



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

“APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS PROVENIENTES
DEL JUGO CONCENTRADO DE MANZANA
PARA SER UTILIZADOS EN ALIMENTOS”



Tesis de grado para optar por el título de:
LICENCIADA EN BROMATOLOGÍA

ARACELI BELEN SALINAS

Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo
Mendoza, Argentina, 2024.

“APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS PROVENIENTES
DEL JUGO CONCENTRADO DE MANZANA PARA SER UTILIZADOS EN
ALIMENTOS”

Directora: Dra. Lic. Brom. Cecilia M. Fusari Gómez.

Co-directora: Ing. Agr. María Florencia Cruz Azcurra.

Comité evaluador:

- Presidente: Dra. Lic. Brom. Andrea Antonioli.
- Vocales: Dra. Lic. Brom. Viviana Guinle.
Lic. Brom. Silvina Tessaro.
- Suplente: Dra. Lic. Brom. María Sance.

Información de contacto:
Araceli Belen Salinas.
aracelisalinas1992@gmail.com– 0261 2421026

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a Dios, porque siempre estuvo presente en cada paso de mi vida, guiándome en este camino, me cuidó y acompañó a lo largo de cada etapa de esta carrera. Hoy te doy gracias Padre por concederme la perseverancia necesaria para alcanzar este logro, por brindarme sabiduría y paciencia en cada etapa de mi trabajo y por enseñarme que todo tiene su tiempo.

Agradezco a mis padres Juan y Estela, porque más allá de las dificultades que se dieron a lo largo del camino, siempre me brindaron su apoyo para conseguir este logro académico. Gracias a mis hermanos Octavio y Luciano, simplemente por estar, escucharme y animarme con sus palabras cuando más lo necesitaba.

Agradezco a mi perrita Cala, que ha sido mi fiel compañera desde los inicios de mi carrera.

Quiero agradecerle a mi amiga y colega, Antonella, por ser mi confidente a lo largo de la carrera y en la vida.

Al mismo tiempo, quiero darle las gracias a Lucas, por brindarme su apoyo incondicional.

Además, quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi Directora de tesis, Dra. Lic. Brom. Cecilia M. Fusari Gómez y a mi Co-directora, Ing. Agr. María Florencia Cruz Azcurra, por guiarme en la construcción de este trabajo, por la dedicación y la paciencia, ya que sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada.

Por último, agradecer a la universidad, que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada directivo por su trabajo y por su gestión, sin lo cual no estarían las bases ni las condiciones para aprender nuevos conocimientos.

*¡Dios mío, yo te amo
porque tú me das fuerzas!
Tú eres para mí
la roca que me da refugio;
¡tú me cuidas y me libras!
Me proteges como un escudo,
y me salvas con tu poder.
¡Tú eres mi más alto escondite!*

Salmo 18: 1-2

RESUMEN.

La agroindustria genera una cantidad importante de residuos, algunos de ellos pueden considerarse como subproductos, debido a que no son el objetivo primario de la producción en sí, pero que pueden tener otras aplicaciones alternativas y aprovecharse como ingredientes alimentarios.

Por medio del presente trabajo se aborda la importancia de la valorización de bagazo de manzana como subproducto de la industria de jugos concentrados, el cual tiene gran potencial para ser utilizado en formulaciones, ya que contienen una cantidad significativa de compuestos bioactivos con importantes propiedades, como compuestos fenólicos, pectinas, fibras, entre otros. Esta composición, hace que sea interesante investigar vías de valorización de este subproducto para poder introducirlo en la cadena alimentaria.

A lo largo de la revisión bibliográfica se presenta una mirada general de la producción de jugo concentrado de manzana, a nivel mundial y en Argentina, se menciona la composición del bagazo de manzana; se detallan las aplicaciones más relevantes en alimentos, se determinan alternativas para el aprovechamiento de los subproductos de la producción de jugo concentrado de manzana, de acuerdo con sus características fisicoquímicas, con el fin de promover una economía circular; además, se mencionan algunas técnicas utilizadas para la extracción de compuestos de importancia para la industria de alimentos.

En esta revisión bibliográfica se realizó una amplia investigación sobre cómo valorizar estos subproductos por medio de diversas aplicaciones del bagazo de manzana en alimentos. Se realizó una búsqueda de artículos científicos entre los años 2014 y 2024 en dos bases de datos (ScienceDirect y Google Scholar) con diferentes conceptos de inclusión. De los artículos seleccionados se realizaron cuadros resumen con los conceptos asociados a esta investigación, para hacer uso de ella como herramienta práctica y eficiente.

PALABRAS CLAVE.

Jugo, *Malus domestica*, industria, bagazo de manzana, alimento

ABSTRACT.

Agribusiness generates a significant amount of waste, some of which can be considered as by-products, because they are not the primary objective of production itself, but they can have other alternative applications and be used as food ingredients.

Through this work, the importance of the valorization of apple bagasse as a by-product of the concentrated juice industry is addressed, which has great potential to be used in formulations, since they contain a significant amount of bioactive compounds with important properties, such as polyphenols, pectins, fibers, among others. This composition makes it interesting to investigate ways to valorize this by-product in order to introduce it into the food chain.

Throughout the bibliographic review, a general view of the production of concentrated apple juice is presented, worldwide and in Argentina, the composition of the most important by-product, apple bagasse, is mentioned; The most relevant applications in food are detailed, alternatives are determined for the use of waste from the production of concentrated apple juice, according to its physicochemical characteristics, in order to promote a circular economy; In addition, some techniques used for the extraction of compounds of importance for the food industry are mentioned.

In this bibliographic review, extensive research was carried out on how to valorize these by-products through various applications of apple bagasse in food. A search was carried out for scientific articles between the years 2014 and 2024 in two databases (ScienceDirect and Google Scholar) with different inclusion concepts. From the selected articles, summary tables were made with the concepts associated with this research, to make use of it as a practical and efficient tool.

KEY WORDS.

Juice, *Malus domestica*, industry, apple bagasse, food.

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.	1
2. MARCO TEÓRICO.	3
2.1. ORIGEN DE LA MANZANA.	4
2.2. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN TAXONÓMICA.	4
2.3. COMPOSICIÓN DE LA MANZANA.	6
2.4. PRODUCCIÓN DE MANZANAS.	9
2.4.1. PANORAMA MUNDIAL.	9
2.4.2. PANORAMA NACIONAL.	10
2.4.3. PANORAMA PROVINCIAL.	12
2.5. INDUSTRIALIZACIÓN DE MANZANAS.	12
2.6. JUGO CONCENTRADO DE MANZANA.	13
2.6.1. SITUACIÓN EN ARGENTINA.	14
2.6.2. ELABORACIÓN DE JUGO CONCENTRADO DE MANZANA.	15
3. OBJETIVOS.	22
3.1. OBJETIVOS GENERALES.	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	23
4. METODOLOGÍA.	24
5. RESULTADOS.	26
5.1. SUBPRODUCTOS DEL JUGO CONCENTRADO DE MANZANA.	27
5.1.1. DESCARTES AGROINDUSTRIALES Y SUBPRODUCTOS.	27
5.1.2. BIOECONOMÍA CIRCULAR COMO PARTE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.	27
5.1.3. VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE MANZANA.	31
5.1.4. BAGAZO DE MANZANA.	32
5.2. ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MANZANA EN ALIMENTOS.	33
5.2.1. FUENTE ALTERNATIVA DE COMPUESTOS FENÓLICOS.	34
5.2.1.1. EXTRACCIÓN SECUENCIAL ASISTIDA POR ULTRASONIDO.	35
5.2.1.2. EXTRACCIÓN CON AGUA CALIENTE.	36
5.2.1.3. EXTRACCIÓN CON ETANOL.	36
5.2.2. FUENTE ALTERNATIVA DE FIBRA DIETARIA.	36
5.2.2.1. EXTRACCIÓN CON ALTA PRESIÓN HIDROSTÁTICA ASISTIDA POR ENZIMAS.	39
5.2.3. FUENTE ALTERNATIVA DE PECTINAS.	39
5.2.3.1. EXTRACCIÓN ÁCIDA CONVENCIONAL.	40
5.2.3.2. EXTRACCIÓN CON ÁCIDOS ORGÁNICOS.	41

5.2.3.3.	EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA.....	41
5.2.3.4.	EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS.....	42
5.2.4.	USO ALTERNATIVO COMO RECUBRIMIENTO O PELÍCULA COMESTIBLE.	42
5.2.4.1.	RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES CON EXTRACTOS DE PIEL DE MANZANA.	43
5.2.4.2.	PELÍCULAS COMESTIBLES CON PECTINA DE BAGAZO DE MANZANA.....	44
5.2.5.	USO ALTERNATIVO COMO SUSTITUTOS DE AZÚCAR.....	45
5.2.6.	USO ALTERNATIVO EN ALIMENTOS SIN GLUTEN.	46
5.2.7.	USO ALTERNATIVO COMO ESTABILIZADOR DE EMULSIONES.....	46
6.	CONCLUSIÓN.....	49
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	51
8.	ANEXO.....	59
8.1.	ORGANIZACIÓN DE LOS ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN.....	60

1. INTRODUCCIÓN.

1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, los residuos agroindustriales entendidos como aquellos materiales obtenidos a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, que no son de utilidad para el proceso que los generó (Corredor y Pérez, 2018) han sido el centro de atención de variadas investigaciones, por lo que es el punto de partida para diversos propósitos: se busca su máximo aprovechamiento y al mismo tiempo se intenta disminuir la cantidad de residuos que son descartados, ya que muchos de éstos tienen una segunda alternativa de uso. Tales residuos se generan en las diferentes etapas de los procesos productivos agrícolas, que van desde procedimientos relacionados con el cultivo hasta la obtención de la materia prima o actividades de procesamiento de ésta.

Según Aramberri (2018), el escaso manejo de los residuos por parte de las industrias es debido a falta de información de cómo llevar a cabo dicha operación, se asume que se necesitan elevados costos para una reutilización o tratamiento. Otro factor a considerar es la escasa vigilancia sobre la disposición final de los residuos por los organismos de control provinciales o locales; de esta manera el destino de los mismos es generalmente incierto: la mayoría de las industrias no tienen un programa de reutilización de sus residuos, algunas desconocen posibles alternativas de uso y otras solo los consideran no utilizables.

La manzana es una de las frutas más consumidas a nivel mundial y tiene reconocidas propiedades nutricionales. Además de consumirse en fresco, es materia prima de varios productos alimenticios, como por ejemplo el jugo concentrado de manzana. Durante la elaboración de este producto, se genera un residuo (bagazo de manzana) que consta de cáscara, pulpa, semillas y pedúnculos, el cual representa entre un 25 y 30% del peso original de la fruta (Trías *et al.*, 2021), que usualmente es destinado a compostaje o utilizado como relleno de suelos y para alimentación animal, causando serios problemas ambientales y pérdidas para las industrias debido al costo asociado al tratamiento y transporte.

Este residuo puede ser considerado como un subproducto, debido a que puede tener una utilidad diferente, puede aprovecharse como una materia prima prometedora para la extracción directa de compuestos bioactivos de alto valor agregado como fibras dietéticas, compuestos fenólicos, pectinas, entre otros (Dhillon *et al.*, 2013). Por ello, se necesitan nuevas visiones ambiciosas enfocadas a la reutilización, apuntando a una cadena de procesos que logre productos bien definidos y mitigue la generación de residuos (Da Silva *et al.*, 2021).

En este contexto, el objetivo general del presente trabajo se centra en recopilar información sobre las características del bagazo de manzana generado y proponer diferentes alternativas de uso con respecto al aprovechamiento de este subproducto para ser usado en alimentos, utilizando la evidencia científica existente y los avances realizados en el área en los últimos 10 años.

2. MARCO TEÓRICO.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. ORIGEN DE LA MANZANA.

El manzano (*Malus domestica*), manzano europeo o manzano común, es un árbol frutal oriundo de Europa y Asia (Pascual Chagman, 2023). Forma parte de la familia de las rosáceas, es cultivado por su fruto, apreciado como alimento: la manzana.

Su domesticación parece haber comenzado hace más de 15.000 años en la región comprendida al oeste de las montañas Tian Shan, frontera entre Kazajistán y China, desde allí se extendió por el resto de Asia. Fue introducido en Europa por los romanos, quienes la consideraban un fruto sagrado. En América, fue introducido por colonizadores europeos, en el siglo XVII (Pascual Chagman, 2023).

En la actualidad existen unas 1000 variedades/cultivares, como resultado de innumerables cruzamientos entre formas silvestres, cada uno con sus propias características y usos.

Las manzanas presentan variaciones de peso y calibre que van desde ciento setenta gramos (170 g) hasta doscientos cincuenta gramos (250 g); diferentes colores en la piel; rojas, verdes, o amarillas, a rayadas o ligeramente coloreadas; variaciones en el sabor desde el muy dulce al muy ácido; con pulpa en general jugosa y crocante (Ministerio de Agroindustria, 2017).

La facilidad de adaptación de este árbol a diferentes climas y suelos, la resistencia a las bajas temperaturas y el valor nutritivo de su fruta, la cual es apreciada por su alto contenido de fibra, así como ácidos orgánicos y flavonoides, permiten cultivarlo en gran escala en casi todos los países (Juárez Hernández, 2016).

En este sentido, la manzana se destaca por ser una de las favoritas en todo el mundo por su delicioso sabor y alto valor nutricional, ocupando el cuarto lugar en el consumo de fruta fresca en todo el mundo (Barreira *et al.*, 2019). Después de la naranja, la banana y la uva, que destacan por su alto valor nutricional, la manzana puede considerarse una de las principales fuentes de compuestos bioactivos de la dieta humana (Adell Corrales, 2023).

2.2. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN TAXONÓMICA.

Descripción según Gut y Guzzetti (2017).

- Árboles caducifolios, de hasta 12 m de alto, de copa amplia, ramosa.
- Corteza de marrón-grisácea a marrón-purpúrea.
- Hojas alternas, simples, de 4-13 cm de largo por 3-7 de ancho, pecíolo de hasta 2 cm; estípulas caducas; lámina ovado-elíptica, levemente coriácea, el haz de un verde oscuro, débilmente tomentosa, el envés más pálido y a menudo densamente tomentoso; base redondeada, rara vez cordiforme; borde crenado a finamente aserrado.
- Flores en cortos racimos umbeliformes: de color variable, generalmente blancas con rayas o manchas rojas, de unos 5 cm de diámetro; cáliz 5-lobulado, en el borde del receptáculo; pétalos 5; estambres 50-15; ovario ínfero, 5-3-locular, estilos 5-2, unidos en la base.
- Fruto pomáceo (manzana), carnoso, con más de 5 cm de diámetro, generalmente con el cáliz persistente; fruto comestible, entre dulce y ácido.

2. MARCO TEÓRICO.

Taxonomía según Borkhausen, M. (1803).

- Reino: Plantae.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Magnoliopsida.
- Subclase: Rosidae.
- Orden: Rosales.
- Familia: Rosaceae.
- Subfamilia: Amygdaloideae.
- Tribu: Maleae.
- Género: *Malus*.
- Especie: *M. domestica*.

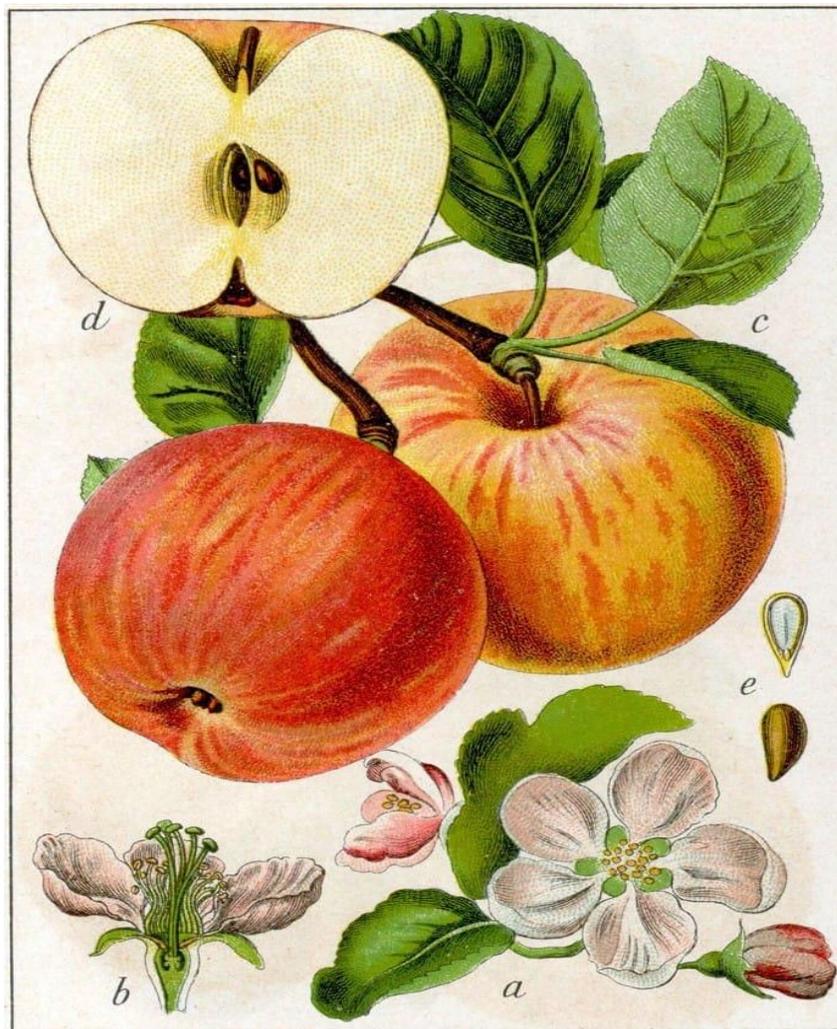


Figura 1: Ilustración de *Malus domestica*; a, b: Flor; c, d: Fruto. Fuente: Stüber, K. (2018).

2. MARCO TEÓRICO.

2.3. COMPOSICIÓN DE LA MANZANA.

Según Adell Corales, (2023) desde un punto de vista nutritivo, la manzana es una fruta completa, su bajo aporte calórico (una manzana media contiene unas 85 kcal) se une a su riqueza en determinados nutrientes. La tabla 1 proporciona la información de la composición proximal de la manzana.

- Agua: Posee alto contenido en agua, el 85% de su composición es agua, por lo que resulta una fruta refrescante e hidratante.
- Hidratos de carbono: Fundamentalmente en forma de fructosa y, en menor proporción, glucosa y sacarosa, que son fácilmente absorbidos por el organismo.
- Proteínas y Grasa: En cantidades pequeñas, poco importantes respecto a su contenido en otros nutrientes.
- Fibra dietaria: presente en su piel y pulpa, se compone fundamentalmente de celulosa y pectina, que ejercen una interesante acción sobre la regulación del tránsito intestinal. Estas fibras resultan eficaces para estimular un intestino perezoso y para ayudar a combatir las diarreas.

Tabla 1: Composición proximal de la manzana. Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019).

	Composición proximal (g%g)
Agua	85,6
Proteínas	0,26
Grasas	0,17
Cenizas	0,19
Carbohidratos	13,8
Fibra dietaria	2,4
Valor energético (kcal)	52

Entre los azúcares presentes en la manzana, se encuentran: la fructosa, en mayor cantidad, glucosa y sacarosa en menor cantidad. A pesar de su alto contenido en azúcares, el índice glicémico de la manzana es muy bajo, por lo que ayuda a controlar los niveles de glucosa en sangre (Moreno Valdés, 2023).

2. MARCO TEÓRICO.

Tabla 2: Composición proximal de azúcares en la manzana. Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019).

Azúcares	Composición proximal (g%g)
Fructosa	5,9
Glucosa	2,43
Sacarosa	2,07
Totales	10,4

Con respecto a los minerales, se destaca la presencia de potasio, necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular, y que, a la vez, favorece la función renal. También contiene pequeñas cantidades de zinc, manganeso, flúor, que desempeñan importantes funciones en los procesos celulares (Moreno Valdés, 2023).

Tabla 3: Composición proximal de minerales relevantes en la manzana. Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019).

Minerales	Composición proximal (mg%g)
Potasio	107
Fósforo	11
Calcio	6
Magnesio	5
Flúor	3,3
Sodio	1
Zinc	0,04
Manganeso	0,035
Cobre	0,027

En cuanto a los aminoácidos, la manzana posee aminoácidos esenciales, que son aquellos que el propio organismo no puede sintetizar por sí mismo, lo cual implica que la única fuente es la ingesta directa a través de la dieta, y aminoácidos no esenciales, que nuestro cuerpo puede producir, aun cuando no sean obtenidos a través de los alimentos consumidos. Por otra parte,

2. MARCO TEÓRICO.

también presenta aminoácidos condicionalmente esenciales, los cuales por lo regular no son esenciales, excepto en momentos de enfermedad o estrés (Moreno Valdés, 2023).

Tabla 4: Composición proximal de aminoácidos en la manzana. Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019).

Aminoácidos Esenciales	Composición proximal (g%g)
Leucina	0,013
Lisina	0,012
Valina	0,012
Fenilalanina	0,006
Treonina	0,006
Isoleucina	0,006
Histidina	0,005
Triptófano	0,001
Metionina	0,001
Aminoácidos no esenciales	Composición proximal (g%g)
Ácido aspártico	0,07
Ácido glutámico	0,025
Alanina	0,011
Serina	0,01
Aminoácidos condicionalmente esenciales	Composición proximal (g%g)
Glicina	0,009
Arginina	0,006
Prolina	0,006
Cistina	0,001
Tirosina	0,001

2. MARCO TEÓRICO.

En relación a las vitaminas, el contenido en vitamina C difiere según la variedad. También se encuentran presentes las vitaminas del grupo B que favorecen las funciones nerviosas, además de poseer vitamina K, A y E (Moreno Valdés, 2023).

Tabla 5: Composición proximal de vitaminas en la manzana. Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019).

Vitaminas	Composición proximal (mg%g)
Vitamina C	4,6
Vitamina A	3
Vitamina K	2,2
Niacina (Vitamina B3)	0,091
Ácido Pantoténico (Vitamina B5)	0,061
Vitamina B6	0,041
Vitamina E	0,018
Tiamina (Vitamina B1)	0,017

2.4. PRODUCCIÓN DE MANZANAS.

2.4.1. PANORAMA MUNDIAL.

La producción mundial de manzanas en 2015 superó los 80 millones de toneladas, mientras que en 2021 alcanzó los 93 millones de toneladas según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, lo que supone un aumento del 16,25% en tan solo 6 años y se espera que la producción mundial continúe con un aumento constante en los próximos años. Entre el 25-30% de la producción mundial de manzana se procesa en forma de jugo, vino, sidra, mermeladas o producto deshidratado (Adell Corrales, 2023).

El producto de manzana más demandado a nivel mundial es el jugo, que equivale al 65% del total de los productos procesados de manzana.

Según las estadísticas de la FAO (FAOSTAT, 2022), Argentina se situó en el lugar número 31 entre los países donde se cultivan manzanas, con 423 mil toneladas anuales en el año 2022.

2. MARCO TEÓRICO.

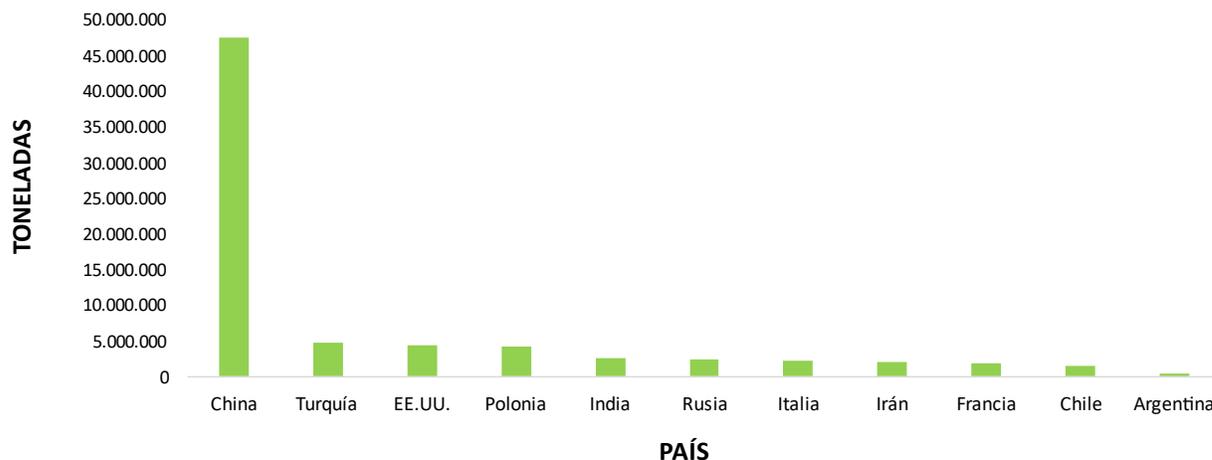


Figura 2: Principales productores de manzana a nivel mundial para el año 2022. Fuente: Elaboración propia con base en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT), 2022.

2.4.2. PANORAMA NACIONAL.

La cadena de frutas de pepita es la segunda actividad más importante del sector frutícola después del complejo cítrico.

Según el último Censo Nacional Agropecuario de 2018, en Argentina, el 22,7% de la superficie cultivada de frutas son de pepita y representan 41.605 hectáreas. Prácticamente la mitad son peras (esta fruta ocupa 48,5%), y la otra mitad manzanas (45,8%). El restante, son hectáreas cultivadas con membrillos, que representan el 5,6% de la superficie cultivada con frutales de pepita.

Como puede observarse en la Figura 3, en nuestro país, la producción de manzanas se localiza principalmente, en las provincias de Río Negro que es la que aporta el grueso de la producción con 17 mil hectáreas de manzanas plantadas, las que originan el 90% de la producción total, seguida por Neuquén. Un porcentaje menor se ubica en Mendoza y son estas tres provincias las que contienen prácticamente toda la producción nacional. Áreas de menor cuantía se registran también en La Pampa

La Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca, perteneciente al Ministerio de Economía, informó que la producción para el año 2022 se ubicó en los niveles más bajos de los últimos años, alcanzando las 420.000 toneladas, una baja del 12% en relación a 2021.

2. MARCO TEÓRICO.

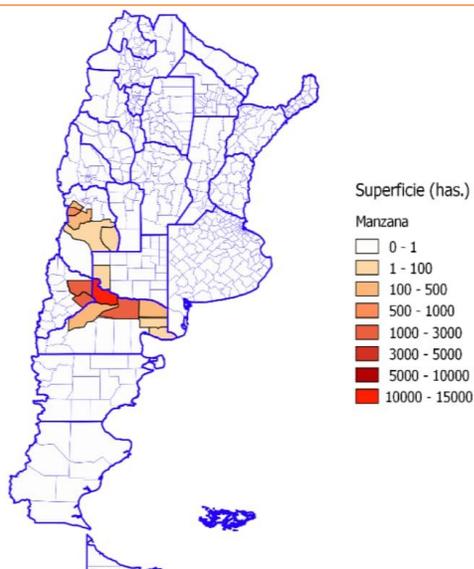


Figura 3: Distribución de las superficies de manzanas en Argentina para el año 2021. Fuente: Instituto de Desarrollo Rural (IDR) y Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) Patagonia Norte.

Con respecto a los principales destinos de exportación, podemos visualizar en la Tabla 6, que Brasil es el país con mayor demanda, con 14.321 toneladas, en lo que respecta desde enero a junio del corriente año.

Tabla 6: Principales países de destinos de exportaciones de Río Negro y Neuquén desde enero a junio del 2024. Fuente: Elaboración propia basada en la Cámara Argentina de Fruticultores Integrados (CAFI). Mensuario Estadístico Frutícola, junio 2024.

País	Toneladas
Brasil	14.321
Paraguay	7.225
Bolivia	5.492
Rusia	2.399
Reino Unido	1.860
Alemania	1.719

2. MARCO TEÓRICO.

2.4.3. PANORAMA PROVINCIAL.

En Mendoza, la manzana florece a fines de Setiembre y tiene una ventana de cosecha entre los meses de febrero, marzo y abril, pero por sus características favorables para la conservación postcosecha, se pueden consumir frescas durante todo el año (IDR, 2020).

La producción de pomáceas se concentra en la zona del Valle de Uco (compuesto por los departamentos de Tupungato, Tunuyán y San Carlos) y en la zona Sur, particularmente en el departamento de San Rafael. Existen diversas variedades de manzanas, pero pocas se cultivan en la Argentina. Se agrupan en “rojas” (Red Delicious), principal tipo cultivado en nuestro país; las “bicolores” (Fuji), “amarillas” (Golden) y “verdes” (Granny Smith) (IDR, 2020).

Según el Censo Frutícola Provincial del 2010 la superficie total con manzano alcanzó las 3.452,2 ha, concentrándose en la región del Valle de Uco el 97%, es decir, 3.352,3 ha. Luego de la actualización de los datos del sector de frutales de pepita en la provincia de Mendoza se obtuvo que para el 2018 la superficie de manzana en la principal zona productora es de 1.223ha cultivadas, es decir, una disminución de más del 60% en los últimos 8 años.

2.5. INDUSTRIALIZACIÓN DE MANZANAS.

La fruta que no se destina al consumo en fresco se procesa con fines industriales, el principal producto elaborado es el jugo concentrado (29.960 toneladas en 2020), y en menor medida, sidra y conservas.

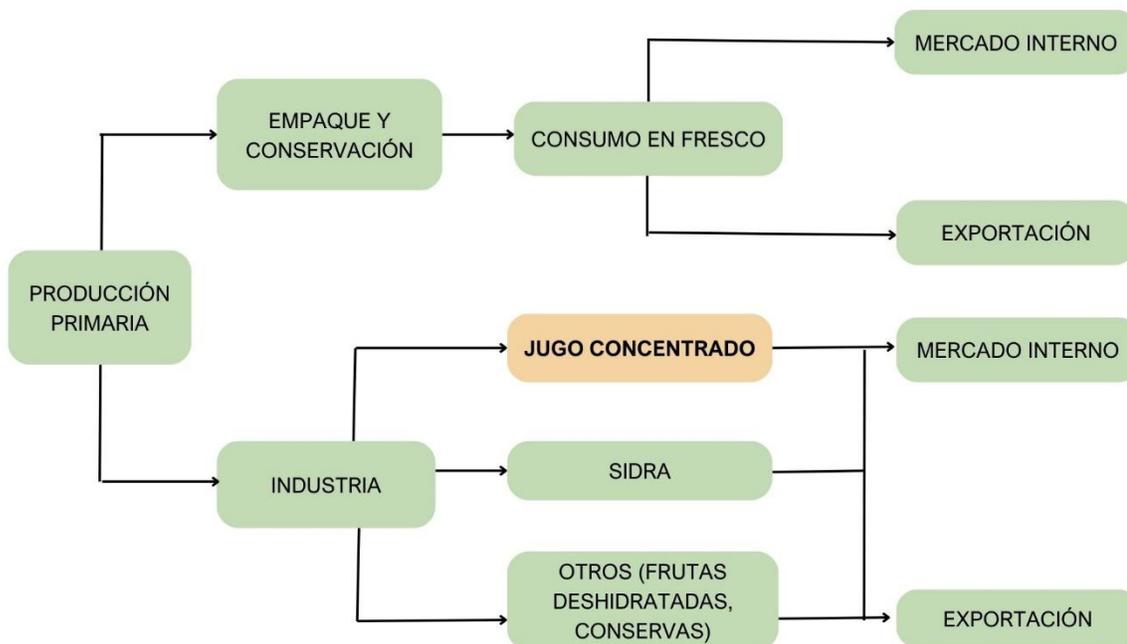


Figura 4: Diagrama de la cadena de frutas de pepita. Fuente: Carciofi, *et al.*, (2021). *Economías regionales: red de actores, procesos de producción y espacios para agregar valor*. Documentos de Trabajo del Consejo para el Cambio Estructural. Ministerio de Desarrollo Productivo, Argentina.

2. MARCO TEÓRICO.

La fruta destinada a industrialización es aquella que no cumple las exigencias de calidad del mercado en fresco. A partir del año 2017 se ha registrado un incremento de éste destino, debido a diversos factores, como problemas de rentabilidad de los productores, dado que los costos de producción se han incrementado de manera exponencial con respecto a las utilidades obtenidas del cultivo Carciofi, *et al.*, (2021).

En relación a la Figura 5, la mayor cantidad de manzanas en el año 2020 se destinó a mercado interno fresco con 271.722 tn, correspondiendo al 47% del total de producción, para mercado externo en fresco se destinaron 91.206 tn lo cual correspondió al 17% del total de producción y para industrialización se destinaron 209.722 tn lo cual representa un 36%, produciendo en total 578.007 tn de manzana.

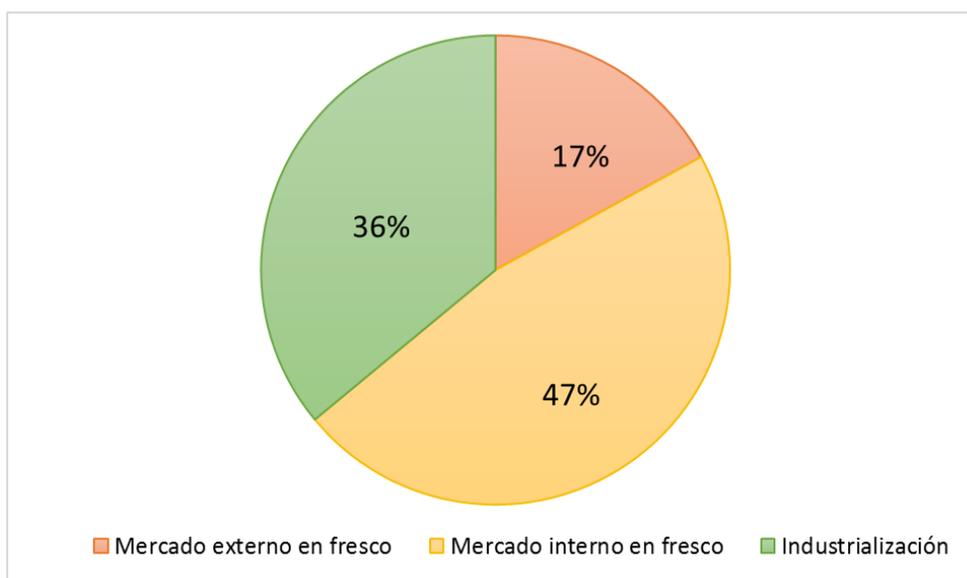


Figura 5: Destinos de la producción de manzana en 2020, región Patagonia norte. Fuente: Elaboración propia.

2.6. JUGO CONCENTRADO DE MANZANA.

La concentración es un método de conservación por eliminación de agua. Los productos presentan consistencia fluida espesa y facilita la conservación y distribución, además reduce gastos de transporte y almacenaje.

El jugo concentrado es el producto obtenido a partir de la concentración de jugos simples vegetales. Se registran dos tipos de jugos concentrados de manzana, por un lado, el denominado “clarificado” (70°-71°Brix), destinado a ser utilizado por la industria de jugos, al mismo tiempo que por los productores de gaseosas, para ser utilizado como edulcorante. Por otra parte, el jugo denominado “con pulpa” o “cloudy” (45°Brix) está destinado a la producción de jugos y néctares. Además de los grados Brix, metodología dirigida a la medición del contenido de azúcar del jugo, la acidez titulable constituye otra importante especificación técnica considerada al momento de la comercialización (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2011).

2. MARCO TEÓRICO.

El Código Alimentario Argentino (CAA), en su Artículo 1040 define como Jugos o Zumos Vegetales, los obtenidos por medios mecánicos de las frutas u hortalizas comestibles, sanas, limpias y maduras, que cumplan con los requerimientos de este código.

El Artículo 1046 establece que se entiende por "Jugo concentrado de... (con la indicación en el espacio en blanco del nombre de la fruta u hortaliza de la cual procede) el producto obtenido por concentración de jugos vegetales que cumplan con las exigencias del presente Código.

Menciona que se admite la restitución del aroma recuperado. Deberán presentar una relación de concentración mínima de 2 a 1 (en volumen), excepto para las frutas cítricas que será de 3 a 1.

Podrán ser conservados por alguno los siguientes sistemas:

a) Por los métodos físicos autorizados por el presente Código, debiendo consignarse en el rotulado con caracteres bien visibles el proceso de conservación empleado.

b) Mediante los siguientes conservadores químicos: Ácido benzoico (o su equivalente en sales de sodio): máx. 1,2 g/kg o Ácido sórbico (o su equivalente en sales de sodio): máx. 1,2 g/kg o la mezcla de ambos (calculados como ácido benzoico más ácido sórbico) máx. 1,2 g/kg, debiendo consignar en el rótulo con caracteres de buen realce y visibilidad y 2 mm de alto como mínimo, la leyenda "Con conservadores autorizados".

Además, admite la sulfitación hasta un contenido total de 60 mg de dióxido de azufre/kg multiplicado por el grado de concentración, debiendo indicarse en el rotulado "Con dióxido de azufre como antioxidante" o indicación equivalente con caracteres de buen tamaño, realce y visibilidad.

Los jugos concentrados se rotularán "Jugo concentrado de..." (llenando el espacio en blanco con el nombre de la fruta u hortaliza de la cual procede), formando una o dos frases con caracteres de igual tamaño, realce y visibilidad.

Deberán consignar en el rótulo los grados Brix, la dilución a operar para obtener un jugo que responda a las exigencias del Artículo 1040 y las indicaciones "Con conservante permitido", "Con dióxido de azufre como antioxidante" (si correspondiera), la fecha de elaboración y la leyenda "Uso Industrial".

2.6.1. SITUACIÓN EN ARGENTINA.

La industria de jugos concentrados trabaja con el subproducto de lo que se destina para fresco, por lo tanto, el principal insumo de las industrias jugueras es la fruta del descarte, residuo de las empresas productoras y/o comercializadoras de fruta fresca de la región. De este modo, la materia prima de esta industria depende de la producción primaria en los montes frutales, existen temporadas que se produce más volumen de descarte que otras dependiendo, en gran medida, de las condiciones climáticas a las que estuvo expuesta la planta (Aramberri, 2018).

Para Zhang *et al.*, (2021) el jugo concentrado de manzana juega un papel valioso en la industria alimentaria, representa más de la mitad de la producción industrial (55%), es el tercer producto de mayor importancia, con una participación de 6% en las exportaciones.

2. MARCO TEÓRICO.

En este contexto, Aramberri (2018), señala que el jugo concentrado de manzana constituye un commodity de bajo valor agregado que, mayormente, se vende a granel, para ser utilizado como insumo por otras industrias alimenticias, mayormente como endulzante.

Del Greco (2016) indica que Estados Unidos es el principal demandante de este tipo de jugo a nivel mundial, seguido por Alemania y Japón. Si bien las exportaciones argentinas de jugo concentrado de manzana tuvieron en el año 2020 como principal destino a Estados Unidos, con el 95% de la totalidad de los envíos, éstas se han diversificado abriendo su oferta a mercados como el de Canadá, Holanda y Japón.

Tabla 7: Toneladas de jugo concentrado de manzana exportadas por Argentina, desde el año 2014 al año 2022. Fuente: Elaboración propia en base a FAOSTAT (2022).

Año	Toneladas
2014	22.139
2015	24.412
2016	17.689
2017	7.048
2018	7.582
2019	16.294
2020	19.296
2021	736
2022	4.246

2.6.2. ELABORACIÓN DE JUGO CONCENTRADO DE MANZANA.

A continuación, se describen brevemente las etapas que están incluidas en la producción de jugo concentrado de manzana, clarificado y a 70°Brix (Figura 6). Además, se señala en qué etapa se obtiene el bagazo de manzana, el cual presenta diferentes alternativas de uso en alimentos.

Descripción de las etapas de elaboración de jugo concentrado de manzana según Luján, (2010).

1) Recepción.

Se reciben manzanas de diferentes variedades, transportadas por camiones en bins, provenientes de fincas o galpones de empaque, que no cumplan con los requisitos de tamaño o forma destinados para otros procesos como exportación o mercado interno de producto fresco.

Los controles que se realizan son el peso de la carga de los camiones. Índice de madurez (color, pH, concentración de sólidos solubles entre 11 y 12,5°Brix). Ausencia de plagas.

2. MARCO TEÓRICO.

2) Volcado.

Los bins son volcados de forma automática en una tolva con agua, las manzanas son transportadas por una cinta de cangilones hasta la etapa de lavado.

3) Lavado.

La materia prima ingresa a un cilindro lavador, el cual posee picos aspersores y rota, de tal manera de eliminar impurezas que trae del campo, como por ejemplo tierra, hojas, palos, piedras.

Los controles realizados son Calidad del agua de acuerdo con el CAA (Turbidez máxima 3 NTU, sin olores extraños, pH 6,5 a 8,5, cloro activo residual mínimo 0,2 mg/L). Presión de picos aspersores. Control visual de eliminación de impurezas groseras.

4) Selección

Las manzanas pasan a una cinta de rodillos, donde el personal capacitado elimina las que posee algún tipo de plagas o enfermedades, también se descartan hojas y palos que pueden no haber sido eliminados en la etapa anterior.

En esta etapa se controla mediante inspección visual que no pase fruta en condiciones inadecuadas. También iluminación, velocidad y carga de la cinta. Rotación del personal.

5) Molienda.

Se realiza con molino martillo el cual en su interior posee un sistema de martillos junto con cuchillas que desintegran la fruta para facilitar la extracción posterior del jugo. Se agrega ácido L-ascórbico como antioxidante en cantidad tecnológicamente adecuada. Se controla velocidad y llenado del equipo.

6) Cocción

Esta etapa se realiza en cocedor con vapor, con el fin de ablandar tejidos y aumentar el rendimiento de extracción, a 50°C por 20 minutos. Se controla el nivel de llenado del cocedor, velocidad de alimentación, tiempos y temperaturas correspondientes.

7) Prensado.

Permite total extracción del jugo. La piel y semilla quedan en la parte interna, jugo y pulpa salen afuera de la prensa. Se controla que la malla sea adecuada, de 1,2 milímetros.

8) Despectinizado.

El material prensado llega a un tanque donde se agregan enzimas pectinasas, las cuales tienen la función de desnaturalizar pectinas para bajar la viscosidad, colaborar con la etapa de extracción y estabilizar el jugo para evitar el enturbiamiento. Por otra parte, para la producción de un concentrado de 70°Brix es necesario el tratamiento enzimático, ya que las pectinas forman un gel en presencia de altas concentraciones de ácido y azúcares una vez que se alcanzan los 65°Brix. Se debe controlar el tiempo y la temperatura que son proporcionados por el fabricante.

9) Clarificado.

Para obtener un líquido límpido, se agregan agentes floculantes como por ejemplo 0,03% de gelatina disuelta en agua, se deja reposar. El tiempo y la temperatura dependen del fabricante.

10) Filtración.

Se utiliza filtración por membrana, la cual permite separar solutos disueltos y eliminar turbidez.

11) Concentración.

En esta etapa se realiza la concentración de sólidos solubles hasta obtener 70°Brix. Generalmente, y dependiendo con la tecnología que cuente el establecimiento, puede utilizarse

2. MARCO TEÓRICO.

un evaporador de triple efecto de circulación forzada y vacío, el cual consiste en tres calentadores tubulares, tres evaporadores, tubos de circulación, condensadores, tanques y otros equipos auxiliares. Las temperaturas alcanzadas corresponden a 65°C, 75°C y 85°C, respectivamente. Además de los controles de temperatura, se debe controlar la concentración de sólidos solubles alcanzados en cada efecto, que depende del equipo utilizado.

La mayor parte de los componentes del *flavor* tienen puntos de ebullición inferiores al del agua, por lo que se pierden durante la concentración. Los concentradores tienen una columna de recuperación de volátiles, para una posterior adición al concentrado.

12) Enfriado.

El jugo se enfría en forma rápida en un enfriador de placas a 45°C. Se realiza control de dicha temperatura. Control de humedad relativa para evitar condensación.

13) Envasado.

Los jugos concentrados se colocan en envases tipo *Bag in Drum*. Este proceso consiste en colocar el producto dentro de una bolsa multicapa que combina materiales como polietileno metalizado, poliéster y polietileno, posee cierre hermético y además es flexible. Posee su respectiva válvula para la dosificación; a su vez la bolsa se introduce dentro de un tambor, de acuerdo a los requerimientos de los clientes, utilizándose principalmente tambores de 245 kg. Otra opción para la comercialización a granel es el uso de Flexitank, transportados en contenedores.

Los controles a realizar son limpieza y desinfección de tambores. Sellado hermético de la bolsa y el sellado de la tapa del tambor.

14) Etiquetado.

Se debe controlar la información que proporciona la etiqueta y la correcta colocación.

15) Paletizado.

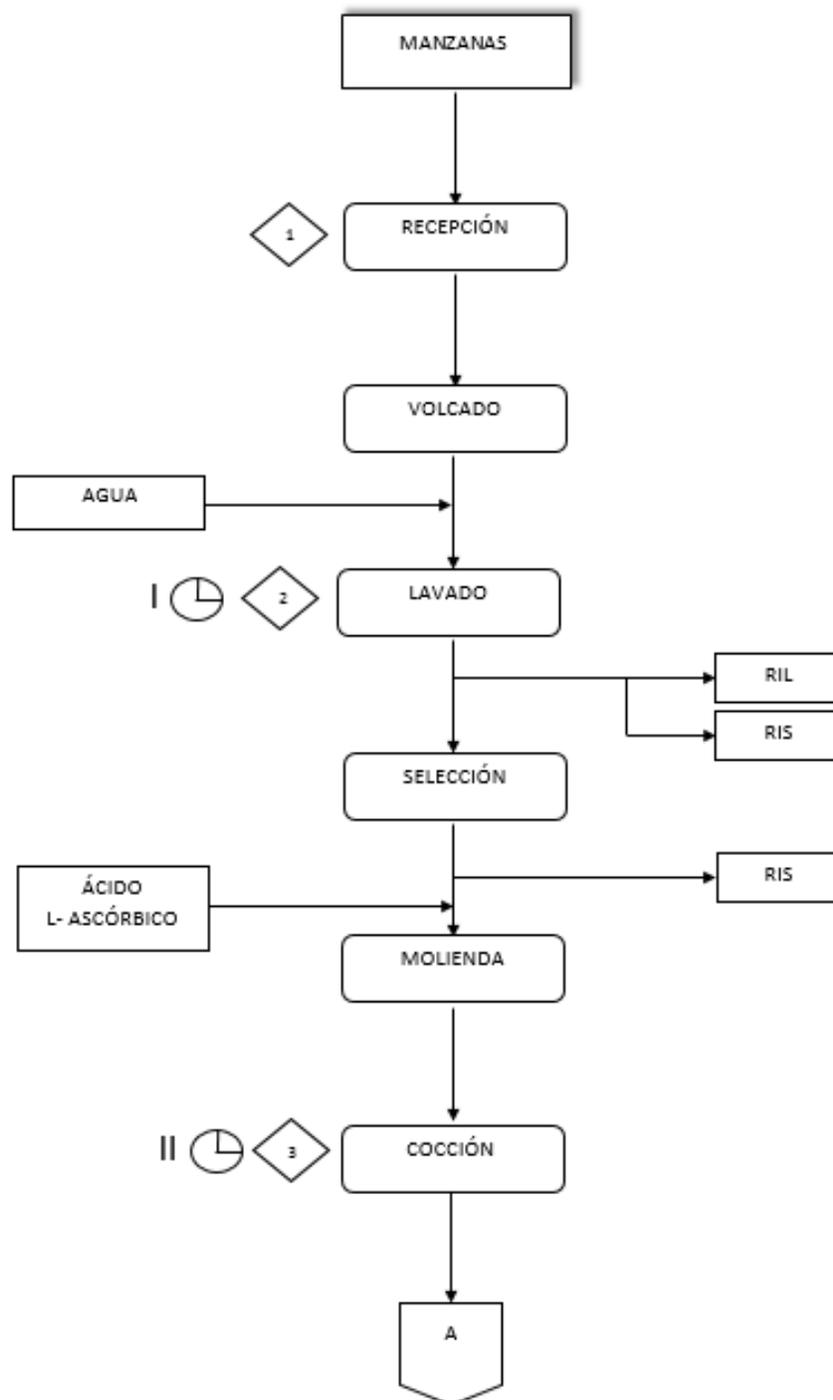
Se colocan 4 tambores por pallets.

16) Almacenamiento.

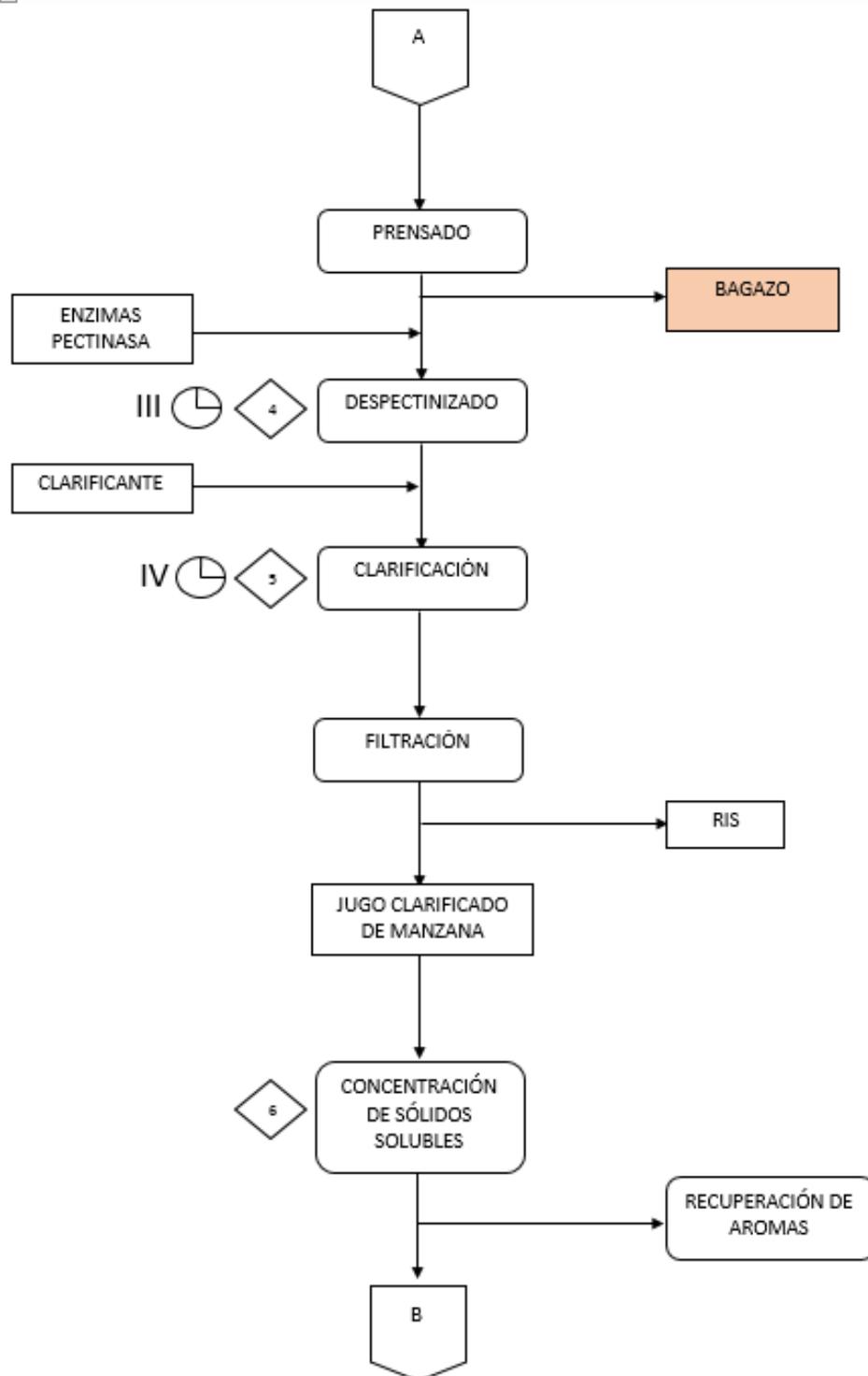
Los pallets con los tambores de jugo concentrado son almacenados en depósitos hasta su despacho. Se realiza control visual de las ubicaciones de los mismos.

2. MARCO TEÓRICO.

Diagrama de flujo de la elaboración de jugo concentrado de manzana.



2. MARCO TEÓRICO.



2. MARCO TEÓRICO.

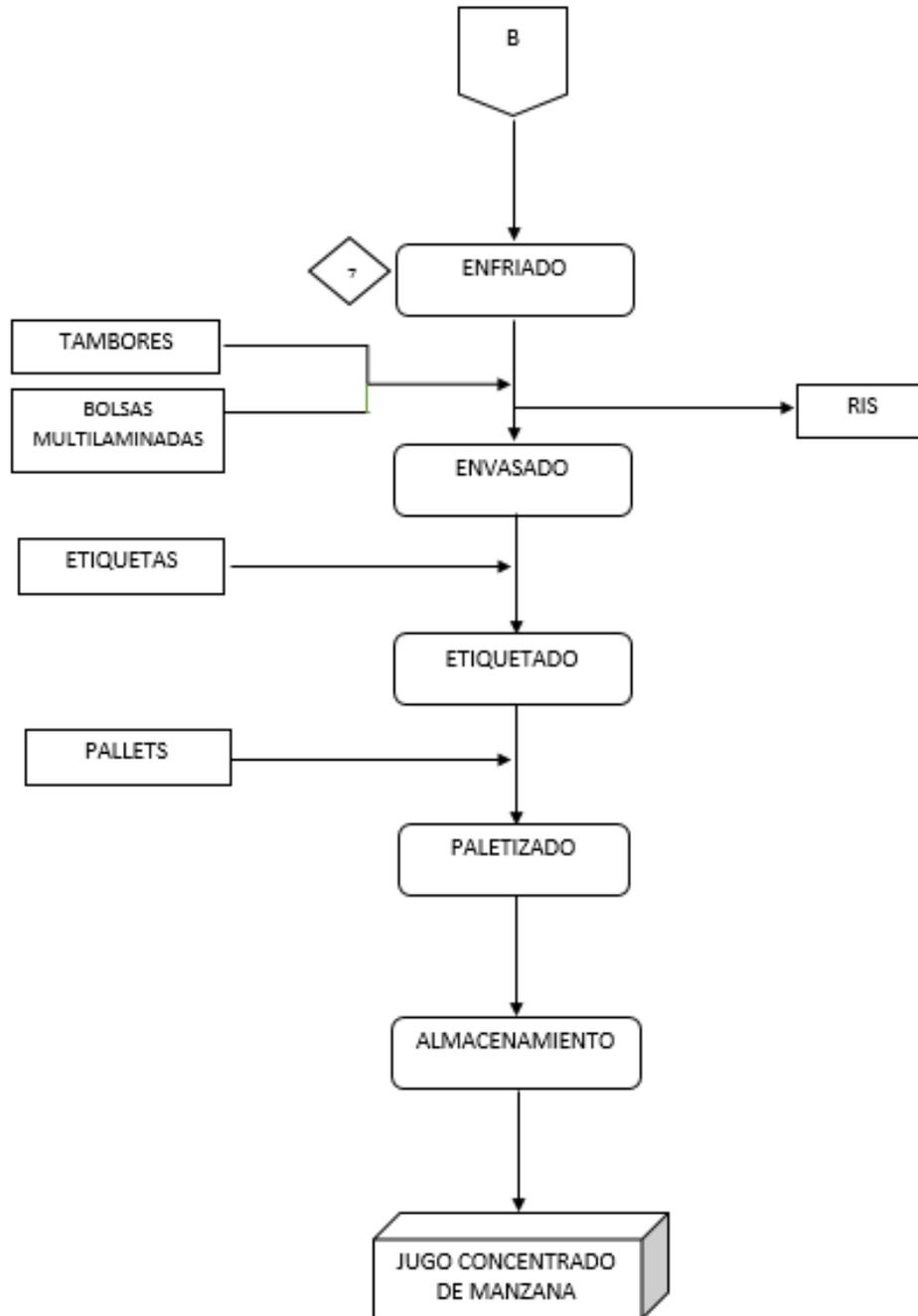


Figura 6: Elaboración de jugo concentrado de manzana. Fuente: Elaboración propia.

RIS: Residuos Industriales Sólidos.

RIL: Residuos Industriales Líquidos.

2. MARCO TEÓRICO.

CONTROLES.

1. RECEPCIÓN: Peso de la carga. Índice de madurez (color, pH, concentración de sólidos solubles entre 11 y 12,5°Brix). Ausencia de plagas.
2. LAVADO: Calidad del agua (Turbidez máxima 3 NTU, sin olores extraños, pH 6,5 a 8,5, cloro activo residual mínimo 0,2 mg/L). Presión de picos aspersores. Control visual de eliminación de impurezas groseras.
3. COCCIÓN: Temperatura 50° C. Nivel de llenado. Velocidad de alimentación.
4. DESPECTINIZADO: Temperatura 50°C.
5. CLARIFICACIÓN: Temperatura 50°C.
6. CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES: 70°Brix finales. Temperatura 1° Efecto: 65°C. Temperatura 2° Efecto: 75°C. Temperatura 3° Efecto: 85°C.
7. ENFRIADO: Temperatura 45°C. Humedad relativa.

CONTROLES RELOJ.

- I. Cada 8 horas.
- II. 20 minutos.
- III. 1 hora.
- IV. 1 hora.

3. OBJETIVOS.

3. OBJETIVOS.

3.1. OBJETIVOS GENERALES.

- Recopilar información que permita identificar y proponer diferentes usos de los subproductos generados de la industrialización del jugo concentrado de manzana.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Informar sobre la situación actual de los residuos provenientes de la industrialización del jugo concentrado de manzana en Argentina.
- Describir el proceso de obtención del bagazo proveniente de jugo concentrado de manzana.
- Compilar información acerca de las características fisicoquímicas y nutricionales del bagazo de manzana.
- Mencionar las técnicas de extracción de compuestos de interés.
- Proponer diferentes usos de los subproductos de manzana en alimentos.

4. METODOLOGÍA.

4. METODOLOGÍA.

La información utilizada para el desarrollo de este trabajo proviene de la búsqueda de diversas investigaciones relacionadas con el tema propuesto, se abarcan estudios sobre los usos y aplicaciones de los subproductos de manzana dentro de la industria alimentaria, donde se exploraron de manera metódica la base de datos de ScienceDirect y Google Scholar, considerando el periodo de publicación de los artículos a partir del año 2014, hasta el año 2024. En este trabajo de revisión se utilizaron palabras clave en idioma español e inglés con los mismos significados, con la finalidad de encontrar de manera más precisa los artículos de investigación relacionados con el tema, las palabras clave utilizadas fueron: jugo, manzana, subproductos, industria, bagazo, orujo (juice, apple, by-products, industry, bagasse, pomace).

La muestra para el estudio fue de 817 artículos que cumplieron con los criterios establecidos para poder poner en desarrollo el trabajo de revisión, de los cuales se seleccionaron 66 artículos de investigación como fuente de información primaria, 8 artículos relacionados con las generalidades, producción e industrialización de manzana, 16 artículos se refieren a los subproductos del jugo concentrado de manzana, 10 artículos mencionan la importancia de los compuestos fenólicos en el bagazo de manzana, 9 artículos hacen referencia al aprovechamiento del bagazo de manzana como fuente alternativa de fibra dietaria, 7 artículos mencionan la aplicación como pectinas, 6 artículos se refieren a la aplicación como recubrimiento o película comestible, 6 artículos mencionan aplicaciones como estabilizador de emulsiones, 1 artículo menciona el uso en alimento sin gluten y 3 artículos como sustituto de azúcar.

5. RESULTADOS.

5.1. SUBPRODUCTOS DEL JUGO CONCENTRADO DE MANZANA.

5.1.1. DESCARTES AGROINDUSTRIALES Y SUBPRODUCTOS.

Por descarte agroindustrial se puede entender a aquello que se pierde y/o desperdicia dentro de la cadena de producción (Moreno Valdés, 2023), pero la FAO (2019 b) define de manera detallada estos dos conceptos: “pérdida de alimento” corresponde a una disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los proveedores en la cadena alimentaria, excluyendo a los minoristas, proveedores de servicios de alimentos y consumidores; “desperdicio de alimentos “ se refiere a la disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios alimentarios y consumidores.

En este marco, el término “subproducto” hace referencia a un producto generado durante el procesamiento, que no representa directamente un recurso útil para quien los genera. Sin embargo, puede constituir la materia prima y tener determinadas aplicaciones o aprovechamientos en otro tipo de procesos (Rocha Parra, 2016); estos subproductos contienen sustancias con un importante valor de mercado, por lo que pueden ser convertidos en productos de alto valor agregado (Polenta, 2023).

Cabe mencionar que los subproductos industriales de categoría hortofrutícolas están constituidos principalmente por cáscaras, orujo y fracciones de semillas, lo que podría ser una fuente de compuestos bioactivos de alto valor agregado, como proteínas, polisacáridos, fibras dietéticas, compuestos de sabor y fitoquímicos (Moreno Valdés, 2023).

De acuerdo a cifras de la FAO, (2022), entre las fases de la postcosecha y la venta minorista se pierde hasta el 14% de los alimentos que se producen en todo el mundo, mientras que el 17% del total de la producción mundial de alimentos puede desperdiciarse en las etapas de venta al por menor, los servicios alimentarios y el consumidor.

De este modo la industria de alimentos juega un rol importante para poder utilizar al máximo los recursos, realizando procesos eficientes y así evitando la mayor cantidad de pérdida de alimentos. Además, hay una oportunidad de valorizar estos subproductos, ya que considerando la actividad fisiológica que presentan estos compuestos bioactivos respaldado por evidencias científicas, los extractos o compuestos aislados podrían usarse como bioingredientes enriqueciendo alimentos con propiedades funcionales (Moreno Valdés, 2023).

5.1.2. BIOECONOMÍA CIRCULAR COMO PARTE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE.

El concepto de Desarrollo Sostenible es el paradigma general de la Organización de las Naciones Unidas y fue descrito por el Informe de la Comisión Brundtland en 1987 como aquel que “satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (Madróñero-Palacios y Guzmán-Hernández, 2018).

5. RESULTADOS.

La sostenibilidad es un modelo para pensar en un futuro en el cual las consideraciones ambientales, sociales y económicas se equilibran en la búsqueda del desarrollo y de una mejor calidad de vida (Noya Dive y Zallocco, 2024).

De acuerdo con Madroñero-Palacios y Guzmán-Hernández (2018), el desarrollo sostenible necesita ser más que un concepto, una permanente acción que necesita de la participación activa no solamente de dirigentes políticos, científicos e investigadores, nutriéndose principalmente de la participación comunitaria en la generación de estrategias que contribuyan al alcance de los objetivos de sostenibilidad, para esto es fundamental que exista una verdadera apropiación del territorio a través del conocimiento del mismo, que promuevan el desarrollo de patrones de uso y el consumo sostenible, garantizando una mejor calidad de vida y oportunidades para todos.

Hoy en día, el desperdicio de alimentos es uno de los principales problemas globales (Kultys y Moczowska-Wyrwisz, 2022), lo cual pone en peligro la sostenibilidad a largo plazo de la cadena de suministro de alimentos (Kumar *et al.*, 2023). La creciente globalización e industrialización, junto con la falta de una gestión adecuada de las materias primas y de una infraestructura adaptada, contribuyen significativamente a este problema (Sagar *et al.*, 2018).

En el escenario global, la magnitud de la producción anual de residuos vegetales se eleva a un estimado de 3.5 mil millones de toneladas (Noboa Herrera, 2024). Este fenómeno no solo refleja la extensión de nuestras actividades agroindustriales a nivel mundial, sino que también subraya la urgencia de abordar de manera efectiva la gestión y aprovechamiento de los desechos.

En este sentido, Tlais *et al.*, (2021) mencionan que la gestión eficaz del alto volumen de subproductos frutihortícolas se ha convertido en un área de gran importancia ambiental y económica a nivel mundial, que necesita procesos de reciclaje eficientes y sostenibles.

Para las empresas, un sistema alimentario sostenible y respetuoso con el medio ambiente incluye medidas para minimizar el desperdicio y el incremento de la oferta de productos de alimentos alternativos de origen vegetal (Grygorczyk y Blake 2023).

Cury *et al.*, (2017) sostienen que la agroindustria transforma las materias primas en productos con valor agregado a través de diferentes procesos y operaciones unitarias, generando altas producciones de residuos, que pueden ser tratados con el fin de reducir los impactos por su disposición, convirtiéndolos en productos útiles y de mayor valor agregado, produciendo de esta manera ingresos adicionales.

La gestión de los subproductos frutihortícolas industriales es importante no sólo para disminuir el volumen de residuos alimentarios acumulados en los vertederos sino también para desarrollar estrategias mediante la reutilización con el fin de valorizarlos y añadir valor económico. Zhang *et al.*, (2021), consideran que es urgente eliminar los residuos de forma eficiente y respetuosa con el medio ambiente en caso de residuos innecesarios y contaminación ambiental por la producción de hedor o sustancias nocivas en los vertederos.

El progreso económico y social conseguido durante el último siglo ha estado acompañado de una degradación medioambiental que está poniendo en peligro los mismos sistemas de los que depende nuestro desarrollo futuro y, ciertamente, nuestra supervivencia. Para que la transición tenga éxito, es necesario potenciar el aprovechamiento eficaz de los recursos (ONU, 2023).

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendieran un nuevo camino con el que mejorar la vida de todas las personas, sin dejar a nadie atrás.

5. RESULTADOS.

La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que establecen que la erradicación de la pobreza debe ir de la mano de estrategias que fomenten el crecimiento económico y aborden una serie de necesidades sociales como la educación, la sanidad, la protección social y las perspectivas de empleo, al tiempo que se combate el cambio climático y se protege el medio ambiente.



Figura 7: Íconos de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Fuente: Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Los sistemas alimentarios mundiales se encuentran entre los principales factores que determinan las medidas para alcanzar dichos objetivos (Moreno Valdés, 2023). Para ello es necesario encauzar los sistemas alimentarios por el camino de la sostenibilidad, de manera que se suministren dietas inocuas, asequibles y saludables para la población mundial en rápido crecimiento. Al mismo tiempo se canaliza la contribución de un desarrollo económico y social integrado, el cual no repercute en los recursos naturales, los ecosistemas y el medio ambiente, poniendo en riesgo a todos los seres vivos y futuras generaciones de nuestro planeta (FAO, 2022).

El Objetivo 12 pretende garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, algo fundamental para sostener los medios de subsistencia de las generaciones actuales y futuras; aborda el consumo y la producción sostenible de alimentos, menciona reducir a la mitad la cantidad de alimentos desperdiciados *per cápita* a nivel mundial y su distribución (Kultys y Moczowska-Wyrwisz, 2022).

Abordar la pérdida de alimentos es urgente y requiere políticas específicas basadas en datos, así como inversiones en tecnología, infraestructura, enseñanza y supervisión. A pesar de que una gran parte de la población mundial pasa hambre, cada año se desperdicia la asombrosa cantidad de 931 millones de toneladas de alimentos

5. RESULTADOS.

Para un país como Argentina, rico en posibilidades de producción de biomasa, con exitosas experiencias en la gestión de producciones biológicas, y razonables capacidades industriales de servicios y del sector cuaternario (de la información y el conocimiento), la visión de la bioeconomía, entendida como el aprovechamiento de los recursos biológicos para la producción sustentable de bienes y servicios (Trigo *et al.*, 2016), representa una importante oportunidad para regenerar sus fuentes de progreso económico y reinsertarse en los mercados mundiales. Resulta de suma importancia responder de manera eficiente, efectiva e innovadora a los compromisos que se están realizando en cuanto a hacer frente al cambio climático en el marco de los acuerdos internacionales de los que es parte.

La bioeconomía circular propone la reducción, reciclaje, reutilización, recuperación y/o valorización de los residuos, los cuales, al ser procesados incrementan su valor agregado, reconociéndose efectos positivos para la sociedad y beneficios económicos para la industria (Schwartz Melgar *et al.*, 2022).

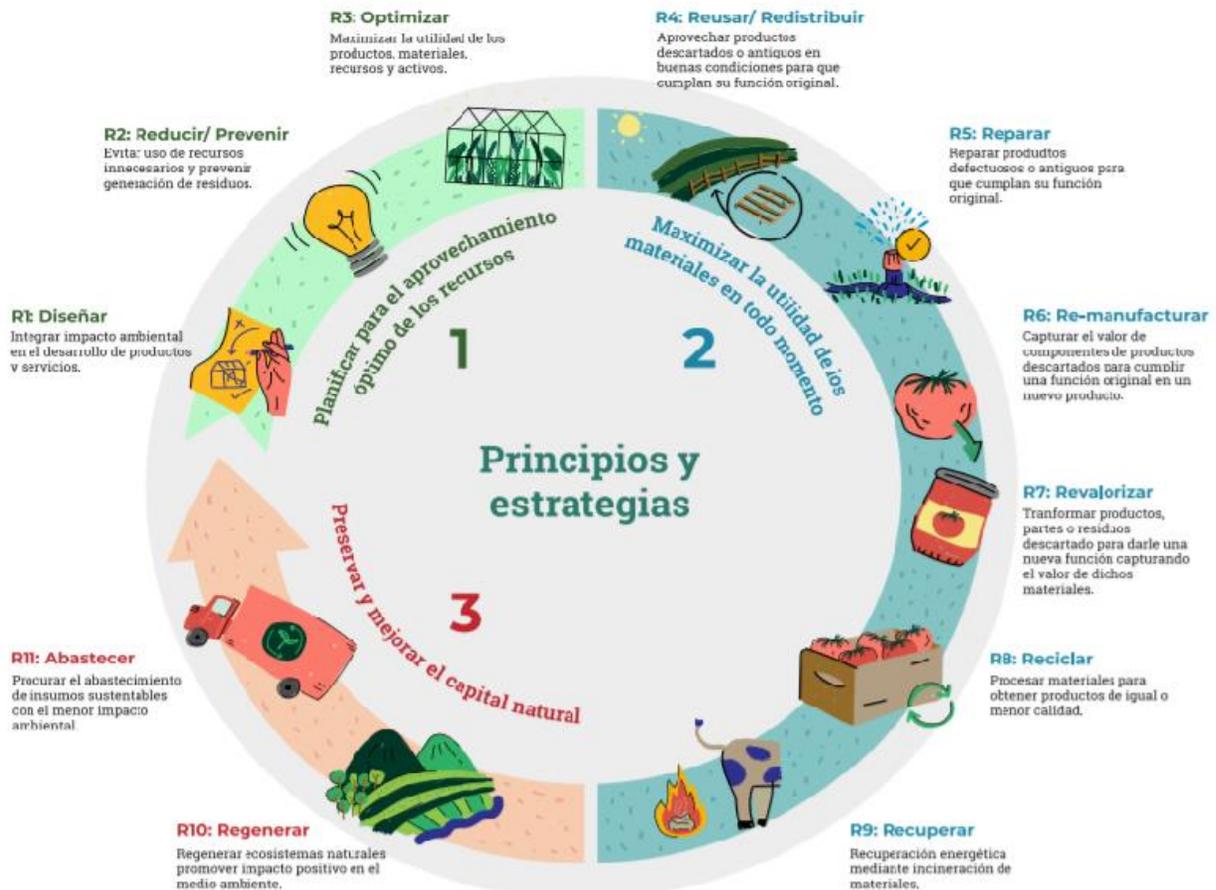


Figura 8: Principios y estrategias de Bioeconomía circular en el Sector Agroalimentario. Fuente: Economía Circular: Un camino para la sustentabilidad agrícola. Reyes, D. A. (2021).

5. RESULTADOS.

Algunos autores como Schwartz Melgar *et al.*, (2022) destacan que, en la actualidad, la sociedad valora la bioeconomía circular, puesto que contribuye a la reducción de las externalidades negativas que surgen de la operación de determinadas industrias generadoras de residuos dañinos para el medio ambiente. La valorización de los residuos, por el contrario, ayuda a mejorar la competitividad de la industria al considerar su reutilización.

Teniendo en cuenta los objetivos sostenibles de la ONU, es imperativo que cualquier tecnología tenga en cuenta los efectos tanto a corto como a largo plazo en el ecosistema. Por lo tanto, el manejo sostenible de cualquier residuo agrícola utilizando el concepto de “bioeconomía circular” puede ayudar a crear una sociedad donde los residuos obtenidos de las industrias de procesamiento de alimentos puedan usarse como materia prima para agregar valor (Gaharwar *et al.*, 2023).

La forma más común de gestionar los residuos generados en el sector hortofrutícola, durante años, ha consistido en depositarlos en vertederos. Esta gestión ha provocado un efecto negativo en el medioambiente, concretamente, ha sido la responsable de un 8% de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Ha hecho que la gestión de estos residuos se quiera enfocar hacia soluciones más viables para el planeta. En este sentido, la investigación ha puesto de manifiesto lo importante que puede ser la revalorización de estos subproductos, ya que, contienen compuestos bioactivos con importantes propiedades antioxidantes y macromoléculas capaces de aportar propiedades funcionales. Por esta razón, el acondicionamiento de estos subproductos para su uso en la formulación de alimentos podría permitir mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de los alimentos (Mora Mortes, 2023).

Pascual Chagman (2023), indica que una estrategia sostenible para el futuro consiste en nuevas prácticas y relaciones equilibradas entre el medio ambiente y la industrialización humana para reducir el impacto medioambiental mediante la aplicación de una economía circular.

5.1.3. VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE MANZANA.

Según Kultys y Moczowska-Wyrwisz (2022) la gran mayoría de los residuos de la industria procesadora de frutas y hortalizas todavía pueden reutilizarse. Un ejemplo especialmente bueno es el orujo o bagazo procedente de la producción de jugos de frutas.

Los subproductos hortofrutícolas brindan oportunidades para el desarrollo de nuevos alimentos con alto valor nutricional. La opción sustentable corresponde a valorizar extrayendo los compuestos bioactivos de sus matrices y hacer uso de ellos, teniendo un mayor control durante toda su cadena de producción y desarrollo, puesto que se evita generar mayores gastos (Moreno Valdés, 2023).

Tradicionalmente, el bagazo de manzana se ha destinado a alimentación animal, sin embargo, su reducido contenido en proteína hace de este subproducto sea una fuente insuficiente de nutrientes utilizado para ese fin. Por otro lado, debido a su alto contenido en azúcares fermentables, también se ha empleado, en los últimos años, como materia prima para la obtención de biocombustibles. Su aplicación en esta industria se considera como una iniciativa para reducir el consumo de los tradicionales combustibles fósiles, y con ello, las emisiones de carbono a la atmósfera (Mora Mortes, 2023).

5. RESULTADOS.

Antes de someter los subproductos a un procedimiento químico, físico o enzimático para mejorar sus características funcionales, es importante caracterizarlos para entender si pueden ser utilizados como fuentes de compuestos bioactivos (Moreno Valdés, 2023).

Para lograr el objetivo medioambiental, además del valor añadido esperado, es importante también considerar que cada aplicación exige de investigaciones exhaustivas del posible nivel de integración para producir alimentos con propiedades sensoriales satisfactorias, siendo necesario el abordaje multidisciplinario y la conformación de redes de innovación público-privadas para el desarrollo de iniciativas exitosas (Huc-Mathis *et al.*, 2019).

5.1.4. BAGAZO DE MANZANA.

Las manzanas se encuentran entre las frutas más procesadas del mundo y generan enormes cantidades de biomasa de residuos (Dulf *et al.*, 2023). Teniendo en cuenta la producción mundial de jugo de manzana, se estima que se generan aproximadamente 20 millones de toneladas de bagazo al año en todo el mundo (Adell Corrales, 2023).

El bagazo de manzana es un material residual sólido o semisólido que se encuentra constituido por cáscaras, semillas y pedúnculo, puede representar entre un 20% y un 40% del peso de las frutas procesadas, dependiendo de la tecnología utilizada en la extracción del jugo concentrado (Texeira Macagnan *et al.*, 2015); es un recurso favorable que posee características de gran importancia nutricional, siendo de interés su aprovechamiento (Zhang *et al.*, 2021).

Para las industrias elaboradoras de jugos, el bagazo representa realmente un problema en algunos casos, debido fundamentalmente a que, en plena producción, no encuentran opciones para disponer adecuadamente este desecho, por lo tanto, lo regalan y hasta pagan el flete a productores que lo llevan a predios productivos para diversos usos (poco rentables) tales como alimento de animales, abono para la tierra, biocombustible, entre otros (Aramberri, 2018).

El bagazo es un material inestable debido a su contenido elevado de agua (más del 70%), que puede contribuir a la rápida multiplicación de microorganismos. Sin embargo, a pesar de su inestabilidad microbiológica, es una fuente de ingredientes biológicamente activos; contienen entre otros: sacáridos, vitaminas, proteínas, aldehídos, alcoholes, lípidos, pectinas, ácidos orgánicos, fibra y compuestos minerales, que pueden añadir valor a los alimentos si se procesan adecuadamente como coproductos del proceso industrial (Kultys y Moczowska-Wyrwysz, 2022).

Las industrias alimentarias pueden adoptar procedimientos de extracción industrial sencillos, respetuosos con el medio ambiente y de fácil implementación como posibles formas de promover la valoración del bagazo de manzana (Fernandes *et al.*, 2019).

Hoy en día, es una tendencia común que los consumidores busquen productos que estén formulados a partir de ingredientes naturales. O'Shea *et al.*, (2015) menciona que además de su funcionalidad y nutrición, los subproductos del procesamiento de frutas también tienen la ventaja de no contener gluten ni lactosa, lo que los convierte en ingredientes ideales para enriquecer de nutrientes a una gran variedad de productos, por ejemplo, productos de panadería, mermeladas, bebidas y dulces.

El bagazo de manzana presenta un alto contenido de compuestos fenólicos y fibra dietética, también contiene, aunque en menor cantidad, proteínas y lípidos (Mora Mortes, 2023). Puede

5. RESULTADOS.

poseer características funcionales en los alimentos, como hidratación, adsorción de grasa, propiedades viscosificantes y texturizantes (Wang *et al.*, 2019).

Cabe aclarar que la composición del bagazo puede variar de acuerdo a los métodos y condiciones aplicados durante la elaboración de jugo concentrado de manzana, lo que influye en sus propiedades funcionales y tecno-funcionales.

Tabla 8: Composición química de bagazo de manzana deshidratado según diferentes autores. Fuente: Elaboración propia (*).

Composición (g%g)	O'Shea <i>et al.</i> , 2015.	Juárez Hernández, 2016.	Rocha Parra, 2016.	Ibarra - Cantún <i>et al.</i> , 2022.	Pascual Chagman, 2023.
Humedad	9,00 ± 0,33	7,55 ± 0,10	7,15 ± 0,06	7,55 ± 0,10	7,83 ± 0,01
Hidratos de carbono	84,76 ± 0,56	50,53 ± 0,20	19,57	50,53 ± 0,20	92,28 ± 0,32
Proteína	2,37 ± 0,12	5,18 ± 0,43	7,03 ± 0,05	5,18 ± 0,43	3,55 ± 0,12
Lípidos	2,27 ± 0,23	7,76 ± 0,83	2,01 ± 0,29	7,76 ± 0,83	2,29 ± 0,01
Cenizas	1,60 ± 0,02	1,52 ± 0,04	1,39 ± 0,01	1,52 ± 0,04	1,89 ± 0,19
Fibra Dietaria Total	30,15 ± 3,08	41,63 ± 1,3	62,85 ± 0,15	41, 63 ± 1,30	61,24 ± 0,04

(*) Los resultados se presentan como promedios ± desviación estándar.

5.2. ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MANZANA EN ALIMENTOS.

Los investigadores han aprovechado las propiedades viscoelásticas funcionales del bagazo y han investigado la incorporación de éste en varios productos alimenticios. Las primeras investigaciones han demostrado el potencial para una incorporación exitosa en productos de panadería como sustituto de la harina y el azúcar. También se ha añadido a productos cárnicos, snacks de extrusión y gelatinas para fortificarlos con fibra dietética y antioxidantes, así como para modificar la estructura y las propiedades sensoriales de los productos fortificados (Wang *et al.*, 2019).

De acuerdo con Mora Mortes (2023), para revalorizar el bagazo de manzana como ingrediente funcional, antes de ser incorporados a formulaciones alimentarias se lo debe someter a un tratamiento mínimo de procesado o acondicionamiento. Además de una etapa de deshidratación para reducir su contenido en humedad y aumentar su vida útil, someter el bagazo a un tratamiento

5. RESULTADOS.

que permita reducir el tamaño de partícula podría mejorar sus propiedades. Las interacciones intermoleculares en la fibra dietética cambian su distribución, causando que parte de la fibra insoluble (celulosa, hemicelulosas y lignina) se transforme en fibra soluble, la cual presenta una mayor capacidad de unión a las moléculas de agua. Otro efecto observado es un aumento en la capacidad antioxidante en el bagazo, debido a la disrupción de la lignina, macromolécula con una estructura de anillo aromático, que causa la liberación de compuestos fenólicos de bajo peso molecular.

5.2.1.FUENTE ALTERNATIVA DE COMPUESTOS FENÓLICOS.

El bagazo de manzana se ha descrito como una fuente interesante de compuestos bioactivos, incluidos los compuestos fenólicos. Estos valiosos componentes, una vez extraídos, podrían usarse como ingrediente con posibles propiedades antioxidantes de origen natural (De la Peña *et al.*, 2022).

Villamil-Galindo y Piagentini, (2022) mencionan que los residuos de la cáscara de manzana constituyen una gran fuente económica de compuestos fenólicos y pectina. Los estudios han demostrado que el orujo de manzana contiene carbohidratos (33,77–45,10% p/p), valiosos antioxidantes fenólicos (1,10–289,10 mg equivalentes de ácido gálico/100 g de orujo) (como flavonoles monoméricos y oligoméricos, dihidrocalconas y antocianidinas) y minerales (1,50–2,95% p/p) (Kammerer *et al.*, 2014; Dulf *et al.*, 2023).

Los compuestos fenólicos incluyen diversas clases, que van desde ácidos fenólicos, antocianinas coloreadas y flavonoides simples y complejos. Las reacciones de oxidación son de naturaleza compleja y ocurren tanto a nivel intra como intermolecular dando lugar a una enorme diversidad de productos con enlaces recién formados. Esto puede dar como resultado la formación de compuestos coloreados (Fernandes *et al.*, 2019).

Dado que el bagazo de manzana contiene pieles y semillas, es especialmente rico en sustancias polifenólicas (Birtic *et al.*, 2019). Los compuestos fenólicos en el orujo de manzana están compuestos principalmente por procianidinas, retenidas debido a sus interacciones con las paredes celulares, que en el caso de la cáscara de la manzana *Granny Smith* es el principal compuesto fenólico (Villamil -Galindo y Piagentini, 2022); pero también hay dihidrocalconas (floretilina 2- O –glucósido) inicialmente concentradas en las semillas y flavonoles, derivados glicosilados de quercetina inicialmente presentes en la piel y cantidades menores de ácidos hidroxicinámicos (principalmente ácidos cafeoilquínicos) (Birtic *et al.*, 2019; Fernandes *et al.*, 2019).

La composición detallada de estos compuestos, su estabilidad, bioactividad, así como sus métodos de extracción a partir de los subproductos de la industria procesadora de manzanas, ha sido el foco de un número creciente de publicaciones durante la última década (Górnaś *et al.*, 2015). Junto con la comprensión de las posibles propiedades biológicas y funcionales de los complejos fenólicos, este conocimiento permitirá diseñar soluciones más diversificadas para la valorización de los residuos agroalimentarios.

Existen numerosos estudios que muestran que el consumo de manzana tiene importantes beneficios para la salud, como la reducción del riesgo de enfermedades degenerativas como las enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer. Se cree que los

5. RESULTADOS.

compuestos claves, responsables de los efectos cardioprotectores y de otros efectos beneficiosos para la salud asociados al consumo de las manzanas son los compuestos fenólicos y la fibra presente en su composición (Adell Corrales, 2023).

Para Birtic *et al.*, (2019) los compuestos fenólicos valiosos por dos razones principales. En primer lugar, desempeñan un papel importante en las propiedades organolépticas generales de los alimentos, ya que contribuyen en gran medida al amargor y astringencia de la fruta y confieren coloración amarilla, roja o marrón. En segundo lugar, el consumo se ha asociado con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y cáncer.

Este supuesto beneficio para la salud de los compuestos fenólicos se ha atribuido a su capacidad para eliminar los radicales libres responsables del daño oxidativo, pero datos más recientes indican que estos efectos podrían deberse, en gran parte, a la actividad específica de los productos de fermentación colónica (Birtic *et al.*, 2019).

El rico contenido de compuestos fenólicos en el orujo de manzana lo convierte en una fuente valiosa para ser utilizado como potencial aditivo alimentario que confiere estabilidad oxidativa. Como compuestos antioxidantes naturales, derivados de fuentes vegetales se pueden incorporar a alimentos y bebidas para aumentar la vida útil al prevenir la oxidación de lípidos y proteínas, así como proteger contra la actividad microbiana. El contenido, así como el perfil de compuestos fenólicos en el bagazo de manzana, varía según la variedad, la madurez, las condiciones del cultivo y almacenamiento y las partes de la manzana a partir de las cuales se produjo el bagazo (Yilmaz-Turan *et al.*, 2023).

Los antioxidantes naturales obtenidos a partir de residuos agroindustriales tienen el gran potencial de sustituir eficazmente a los antioxidantes sintéticos al conferir estabilidad a los aceites fritos. Varios estudios confirmaron que la incorporación de antioxidantes naturales reduce significativamente el deterioro oxidativo de los aceites para freír (Manzoor *et al.*, 2022). Aunque los antioxidantes sintéticos (BHA, BHT, TBHQ) se utilizan principalmente en aceites para freír debido a su fácil disponibilidad, bajo costo y alta actividad antioxidante, su uso suele ir acompañado de graves efectos perjudiciales para la salud, y pérdida de su actividad antioxidante durante las temperaturas de fritura (Zahid *et al.*, 2024).

En este sentido (Manzoor *et al.*, 2022) investigaron el efecto del extracto de bagazo de manzana en la estabilidad oxidativa del aceite de soja durante la fritura de papas fritas y lo compararon con su fracción polifenólica más alta, la quercetina y el antioxidante sintético (TBHQ), concluyendo que el aceite de soja enriquecido con antioxidantes naturales muestra mayor estabilidad térmica y calidad en términos de varios índices fisicoquímicos y evaluación sensorial en comparación con los aceites de control y enriquecidos con TBHQ.

5.2.1.1. EXTRACCIÓN SECUENCIAL ASISTIDA POR ULTRASONIDO.

La valorización del bagazo de manzana podría ser posible mediante la extracción secuencial de compuestos fenólicos y pectina, utilizando tecnologías como los ultrasonidos, donde la extracción de compuestos fenólicos seguida de la extracción de pectina proporciona el mejor rendimiento (Villamil y Piagentini, 2022).

5. RESULTADOS.

Según investigaciones realizadas por Villamil y Piagentini (2022), el mayor contenido total de compuestos fenólicos se extrajo de la cáscara de manzana fresca con acetona (80%) en una extracción de dos pasos. Los flavan-3-oles fueron la clase mayoritaria de compuestos fenólicos determinados en los extractos de cáscara de manzana representando el 59% de los compuestos fenólicos totales. La procianidina B2 fue el principal compuesto fenólico extraído, aunque fueron los compuestos más afectados por el proceso de secado.

5.2.1.2. EXTRACCION CON AGUA CALIENTE.

El agua caliente es un proceso de fácil implementación para la extracción de compuestos fenólicos. Para evaluar el efecto de este proceso en el orujo de manzana. Fernandes *et al.*, (2019) evaluaron la composición fenólica general antes y después de la extracción con agua caliente, seguida de extracciones con soluciones acuosas/orgánicas. Según lo determinado por cromatografía líquida de ultra alto rendimiento, los flavan-3-oles fueron los principales compuestos nativos de manzana. Su cantidad disminuyó un 50% después de la extracción con agua caliente, mientras que las otras clases permanecieron sin cambios. También se observaron dihidrochalconas y productos de oxidación del ácido hidroxicinámico, junto con procianidinas oxidadas no extraíbles que representaban más de 4 veces la cantidad de polifenoles nativos de la manzana en el bagazo.

5.2.1.3. EXTRACCIÓN CON ETANOL.

Yilmaz-Turan *et al.*, (2023) demostraron que la extracción de polifenoles del orujo de manzana es sencilla y rápida utilizando únicamente etanol al 50% en agua destilada; utilizaron el orujo de manzana molido en estado húmedo con una licuadora de cocina y suspensión en etanol al 50% (v/v) en una proporción 1:10 (orujo:disolvente). Dicha suspensión se agitó durante 1 h a temperatura ambiente en la oscuridad. El etanol se evaporó utilizando un evaporador rotatorio a 36°C al vacío en la oscuridad y el extracto fenólico concentrado se liofilizó. El contenido fenólico total de los polifenoles extraídos se determinó mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu. El ácido clorogénico se identificó como el principal compuesto de ácido fenólico con una actividad antioxidante significativa.

5.2.2. FUENTE ALTERNATIVA DE FIBRA DIETARIA.

La fibra dietaria es la parte comestible de los vegetales, está compuesta por hidratos de carbono resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso (American Association of Cereal Chemists International, 2001).

La comisión del *Codex Alimentarius* (2010), define fibra dietaria como polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por enzimas endógenas en el intestino delgado de los seres humanos y que pertenecen a las siguientes categorías:

5. RESULTADOS.

- Polímeros de carbohidratos comestibles que se producen naturalmente en los alimentos.
- Polímeros de carbohidratos que se han obtenido de materia prima alimenticia por medios físicos, enzimáticos o químicos que poseen algún efecto fisiológico beneficioso para la salud.
- Polímeros de carbohidratos sintéticos con algún efecto fisiológico beneficioso para la salud.

La fibra dietaria incluye a un rango diverso de carbohidratos compuestos que juegan un rol protagónico en el análisis de la salud pública, por ser un nutriente consumido en menor cantidad a lo recomendado en la mayoría de países del mundo (Millen *et al.*, 2016; Polenta, 2023). Varios beneficios para la salud están asociados con una ingesta adecuada de fibra dietaria; sin embargo, la constitución de la fracción de fibra es diferente para cada vegetal, lo que influye en sus propiedades físico-químicas y, en consecuencia, en sus efectos fisiológicos en el organismo humano.

La fibra dietaria puede ser soluble o insoluble, la fibra soluble cumple la función de retener agua y transformarse en gel durante el proceso de digestión, retardando así la absorción de nutrientes desde el estómago y los intestinos. Este tipo de fibra se encuentra en alimentos tales como legumbres, avena, cebada, nueces, semillas, frutas y hortalizas. La fibra insoluble acelera el paso de los alimentos desde el estómago al intestino y agrega volumen a las heces, se encuentra presente en la parte externa de semillas y granos, salvado de trigo, maíz, cereales integrales, en las cáscaras de las manzanas y peras, en la parte blanca de las frutas cítricas y legumbres (Millen *et al.*, 2016).

La fibra dietaria procedente de los subproductos del procesamiento de frutas posee mecanismos intrínsecos que contribuyen sinérgicamente a su potencial nutricional, considerándose prometedores para la nutrición humana (Texeira Macagnan *et al.*, 2015). El bagazo de manzana tiene una proporción equilibrada de fibra dietética soluble e insoluble, así como una relativa abundancia de otros compuestos bioactivos como polifenoles, flavonoides y carotenos (Polenta, 2023).

Una ingesta elevada de fibra dietaria se asocia con una mejor composición de la microbiota intestinal, un tránsito intestinal regular, niveles atenuados de glucosa y colesterol en sangre y un menor riesgo de desarrollar ciertas enfermedades, como enfermedades coronarias, hipercolesterolemia, diabetes tipo 2 y obesidad (Manthei *et al.*, 2024).

Dado que la ingesta promedio de la mayoría de los países desarrollados no alcanza la ingesta recomendada de 25 a 35 gramos por día (Stephen *et al.*, 2017), existe una gran demanda para el desarrollo de nuevos productos alimenticios enriquecidos con fibra para aumentar la ingesta de fibra dietaria y mejorar la salud humana (Manthei *et al.*, 2024).

La incorporación de fibra en matrices alimentarias presenta sus desafíos, como la modificación de las propiedades sensoriales y dificultades técnicas que impactan en su capacidad de fabricación, principalmente debido a la alta proporción de fibra insoluble que causa elevada viscosidad, arenosidad y mayor masticabilidad (Manthei *et al.*, 2024).

5. RESULTADOS.

Tabla 9: Cantidad de fibras encontradas en el bagazo de manzana según diferentes autores. Fuente: Elaboración propia. (*)

Composición (g %g)	Juárez Hernández, 2016.	Pascual Chagman, 2023.
Fibra Dietaria Total	41,63 ± 1,3	61,24 ± 0,04
Fibra Dietaria Insoluble	41,47 ± 1,3	39,55 ± 0,02
Fibra Dietaria Soluble	0,16 ± 0,004	21,71 ± 0,02

(*) Los resultados se presentan como promedios ± desviación estándar.

Debido a que el bagazo de manzana contiene elevada cantidad de fibra dietaria, presenta propiedades relacionadas con la capacidad de retención de agua e hinchamiento (Polenta, 2023). La capacidad de retención de agua es de gran importancia para las aplicaciones alimentarias, ya que influirá no sólo en la funcionalidad fisiológica del alimento, sino también sobre el rendimiento del producto, la tecno-funcionalidad de los ingredientes y la vida útil; con respecto a la funcionalidad fisiológica, la capacidad de retención de agua está relacionada con su capacidad de aumentar el peso de las heces y de inducir la fermentación colónica.

Se han desarrollado diferentes metodologías para la determinación y cuantificación de la fibra dietaria como resultado de diversos trabajos de investigación, por lo que no existe un método analítico único que sea capaz de medir todos sus componentes.

Los métodos utilizados para medir el contenido de fibra en los alimentos se pueden dividir en métodos gravimétricos, los cuales miden un residuo indigerible después de una solubilización química o enzimática de los constituyentes no fibrosos de los alimentos; métodos enzimáticos, en los que se trata de simular los cambios químicos que le ocurren a los componentes de la fibra en el tracto gastrointestinal humano, a través del uso de enzimas con una alta actividad para hidrolizar almidones, proteínas y lípidos que se encuentran formando la estructura de la fibra, conjuntamente con los polisacáridos indigeribles. Con estos métodos, se determina el material insoluble remanente al final del proceso de digestión enzimática. Por otro lado, existen métodos colorimétricos, que emplean reacciones químicas que producen complejos coloreados con los carbohidratos, que pueden ser determinados por espectrofotometría a una determinada longitud de onda; y métodos cromatográficos, basados en el empleo de la cromatografía de gas líquido, donde los componentes monoméricos de los polisacáridos de la fibra, son liberados por hidrólisis ácida, separados y contados (Juárez Hernández, 2016).

El método de preparación de la fibra también jugará un papel importante. Si la fibra se seca bajo condiciones más severas tendrá una menor capacidad de retención de agua. Así, las propiedades de hidratación se verán alteradas por procesos como la cocción, el autoclavado, la cocción por extrusión, el secado, ya sea tradicional, asistido por microondas o al vacío, además de por los tratamientos químicos. En definitiva, dado que las distintas fuentes y métodos de procesamiento tendrán una importante influencia sobre el tipo de producto obtenido, se requiere de un estudio minucioso y de la determinación de las características particulares de cada uno de estos

5. RESULTADOS.

productos (Polenta, 2023). Por ello, la generación de una alta gama de productos, no sólo generará actividades productivas, sino también servicios de asesoramiento para establecer y recomendar el producto adecuado y optimizado para cada uso.

5.2.2.1. EXTRACCIÓN CON ALTA PRESIÓN HIDROSTÁTICA ASISTIDA POR ENZIMAS.

De la Peña-Armada *et al.*, (2022) afirman que el bagazo de manzana constituye principalmente una fuente natural de fibra dietaria insoluble. Sin embargo, la fibra dietaria soluble sería más deseable debido a sus efectos positivos para la salud, por lo que diversas investigaciones (Ouyang *et al.*, 2023; De la Peña *et al.*, 2020) han demostrado que la aplicación de alta presión hidrostática asistida por enzimas aumenta la accesibilidad de la pared celular de los vegetales, lo que permite la extracción de compuestos bioactivos, incluida la fibra dietaria soluble. Por lo tanto, la combinación de ambas estrategias, alta presión más enzimas de grado alimenticio, se ha aplicado con éxito para maximizar la fibra dietaria soluble.

5.2.3. FUENTE ALTERNATIVA DE PECTINAS.

La utilización de residuos o subproductos del procesamiento de frutas y hortalizas para la extracción de pectina es un enfoque sostenible hacia la valorización y la protección del medio ambiente (Kumar *et al.*, 2023).

Múltiples estudios han demostrado una forma eficaz de valorizar el orujo de manzana, en antioxidantes naturales y pectina como fuentes valiosas de nuevos materiales bioactivos y tecnofuncionales (Yilmaz-Turan *et al.*, 2023). La extracción de pectina del bagazo de manzana se puede utilizar para producir un ingrediente alimentario de gran valor (Cho *et al.*, 2019).

La pectina es un componente importante del orujo de manzana, se trata de un polisacárido estructuralmente heterogéneo compuesto típicamente de cuatro dominios con distintos patrones de ramificación, a saber, homogalacturonano, ramnogalacturonano-I, ramnogalacturonano-II y xilogalacturonano (Yilmaz-Turan *et al.*, 2023).

Su estructura consiste en una mezcla de polisacáridos ácidos y neutros muy ramificados, constituidas por largas cadenas formadas por unidades de ácido D-galacturónico, con el grupo carboxilo libre, o bien ácido galacturónico con el carboxilo esterificado con metanol (metoxilado). Este metanol puede perderse con relativa facilidad por hidrólisis ácida o enzimática, dejando el grupo ácido libre. Por lo tanto, las pectinas son ácidos pectínicos con diferentes grados de esterificación y neutralización. Vázquez y Zarazúa (2023) mencionan que la comercialización de pectinas se realiza mediante una estandarización previa evaluando su habilidad para formar geles expresada como grado de pectina, es decir, el número de partes de azúcar por cada parte de pectina que formará un gel de dureza adecuada bajo condiciones controladas.

Debido a que el orujo de manzana tiene alto contenido de pectina, que representa entre el 4,6% y el 20,9% en peso seco, y también contiene otros polisacáridos de la pared celular (xiloglucanos, celulosa y hemicelulosa), es que la producción de pectina se considera su principal objetivo, por

5. RESULTADOS.

lo que variadas investigaciones proponen un mejor uso del residuo con grandes beneficios económicos, considerando ampliar la producción de pectina y crear un suministro sostenible (Dranca *et al.*, 2020).

La pectina es un polisacárido que se encuentra en la mayoría de los vegetales; principalmente en el albedo o cáscaras de las frutas constituyendo la pared celular, ejerciendo el rol de unión entre las estructuras intercelulares. Posee propiedades coloidales, absorben gran cantidad de agua formando geles con propiedades espesantes, y estabilizantes (Vázquez y Zarazúa, 2023), también se considera modificador de la viscosidad, emulsionante y aglutinante (Cho *et al.*, 2019).

Dicho polisacárido está disponible en grandes cantidades de productos de origen vegetal y en los residuos y subproductos del procesamiento de alimentos (Kumar *et al.*, 2023). Se informó que el orujo de manzana cubre aproximadamente el 14% de las materias primas para la extracción de pectina, mientras que la cáscara de cítricos es la fuente principal (85%) de la producción mundial de pectina (Dranca *et al.*, 2021).

Kumar *et al.*, (2023) mencionan que los métodos tradicionales de extracción de pectina tienen ciertas limitaciones, incluida la necesidad de una gran cantidad de solventes, un tiempo de extracción prolongado, degradación de la pectina objetivo y posibles impactos en el medio ambiente. Las metodologías de extracción avanzadas minimizan el uso de solventes, mejoran la eficiencia al acelerar la extracción y preservan en gran medida las cualidades funcionales de la pectina. Los métodos prometedores son el microondas, alta presión, frecuencias ultrasónicas y el campo eléctrico pulsado. Los métodos de extracción avanzados logran un mayor rendimiento y una pectina de mejor calidad.

Tabla 10: Cantidad de pectinas encontradas en el bagazo de manzana según diferentes autores. Fuente: Elaboración propia. (*)

Composición (g %g)	O'Shea <i>et al.</i> , 2015.	Wikiera <i>et al.</i> , 2016.	Dranca <i>et al.</i> , 2020.	Dranca <i>et al.</i> , 2021.	Vázquez y Zarazúa, 2023.
Pectinas	7,36 ± 0,07	15,2 - 19,8	7,95 - 23,96	4,08 - 33,2	12 - 14

(*) Los resultados se presentan como promedios ± desviación estándar.

5.2.3.1. EXTRACCIÓN ÁCIDA CONVENCIONAL.

Está demostrado que las pectinas pueden liberarse mediante el uso de ácidos minerales. Realizando extracciones con agua caliente a pH ácido se pueden obtener pectinas a partir de orujo de manzana, procedimiento ya implementado a nivel industrial (Fernandes *et al.*, 2019). Los ácidos clorhídrico, nítrico y sulfúrico se aplican más comúnmente a escala comercial, las condiciones típicas son pH 1-3, temperatura de 80-100°C, durante 0,5-6 horas con agitación continua (Wikiera *et al.*, 2016; Cui *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2023).

5. RESULTADOS.

Durante la hidrólisis ácida, muchas redes complejas reticuladas de la pared celular se disocian dando como resultado la liberación de pectina. El rendimiento de pectina depende del tipo y concentración del ácido, la temperatura de extracción, la relación líquido-sólido, el tiempo de extracción; entre otros (Cui *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2023).

Vázquez y Zarazúa (2023) expresan que, dependiendo de las condiciones de manejo, y secado del bagazo antes del procesamiento, así como las condiciones de pH, tiempo y temperatura de extracción varían las características de las pectinas. Los mencionados investigadores determinaron las condiciones óptimas de extracción de pectinas a partir del bagazo de manzana, llegando a la conclusión que es posible obtener entre 12 y 14% de la pectina total a pH 1,8 a 90°C y con un tiempo de procesamiento de 90 min. Aunque se debe tener en cuenta que, a mayor rendimiento, menor fuerza de gelificación.

5.2.3.2. EXTRACCIÓN CON ÁCIDOS ORGÁNICOS.

Los ácidos orgánicos de calidad alimentaria han sido aprobados como materiales generalmente reconocidos como seguros (GRAS) sin limitaciones por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) en Estados Unidos y se aplican principalmente como conservantes alimentarios para inhibir el crecimiento microbiano (Cho *et al.*, 2019).

Para extraer pectina en la industria alimentaria, generalmente se usa HCl como el principal solvente de extracción para liberar la pectina de los tejidos vegetales; sin embargo, su uso tiene un problema ambiental, por lo que algunos investigadores plantean la utilización de ácidos orgánicos para el desarrollo de un proceso más amigable con el medio ambiente. Si bien el proceso enzimático puede ser una posible solución para evitar este problema, sigue siendo costoso.

Cho *et al.*, (2019) indican que el proceso de extracción con ácido cítrico como disolvente tiene un gran potencial para producir pectina de cáscara de manzana de alta viscosidad, utilizando cáscara de manzana liofilizada, finamente molida y una temperatura de 85°C, cuyo rendimiento de pectina fue comparable al de la extracción con ácido clorhídrico 0,1 M ampliamente utilizado en la industria de fabricación de pectina. Teniendo en cuenta que esta condición de extracción es relativamente suave, se puede obtener pectina con mayor peso molecular y viscosidad, manteniendo así el potencial para aplicarse como ingrediente alimentario de alta calidad.

En el mismo sentido, investigaciones realizadas por Dranca *et al.*, (2021), prueban que cuando se mezcla pulpa de manzana (10g) con ácido cítrico (pH 1,5, 2 o 2,5) en una proporción sólido/líquido de 1:10, y se calienta en un baño de agua a diferentes temperaturas (70, 80 o 90°C) y tiempos de calentamiento (60, 120 o 180 min), se obtiene un rendimiento del 4,08% a pH 2,5, 70°C durante 120 min, y un rendimiento mayor del 33,2% a pH 1,5, 90°C durante 120 min.

5.2.3.3. EXTRACCIÓN ENZIMÁTICA.

Otra técnica de extracción de pectina a partir de material vegetal es la hidrólisis selectiva con el uso de enzimas. Investigaciones realizadas por Wikiera *et al.*, (2016) plantean la extracción de pectinas del orujo de manzana utilizando *endo*-xilanasas y *endo*-1,4-celulasas a pH 5,0, 40°C

5. RESULTADOS.

durante 10 horas con agitación constante, lo que dio como resultado una mayor extracción (19,8%) por endo-xilanasas y un menor rendimiento (15,2%) para la endo-1,4-celulasa. Estos investigadores sostienen que el proceso más importante durante el aislamiento enzimático de pectinas de orujo de manzana consiste en la desintegración de xilanos que, incluso cuando se realiza solo con endo-xilanasas, puede resultar en la extracción total o casi completa de pectina y ácido poligalacturónico, obteniendo una pectina de masa molecular alta, con un grado de metilación elevado (73,4%), que es prácticamente imposible de obtener en el caso de extracción ácida de pectinas de manzana.

La extracción enzimática se considera un método ambientalmente seguro porque: los efluentes producidos generalmente plantean menos problemas con respecto al tratamiento y eliminación, en comparación con la hidrólisis ácida; las enzimas son materiales orgánicos; y se utilizan bajas concentraciones de preparación durante el tratamiento de materiales alimentarios.

5.2.3.4. EXTRACCIÓN ASISTIDA POR MICROONDAS.

Dranca *et al.*, (2020), realizaron una comparación exhaustiva entre diferentes métodos de extracción aplicados para la obtención de pectina a partir de este material vegetal con el fin de observar los cambios en términos de rendimiento y propiedades fisicoquímicas. La pectina del orujo de manzana se extrajo mediante calentamiento por microondas a 560 W durante 2 minutos, dando como resultado un rendimiento del 23,3%, mientras que se necesitaron 148 minutos de extracción ácida convencional (ácido cítrico) a pH 1,9 a 90°C para lograr un rendimiento similar al 23,26%.

Kumar *et al.*, (2023), sostienen que se pueden realizar más investigaciones sobre la optimización de los parámetros de extracción de pectina a partir de diversos desechos de procesamiento de alimentos y productos agrícolas, y también sobre la ampliación y la transferencia de tecnología para facilitar la producción a gran escala de pectina utilizando estas técnicas de extracción avanzadas; considerando que la principal ventaja del proceso asistido por microondas es el menor tiempo de extracción.

5.2.4.USO ALTERNATIVO COMO RECUBRIMIENTO O PELÍCULA COMESTIBLE.

Hoy en día, el desarrollo de materiales avanzados se rige por la sostenibilidad y la eficiencia energética. Los polímeros basados en materias primas agrícolas y de biomasa, conocidos como biopolímeros, pueden considerarse una alternativa sostenible y eficiente en mercados como el de envases de alimentos, que actualmente están dominados por productos derivados de fuentes fósiles (Urbina *et al.*, 2019).

Los subproductos de manzana que se desperdician podrían proporcionar polímeros biodegradables económicos y renovables para reemplazar los envases sintéticos que causan graves daños al medio ambiente (Carpes *et al.*, 2021). Además del problema ambiental, también existen contras a nivel económico. Muchos envases de plástico se desechan en vertederos, lo

5. RESULTADOS.

que requiere recursos financieros para su reutilización, tratamiento o incluso eliminación adecuada. La tecnología de recubrimientos o películas comestibles surge como una alternativa prometedora para mejorar la calidad y conservación de los alimentos durante el procesamiento y/o almacenamiento.

La formulación de películas comestibles con ingredientes activos se convirtió en una estrategia para aprovechar subproductos agroindustriales aportando nutrientes y permitiendo el desarrollo de nuevos tipos de recubrimientos para su uso en alimentos funcionales (Matta *et al.*, 2019).

Según Jurić *et al.*, (2024), los recubrimientos comestibles generalmente se caracterizan por ser capas delgadas compuestas de sustancias químicas o biológicas que se aplican a la superficie de un producto. La función principal del recubrimiento comestible consiste en inhibir el intercambio gaseoso, ralentizando así el proceso de maduración, mejorando la calidad del producto y prolongando la vida útil. Estos recubrimientos establecen una barrera semipermeable entre el alimento y el ambiente, mitigando el movimiento de gases y solutos, y controlando la humedad, lo que a su vez retrasa el deterioro.

Los materiales utilizados para los recubrimientos deben ser biodegradables y respetuosos con el medio ambiente (Salimi *et al.*, 2024); por lo tanto, permiten minimizar la utilización de recursos no renovables y reducir los desechos, presentándose como una alternativa sostenible a las técnicas tradicionales de conservación de alimentos. Por otro lado, tienen la capacidad de integrar componentes antioxidantes y antimicrobianos dando como resultado la inhibición del crecimiento microbiano, contribuyendo a la seguridad alimentaria, además se pueden incorporar aditivos naturales, como así también el uso de nanotecnología para mejorar su rendimiento (Jurić *et al.*, 2024).

Los recubrimientos se aplican en forma líquida, mientras que las películas se obtienen como láminas sólidas y luego se aplican a los productos alimenticios. Las películas y recubrimientos actúan como barrera y sus propiedades dependen de los requisitos específicos de conservación de alimentos. Debido a que las propiedades de un recubrimiento sobre la superficie de una matriz biológica no pueden caracterizarse, se han reportado películas aisladas como una alternativa para predecir las propiedades del recubrimiento (Matta *et al.*, 2019).

La extracción de compuestos valiosos del orujo de manzana, en línea con el desarrollo de la agricultura sostenible, no sólo reduce los problemas ambientales, sino que también los productos obtenidos pueden usarse provechosamente para el recubrimiento de frutas (Salimi *et al.*, 2024).

5.2.4.1. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES CON EXTRACTOS DE PIEL DE MANZANA.

La piel de manzana, etiquetada como subproducto agroindustrial, es potencialmente útil para elaborar extractos ricos en compuestos fenólicos y puede utilizarse como fuente de ingredientes funcionales; en combinación con metilcelulosa resultan ser sistemas con propiedades que dependen del tipo y contenido de extracto (Adell Corrales, 2023). La cáscara de manzana verde (*Granny Smith*) contiene una gran cantidad de compuestos fenólicos y antioxidantes, por lo que estas manzanas tienen menos susceptibilidad a oscurecerse y mayores valores de firmeza y jugosidad en comparación con otras variedades de manzanas.

5. RESULTADOS.

En relación a esto, Matta *et al.*, (2019), desarrollaron un recubrimiento comestible con extractos etanólicos de cáscara de manzana verde liofilizada y extracto acuoso de cáscara de manzana verde, si bien el extracto acuoso no tuvo un alto contenido de compuestos fenólicos, comparado con el extracto etanólico, fue un método de extracción simple y de bajo costo, considerando que la formulación de películas comestibles con extractos etanólicos de piel liofilizada es una alternativa efectiva para obtener un material activo con buenas propiedades mecánicas y de barrera.

5.2.4.2. PELÍCULAS COMESTIBLES CON PECTINA DE BAGAZO DE MANZANA.

Además de sus usos como agente gelificante, estabilizante y espesante dentro de la industria alimentaria, la pectina también se considera una matriz polimérica adecuada para el desarrollo de películas comestibles debido a sus propiedades de comestibilidad, biodegradabilidad y biocompatibilidad. Diversas investigaciones apuntan a la utilización de pectina de orujo de manzana en combinación con otras sustancias para producir películas comestibles.

En este marco, Dranca *et al.*, (2021), desarrollaron una película comestible a base de pectina de orujo de manzana extraída con microondas y se combinó con hidroxipropilmetilcelulosa. Sin embargo, las propiedades mecánicas, de barreras generales y la estabilidad térmica de las películas no mejoraron en comparación con las películas mezcladas formuladas con pectina comercial. Las diferencias en términos de propiedades mecánicas se atribuyeron en parte a las diferentes características de la pectina utilizada para las formulaciones de películas, según lo determinado por los métodos aplicados para su extracción, mientras que las propiedades de barrera y la estabilidad térmica estuvieron más determinadas por los enlaces de hidrógeno entre la pectina y la hidroxipropilmetilcelulosa.

En relación a este tema, Salimi *et al.*, (2024), se enfocaron en la extracción simultánea de pectina y compuestos fenólicos. El residuo sólido después de la coextracción se utilizó como fuente de carbono para la producción microbiana de pululano y proteína unicelular. Los resultados de los ensayos indicaron que la capacidad antioxidante de los fenoles del orujo de manzana era comparable a la de la vitamina C y el BHA en altas concentraciones. Además, el recubrimiento con proporciones 50:50 de pectina y pululano enriquecido con 15% de compuestos fenólicos, fue seleccionado como el mejor recubrimiento comestible para frutillas, ya que prolongó su vida útil hasta 24 días a 4°C.

La pectina y el pululano se utilizan ampliamente como recubrimiento ya que son sustancias generalmente reconocidas como seguras (GRAS), biodegradables y muestran permeabilidad selectiva al oxígeno. Además, son polímeros solubles en agua con una resistencia mecánica considerable y actúan como una barrera contra la difusión de gases, la migración de agua, la modificación de aroma y la pérdida natural de compuestos volátiles en las frutas recién cosechadas (Salimi *et al.*, 2024).

5.2.5.USO ALTERNATIVO COMO SUSTITUTOS DE AZÚCAR.

La conciencia pública sobre los riesgos para la salud de las dietas ricas en azúcar ha aumentado drásticamente en los últimos años. Los grupos gubernamentales y equipos de profesionales han recomendado que se reduzca la sacarosa en ciertos productos alimenticios; por lo tanto, la industria alimentaria se encuentra en la búsqueda de formas para reducir el azúcar mediante su reemplazo por otros materiales (Milner *et al.*, 2020).

Las tendencias de reducción o reemplazo de sacarosa en el pasado consistieron principalmente en la incorporación de edulcorantes artificiales y/o alcoholes de azúcar (polioles), debido a su capacidad de imitar la sacarosa en términos de funcionalidad y dulzura. Sin embargo, las tendencias actuales están cambiando hacia un mecanismo más "limpio" de reducción de sacarosa, para evocar el interés del consumidor y la intención de compra.

Aunque no se ha establecido una definición concreta de los ingredientes o productos de etiqueta limpia, los consumidores suelen considerar superiores a los alimentos de origen natural, orgánicos o libres de aditivos o conservantes. Del mismo modo, los subproductos que aportan propiedades funcionales específicas (por ejemplo, antioxidantes, fibra) también son muy valorados por los consumidores debido al atractivo de las prácticas de producción sostenibles y los posibles beneficios para la salud.

El reciclaje de subproductos del procesamiento de alimentos para producir nuevos productos también reduce el impacto ambiental. El uso de desechos provenientes de la industria de frutas y hortalizas permite la producción de snacks innovadores que se encontrarían alineados con el marco conceptual del desarrollo sostenible y la bioeconomía circular (Karwacka *et al.*, 2022).

En este sentido, un número importante de investigadores han realizado reformulaciones sobre productos panificados con el fin de sustituir la sacarosa e incorporar ingredientes alternativos de etiqueta limpia, por ejemplo, en el caso de Milner *et al.*, (2020), quienes desarrollaron formulaciones de masa para tortas usando povidexrosa, permeado de suero, oligofruktosa y pulpa de manzana como ingredientes edulcorantes. Lograron una reducción de azúcar de entre el 21 y el 27%; la dureza de la miga, humedad y actividad de agua fueron similares a las de la torta testigo, dando a conocer que es posible reducir la concentración de sacarosa en una formulación de torta sin alterar drásticamente el sabor, el perfil de envejecimiento y su estructura general. Por otro lado, las tortas que contenían sólo pulpa de manzana tuvieron el volumen específico más bajo, la firmeza de la miga más alta y obtuvieron la puntuación más baja en aceptabilidad general por parte del panel sensorial.

En este marco, Garvey *et al.*, (2021), trabajaron en la reformulación de bizcochos con el fin de reducir el azúcar en la percepción sensorial. Los sustitutos de sacarosa incorporados en esta fórmula base de bizcocho también fueron polvo de pulpa de manzana, polvo de permeado de suero y oligofruktosa. Como resultado se observó que los bizcochos elaborados con polvo de pulpa de manzana fueron los de menor preferencia, siendo el polvo el sustituto de sacarosa menos preferido. Por lo que deben extenderse las investigaciones sobre diferentes procesos de endulzado utilizando subproductos de la industria de la manzana.

5.2.6.USO ALTERNATIVO EN ALIMENTOS SIN GLUTEN.

Los snacks son parte integral de la dieta de las personas y, a lo largo del tiempo, se han explotado comercialmente a gran escala. Las galletas saladas son los snacks más populares que tienen una demanda apreciable entre los consumidores (Mir *et al.*, 2017).

Con el fin de crear nuevos productos que estén en línea con las tendencias actuales en la industria alimentaria, Karwacka *et al.*, (2022), desarrollaron snacks liofilizados obtenidos a partir de subproductos vegetales congelados y pulpa de manzana, como resultado, obtuvieron que los productos presentaron un bajo contenido de agua y actividad de agua, lo que garantizó la estabilidad en el tiempo de los productos alimenticios. El proceso tecnológico, especialmente la molienda, afectó a la estructura de los productos, lo que provocó que fueran no homogéneos, desordenados y densos. La mayor parte de la energía fue utilizada por el liofilizador, por lo tanto, de acuerdo con las tendencias actuales relacionadas con el desarrollo sostenible y dada la necesidad de mitigar el impacto de la industria en el medio ambiente, dichos investigadores sugieren que se deben realizar pruebas para mejorar el proceso de producción, manipulando los parámetros de secado o utilizando métodos híbridos de secado. Se necesita más investigación, pero el potencial de la aplicación de subproductos alimentarios en la práctica aumenta con el desarrollo del interés en este tema y, en consecuencia, puede aumentar la eficiencia de la industria alimentaria y reducir su impacto ambiental.

El interés de los consumidores por los alimentos funcionales ha aumentado y esto está provocando que exista una demanda creciente de dichos productos en el mercado. Por ello, se han incorporado diferentes fuentes como materia prima en productos a base de cereales que tienen beneficios para la salud. Las galletas de arroz a base de pulpa de manzana presentan potencial para el consumidor y se consideran alimentos funcionales que promueven la salud, especialmente para pacientes con enfermedad celíaca, ya que no pueden consumir productos a base de cereales que contengan gluten (Mir *et al.*, 2017).

En un trabajo realizado por Mir *et al.*, (2017) se investigó la formulación de galletas sin gluten a base de harina de arroz integral y pulpa de manzana. Se prepararon mezclas con 0%, 3%, 6% y 9% de orujo de manzana en la harina de arroz integral. Las galletas fueron sensorialmente aceptables. La adición de orujo de manzana cambia las propiedades de empastado, además a partir de un nivel de orujo del 9% tienen propiedades antioxidantes significativamente más altas, principalmente compuestos fenólicos y fibra dietética, especialmente fibra insoluble. También mostraron ser ricas en minerales, especialmente cloro, potasio, fósforo y azufre. Por lo tanto, el arroz integral y el orujo de manzana demostraron ser una buena fuente de componentes nutricionales y funcionales y, por lo tanto, se podrían usar en otros productos de panadería como ingrediente funcional.

5.2.7.USO ALTERNATIVO COMO ESTABILIZADOR DE EMULSIONES.

En los últimos años, la aplicación del bagazo de manzana como ingrediente en formulaciones de alimentos ha ido aumentando, debido principalmente a su capacidad para estabilizar emulsiones, propiedad que le confieren los biopolímeros que contiene. Al añadir bagazo de manzana a una emulsión aceite en agua, elementos solubles como la pectina actúan interaccionando con el

5. RESULTADOS.

solvente en la fase continua, aumentando la viscosidad. Algunas proteínas residuales, además, se adsorben a la interfase, aumentando la hidrofobicidad, contribuyendo a que la tensión superficial entre las gotas de aceite y el agua se reduzca y en consecuencia se aumente la estabilidad de la emulsión (Mora Mortes, 2023).

Este fenómeno se ha observado en productos cárnicos, en los cuales el bagazo de manzana demuestra mejorar su estabilidad y propiedades reológicas, debido a la gran capacidad de retención de agua de la pectina, resultando en una textura menos dura y un mayor rendimiento tras la cocción (Huda *et al.*, 2014). Si bien es cierto que se requiere de más indagación acerca del mecanismo de acción y la funcionalidad del bagazo de manzana en alimentos, existen investigaciones que sugieren que podría actuar como estructurante en la formulación de emulsiones (Mora Mortes, 2023).

El yogur se ha utilizado como portador de fibra dietaria y otros compuestos valiosos en varios estudios (Wang *et al.*, 2019). La fibra dietaria incorporada al yogur puede contribuir a la textura y gelificación de éste producto. El polvo de bagazo de manzana liofilizado tiene el potencial de incorporarse a la leche e influir en la cinética de coagulación y la estructura del producto fortificado.

Wang *et al.*, (2020), demostraron que el bagazo de manzana tiene potencial como estabilizador natural y como fuente de fibra dietética en yogures batidos y bebidas de yogur. Ese mismo grupo de investigadores en el año 2019, investigó las propiedades fisicoquímicas y funcionales del polvo de bagazo de manzana liofilizado como ingrediente lácteo con enfoque en la interacción de una matriz tan compleja con las proteínas de la leche bajo acidificación y sus consecuencias en la estructura de la matriz de gel lácteo. La adición de 1% de bagazo de manzana antes de la fermentación favoreció la agregación de micelas de caseína en una etapa temprana de la fermentación, lo que provocó el inicio de la gelificación a un pH más alto (5,9) en comparación con el control (pH 5,3). Además, observaron un aumento significativo de la firmeza y la cohesión del gel con el aumento de la concentración del 0% al 1% durante el almacenamiento en frío (28 días), lo que indica un refuerzo de la estructura de los geles de caseína no alterados. Este efecto podría atribuirse a la capacidad gelificante de las pectinas y otras fibras solubles liberadas del orujo liofilizado en la leche, así como al refuerzo de la estructura del gel por las partículas insolubles.

En relación a esto, Wang *et al.*, (2020), investigaron el uso de orujo de manzana en polvo liofilizado para agregarlo al yogur batido y crear un yogur fortificado al 1, 2 y 3% (p/p). Se utilizaron tanto el análisis de textura como las pruebas reológicas para evaluar el efecto del orujo de manzana en la estructura y la textura del yogur durante el almacenamiento en frío. Los resultados indicaron que el orujo de manzana alteró la estructura del yogur batido, haciéndolo más firme y cohesivo, aumentó su viscosidad y redujo significativamente la liberación de suero durante el almacenamiento en frío.

El orujo de manzana agregado a un sistema de yogur diluido tiene el potencial de estabilizar la bebida ácida y reducir la sedimentación de agregados de proteínas. La adición de orujo de manzana al gel de leche ya fermentado permitió incorporar una mayor concentración del mismo (hasta 6% p/p), lo que hizo que el yogur batido y las bebidas de yogur fueran un vehículo para brindar un mayor nivel de fibra dietética y fitoquímicos (en comparación con el orujo de manzana agregado a la leche antes de la fermentación).

Por un lado, varios estudios han investigado la incorporación de harina de orujo de manzana en productos de panadería (es decir, pasteles, muffins, galletas, bizcochos, pan, galletas saladas).

5. RESULTADOS.

Los resultados mostraron que se mejoró el contenido fenólico total y la actividad antioxidante, se modificaron los atributos texturales y sensoriales y se redujo el índice glucémico (Rabetafika *et al.*, 2014; Alongi *et al.*, 2019). Por otro lado, la sustitución de grasas en productos alimenticios mediante el uso de fibras de manzana también podría ser un enfoque de valorización innovador (Sereti *et al.*, 2024).

Sereti *et al.*, (2024), investigaron la posible aplicación de emulsiones de orujo de manzana como sustitutos de grasas saturadas en galletas empleando emulsiones de aceite de oliva/agua (35/65) enriquecidas con 12,5 - 20,0% p/p de residuo de orujo de manzana y explorando sus propiedades reológicas y microestructura, como testigo se utilizó una galleta entera (con 30% p/p de margarina). Para este nuevo producto se obtuvo que, con el aumento del nivel de sustitución de orujo de manzana, la humedad y la actividad del agua de las galletas aumentaron, y se observó un color menos luminoso, por otro lado, la resistencia a la fractura, el contenido fenólico total (predominante del ácido 3,4-dihidroxibenzoico) y la actividad antioxidante fueron mayores para las galletas fortificadas con orujo de manzana que para la galleta testigo. Se observaron tasas más lentas de lipólisis (sobre la base del peso de la galleta) para las galletas fortificadas con orujo de manzana, utilizando un protocolo de digestión enzimática intestinal *in vitro*. En general, esta emulsión con orujo de manzana puede ser un sustituto de la grasa sólida eficaz en las galletas, ya que mejora sus características nutricionales, al tiempo que mantiene atributos de calidad aceptables

Huc-Mathis *et al.*, (2019), investigaron las posibles propiedades emulsionantes de dos subproductos alimentarios, el orujo de manzana y el salvado de avena, para evaluar si sus contenidos insolubles y solubles pueden estabilizar las emulsiones de aceite en agua. De ser así, esto significaría que dichos materiales crudos, no purificados y complejos podrían usarse enteros, sin procesamiento adicional y/o disolventes añadidos para separar y purificar las fracciones deseadas. Si los dos subproductos solo necesitan secarse y micronizarse, el impacto ambiental se reduciría considerablemente. De este modo, estas materias primas pueden constituir una fuente renovable de agentes estabilizadores con propiedades funcionales útiles, como el comportamiento en gel y la estabilidad frente a la coalescencia. Los dos subproductos solo se secaron y micronizaron para obtener polvos, sin fraccionamiento ni purificación adicional y sin uso de solventes. El potencial de las fracciones insolubles y solubles tuvo que también evaluarse. Se estudiaron emulsiones de aceite en agua utilizando los polvos vegetales como único aditivo, para comparar tres aceites diferentes utilizados en las industrias alimentaria o cosmética, colza, miritol y aceite de jojoba. Se evaluaron los tamaños de gota, las propiedades reológicas y la estabilidad de las emulsiones. Las mediciones realizadas mostraron que el polvo de manzana tiene un mejor potencial emulsionante, especialmente en miritol y aceite de colza. La acción de las fibras insolubles mantuvo la estabilidad de las emulsiones a través del mecanismo de formación de redes en la fase continua, probablemente favorecida por la estabilización de proteínas y pectinas en la fracción soluble.

6. CONCLUSIÓN.

6. CONCLUSIÓN.

Según los resultados de esta revisión, podemos señalar que en la literatura científica se encuentra una amplia y variada información sobre los diversos usos de los subproductos del bagazo de manzana en alimentos debido a que son una fuente disponible, rentable y sostenible.

El aprovechamiento de estos subproductos de la industria de jugos concentrado permitiría contar con una fuente alternativa de fibra, pectinas, compuestos fenólicos, entre otros, relativamente económica, que se puede aplicar en diversos productos alimentarios.

Para un mejor aprovechamiento de estos subproductos, de manera de poder aplicarlo en diversas matrices alimentarias, se hace necesaria la implementación de un tratamiento de acondicionamiento para asegurar su inocuidad y estabilidad del bagazo de manzana; sería necesario reducir la variabilidad inherente a su composición, que depende de numerosos factores, entre ellos la materia prima y los pasos del procesamiento industrial en sí, lo cual representa quizás el punto de mayor dificultad, pues las empresas hacen mezclas de diferentes tipos de manzanas y se realizan diferentes prácticas agrícolas, por lo que varía la composición fisicoquímica del bagazo, además de que se suman cambios que se implementan durante la producción de jugo concentrado y que afectan también la composición de los subproductos. Sería entonces necesaria una estandarización para obtener características similares de composición del bagazo de manzana. Cabe mencionar que la extracción o recuperación eficiente y máxima de diversos subproductos de valor agregado, sin que pierdan su estabilidad a través de técnicas apropiadas y sostenibles, es una tarea desafiante.

Además de las ventajas que presenta la utilización de este subproducto, también se presentan desafíos propios que hacen que su implementación comercial sea un enfoque complejo en función de varios parámetros que deben considerarse. Entre estos obstáculos, los más relevantes son los cambios estructurales y funcionales durante el procesamiento, el escalamiento sin afectar las actividades biológicas de los compuestos objetivos y el cumplimiento de altos estándares de calidad en cuanto a inocuidad y calidad.

Considerando la falta de un entendimiento de la cadena de suministro de los subproductos de jugo concentrado de manzana, podrían realizarse estudios integrales, que incluyan no sólo los resultados de la recuperación de compuestos bioactivos, sino también otros aspectos como la distribución geográfica de productores, intermediarios y consumidores potenciales; aplicaciones específicas y ensayos de conservación del producto final; análisis económico detallado de los tratamientos necesarios para que el subproducto sea apropiado para el consumo humano; cuantificación relevante de indicadores de sostenibilidad; entre otros detalles menores, dando así fe de las ventajas tangibles de establecer el uso comercial de dichos subproductos.

En síntesis, teniendo en cuenta lo expuesto podemos pensar, por un lado, que el aprovechamiento de este bagazo contribuiría a la disminución de residuos en esta industria causada por el vertido inadecuado de residuos alimentarios industriales, disminuyendo así la carga de la gestión de residuos y por lo tanto a una mejora ambiental. Por otro lado, podría aumentar el estatus financiero de los agricultores al agregar valor a los residuos alimentarios, brindar una compensación adicional a las industrias por la venta de subproductos, además de reducir el costo de los productos formulados y disminuir el uso de químicos sintéticos. También se debe considerar que los subproductos alimentarios son una fuente barata e igualmente disponible de compuestos bioactivos, con beneficios para la salud, pudiendo ser útiles en la prevención de enfermedades crónicas. Por lo tanto, el uso de bagazo de manzana para la extracción de sus compuestos para la industria alimentaria se plantea como una alternativa atractiva.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Adell Corrales, I. (2023). *Valorización de subproductos de manzana como fuente de compuestos bioactivos mediante tecnologías sostenibles*. [Tesis de Grado, Universidad Europea Madrid]. <https://hdl.handle.net/20.500.12880/6478>
- Alongi, M., Melchior, S., Anese, M. (2019). Reducing the glycemic index of short dough biscuits by using apple pomace as a functional ingredient. *Food Science and Technology*. 100, (300-305). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.068>
- American Association of Cereal Chemists International (2001). Definition of dietary fiber. *Cereal Foods World* 46(3), pp. 112-125. <https://www.cerealsgrains.org/resources/definitions>
- Aramberri, M. (2018). *Análisis ambiental de los residuos de las industrias jugueras. El caso del alto Valle de Rio Negro y Neuquén, Argentina*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/778>
- Barreira, J.C.C., Alvarez Arraibi, A., Ferreira, I.C.F.R. (2019). Bioactive and functional compounds in apple pomace from juice and cider manufacturing: Potential use in dermal formulations. *Trends in Food Science & Technology*. 90, (76-87). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.05.014>
- Birtic, S., Régis, S., Le Bourvellec, C., Catherine M.G.C. R. (2019). Impact of air-drying on polyphenol extractability from apple pomace. *Food Chemistry*. 296 (142-149). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.131>
- Borkhausen, M. (1803). *Manual teórico-práctico de botánica forestal y tecnología forestal*. <https://books.google.com.mx/books?id=ms-c61nQc1AC>
- Cámara Argentina de Fruticultores Integrados (CAFI). Mensuario Estadístico Frutícola, Junio 2024. <https://www.cafi.org.ar/mensuario-estadistico-fruticola-junio-2024/>
- Carciofi, I., Guevara-Lynch, J. P., Cappelletti, L., Maspi, N., López, S. (2021). *Economías regionales: red de actores, procesos de producción y espacios para agregar valor*. Documentos de Trabajo del Consejo para el Cambio Estructural, 10, 1-97. Ministerio de Desarrollo Productivo, Argentina.
- Carpes, S.T., Bertotto, B., Bilck, A.P., Yamashita, F., Anjos, O., Siddique, M.A.B., Harrison, S.M., Brunton, N.P. (2021). Bio-based films prepared with apple pomace: Volatiles compound composition and mechanical, antioxidant and antibacterial properties. *Food Science and Technology*. 144, 111241. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111241>
- Cho, E-H., Jung, H-T., Lee, B-H., Kim, H-S., Rhee, J-K., Yoo, S-H. (2019). Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction. *Carbohydrate Polymers*. 204 (97-103). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.086>.
- Codex Alimentarius (2010). *Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985*. Roma: FAO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Código Alimentario Argentino. (2022). Capítulo XII. Bebidas Hídricas, Agua y Agua gasificada. ANMAT. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
- Corredor, Y. A. V., Pérez, L. I. P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Cui, J., Zhao, C., Feng, L., Han, Y., Du, H., Xiao, H., Zheng, J. (2021). Pectins from fruits: Relationships between extraction methods, structural characteristics, and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*. 110 (39-54). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.077>
- Cury R, K., Aguas M. Y., Martinez M. A., Olivero V. R., y Chams, Ch. L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA*. 9(S1), (122–132). <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>
- Da Silva, L.C., Viganó, J., De Souza Mesquita, L.M., Dias, A.L.B., De Souza, M.C., Sanches, V.L., Chaves, J.O., Pizani, R.S., Contieri, L.S., Rostagno, M.A., (2021). Recent advances and trends in extraction techniques to recover polyphenols compounds from apple by-products. *Food Chemistry: X*. 12, 100133. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100133>
- De la Peña-Armada, R., Rupérez, P., Villanueva-Suarez, M.J., Mateos-Aparicio, I. (2022). High hydrostatic pressure assisted by food-grade enzymes as a sustainable approach for the development of an antioxidant ingredient. *Food Science and Technology*. 169, 113968. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113968>
- De la Peña-Armada, R., Villanueva-Suárez, M.J., Molina-García, A.D., Rupérez, P., Mateos-Aparicio, I. (2021). Novel rich-in-soluble dietary fiber apple ingredient obtained from the synergistic effect of high hydrostatic pressure aided by Celluclast®. *Food Science and Technology*. 146, 111421. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111421>
- Del Greco, N. (2016). *Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales*. Cadena de jugos de frutas. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Argentina <https://www.argentina.gob.ar>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019). *Manzanas crudas con piel*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171688/attributes>
- Dhillon, G.S., Kaur, S., Kaur Brar, S., (2013). Perspectiva de los desechos del procesamiento de manzanas como sustratos de bajo costo para la bioproducción de productos de alto valor: una revisión. *Reseñas de energías renovables y sostenibles*. 27, (789-805). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.046>
- Dranca, F., Talón, E., Vargas, M., Oroian, M. (2021). Microwave vs. conventional extraction of pectin from *Malus domestica* 'Fälticeni' pomace and its potential use in hydrocolloid-based films. *Food Hydrocolloids*. 121, 107026. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107026>
- Dranca, F., Vargas, M., Oroian, M. (2020). Physicochemical properties of pectin from *Malus domestica* 'Fälticeni' apple pomace as affected by non-conventional extraction techniques. *Food Hydrocolloids*. 100, 105383. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105383>
- Dulf, F. V., Vodnar, D.C., Dulf, E-H. (2023). Solid-state fermentation with Zygomycetes fungi as a tool for biofortification of apple pomace with γ -linolenic acid, carotenoid pigments and phenolic antioxidants. *Food Research International*. 173 (Part 2), 113448. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113448>
- Fernandes, P. A. R., Le Bourvellec, C., Catherine M.G.C.R, Nunes, F.N., Bastos, R., Coelho, E., Wessel, D.F., Coimbra, M. A., Cardoso, S.M. (2019). Revisiting the chemistry of apple pomace polyphenols. *Food Chemistry*. 294 (9-18). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.006>

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Food and Agriculture Organization (FAO), (2019-b). *Plataforma técnica sobre la medición y la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/platform-foodloss-waste/es/>

Food and Agriculture Organization (FAO), (2022). Cultivos y productos pecuarios. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

Gaharwar, S.S., Kumar, A., Rathod, K.S., V. S., Shinde. (2023). Valorization of *Malus domestica* L. (Apple) peels: A case study of circular bioeconomy. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 36, 101301. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101301>

Garvey, E.C., O'Sullivan M.G., Kerry, J.P., Milner, L., Gallagher, E., Kilcawley, K.N. (2021). Characterising the sensory quality and volatile aroma profile of clean-label sucrose reduced sponge cakes. *Food Chemistry*, 342, 128124. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128124>

Google Scholar. <https://scholar.google.es>

Górnaś, P., Mišina, I., Olšteine, A., Krasnova, I., Pugajeva, I., Lācis, G., Siger, A., Michalak, M., Soliven, A., Segliņa, D. (2015). Phenolic compounds in different fruit parts of crab apple: Dihydrochalcones as promising quality markers of industrial apple pomace by-products. *Industrial Crops and Products*. 74, (607-612). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.030>

Grygorczyk, A., Blake, A. (2023). Particle perception: Defining sensory thresholds for grittiness of upcycled apple pomace powders. *Food Quality and Preference*. 111, 104985. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104985>

Gut, B., Guzzetti, M. P. (2017). *Árboles nativos e introducidos en Patagonia*. 1a. edición bilingüe -Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Vázquez Mazzini Editores, 2017. 416 p. Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales, Argentina.

Huc-Mathis, D., Journet, C., Fayolle, N., Bosc, V. (2019). Emulsifying properties of food by-products: Valorizing apple pomace and oat bran. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 568, (84-91). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.02.001>

Huda, A. B., Parveen, S., Rather, S. A., Akhter, R., Hassan, M. (2014). Effect of incorporation of apple pomace on the physico-chemical, sensory and textural properties of mutton nuggets. *International Journal of Advanced Research*, 2(4), 974–983. <http://www.journalijar.com>

Ibarra-Cantún, D., Ramos-Cassellis, M. E., Sánchez-Arzubide, M. G., Castelán-Vega, R. D. C., & Marín-Castro, M. A. (2022). Compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de la fermentación en estado sólido de bagazo de manzana (*Malus domestica* Borkh., var. panochera). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2).

Instituto de Desarrollo Rural (IDR). Censo Frutícola Provincial 2010. <https://www.idr.org.ar>

Instituto de Desarrollo Rural (IDR). *Manzana todo el año*. (2020). <https://www.idr.org.ar/manzana>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (I.N.D.E.C). Censo Nacional Agropecuario 2018. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_definitivos.pdf

Juárez Hernández, C. (2016). *Caracterización físico-química y nutrimental del residuo agroindustrial proveniente de la industria productora de sidra de manzana (*Pyrus malus* L.) del estado de Puebla*. [Tesis de Licenciatura]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Facultad de Ingeniería Química. México.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Jurić, M.; Maslov Bandić, L.; Carullo, D.; Jurić, S. (2024). Technological advancements in edible coatings: Emerging trends and applications in sustainable food preservation. *Food Bioscience*. 58, 103835. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103835>.
- Kammerer, D.R., J., Valet, R., Carle, R. (2014). Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients. *Food Research International*. 65 (Part A), (2-12). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.012>
- Karwacka, M., Ciurzyńska, A., Galus, S., Janowicz, M. (2022). Freeze-dried snacks obtained from frozen vegetable by-products and apple pomace – Selected properties, energy consumption and carbon footprint. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 77, 102949. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102949>
- Kultys, E., Moczowska-Wyrwisz, M. (2022). Effect of using carrot pomace and beetroot-apple pomace on physicochemical and sensory properties of pasta. *Food Science and Technology*. 168, 113858. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113858>
- Kumar, S., Konwar, J., Purkayastha, M, D., Kalita, S., Mukherjee, A., Dutta, J. (2023). Current progress in valorization of food processing waste and by-products for pectin extraction. *International Journal of Biological Macromolecules*. 239, 124332. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124332>
- Lujan, M.I. (2010). *Determinación de los tiempos de reducción decimal a distintas temperaturas de cepas de Alicyclobacillus spp aisladas durante la elaboración de jugos concentrados de manzana*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería Química, Argentina. <http://hdl.handle.net/11185/400>
- Madroñero-Palacios, S., & Guzmán-Hernández, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(3), 122-130. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i3.3907>
- Manthei, A., Elez-Martínez, P., Soliva-Fortuny, R., Murciano-Martínez, P. (2024). Ultrasonication and enzymatic treatment of apple and orange bagasses: Molecular characterization of released oligosaccharides and modification of techno-functional and health-related properties. *Food Science and Technology*. 194, 115816. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115816>
- Manzoor, S., Masoodi, F.A., Rashid, R., Dar, M.M. (2022). Improving oxidative stability of soyabean oil by apple pomace extract during deep frying of french fries. *Food Bioscience*. 49, 101874. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101874>
- Matta, E., Tavera-Quiroz, M.J., Bertola, N. (2019). Active edible films of methylcellulose with extracts of green apple (Granny Smith) skin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 124, (1292-1298). <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.114>
- Millen, B.E., Abrams, S., Adams-Campbell, L., Anderson, C.A.M., Brenna, .T. Campbell, W., Steven Clinton, Hu, F., Nelson, M., Neuhouser, M.L., Perez-Escamilla, R., Siega-Riz, A.M., Story, M., Lichtenstein, A.H. (2016). The 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee Scientific Report: Development and Major Conclusions. *Advances in Nutrition*. 7 (3), (438-444). <https://doi.org/10.3945/an.116.012120>
- Milner, L., Kerry, J.P., O'Sullivan, M.G., Gallagher, E. (2020). Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- alternative ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 59, 102235. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102235>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2011). *El Mercado del jugo concentrado de* <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar>
- Ministerio de Agroindustria (2017). *Protocolo de calidad para manzanas frescas*. https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/sello/sistema_protocolos/Protocolo_manzanas.pdf
- Ministerio de Economía. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2022). *Frutales de pepita Pera y Manzana. Informe 2021 y avance 2022*. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/09/perasymanzanas-sep2022-1.pdf>
- Mir, S.A., Don Bosco, S.J., Shah, M.A., Santhalakshmy, S., Mir, M.M. (2017). Effect of apple pomace on quality characteristics of brown rice based cracker. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. Volume 16 (1), (25-32). <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.01.001>
- Mora Mortes, V. (2023). *Caracterización de bagazos micronizados de mandarina y manzana para su uso como estructurantes en emulsiones*. [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia. España. <http://hdl.handle.net/10251/192680>
- Moreno Valdés, M. F. (2023). *Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/195006>
- Noboa Herrera, M.Y. (2024). *Residuos vegetales para obtención de pectina y su utilización en la Industria Alimentaria*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16289>
- Noya Dive, M.F., Zallocco, D. (2024). El enfoque escolar integral como contribución para el desarrollo sostenible La experiencia de escuelas de la Red PEA Argentina. *Revista de Estudios Interdisciplinarios sobre Desarrollo Sostenible*, 1(1), (100 – 119). <https://revistasdigitales.udesu.edu.ar/index.php/resides/article/view/179>
- O’Shea, N., Ktenioudaki, A., Smyth, T.P., McLoughlin, P., Doran, L., Auty, M.A.E., Arendt, E., Gallagher, E. (2015). Physicochemical assessment of two fruit by-products as functional ingredients: Apple and orange pomace. *Journal of Food Engineering*. 153, (89-95). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.12.014>
- Organización de las Naciones Unidas (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023: Edición especial. Por un plan de rescate para las personas y el planeta*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production>
- Ouyang, H., Guo, B., Hu, Y., Li, L., Jiang, Z., Li, Q., Ni, H., Li, Z., Zheng, M. (2023). Effect of ultra-high pressure treatment on structural and functional properties of dietary fiber from pomelo fruitlets. *Food Bioscience*. 52, 102436. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102436>
- Pascual Chagman, G. J. (2023). *Producción de fideos tipo Fetuccini con inclusión de residuos de naranjas y manzanas como estrategia para alcanzar una agricultura sustentable*. [Tesis de Doctorado] Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5807>
- Polenta, G. A. (2023). *La sustentabilidad de frutas y hortalizas: minimizando su pérdida y desperdicio*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Repositorio Instituto

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Argentina. Capítulo 8, p. 199-218. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/17156>
- Rabetafika, H.N., Bchir, B., Blecker, C., Richel, A. (2014). Fractionation of apple by-products as source of new ingredients: Current situation and perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 40 (1), (99-114). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.08.004>.
- Radenkovs, V., Püssa, T., Juhnevica-Radenkova, K., Kviesis, J., Salar, F.J., Moreno, D.A., Drudze, I. (2020). Wild apple (*Malus* spp.) by-products as a source of phenolic compounds and vitamin C for food applications. *Food Bioscience*. 38, 100744. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100744>
- Reyes, D.A. (2021). *Economía Circular: Un camino para la sustentabilidad agrícola*. Enero 2021. Departamento de Sustentabilidad y Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Chile. <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl>
- Rocha Parra, A. F. (2016) *Desarrollo de panificados libres de gluten adicionados con fibra: aplicación de un subproducto de la industria de jugo de manzana*. [Tesis Doctoral] Universidad Nacional de La Plata, Argentina. <https://doi.org/10.35537/10915/52434>
- Sagar, N.A, Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E.M y Lobo, M.G (2018). Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 17 (3), (512-531). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>
- Salimi, A., Khodaiyan, F., Askari, G., Hosseini, S.S. (2024). A zero-waste approach towards a sustainable waste management of apple: Extraction of value-added products and their application as edible coating. *Food Hydrocolloids*.147(Part A). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109304>
- Schwartz Melgar, M., Marchant Silva, R., Kern Falcón, W., Wicha Álvarez, J. (2022). Bioeconomía circular y valorización de residuos de la industria procesadora de la manzana. *Idesia (Arica)*. 40(3), (95-102). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000300095>
- ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com>
- Sereti, V., Kotsiou, K., Ciurlă, L., Patras, A., Irakli, M., Lazaridou, A. (2024). Valorizing apple pomace as stabilizer of olive oil-water emulsion used for reduction of saturated fat in biscuits. *Food Hydrocolloids*. 151,109746. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.109746>
- Stephen, A. M., Champ, M. M. J., Cloran, S. J., Fleith, M., Van Lieshout, L., Mejbourn, H., & Burley, V. J. (2017). Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions, sources, recommendations, intakes and relationships to health. *Nutrition research reviews*. 30(2), 149-190. <https://doi.org/10.1017/S095442241700004X>
- Stüber, K. (2018). Una colección de libros de biología históricos y modernos. *Revista Biblioteca Virtual de Biología*, Figura 7 de La flora de Alemania en cifras. <http://www.biolib.de>
- Texeira Macagnan, F., Dos Santos, L.R., Roberto, B.S., De Moura, F.A., Bizzani, M., Da Silva, L.P (2015). Biological properties of apple pomace, orange bagasse and passion fruit peel as alternative sources of dietary fibre. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 6 (1), (1-6). <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2015.04.001>
- Tlais, A.Z.A., Da Ros, A., Filannino, P., Vincentini, O., Gobbetti, M., Di Cagno, M. (2021). Biotechnological re-cycling of apple by-products: A reservoir model to produce a dietary

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- supplement fortified with biogenic phenolic compounds. *Food Chemistry*. 336, 127616. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127616>
- Trías, J., Curutchet, A., Cabrera, P. L. A., Cozzano, S. (2021). Revalorización del descarte originado por la producción de jugo de manzana como ingrediente funcional en la formulación de premezclas para horneados. *Innotec*, (21 ene-jun), 52-67. <https://doi.org/10.26461/21.04>
- Trigo, E., Vera Morales, E., Grassi, L., Losada, J., Dellisanti, J. P., Molinari, M. E., Molina, S. (2016). Bioeconomía Argentina - Visión desde Agroindustria. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria.
- Urbina, L., Eceiza, A., Gabilondo, N., Corcuera, M.Á., Retegi, A. (2019). Valorization of apple waste for active packaging: multicomponent polyhydroxyalkanoate coated nanopapers with improved hydrophobicity and antioxidant capacity. *Food Packaging and Shelf Life*. 21, 100356. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100356>
- Vázquez-Chávez, L., Zarazúa-Sánchez, Z. (2023). Extracción de pectina a partir de bagazo de manzana y su análisis. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 8(1), 680-685. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.89>
- Villamil-Galindo, E., Piagentini, A, M. (2022). Sequential ultrasound-assisted extraction of pectin and phenolic compounds for the valorisation of 'Granny Smith' apple peel. *Food Bioscience*. 49, 101958. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101958>
- Wang, X., Kristo, E., LaPointe, G. (2019). The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt. *Food Hydrocolloids*. 91, (83-91). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.004>
- Wang, X., Kristo, E., LaPointe, G. (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocolloids*. 100, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453>
- Wikiera, A., Mika, M., Starzyńska-Janiszewska, A., Stodolak, B. (2016). Endo-xylanase and endo-cellulase-assisted extraction of pectin from apple pomace. *Carbohydrate Polymers*. 142, (199-205). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.01.063>
- Yilmaz-Turan, S., Gál, T., Lopez-Sanchez, P., Mario M. Martinez, M, M., Menzel, C., Vilaplana, F. (2023). Modulating temperature and pH during subcritical water extraction tunes the molecular properties of apple pomace pectin as food gels and emulsifiers. *Food Hydrocolloids*. 145, 109148. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109148>
- Zahid, M., Khalid, S., Raana, S., Amin, S., Javaid, H., Arshad, R., Jahangeer, A., Ahmad, S., Hassan, S.A. (2024). Unveiling the anti-oxidative potential of fruits and vegetables waste in prolonging the shelf stability of vegetable oils. *Future Foods*. Volume 10, 100328. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100328>
- Zhang, F., Wang, T., Wang, X., Lü, X. (2021). Apple pomace as a potential valuable resource for full-components utilization: A review. *Journal of Cleaner Production*. 329, 129676. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129676>

8. ANEXO.

8.1. ORGANIZACIÓN DE LOS ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN.

Tabla 11: Artículos seleccionados de las plataformas ScienceDirect y Google Scholar relacionados con las generalidades, producción e industrialización de manzana. Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Árboles nativos e introducidos en Patagonia.	Google Scholar	2017	Gut, B., Guzzetti, M. P.
Compuestos bioactivos y funcionales presentes en el orujo de manzana procedente de la elaboración de zumos y sidras: uso potencial en formulaciones dérmicas	ScienceDirect	2019	Barreira, J.C.C., Alvarez Arraibi, A., Ferreira, I.C.F. R
Manzana todo el año	Google Scholar	2020	Instituto de Desarrollo Rural
Avances y tendencias recientes en técnicas de extracción para recuperar compuestos polifenoles de subproductos de manzana	ScienceDirect	2021	Da Silva, L.C., Viganó, J., De Souza Mesquita, L.M., Dias, A.L.B., De Souza, M.C., Sanches, V.L., Chaves, J.O., Pizani, R.S., Contieri, L.S., Rostagno, M.A.,
Frutales de pepita Pera y Manzana. Informe 2021 y avance 2022.	Google Scholar	2021	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca,
Revalorización del descarte originado por la producción de jugo de manzana como ingrediente funcional en la formulación de premezclas para horneados.	Google Scholar	2021	Trías, J., Curutchet, A., Cabrera, P. L. A., Cozzano, S.
Mensuario Estadístico Frutícola, junio 2024.	Google Scholar	2024	Cámara Argentina de Fluticultores Integrados
Economías regionales: red de actores, procesos de producción y espacios para agregar valor.	Google Scholar	2021	Carciofi, I., Guevara-Lynch, J. P., Cappelletti, L., Maspi, N., López, S.

8. ANEXO.

Tabla 12. Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con Subproductos del jugo concentrado de manzana (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Evaluación fisicoquímica de dos subproductos de frutas como ingredientes funcionales: orujo de manzana y naranja.	ScienceDirect	2015	O'Shea, N., Ktenioudaki, A., Smyth, T.P., McLoughlin, P., Doran, L., Auty, M.A.E., Arendt, E., Gallagher, E.
Análisis tecnológicos y prospectivos sectoriales Cadena de jugos de frutas	Google Scholar	2016	Del Greco, N.
Bioeconomía Argentina. Visión desde Agroindustria.	Google Scholar	2016	Trigo, E., Vera Morales, E., Grassi, L., Losada, J., Dellisanti, J. P., Molinari, M. E., Molina, S.
Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento.	ScienceDirect	2017	Cury R, K., Aguas M. Y., Martinez M. A., Olivero V. R., y Chams, Ch. L. (2017).
Análisis ambiental de los residuos de las industrias jugueras. El caso del alto Valle de Rio Negro y Neuquén, Argentina.	Google Scholar	2018	Aramberri, M.
Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias.	Google Scholar	2018	Madroñero-Palacios, S., Guzmán-Hernández, T.
El orujo de manzana como un recurso valioso y potencial para el aprovechamiento completo de los componentes	ScienceDirect	2021	Zhang, F., Wang, T., Wang, X., & Lü, X.
Reciclaje biotecnológico de subproductos de manzana: un modelo de reservorio para producir un suplemento dietético fortificado con compuestos fenólicos biogénicos	ScienceDirect	2021	Tlais, A.Z.A., Da Ros, A., Filannino, P., Vincentini, O., Gobbetti, M., Di Cagno, M.
Efecto del uso de orujo de zanahoria y orujo de remolacha y manzana sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la pasta	ScienceDirect	2022	Kultys, E., Moczowska-Wyrwisz, M.
Bioeconomía circular y valorización de residuos de la industria procesadora de la manzana.	Google Scholar	2022	Schwartz Melgar, M., Marchant Silva, R., Kern Falcón, W., Wicha Álvarez, J.

8. ANEXO.

Tabla 13: Artículos seleccionados de las plataformas ScienceDirect y Google Scholar relacionados con Subproductos del jugo concentrado de manzana (Parte 2). Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Valorización de <i>Malus domestica</i> L. Cáscaras de manzana: un estudio de caso de bioeconomía circular	ScienceDirect	2023	Gaharwar, S.S., Kumar, A., Rathod, K.S., V. S., Shinde
Percepción de partículas: definición de umbrales sensoriales para la arenisca de los polvos de orujo de manzana reciclados	ScienceDirect	2023	Grygorczyk, A., Blake, A.
Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales	Google Scholar	2023	Moreno Valdés,
Caracterización de bagazos micronizados de mandarina y manzana para su uso como estructurantes en emulsiones	Google Scholar	2023	Mora Mortes, V
El enfoque escolar integral como contribución para el desarrollo sostenible La experiencia de escuelas de la Red PEA Argentina	Google Scholar	2024	Noya Dive, M.F., Zallocco, D.
Residuos vegetales para obtención de pectina y su utilización en la Industria Alimentaria.	Google Scholar	2024	Noboa Herrera, M.Y.

8. ANEXO.

Tabla 14: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana como fuente de compuestos fenólicos. (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Recuperación de polifenoles de los subproductos del procesamiento de alimentos vegetales y su aplicación como valiosos ingredientes alimentarios	ScienceDirect	2014	Kammerer, D.R., J., Valet, R., Carle, R.
Compuestos fenólicos en diferentes partes del fruto del manzano silvestre: dihidrocalconas como prometedores marcadores de calidad de subproductos industriales de pulpa de manzana	ScienceDirect	2015	Górnaś <i>et al.</i> , 2015).
Impacto del secado al aire en la extracción de polifenoles del orujo de manzana	ScienceDirect	2019	Birtic, S., Régis, S., Le Bourvellec, C., Catherine M.G.C. R
Revisando la química de los polifenoles del orujo de manzana	ScienceDirect	2019	Fernandes, P. A. R., Le Bourvellec, C., Catherine M.G.C.R, Nunes, F.N., Bastos, R., Coelho, E., Wessel, D.F., Coimbra, M. A., Cardoso, S.M.
Mejora de la estabilidad oxidativa del aceite de soja mediante extracto de pulpa de manzana durante la fritura de patatas fritas	ScienceDirect	2022	Manzoor, S., Masoodi, F.A., Rashid, R., Dar, M.M.
Extracción secuencial asistida por ultrasonidos de pectina y compuestos fenólicos para la valorización de la piel de manzana 'Granny Smith'	ScienceDirect	2022	Villamil-Galindo, E., Piagentini, A, M.
Valorización de subproductos de manzana como fuente de compuestos bioactivos mediante tecnologías sostenibles	Google Scholar	2023	Adell Corrales, I.
Fermentación en estado sólido con hongos <i>Zygomycetes</i> como herramienta para la biofortificación de orujo de manzana con ácido γ -linolénico, pigmentos carotenoides y antioxidantes fenólicos.	ScienceDirect	2023	Dulf, F. V., Vodnar, D.C., Dulf, E-H.

8. ANEXO.

Tabla 15: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana como fuente de compuestos fenólicos. (Parte 2). Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
La sustentabilidad de frutas y hortalizas: minimizando su pérdida y desperdicio	ScienceDirect	2023	Yilmaz-Turan, S., Gál, T., Lopez-Sanchez, P., Mario M. Martinez, M.M., Menzel, C., Vilaplana, F. (2023).
Descubriendo el potencial antioxidante de los residuos de frutas y verduras para prolongar la estabilidad de los aceites vegetales	ScienceDirect	2023	Zahid, M., Khalid, S., Raana, S., Amin, S., Javaid, H., Arshad, R., Jahangeer, A., Ahmad, S., Hassan, S.A.

Tabla 16: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana como fuente de fibra dietaria (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Propiedades biológicas del orujo de manzana, bagazo de naranja y cáscara de maracuyá como fuentes alternativas de fibra dietética	ScienceDirect	2015	Teixeira Macagnan, F., Rodrigues dos Santos, L., Sampaio Roberto, B., Aline de Moura, F., Bizzani, M., Picolli da Silva, L. (2015).
Caracterización fisico-química y nutrimental del residuo agroindustrial proveniente de la industria productora de sidra de manzana (<i>Pyrus malus</i> L.) del estado de Puebla.	Google Scholar	2016	Juárez Hernández, C.
Informe científico del Comité Asesor de Guías Alimentarias de 2015: desarrollo y conclusiones principales	ScienceDirect	2016	Millen, B.E., Abrams, S., Adams-Campbell, L., Anderson, C.A.M., Brenna, .T., Campbell, W., Steven Clinton, Hu, F., Nelson, M., Neuhouser, M.L., Perez-Escamilla, R., Siega-Riz, A.M., Story, M., Lichtenstein, A.H. (2016).
Fibra dietética en Europa: estado actual de los conocimientos sobre definiciones, fuentes, recomendaciones, ingestas y relaciones con la salud	ScienceDirect	2017	Stephen, A. M., Champ, M. M. J., Cloran, S. J., Fleith, M., Van Lieshout, L., Mejbourn, H., & Burley, V. J.

8. ANEXO.

Tabla 17: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana como fuente de fibra dietaria. (Parte 2).
Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Novedoso ingrediente de manzana rico en fibra dietética soluble obtenido del efecto sinérgico de la alta presión hidrostática ayudada por Celluclast®	ScienceDirect	2021	De la Peña-Armada, R., Villanueva-Suárez, M.J., Molina-García, A.D., Rupérez, P., Mateos-Aparicio, I.
Alta presión hidrostática asistida por enzimas de calidad alimentaria como enfoque sostenible para el desarrollo de un ingrediente antioxidante	ScienceDirect	2022	De la Peña-Armada, R., Rupérez, P., Villanueva-Suarez, M.J., Mateos-Aparicio, I.
Efecto del tratamiento con presión ultraalta sobre las propiedades estructurales y funcionales de la fibra dietética	ScienceDirect.	2023	Ouyang, H., Guo, B., Hu, Y., Li, L., Jiang, Z., Li, Q., Ni, H., Li, Z., Zheng, M.
La sustentabilidad de frutas y hortalizas: minimizando su pérdida y desperdicio	Google Scholar	2023	Polenta, G. A
Ultrasonido y tratamiento enzimático de bagazo de manzana y naranja: caracterización molecular de oligosacáridos liberados y modificación de propiedades tecnofuncionales y relacionadas con la salud	ScienceDirect	2024	Manthei, A., Elez-Martínez, P., Soliva-Fortuny, R., Murciano-Martínez, P.

8. ANEXO.

Tabla 18: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana como fuente de pectinas. Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Extracción de pectina de pulpa de manzana asistida por endo-xilanas y endo-celulasa.	ScienceDirect	2016	Wikiera, G., Mika, M., Starzyńska-Janiszewska, A., Bożena Stodolak, B.
Desarrollo de procesos ecológicos para la producción de pectina de cáscara de manzana mediante extracción con ácidos orgánicos	ScienceDirect	2019	Cho, E-H., Jung, H-T., Lee, B-H., Kim, H-S., Rhee, J-K., Yoo, S-H.
Propiedades fisicoquímicas de la pectina de pulpa de manzana <i>Malus domestica</i> 'Fälticeni' afectadas por técnicas de extracción no convencionales	ScienceDirect	2020	Dranca, F., Vargas, M., Oroian, M.
Pectinas de frutas: relaciones entre métodos de extracción, características estructurales y propiedades funcionales	ScienceDirect	2021	Cui, J., Zhao, C., Feng, L., Han, Y., Du, H., Xiao, H., Zheng, J.
Avances actuales en la valorización de residuos y subproductos del procesamiento de alimentos para la extracción de pectinas.	ScienceDirect	2023	Kumar, S., Konwar, J., Purkayastha, M, D., Kalita, S., Mukherjee, A., Dutta, J.
Extracción de pectina a partir de bagazo de manzana y su análisis	ScienceDirect	2023	Vázquez-Chávez, L., Zarazúa-Sánchez, Z.
La modulación de la temperatura y el pH durante la extracción con agua subcrítica ajusta las propiedades moleculares de la pectina de orujo de manzana como geles alimentarios y emulsionantes.	ScienceDirect	2023	Yilmaz-Turan, S., Gál, T., Lopez-Sanchez, P., Mario M. Martinez, M.M., Menzel, C., Vilaplana, F.

8. ANEXO.

Tabla 19: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana como fuente de recubrimiento o película comestible Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Valorización de residuos de manzana para envases activos: nanopapeles recubiertos de polihidroxialcanoato multicomponente con hidrofobicidad y capacidad antioxidante mejoradas	ScienceDirect	2019	Urbina, L., Eceiza, A., Gabilondo, N., Corcuera, M.Á., Retegi, A.
Películas de base biológica preparadas con orujo de manzana: composición de compuestos volátiles y propiedades mecánicas, antioxidantes y antibacterianas	ScienceDirect	2021	Carpes, S.T., Bertotto, B., Bilck, A.P., Yamashita, F., Anjos, O., Siddique, M.A.B., Harrison, S.M., Brunton, N.P.
Películas comestibles activas de metilcelulosa con extractos de piel de manzana verde (Granny Smith)	ScienceDirect	2019	Matta, E., Tavera-Quiroz, M.J., Bertola, N.
Avances tecnológicos en recubrimientos comestibles: tendencias y aplicaciones emergentes en la conservación sostenible de alimentos	ScienceDirect	2024	Jurić, M.; Maslov Bandić, L.; Carullo, D.; Jurić, S.
Un enfoque de residuo cero hacia una gestión sostenible de los residuos de manzana: extracción de productos de valor añadido y su aplicación como recubrimiento comestible	ScienceDirect	2024	Salimi, A., Khodaiyan, F., Askari, G., Hosseini, S.S.
Extracción por microondas frente a extracción convencional de pectina de orujo de <i>Malus domestica</i> 'Fálticeni' y su posible uso en películas a base de hidrocoloides	ScienceDirect	2021	Dranca, F., Talón, E., Vargas, M., Oroian, M.

8. ANEXO.

Tabla 20: Investigaciones seleccionados de las plataformas ScienceDirect y Google Scholar sobre las aplicaciones bagazo de manzana como estabilizador de emulsiones. Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Efecto de la incorporación de pulpa de manzana sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales texturales de Nuggets de cordero.	ScienceDirect	2014	Huda, A. B., Parveen, S., Rather, S. A., Akhter, R., Hassan, M.
Propiedades emulsionantes de los subproductos alimentarios: Valorización del orujo de manzana y del salvado de avena	ScienceDirect	2019	Huc-Mathis, D., Journet, C., Fayolle, N., Bosc, V.
Efecto del orujo de manzana sobre la textura, reología y microestructura del yogur cuajado	ScienceDirect	2019	Wang, X., Kristo, E., La Pointe, G.
Pulpa de manzana micronizada como nuevo emulsionante para emulsión de Pickering O/W alimentaria.	ScienceDirect	2020	Lu, Z., Ye, F., Zhou, G., Gao, R., Qin, D., Zhao, G.
Agregar orujo de manzana como ingrediente funcional en yogures batidos y bebidas de yogur	ScienceDirect	2020	Wang, X., Kristo, E., La Pointe, G.
Valorización del pulpa de manzana como estabilizador de emulsiones de aceite de oliva y agua para la reducción de grasas saturadas en galletas	ScienceDirect	2024	Sereti, V., Kotsiou, K., Ciurlă, L., Patras, A., Irakli, M., Lazaridou, A.

8. ANEXO.

Tabla 21: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana en alimentos sin gluten Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Efecto del orujo de manzana sobre las características de calidad de la galleta a base de arroz integral	ScienceDirect	2017	Mir, S.A., Don Bosco, S.J., Shah, M.A., Santhalakshmy, S., Mir, M.M.

Tabla 22: Artículos seleccionados de las plataformas digitales ScienceDirect y Google Scholar relacionados con el aprovechamiento de bagazo de manzana como sustituto de azúcar Fuente: Elaboración propia.

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN	PLATAFORMA DIGITAL	AÑO	AUTORES
Características físicas, texturales y sensoriales de tortas reducidas en sacarosa, incorporadas con ingredientes alternativos de etiqueta limpia que reemplazan el azúcar	ScienceDirect	2020	Milner, L., Kerry, J.P., O'Sullivan, M.G., Gallagher, E.
Caracterización de la calidad sensorial y del perfil aromático volátil de bizcochos reducidos en sacarosa y de etiqueta limpia	ScienceDirect	2021	Garvey, E.C., O'Sullivan M.G., Kerry, J.P., Milner, L., Gallagher, E., Kilcawley, K.N.
Snacks liofilizados obtenidos a partir de subproductos vegetales congelados y pulpa de manzana: propiedades seleccionadas, consumo energético y huella de carbono	ScienceDirect	2022	Karwacka, M., Ciużyńska, A., Galus, S., Janowicz, M.