, C. F. V. (2020). Effect of potato peel, pumpkin seed, and quinoa flours on sensory and chemical characteristics of gluten-free breads. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16919>
- Jimenez-Champi, D., Romero-Oregon, F. L., Moran-Reyes, A., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2023). Bioactive compounds in potato peels, extraction methods, and their applications in the food industry: a review. *Cyta-journal of Food*, 21(1), 418-432.

- Jorge, A. M., Gaspar, M. C., Henriques, M., & Braga, M. E. (2023). Edible films produced from agrifood by-products and wastes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 88, 103442. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103442>
- Kaur, M., Gautam, A., & Kaur, H. (2022). Nutritional, techno-functional, structural, and rheological properties of potato peel powder: a valuable biowaste being potential source of dietary fiber and antioxidants in cookie formulation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.17033>
- Klein, O., Nier, S., & Tamásy, C. (2022). Circular Agri-food Economies: Business models and practices in the potato industry. *Sustainability Science*, 17(6), 2237-2252. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01106-1>
- Lakka, A., Lalas, S. I., & Makris, D. P. (2020). Development of a Low-Temperature and High-Performance green extraction process for the recovery of polyphenolic phytochemicals from waste potato peels using hydroxypropyl B-Cyclodextrin. *Applied sciences*, 10(10), 3611. <https://doi.org/10.3390/app10103611>
- Lopes, J., Gonçalves, I., Nunes, C., Teixeira, B., Mendes, R., Ferreira, P., & Coimbra, M. A. (2021). Potato peel phenolics as additives for developing active starch-based films with potential to pack smoked fish fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100644. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.1006>
- Lu, W., Liu, Z., Huang, Y., Bu, Y., Li, X., & Cheng, Q. (2020). How do authors select keywords? A preliminary study of author keyword selection behavior. *Journal of Informetrics*, 14(4), 101066. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2020.101066>
- Martinez-Fernandez, J. S., Gu, X., Berim, A., Gang, D. R., & Chen, S. (2023b). Sequential hydrothermal extraction chemistry for recovering bioactives from potato peels. *The Journal of Supercritical Fluids*, 199, 105962. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2023.105962>
- Moradi, D., Ramezan, Y., Eskandari, S., Mirsaedghazi, H., & Javanmard, M. (2023). Plasma-treated LDPE film incorporated with onion and potato peel extract – a food packaging for shelf-life extension on chicken thigh. *Food Packaging and Shelf Life*, 35, 101012. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.101012>
- Midagri. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola 2017. Sistema Integrado de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. Perú. 370p. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/agricola/agricola_2018.pdf
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E. A., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *International Journal of Surgery*, 88, 105906. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2021.105906>
- Pati, D., & Lorusso, L. (2018). How to write a systematic review of the literature. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 11(1), 15-30. <https://doi.org/10.1177/1937586717747384>
- Pérez-Báez, A. J., Valenzuela-Melendres, M., Camou, J. P., González-Aguilar, G. A., Tortoledo-Ortiz, O., González-Ríos, H., & Viuda-Martos, M. (2021). Modelling the effects of roselle extract, potato peel flour, and beef fat on the sensory properties and heterocyclic amines formation of beef patties studied by using response surface methodology. *Foods*, 10(6), 1184. <https://doi.org/10.3390/foods10061184>
- Rodríguez-Martínez, B., Gullón, B., & Yáñez, R. (2021c). Identification and recovery of valuable bioactive compounds from potato peels: A Comprehensive review. *Antioxidants*, 10(10), 1630.
- Samotyja, U. (2019). Potato peel as a sustainable resource of natural antioxidants for the food industry. *Potato Research*, 62(4), 435-451. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-9419-2>
- Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Alexopoulos, A., Heleno, S. A., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2020). Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 103, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015>
- Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Días, M. I., Pereira, C., Calheta, R. C., Fernandes, Â., Leme, C. M., Santos-Buelga, C., Ferreira, I. C., & Barros, L. (2021). Phenolic composition and cell-based biological activities of ten coloured potato peels (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry*, 363, 130360. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130360>
- Sani, I. K., Geshlaghi, S. P., Pirsá, S., & Asdagh, A. (2021). Composite film based on potato starch/Apple peel pectin/ZnO nanoparticles/ microencapsulated Zataria Multiflora essential oil; Investigation of physicochemical properties and use in quail meat packaging. *Food Hydrocolloids*, 117, 106719. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106719>
- Scells, H., Zuccon, G., Koopman, B., & Clark, J. (2020). Automatic Boolean Query Formulation for Systematic Review Literature Search. *Proceedings of The Web Conference* 2020. <https://doi.org/10.1145/3366423.3380185>

- Sezer, Ö., Başer, D. A., Öztora, S., Çaylan, A., & Dağdeviren, N. (2022). The importance of keywords and references in a scientific manuscript. *Eurasian journal of family medicine*, 11(4), 185-188. <https://doi.org/10.33880/ejfm.2022110401>
- Singh, B., Singh, J., Singh, J., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic compounds in potato (*Solanum tuberosum* L.) peel and their health-promoting activities. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2273-2281. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14361>
- Soltan, O. I. A., Gazwi, H. S. S., Ragab, A. E., Mahmoud, M. E., Fudllalah, F. M.
- Soltan, O. I. A., Gazwi, H. S. S., Ragab, A. E., Mahmoud, M. E., Fudllalah, F. M., Alqahtani, M. M., Alasmari, A., Ghazzawy, H. S., & Hikal, D. M. (2023). Antihyperlipidemic effect of bread fortified with potato peel powder against triton X-100-induced hyperlipidemia in male albino rats. *Journal of Functional Foods*, 108, 105725. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105725>
- Tlay, R. H., Abdul-Abbas, S. J., El-Maksoud, A. A. A., Altemimi, A. B., & Abdelmaksoud, T. G. (2023b). Functional biscuits enriched with potato peel powder: physical, chemical, rheological, and antioxidants properties. *Пищевые системы*, 6(1), 53-63. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-1-53-63>
- Venturi, F., Bartolini, S., Sanmartin, C., Orlando, M., Taglieri, I., Macaluso, M., Lucchesini, M., Trivellini, A., Zinnai, A., & Mensuali-Sodi, A. (2019). Potato peels as a source of novel green extracts suitable as antioxidant additives for Fresh-Cut fruits. *Applied sciences*, 9(12), 2431. <https://doi.org/10.3390/app9122431>
- Wang, S., Lin, A. H., Han, Q., & Xu, Q. (2020). Evaluation of Direct Ultrasound-Assisted extraction of phenolic compounds from potato peels. *Processes*, 8(12), 1665. <https://doi.org/10.3390/pr8121665>
- Xu, Q., Wang, S., Milliron, H., & Han, Q. (2022). The efficacy of phenolic compound extraction from potato peel waste. *Processes*, 10(11), 2326. <https://doi.org/10.3390/pr10112326>
- Zhang, Z., Poojary, M. M., Choudhary, A., Dilip, K., Lund, M. N., & Tiwari, B. K. (2020). Ultrasound processing of coffee silver skin, Brewer's spent grain and potato peel wastes for phenolic compounds and amino acids: a comparative study. *Journal of Food Science and Technology*, 58(6), 2273-2