

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

USO DE SUBPRODUCTOS DE FRUTOS ROJOS EN LA ELABORACIÓN DE DIFERENTES ALIMENTOS

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN CIENCIA E INGENIERÍA DE
LOS ALIMENTOS.

ALUMNA: Laura Clemente García

TUTORA ACADÉMICO: M.^a Isabel Hernando Hernando

COTUTORA: Amparo Quiles Chuliá

DIRECTORA EXPERIMENTAL: Elena Díez Sánchez

Curso Académico: 2019/2020

VALENCIA, FECHA: 25/11/2020

USO DE SUBPRODUCTOS DE FRUTOS ROJOS EN LA ELABORACIÓN DE DIFERENTES ALIMENTOS

Clemente-García, L., Díez-Sánchez, E., Quiles, A., Hernando, I.¹

RESUMEN

En la actualidad, es cada vez mayor la demanda de productos beneficiosos para la salud, además de apetecibles, deben presentar buenas propiedades sensoriales y tecnológicas. Es por ello, que surge la necesidad, por parte de la industria alimentaria, de encontrar sustancias bioactivas o ingredientes que, añadida a los alimentos, pueda aportar un valor añadido a nivel nutricional. Concretamente, la industria de zumos de frutos rojos genera en forma de residuo o subproducto el 20 % de su producción; es el denominado bagazo, orujo o torta de prensado. Destaca por ser una valiosa fuente de compuestos bioactivos (flavonoides y antocianinas) así como de fibra dietética. El bagazo puede ser recuperado y transformado en ingrediente funcional en la formulación de diferentes alimentos. Por ello, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión bibliográfica del efecto de la adición de este subproducto, como ingrediente, en diferentes productos alimentarios de la industria. La diversidad de sus funciones le permite tener un uso variado, pudiendo ejercer un efecto potencialmente beneficioso en la salud, reduciendo la liberación de glucosa en sangre. Además, garantiza la seguridad de los productos, evitando o reduciendo posibles agentes oxidantes que causan deterioros o cambios de coloración o incluso, reduciendo la presencia de microorganismos patógenos. En el presente trabajo se muestra, por tanto, las evidencias del valor añadido que proporciona un uso adecuado de bagazo de frutos rojos en diferentes productos como yogur, carnes, pan y sus derivados.

PALABRAS CLAVE: fibra, antioxidante, bagazo, bayas, cárnicos, lácteos, productos de panadería.

RESUM

En l'actualitat, és cada vegada major la demanda de productes beneficiosos per a la salut, a més d'apetibles, han de presentar bones propietats sensorials i tecnològiques. És per això, que sorgeix la necessitat, per part de la indústria alimentària, de trobar substàncies bioactives o ingredients que afegits als aliments, puguen aportar valor a nivell nutricional. Concretament, la indústria de suc de fruits rojos genera en forma de residu o subproducte el 20% de la seua producció; és el denominat bagàs, orujo o coca de premsatge. Destaca per ser una valuosa font de compostos bioactius (flavonoides i antocianines)

¹ Departamento de tecnología de los alimentos
Universidad Politécnica de Valencia

així com de fibra dietètica. El bagàs pot ser recuperat i transformat en ingredient funcional en la formulació de diferents aliments. Per això, l'objectiu d'aquest treball és realitzar una revisió bibliogràfica de l'efecte de l'addició d'aquest subproducte, com a ingredient, en diferents productes alimentaris de la indústria. La diversitat de les seues funcions li permet tindre un ús variat, podent exercir un efecte potencialment beneficiós en la salut, reduint l'alliberament de glucosa en sang. A més, garantix la seguretat dels productes, evitant o reduint possibles agents oxidants que causen deterioris o canvis de coloració o fins i tot, reduint la presència de microorganismes patògens. En el present treball es mostren, per tant, les evidències del valor afegit que proporciona un ús adequat del bagàs de fruits rojos en diferents productes com a iogurt, carnis, pa i els seus derivats.

PARAULES CLAU: fibra, antioxidant, bagàs, baies, carnis, lactis, productes de forn

ABSTRACT

Nowadays, there is a growing demand for products that are beneficial for the health, as well as being appealing, they must have good sensory and technological properties. This is why the food industry needs to find bioactive substances or ingredients that, when added to food, can provide added value on a nutritional level. Specifically, berry fruit juice industry generates 20% of its production in the form of residue or by-product; this is the so-called bagasse, pomace or press cake. It stands out as a valuable source of bioactive compounds (flavonoids and anthocyanins) as well as dietary fiber. Pomace can be recovered and transformed into a functional ingredient in the formulation of different foods. Therefore, the aim of this work is to carry out a bibliographic review of the effect of the addition of this by-product, as an ingredient, in different food products of the industry. The diversity of its functions allows it to have a varied use, being able to exert a potentially beneficial effect on health, reducing the release of glucose into the bloodstream, but also guaranteeing the safety of the products, avoiding or reducing possible oxidizing agents that cause deterioration or changes of color or even, reducing the presence of pathogenic microorganisms. In this work, it is shown, therefore, the evidence of the added value provided by an adequate use of berry fruits pomace in different products such as yogurt, meat and bakery products.

KEY WORDS: fiber, antioxidant, pomace, berries, meat, dairy, bakery products.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es cada vez mayor la demanda de alimentos con los que más allá del beneficio nutricional, se obtenga un beneficio para la salud afectando a una o más funciones del organismo humano, de modo que mejore el estado de salud y reduzca el riesgo de contraer enfermedades (Galland, 2012; Riezzo et al., 2005). Estos son los denominados por la AESAN (Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición) como alimentos funcionales, cada vez más en boga por parte del consumidor, de ahí que marquen una tendencia en el mercado y en la industria alimentaria. Este tipo de productos alimentarios contienen ciertos componentes o ingredientes que aportan un beneficio en el producto final. Es por ello, que el sector alimentario ha visto la necesidad de estudiar nuevas fuentes portadoras de sustancias bioactivas e investigarlas debido al interés que suscitan.

En concreto, la industria frutihortícola genera gran cantidad de residuos procedentes del procesado de frutas o vegetales, los cuales están llamando especialmente la atención como ingredientes funcionales, novedosos y económicos. Hasta hace pocos años, estos residuos eran utilizados como abono, pienso para animales, sustrato en la producción de biogás o eran desechados en vertederos o incluso incinerados. Esto supone al productor un coste adicional, además de crear un gran impacto ambiental y económico, y una pérdida de valiosos nutrientes (Angulo et al., 2012; Kryževičūtė et al., 2017; Leroy et al., 2007). Por tanto, debido a la tendencia en materias de salud y sistemas de producción más sostenibles, el sector está buscando en estos subproductos o “biorresiduos” estrategias para poder proporcionar al residuo un valor añadido que ayude a reducir el impacto ambiental causado por su eliminación (Laroze et al., 2010; May & Guenther, 2020).

Un ejemplo es la industria de zumos de frutos rojos. Durante el procesado para la obtención de zumo se obtiene un residuo sólido, comúnmente denominado torta de prensado, orujo o bagazo, que representa el 20-30 % del total de la baya (Muceniecea et al., 2018). Este subproducto podría ser una fuente alternativa y atractiva de valiosos compuestos bioactivos debido a su bajo costo y a la naturaleza biorenovable, pudiendo ser muy interesante dentro de la innovación de productos alimentarios debido a la recuperación de ingredientes de valor añadido que puede presentar (Struck et al., 2016).

El bagazo está principalmente compuesto por la piel de las bayas (exocarpo), semillas y tallos. Destaca por sus altas cantidades de compuestos bioactivos (polifenoles, antocianinas) y fibras dietéticas concentradas en la cáscara y semillas (Struck et al., 2016; Yin Lau et al., 2019). Se le atribuye a su composición propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que ayudan a combatir y controlar la presión sanguínea y a reducir algunas enfermedades neurodegenerativas o cardiovasculares, arteriosclerosis o cáncer. Además, debido al alto contenido en compuestos bioactivos y su efecto inhibitor de la alfa glucosidasa, ayuda a controlar los niveles de glucosa en sangre en pacientes diabéticos, retardando la liberación y absorción de monosacáridos procedentes de carbohidratos complejos (Muceniecea et al., 2018; May &

Guenther, 2020; Mazzoni et al., 2016; Paredes-López et al., 2010; Quiles et al., 2018).

Tanto la composición como el desarrollo de nuevos métodos de valorización de residuos, ayuda a convertir el bagazo de frutos rojos en productos con alto valor para su uso potencial en el tratamiento o prevención de enfermedades crónicas (Muceniecea et al., 2018; Mäkilä et al., 2014). En la industria alimentaria, el uso de subproductos está cada vez más extendido formando parte de la composición final del alimento, no sólo por los beneficios nutricionales que presentan, sino también porque pueden mostrar diversos usos como aditivos alimentarios, proporcionando color al producto final, o como agentes antimicrobianos para mejorar la vida útil.

Adicionalmente, podrían satisfacer la demanda del consumidor hacia productos “clean label”, reduciendo con su uso problemas ambientales económicos y de sostenibilidad del mundo moderno (Ni et al., 2018). Por lo tanto, el objetivo de esta revisión bibliográfica es estudiar el potencial de los residuos procedentes de la industria de zumos de frutos rojos y sus diferentes aplicaciones, apostando por los residuos naturales y viendo en ellos, una gran fuente de valiosos nutrientes para la industria alimentaria.

2. BAGAZO EN PRODUCTOS DE PANADERÍA

Los productos del sector de panificación se han ido desarrollando a lo largo de los años en el mercado de alimentos funcionales; proporcionan una matriz ideal para introducir ingredientes funcionales con beneficios potenciales para la salud, suministrando un producto capaz de satisfacer las exigencias del consumidor en cuanto a apariencia, sabor y textura (Siró et al., 2008).

En panificación, la incorporación del bagazo es simple y rápida de manejar, es por ello por lo que ha suscitado gran interés, especialmente en productos elaborados con harina blanca, como pueden ser pan blanco, galleta, bizcocho o pasteles. También se ha incorporado bagazo en extrusionados a base de cereales, en los que aparte de la harina se ha sustituido azúcar o grasa de la composición del extrusionado por el bagazo (Struck & Rohm, 2020).

La incorporación de bagazo tiene diversas aplicaciones entre las que destacan, por un lado, la fortificación (adición) y por otro la sustitución de algún ingrediente de la composición en el producto original; en ambos casos se producen cambios en la composición de fibra dietética, vitaminas y compuestos fenólicos del producto. A pesar de que su incorporación puede influir modificando ciertas propiedades físicas y tecnológicas del producto original, también permite dotar al producto de numerosos efectos como el control y la reducción de la liberación de azúcar en sangre, contrarrestando los picos de hiperglucemia (efecto hipoglucémico) o reducir el riesgo de padecer ciertas enfermedades cardiovasculares (Quiles et al., 2018; Tańska et al., 2016).

Sin embargo, su uso puede causar alteraciones en la calidad de la masa, y más concretamente la fibra procedente de su composición, ya que reduce la tasa de hidratación de las proteínas de trigo, dando lugar a una red de gluten

más débil. Esto provoca la aparición de efectos perjudiciales en la creación de una estructura bien aireada, en parte debido a una disminución del gas retenido por la masa, que da lugar a una textura firme, menos esponjosa y una reducción de volumen en el producto. (Diez-Sánchez et al., 2020a; Foschia et al., 2013). Es por ello, que resulta de gran utilidad conocer el impacto de los componentes de la masa en sus propiedades tecnológicas para obtener una buena integración del subproducto en el pan de trigo o en derivados, pudiendo conseguir así una mayor aceptación del producto por parte del consumidor (Gómez et al., 2003; Laurikainen et al., 1998; Struck et al., 2018). La tabla 1 presenta un resumen de las referencias más importantes encontradas acerca de la incorporación de bagazo de frutos rojos en productos de panadería.

2.1 Pan

El pan es un producto consumido diariamente, y suscita un interés creciente en la incorporación de ingredientes funcionales, ya que es un vehículo clave para el aporte de fibra y compuestos bioactivos a la población. Responde así a la demanda del consumidor de alimentos nutricionalmente saludables que posean un valor añadido. Sin embargo, estos nuevos productos deben garantizar una buena aceptación por parte del consumidor, para poder ser competencia del pan de trigo convencional o tradicional (Gallagher et al., 2004; Martins et al., 2017).

Desde un punto de vista tecnológico, la composición del bagazo, así como su relación fibra insoluble y soluble (FDI/FDS) influye en el comportamiento reológico de la masa, el tiempo de desarrollo y la tasa de absorción de agua en la mezcla. En concreto, el bagazo contiene una fracción insoluble mayor (celulosa, hemicelulosa y lignina) que la soluble lo que ocasiona alteraciones, como masa más pegajosa, reducción del volumen del pan, miga firme, color oscuro y ciertas alteraciones en el sabor, debido a interacciones con el gluten por medio de enlaces de hidrógeno. Para impedir ciertas modificaciones perjudiciales que desestabilizan la estructura, se podrían incorporar proteínas o lípidos tensioactivos, que aumenten la viscosidad de la masa y retrasen así la coalescencia de las burbujas de aire y la consiguiente desestabilización de la estructura (Alba et al., 2019).

La adición de fibra, además, altera la red de gluten, no sólo por su dilución o por la competencia por el agua disponible, sino también porque existen interacciones directas entre la fibra y la proteína del gluten, que podrían estar en cierta medida relacionadas con el tamaño de partícula.

En el estudio de Struck et al. (2018) se evaluó la incorporación del 10, 20 o 30 % de bagazo de grosella negra (*Ribes nigrum*) secado a 70 ° C durante 2 h hasta conseguir la humedad buscada, se utilizó en sustitución parcial de la harina de trigo. Se pudo ver que el aumento del uso del subproducto provocó un aumento en la absorción de agua, reduciendo la cantidad de agua libre en el sistema y su pegajosidad. Por tanto, la masa enriquecida con bagazo proporcionó un mayor rendimiento de panificación, pero también un descenso en la resistencia y la extensibilidad de la masa, dos parámetros que marcan las características deseables para obtener una masa óptima. Este descenso

puede atribuirse al efecto negativo de la adición del bagazo en la formación de la red de gluten, dando lugar a masas más rígidas y una dilución de la proteína del gluten debido a la incorporación de fibra. Por otro lado, provocó un aumento en los tiempos de desarrollo y estabilización de la masa, lo que se vio reflejado en una mayor rigidez de la masa. Es por ello, que considerando las influencias de la incorporación de distintos porcentajes de bagazo en las propiedades de la masa, se concluyó que una masa con un 10% de bagazo produjo productos con características satisfactorias, mientras que no se pueden recomendar niveles de aplicación más altos debido a la influencia negativa en el producto (Struck et al., 2018).

Existen alternativas para mejorar las condiciones y las propiedades físico químicas de la fibra del bagazo en masas panarias, además de la adición de proteínas o lípidos tensioactivos mencionado con anterioridad, algunas de ellas son, tratar la fibra insoluble del alimento con peróxido de hidrógeno (mejorando propiedades de blancura o hinchazón), o bien, emplear un tratamiento enzimático con hemicelulosas y pentosanas, mejorando las características de la masa y la calidad del pan (Alba et al., 2019).

2.2 Productos sin gluten

Los productos de panadería sin gluten en el mercado suponen un mayor costo para el consumidor en comparación con sus homólogos con gluten, Además, se caracterizan por ser normalmente productos poco nutritivos y deficientes en fibra dietética, debido a la limitación que presenta el uso de cereales de grano entero ricos en fibra. A pesar de haber numerosas investigaciones acerca de este tema y al empleo de nuevas alternativas como la harina de soja, legumbre o sorgo, aun es necesario investigar para conseguir productos con características nutricionales y sensoriales que sean aceptables por el consumidor. Es por ello, que una buena alternativa sea la reutilización o aprovechamiento por parte de la industria de ingredientes de bajo costo, como pueden ser los subproductos de frutas, con propiedades nutricionales y funcionales óptimas para reincorporarlos a productos sin gluten (Šarić et al., 2019).

El bagazo supone grandes ventajas para el consumidor celiaco, ya que ayuda a fortificar con fibra dietética los productos sin gluten. Además, proporciona un alto contenido en compuestos bioactivos, una mayor relación de fracciones fibra dietética insoluble (FDI) / fibra dietética soluble (FDS) y un menor contenido en ácido fítico al que presentan los cereales comunes (García et al., 2010; Šarić et al., 2019; Uchoa et al., 2009).

Asimismo, existen diferentes formas de incorporación de bagazo. deshidratado, por ejemplo, puede proporcionar un cambio en las propiedades reológicas de la masa, y en algunos casos, afecta también a la calidad de horneado de los productos sin gluten. Esto en parte es debido a su contenido en fibra que proporciona al producto final una alta capacidad de absorción de agua, y por lo tanto se reduce así el agua libre del sistema, restringiendo la movilidad y la disponibilidad de agua para otros nutrientes como los hidrocoloides o el almidón (Šarić et al., 2019).

En galletas dulces, la incorporación del bagazo deshidratado de arándano (*Vaccinium oxycoccus*) y frambuesa (*Rubus idaeus*) durante 20 y 18 h en un secado convectivo a 45 °C en sustitución por un 30 % de la harina sin gluten, promovió el aumento del módulo elástico y viscoso, dando una mayor dureza de la masa, (Šarić et al., 2019). Por otro lado, en galletas saladas, la incorporación de bagazo secado de arándano (*Vaccinium oxycoccus*) durante 1 h a 70 °C a la formulación en sustitución de harina sin gluten, restringió el desarrollo de la red proteica debido a las alteraciones provocadas por las interacciones fibra-proteína. Una agregación proteínica restringida debido a la elevada absorción de humedad de la fibra, además, de la interacción fibra – proteína, y un menor contenido en almidón dio lugar a masas más suaves y menos extensibles (Schmidt et al., 2017).

A pesar de que la adición de bagazo provoca cambios en las propiedades de la masa y cambios sensoriales apreciables en olor, sabor y apariencia, en los estudios descritos por Šarić et al., (2019) y Schmidt et al., (2017) la aceptación general del producto fue buena por parte del consumidor. En cuanto al perfil nutricional de las galletas cabe destacar que, el enriquecimiento con bagazo de frutos rojos proporcionó entre 6,92 y 7,45 g/100 g, dependiendo del fruto rojo empleado, pero en cualquier caso, el contenido en fibra fue superior a 6 g por 100 g, lo cual permite etiquetar un producto como “con alto contenido en fibra”, pudiendo así, satisfacer alrededor del 30 % de la ingesta dietética de referencia para la fibra dietética que se encuentra en 25 g/día (Šarić et al., 2019).

Por tanto, aunque el bagazo aporte un contenido extra en fibra en productos deficitarios en este componente, hay que tener en cuenta que repercutirá en las características de la masa final, dando masas menos extensibles y más débiles. A pesar de todo ello, estos productos tienen buena aceptabilidad por parte del consumidor, además de un aumento en compuestos fenólicos, fibras y minerales, reducción en contenido en grasa y mejora en la composición de los ácidos grasos en comparación con galletas sin gluten presentes en el mercado. Por consiguiente, se podría decir que el bagazo de frutos rojos puede ser incorporado en fortificación o como sustitución en masas sin gluten con el objetivo de aportar un ingrediente de mayor valor tanto en calidad como a nivel de salud, pudiendo contribuir significativamente al consumo de fibra de los pacientes celíacos y a mejorar la calidad nutricional de cereales comunes.

2.3 Otros productos de panadería

Se ha estudiado la incorporación de frutos rojos en diferentes productos de panadería como galletas, magdalenas o bizcochos debido a que es una forma sencilla y rápida de incorporar un ingrediente activo, enriqueciendo al producto con fibra alimentaria, vitaminas, minerales y antioxidantes.

En el estudio de Tańska et al.,(2016) se usó el bagazo de diferentes frutos rojos utilizó rosa mosqueta (*Rosa eglanteria*), serba (*Sorbum*), grosella negra (*Ribes nigrum*) y saúco (*Sambucus*) a diferentes concentraciones 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 50 % p/p. en galletas. En concreto, el bagazo de grosella negra al 20 % destacó por su alto contenido en antocianinas, contribuyendo de

manera significativa al contenido en fenoles totales en las galletas. Además, se evaluó la eficacia de inhibición en la formación de radicales libres que es indicativo de la estabilidad oxidativa de la fracción lipídica y se calificó como insignificante la oxidación de lípidos. Con relación a las características de las galletas, la adición del bagazo hizo que mantuviesen la forma redonda, el diámetro y el grosor (Figura 1). Sí que presentaron cambios en lo que respecta a la dureza, ya que aumenta, aunque los datos de la evaluación organoléptica demostraron que la textura (crujiente y dureza) era deseable por parte de los panelistas.



Figura 1. Fotografía de galletas con la incorporación de diferentes bagazos: (a) galletas sin bagazo o galleta control, (b) con rosa mosqueta, (c) serbal, (d) grosella negra y (e) saúco (Tańska et al., 2016).

Por otro lado, en el estudio de Quiles et al., (2018) se evaluó el efecto de la utilización del bagazo secado a 70 °C durante 3 h de grosella negra (*Ribes nigrum*) y aronia (*Aronia melanocarpa*) en sustitución de la harina, la grasa o el azúcar de los bizcochos. La sustitución de los tres componentes tuvo influencia sobre la viscosidad de las masas, debido a que todos ellos juegan un papel clave en el desarrollo del producto. El reemplazo de la grasa por el bagazo cambió el comportamiento del sistema, ya que la grasa ayuda a incorporar burbujas de aire en la masa, contribuyendo a la emulsificación durante la mezcla, ayudando a la levadura durante la cocción y estabilizando la corteza y la miga. Su sustitución provocó una pérdida de masa menor durante el horneado y una mayor altura que en el caso de la sustitución por harina o azúcar. En cuanto a la sustitución de azúcar por bagazo, el azúcar tiene un efecto de ablandamiento en la textura de la miga, restringiendo la formación del gluten y aumentando la temperatura de gelatinización del almidón. Su sustitución por el bagazo provocó una prematura gelatinización del almidón reduciéndose la competencia por el agua, provocando una mayor viscosidad de la masa de bizcocho, dando lugar a un producto final más duro y rígido, y con una mayor formación de alveolos de pequeño tamaño en la miga. Por último, el reemplazo del bagazo por harina promovió el aumento de tamaño de los alveolos en la miga, esto pudo estar relacionado con la disminución de la capacidad para retener gas. Asimismo, estos bizcochos eran menos elásticos y más blandos, ya que, al sustituir la harina, se eliminaban las gluteninas responsables de la elasticidad y fuerza (Quiles et al., 2018).

Como se puede observar, la incorporación de bagazo en bizcochos plantea algunos problemas de aireación en la masa que repercuten en las características finales del producto. Algunas de las alternativas que se han estudiado para mejorar este problema es el uso de distintos agentes leudantes, como bicarbonato encapsulado junto con ácido cítrico o pirofosfato ácido de sodio. Estos mejoran la incorporación de aire en el producto, dando lugar a alveolos de gas más grandes y una textura más suave (Diez-Sánchez, Llorca, et al., 2020a).

Otra alternativa a los problemas de aireación es el uso de harinas pregelatinizadas. Diez-Sánchez et al., (2019) incorporaron un 50 % de harina extrusionada a la formulación final de magdalenas elaboradas con bagazo grosella negra seco (*Ribes nigrum*) al 20 % p/p. Esto permitió la formación de una red más compacta y consistente con una distribución de la grasa más homogénea. Sin embargo, al incorporar harina gelatinizada mediante extrusión a la formulación de magdalenas se generaron magdalenas de menor altura que cuando se incorporó harina sin tratar.

En lo que respecta a los aspectos sensoriales y estructurales, la incorporación del bagazo dio lugar a productos de color violeta intenso, lo cual puede generar cierta sorpresa en el consumidor, aunque en el estudio de Tańska et al., (2016) aumentó el nivel de aceptación de las galletas. Además, las galletas elaboradas con bagazo de grosella negra fueron consideradas afrutadas, sabrosas, fibrosas y con un sabor intenso en el estudio de Perez et al., (2017). Sin embargo, en el estudio de Curutchet et al.,(2019) la aceptación del producto fue diferente. Se empleó bagazo de arándano en polvo y con el producto una vez elaborado, se realizaron dos sesiones de cata. En una de ellas, se pidió al consumidor que probaran y evaluaran la aceptabilidad de la muestra sin información (condición de ciego), y en la segunda se proporcionó al consumidor cada muestra de galleta con su correspondiente etiqueta (condición informada). Por tanto, la cata fue condicionada por el etiquetado del producto. Adicionalmente, se pidió al catador, antes de que comenzara la sesión de “cata informada”, que evaluara las expectativas del producto sin ser catado (calificación esperada). El producto final obtuvo una baja calificación: 5,3 cata de ciego y 5,7 cata informada en una escala hedónica de 9 puntos, mientras que la calificación esperada fue de 6,9. Los resultados revelaron que el etiquetado en presencia del bagazo creó buenas expectativas al consumidor, pero no tuvo el efecto cuando el consumidor probó las galletas. Por tanto, el etiquetado pudo ser una herramienta que influyó, en este caso, de manera positiva al consumidor, aunque los resultados hedónicos fueron diferentes, e hicieron que el consumidor rechazara el producto, teniendo una baja percepción del sabor y textura. Otro de los aspectos que el consumidor señala es que, no está dispuesto a comprometer aspectos sensoriales y hedónicos de los productos para mejorar su salud; por tanto, será necesario optimizar las características del producto, si se quiere la aceptación por parte del consumidor.

En lo que se refiere a la textura, el aumento de la concentración de bagazo al producto final presentó una mayor dureza y rigidez tanto en bizcochos como

en galletas. Respecto al sabor, proporcionó un regusto amargo y astringente. A pesar de todo esto, y que se perciben cambios tanto en textura como sabor, diferentes paneles de cata admitieron la incorporación del bagazo de grosella negra en las galletas, así como su sustitución por otros ingredientes y valoraron que su intención en la compra sería media-alta a la hora de invertir en el consumo de estos nuevos productos (Quiles et al., 2018; Tańska et al., 2016).

Tabla 1. Resumen de las aplicaciones del bagazo de frutos rojos en productos panaderos.

Productos panaderos	Ingrediente incorporado	Impacto en el producto	Referencia
Pan	Bagazo seco de grosella negra (<i>Ribes nigrum</i>) al 10, 20 o 30 % p/p	Menor pegajosidad y mayor rendimiento de panificación. Menor resistencia y extensibilidad de la masa	Struck et al., (2018)
Galletas sin gluten	Bagazo deshidratado de arándano (<i>Vaccinium oxycoccus</i>) y frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) al 30 % p/p	Aumento del módulo elástico y viscoso, dando a masas más duras	Saric et al., (2019)
Galletas saladas	Bagazo deshidratado de arándano (<i>Vaccinium oxycoccus</i>) al 10, 20 y 30 % p/p	Restricción del desarrollo de la masa por interacción fibra proteína, menor contenido en almidón - masas más suaves y extensibles	Schmidt et al., (2017)
Galletas dulces	Bagazo de frutos rojos deshidratados (rosa mosqueta (<i>Rosa eglanteria</i>), serba (<i>Sorbum</i>), grosella negra (<i>Ribes nigrum</i>) y saúco (<i>Sambucus</i>) al 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 50 % p/p	Mayor estabilidad oxidativa de lípidos. Óptima 20 % p/p.	Tanska et., (2016)
Bizcochos	Bagazo de grosella deshidratados (<i>Ribes nigrum</i>) y aronia (<i>Aronia melanocarpa</i>) al 30 % p/p en sustitución de harina, grasa y azúcar	Sustitución de grasa (pérdida de masa durante el horneado), sustitución de azúcar (mayor dureza, alveolos más pequeños) y sustitución de harina (menor elasticidad y dureza)	Quiles et al., (2018)
Bizcocho	Bagazo de la grosella negra deshidratada (<i>Ribes nigrum</i>) al 20 % p/p	Textura más firme y menor volumen	Díez-Sánchez et al., (2020a)

3. BAGAZO EN PRODUCTOS CÁRNICOS

La industria cárnica, debido al avance en los métodos de conservación, a la búsqueda por la extensión de su vida útil, y a la versatilidad de los productos cárnicos, se ha visto en la necesidad de buscar nuevas alternativas a los antioxidantes sintéticos, ya que se descomponen con facilidad a altas temperaturas y existe un efecto potencialmente tóxico en su uso. Esto lleva a pensar en nuevas alternativas como son los antioxidantes naturales derivados de frutas o subproductos como el bagazo (Lourenço et al., 2019; Muzolf-Panek et al., 2016).

Según Kryževičūtė et al., (2017;), Peiretti et al., (2020), y Yin Lau et al., (2019) la adición del bagazo o de su extracto en diferentes productos cárnicos tuvo un efecto antioxidante, secuestrando las especies oxidantes y retardando la formación de productos tóxicos, debido a los polifenoles en su composición, como los flavonoides o antocianinas; además tuvo también un efecto antibacteriano contra los microorganismos alterantes y patógenos presentes en la carne durante el almacenamiento. Asimismo, el alto contenido en fibra dietética de este tipo de subproductos proporcionó a la carne una mayor retención de humedad y grasa, además de influir positivamente en las propiedades de cocinado. Esto permitió dotar a productos elaborados con carne picada de cerdo, como hamburguesas, de buena calidad sensorial, aumentando su consistencia y jugosidad, aunque no mantuvo el color inicial. Se presentaron resultados deseables sobre todo si se sometía a la carne a procesos de cocción. Todo esto, permitió alargar la vida útil del producto y reducir el impacto ambiental producido por desechos cárnicos.

3.1 Bagazo como ingrediente con capacidad antioxidante

Peiretti et al, (2020) observaron que uno de los factores de mayor deterioro en productos cárnicos es la oxidación de lípidos limitando su calidad y aceptabilidad. La oxidación de lípidos es una de las principales razones de deterioro, ya que provoca rancidez, modificación de la textura, olores indeseables, pérdidas nutricionales y/o formación de compuestos, teniendo un mayor impacto durante el almacenamiento de la carne ya cocinada en frío. Además, si la carne es tratada térmicamente (p.e. cocción) se aceleran cambios físico-químicos, provocando una mayor susceptibilidad de la carne a sufrir reacciones oxidativas, con los consiguientes cambios en el sabor que podrían a la larga plantear problemas de la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores (Ganhão et al., 2013; Pier Giorgio; Peiretti et al., 2020; Yin Lau et al., 2019). En concreto, la carne picada empleada para la elaboración de hamburguesas a menudo es más propensa a cambios oxidativos que la pieza entera, ya que posee mayor superficie de contacto expuesta al oxígeno del aire lo que provoca su previo deterioro. Estas reacciones modifican la textura, provocando olores indeseables y pérdidas nutricionales que pueden conllevar formación de compuestos tóxicos, provocando una reducción de la calidad nutricional.

Peiretti et al.,(2020) analizaron el efecto de bagazo de arándanos (*Vaccinium corymbosum L.*) a una concentración de 1 y 2% p/p sobre la estabilidad oxidativa en las propiedades de hamburguesas de cerdo almacenadas en refrigeración durante 7 días. Las hamburguesas con bagazo presentaron una disminución de algunos compuestos volátiles, como el hexanal indicando que la oxidación de lípidos fue menor con respecto al control sin añadir bagazo. Esto podría ser debido al alto contenido en compuestos fenólicos y su intensa actividad antioxidante, capaz de estabilizar la oxidación de lípidos prologando el almacenamiento a 7 días. Otros estudios con carne de cerdo, emplearon extracto de mora (*Rubus fruticosus*) congelado (Jia et al., 2012) y extractos de bayas mediterráneas (Ganhão et al., 2013) para reducir la oxidación de la carne provocada por la luz, el calor, las enzimas, los metales o incluso los microorganismos, y que en ocasiones puede ser intensificada por efecto de la cocción y prolongados periodos de almacenamiento en frío. El uso de los extractos inhibió la oxidación de lípidos, bloqueando la formación de radicales libres. También, se evitó la formación de malos sabores y colores indeseables (metamioglobina) en el producto final, que podrían perjudicar las características organolépticas de la carne. Además, el contenido en compuestos fenólicos también permitió disminuir significativamente grupos indicativos de oxidación de lípidos (grupos carbonilos) a los 6 y 9 días de almacenamiento. Por todo esto, se demostró que el uso de bagazo puede ser una buena alternativa como fuente natural a la sustitución por compuestos fenólicos sintéticos como el BHA (butilhidroxianisol) y además permite conservar la carne y mantener la calidad de productos cárnicos durante más tiempo (Jia et al., 2012).

En conclusión, es posible afirmar que el bagazo procedente de frutos rojos es una alternativa válida a los conservantes sintéticos que se usan hoy en día, proporcionando al producto final una mejora en el valor nutritivo, además de, garantizar una seguridad del producto óptima.

3.2 Bagazo como ingrediente antimicrobiano

Diferentes autores como Garrido et al. (2011), Kryževičūtė et al. (2017) y Yin Lau et al. (2019) han observado que los extractos procedentes de bagazo de frutos rojos tienen poder antimicrobiano, y que por lo tanto, pueden ser utilizados como aditivos para su uso contra patógenos de origen alimentario. Los estudios explicados a continuación son preliminares al empleo directo del bagazo en carne. Para ello, se simuló previamente las condiciones del producto mediante pruebas a nivel de laboratorio (estudios in vitro), empleando medios de cultivo adaptados a las condiciones idóneas para el crecimiento de los diferentes microorganismos. De este modo, una vez realizados dichos estudios y comparando resultados, se podrían extrapolar los experimentos a un producto final.

En el estudio llevado a cabo por Salaheen et al., (2014), se demostró el efecto del extracto de bagazo (extraído agua, 10% v/v etanol y 10% v/v metanol) procedente de mora (*Rubus fruticosus*) y arándano (*Vaccinium corymbosum*) en el crecimiento y patogenicidad de *Campylobacter jejuni*. Los resultados

mostraron que ambos extractos tienen un efecto bactericida sobre *C. jejuni* y que redujeron el crecimiento bacteriano. Por una parte, la mora tuvo un efecto bactericida a largo plazo extendiéndose hasta después de 72 h, mientras que el arándano comenzó a perder efecto a las 24 h. Además, también se alteraron las propiedades físico-químicas del microorganismo (hidrofobicidad de la superficie de la célula y capacidad de auto-agregación). Por consiguiente, se demostró que el bagazo de mora y arándano pueden tener un alto potencial en el control de patógenos en carne y productos cárnicos, actuando como conservante natural y orgánico.

Por otro lado, en el trabajo llevado a cabo por Yin Lau et al., (2019) se estudió el uso del extracto de bagazo de arándano rojo (*Vaccinium oxycoccus*) para la inhibición de patógenos presentes en la carne *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella entérica*, y *Listeria monocytogenes*. Una disolución etanólica con etanol al 80 % del extracto se añadió en diferentes concentraciones a las disoluciones con las suspensiones de las bacterias estudiadas. En las concentraciones más altas se consiguió una inhibición total, la cual puede ser debida a un efecto combinado del pH ácido propio del bagazo ($2,28 \pm 0,01$) y los compuestos fenólicos bioactivos. Otros estudios como el de Lacombe et al., (2010) mostraron un patrón similar con los fenoles de pH neutro y las antocianinas del arándano. Además, sugieren que, a niveles apropiados, los extractos del bagazo procedentes del arándano pueden tener un doble efecto, por un lado, inhibe patógenos, pero también puede promover el crecimiento de bacterias beneficiosas.

En muchos casos, se recomienda la extracción del subproducto antes de su aplicación, para que los extractos adquieran mayor concentración de fitoquímicos y que simultáneamente, se excluya la interferencia de otros compuestos como la fibra dietética o las proteínas. El fraccionamiento se puede realizar por extracción alcohólica como en el estudio de Yin Lau et al., (2019), por extracción con etanol a alta presión y agua o como Kryževičūtė et al. (2017) con extracción con dióxido de carbono supercrítico. En el estudio de Kryževičūtė et al., (2017) se probaron extractos de bagazo de frambuesa (*Rubus idaeus*). aislando los componentes lipofílicos y de polaridad más alta utilizando para ello CO₂ supercrítico y una extracción líquida a presión (PLE) para poderlos añadir posteriormente a hamburguesas de carne de ternera. El CO₂ como disolvente de grado alimentario, mejoró el aislamiento de los lípidos, mientras que el PLE facilitó la extracción más rápida de compuestos polifenólicos. El uso de extractos con disolventes de polaridad diferente puede ser una forma de mejorar su rendimiento y aplicación aumentando la estabilidad de los productos cárnicos, inhibiendo la oxidación de lípidos, y reduciendo la carga bacteriana alterante en carne. Algunos de los microorganismos alterantes contra los que el extracto de bagazo de frambuesa hizo frente son: *Brochothrix thermosphacta* (bacteria dominante asociada al deterioro de la carne refrigerada) o *Pseudomonas*, evitando así el deterioro en hamburguesas de carne de ternera antes de finalizar su vida útil.

Por tanto, y debido al creciente interés que tiene el consumidor hacia productos alimenticios naturales, orgánicos y sin productos químicos

añadidos, toda esta información resulta de especial importancia, ya que el bagazo o su extracto, podrían utilizarse potencialmente como prometedores agentes antimicrobianos. La tabla 2 presenta un resumen de referencias relacionadas con el uso de bagazo de frutos rojos como antioxidante y antimicrobiano en derivados cárnicos.

Tabla 2. Resumen de las aplicaciones del bagazo de frutos rojos en productos cárnicos.

Productos cárnicos	Ingrediente incorporado	Impacto en el producto final	Referencias
Carne de cerdo fresca, cocida y almacenada en frío	Bagazo de arándano liofilizado (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) a 1 y 2 % p/p	Inhibición de la oxidación lipídica	Peiretti et al., (2020).
Carne fresca de cerdo	Extracto del bagazo de mora 5, 10 y 20 g/kg (<i>Ribes nigrum</i> L.)	Inhibición de la oxidación de proteínas y lípidos durante almacenamiento en frío	Jia et al., (2012)
Simulación de extractos cárnicos	Extracto de mora (<i>Rubus fruticosus</i>) y arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i>) 1,25 % p/v y extracto de arándano rojo (<i>Vaccinium oxycoccus</i>) al 0,125, 0,25, 0,50, 0,75, 1,00, y 1,25% p/v	Efecto antimicrobiano contra patógenos	Salaheen et al., (2014); Yin Lau et al., (2019);
Carne de ternera	Extracto de frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) máx. al 1 % p/p.	Inhibición de microorganismos alterantes	Kryževičūtė et al., (2017)

3.3 Bagazo como promotor de cultivos iniciadores en la carne

La fermentación de la carne es una de las formas de conservación utilizadas para mantener las características propias del producto. Durante esta etapa, crecen ciertos microorganismos autóctonos permitiendo a la carne que se acidifique y desarrolle los aromas y sabores característicos. Sin embargo, a menudo se emplean microorganismos para conseguir ciertas características bioquímicas que con la flora autóctona no se podría conseguir; son los llamados cultivos iniciadores. Su función en la mayoría de los casos es provocar una caída acelerada del pH, mediante la producción de ácido láctico favoreciendo el desarrollo del sabor, la textura y la estabilidad microbiológica del producto final (Yin Lau et al., 2019).

Los compuestos fenólicos presentes en el bagazo promueven o estimulan el crecimiento de cultivos iniciadores de la carne. En el estudio realizado por Yin Lau et al., (2019) descrito anteriormente, se observó que el extracto de bagazo arándano rojo (*Vaccinium oxycoccus*) mejoró la tasa de rendimiento y de crecimiento de algunos microorganismos empleados como fermentos cárnicos. En el caso de los *Lactobacillus* y *Pediococcus* spp. se utilizaron los

polifenoles (ácido gálico y antocianinas) como sustrato o fuente de energía para promover su crecimiento. Además, debido a la influencia de los compuestos fenólicos del extracto se pudo estimular positivamente el metabolismo de las bacterias, mejorando así la utilización de nutrientes en ambientes aeróbicos. Aun así, ya que se trata del primer estudio dónde se estudia el uso del bagazo de arándano rojo para el crecimiento de los cultivos iniciadores en carne, se deben controlar las dosis adecuadas, así como la acidez y el pH, ya que en algunos casos podría reducir la tasa de crecimiento de las bacterias. Otra de las especies estudiadas fue *Staphylococcus*, que necesitó mayores tiempos de adaptación a los compuestos fenólicos para promover su crecimiento. Por ello, se necesitan más estudios que verifiquen que el extracto estimula el crecimiento de *Staphylococcus* spp. (Yin Lau et al., 2019).

Con todo se puede decir, que a pesar de necesitar nuevas investigaciones acerca del poder estimulante en los cultivos iniciadores, el extracto resulta ser un potente antimicrobiano natural y puede actuar como sustrato para el crecimiento de cultivos iniciadores.

4. BAGAZO EN PRODUCTOS LÁCTEOS

Numerosos son los estudios que señalan el papel fundamental de los productos lácteos en la dieta de la población mundial. El yogur es uno de los más consumidos en todo el mundo tanto por su valor organoléptico como nutricional, pero se considera deficiente en compuestos fenólicos y su impacto en la salud humana es poco significativo. El uso del bagazo en su formulación permitió fortificar el producto y dotarle de unas características idóneas para considerarlo un excelente alimento funcional (Raikos et al., 2018).

El yogur es un alimento lácteo que se digiere con facilidad, proporcionando una matriz bioaccesible para incorporar fuentes antioxidantes obteniendo así un efecto positivo en la salud. Además, el complejo proteína–polifenol puede mejorar la estabilidad fenólica según estudios gastrointestinales realizados *in vitro*, y aumentar la actividad antioxidante en la microbiota del individuo (Cutrim & Cortez, 2018). La tabla 3 muestra un resumen de las aplicaciones del bagazo y extractos de frutos rojos en diferentes productos lácteos.

4.1 Bagazo como antioxidante

En el estudio llevado a cabo por Raikos et al., (2018) se comparó la incorporación del extracto del bagazo de la grosella negra (*Ribes nigrum* spp) con el extracto de la baya *Gaultheria shallon* en yogur. La incorporación del bagazo de la grosella al 20 % p/p provocó un aumento en los fenoles totales en todos los yogures almacenados durante 4 semanas, aunque durante el almacenamiento se presentaron fluctuaciones del contenido fenólico. Se produjo la proteólisis de las proteínas lácteas provocando la liberación de aminoácidos con cadenas laterales fenólicas, como la tirosina, lo que pudo incrementar el contenido de fenoles (Raikos et al., 2018). Asimismo, otros autores (Oliveira et al., 2015) han descrito que los polifenoles interaccionan con las proteínas de la leche formando complejos insolubles que podrían

disminuir el contenido fenólico, pero a pesar de esto, durante las primeras 4 semanas de almacenamiento en frío, el yogur enriquecido con bagazo de grosella negra presentó un alto contenido fenólico. Después de analizar la capacidad antioxidante, se observó una disminución de esta en los yogures fortificados con el extracto de *Gaultheria shallon*, mientras que con el uso del bagazo de la grosella negra, hubo un aumento de la capacidad antioxidante que se mantuvo durante el almacenamiento de 4 a 5 semanas (Raikos et al., 2018).

4.2 Bagazo como antidiabético

Ni et al., (2018) utilizaron extracto del bagazo de grosella negra al 20 % p/p (*Ribes nigrum spp*) para reformular la composición original del yogurt y ver su posible efecto antidiabético. En los resultados se observó que el extracto promovió la liberación de péptidos bioactivos gradualmente durante el almacenamiento del yogur, lo que provocó la inhibición de la enzima α -glucosidasa, retrasando la absorción y la liberación de monosacáridos procedentes de los carbohidratos complejos, dando lugar a una reducción de los niveles de glucosa en el plasma. Algunos autores han descrito otro posible mecanismo de inhibición, que podría ser debido a que los polifenoles presentes en el bagazo se unen en el sitio activo de la enzima impidiendo su acción (McDougall et al., 2005).

Todos estos hallazgos, sugieren que el yogur junto con los extractos, pueden mejorar la regulación de glucosa en sangre, aunque es necesario seguir investigando para evaluar la bioactividad de los péptidos, y en particular, su potencial como inhibidores de la alfa α -glucosidasa. (Ni et al., 2018) .

4.3 Otras aplicaciones en el sector

Aparte del uso de bagazo o extracto de este como antioxidante o antidiabético este se ha usado con otro tipo de objetivos. A nivel sensorial el color es un importante atributo valorado por los consumidores. Es por ello por lo que se ha utilizado el extracto de arándano (*Vaccinium myrtillus L.*) en yogur como colorante alimentario ya que presenta una alta estabilidad incluso al cabo de 7 días de almacenamiento (Pires et al., 2020).

También ha sido utilizado para contrarrestar los posibles efectos negativos del tratamiento térmico en productos lácteos. En el estudio presentado por Prestel et al., (2020) se demostró que el uso de extracto de frambuesa (*Rubus idaeus*) y arándano (*Vaccinium myrtillus L.*) a una concentración de 500 g en 300 ml en metanol acidificado en la leche puede reducir el impacto de las reacciones de Maillard asociadas a consecuencias negativas en el producto, como la pérdida de valor nutritivo debido a la degradación de proteínas, la alteración de la digestibilidad de las proteínas o la biodisponibilidad del aminoácido esencial lisina. Por lo tanto, con la incorporación del extracto se consiguieron mantener las características del producto, así como las concentraciones de lisina idóneas en la leche a pesar de ser sometida a un tratamiento térmico.

Por otro lado, Diez-Sánchez et al.,(2020b) estudiaron el efecto de diferentes condiciones del procesado con altas presiones hidrostáticas (APH) (200-500 MPa; 1-10 min) en batidos lácteos con bagazo de aronia (*Aronia melanocarpa*), con el objetivo de obtener el tratamiento que proporcionara un mayor contenido fenólico y una mayor capacidad antioxidante con la menor supervivencia del microorganismo patógeno *Listeria monocytogenes*. El tratamiento que mejores resultados obtuvo fue a 500 MPa durante 10 min y con una concentración de bagazo al 10%.

El uso del bagazo, por tanto, permite dotar de un alto contenido polifenólico a los productos lácteos. Esto puede tener numerosas aplicaciones en la industria alimentaria, todas ellas asociadas con un aumento en el valor nutritivo del producto y en la seguridad alimentaria del mismo, evitando posibles alteraciones y alargando la vida del producto, actuando como antioxidante, o bloqueando algunas enzimas con un efecto directo para enfermos de diabetes.

Tabla 3. Resumen de las aplicaciones del bagazo y extractos de frutos rojos en productos lácteos.

Productos lácteos	Ingrediente incorporado	Impacto en el producto final	Referencias
Yogur	Extracto del bagazo de grosella negra (<i>Ribes nigrum spp</i>) al 20 % p/p	Fortificación de producto por su aumento en contenido fenólico y estabilidad frente al almacenamiento en frío.	Raikos et al., (2018)
Yogur	Extracto del bagazo de grosella negra (<i>Ribes nigrum spp</i>) al 20 % p/p	Efecto antidiabético	Ni et al., (2018)
Yogur	Extracto del bagazo del arándano (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>) al 0,42 % p/p	Colorante alimentario	Pires, et al., (2020)
Leche	Extracto del bagazo de frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>) y arándano (<i>Vaccinium myrtillus L.</i>) al 1,66 g/ml	Reduce el impacto de reacciones de maillard	Prestel et al., (2020)
Batidos	Bagazo de aronia (<i>Aronia melanocarpa</i>) al 2,5–10 % p /p	El efecto del bagazo junto con las APH contribuye a la destrucción del microorganismo patógeno <i>Listeria monocytogenes</i>	Diez-Sánchez et al., (2020)

5. CONCLUSIONES

El presente estudio muestra el potencial uso del bagazo de frutos rojos en diferentes productos alimentarios, proporcionando a todos ellos un valor añadido debido a que es una fuente rica en compuestos fitoquímicos naturales. Sin embargo, dada la variabilidad de alimentos en los que se puede

incluir, ejerce un efecto diferente en cada uno de ellos. En el caso de productos panaderos, su uso supone ventajas nutricionales, siendo vehículo clave para el aporte de fibra a la población, a pesar de presentar aspectos perjudiciales a nivel tecnológico, como la creación de una estructura poco aireada con las posibles repercusiones texturales. En carne, permite extender la vida útil del alimento debido a su papel antioxidante impidiendo el desarrollo de olores o sabores desagradables como consecuencia de la oxidación lipídica, y también permite hacer frente/a microorganismos patógenos o alterantes. Por último, en productos lácteos, ejerce un efecto antioxidante y fisiológico en pacientes con diabetes, reduciendo los niveles de glucosa en sangre. Cada aplicación exige una investigación exhaustiva del posible nivel de incorporación del bagazo para producir alimentos con propiedades sensoriales satisfactorias. Para alcanzar este objetivo, podría ser necesaria la adaptación de la formulación del producto o del proceso de fabricación. El bagazo procedente de la industria de frutos rojos es, por lo tanto, una interesante oportunidad para mejorar el manejo de residuos y obtener alimentos con ingredientes con alto contenido en fibra dietética y fitoquímicos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alba, K., Campbell, G. M., & Kontogiorgos, V. (2019). Dietary fibre from berry-processing waste and its impact on bread structure: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(9), 4189–4199. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9633>.
- Angulo, J., Mahecha, L., Yepes, S. A., Yepes, A. M., Bustamante, G., Jaramillo, H., Valencia, E., Villamil, T., & Gallo, J. (2012). Nutritional evaluation of fruit and vegetable waste as feedstuff for diets of lactating Holstein cows. *Journal of Environmental Managem*, 95 (2012). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.050>
- Curutchet, A., Cozzano, S., Tárrega, A., & Arcia, P. (2019). Blueberry pomace as a source of antioxidant fibre in cookies: Consumer's expectations and critical attributes for developing a new product. *Food Science and Technology International*, 25(8), 642–648(2019). <https://doi.org/10.1177/1082013219853489>
- Cutrim, C. S., & Cortez, M. A. S. (2018). A review on polyphenols: Classification, beneficial effects and their application in dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, 71(3), 564–578. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12515>
- Diez-Sánchez, E., Llorca, E., Tárrega, A., Fiszman, S., & Hernando, I. (2020a). Changing chemical leavening to improve the structural, textural and sensory properties of functional cakes with blackcurrant pomace. *LWT*, 127 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109378>
- Diez-Sánchez, E., Martínez, A., Rodrigo, D., Quiles, A., & Hernando, I. (2020b). Optimizing high pressure processing parameters to produce milkshakes using chokeberry pomace. *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040405>
- Diez-Sánchez, E., Quiles, A., Llorca, E., Rei, A., Struck, S., Rohm, H., & Hernando, I. (2019). *LWT - Food Science and Technology* Extruded flour as techno-functional ingredient in muffins with berry pomace. 113 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108300>

- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A., & Brennan, C. S. (2013). The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. In *Journal of Cereal Science* (Vol. 58, Issue 2, pp. 216–227). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.05.010>
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15(3–4), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012>
- Galland, L. (2012). Functional Foods: Health Effects and clinical applications. In *encyclopedia of Human Nutrition* (Vols. 2–4). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00130-6>
- Ganhão, R., Estévez, M., Armenteros, M., & Morcuende, D. (2013). Mediterranean berries as inhibitors of lipid oxidation in porcine burger patties subjected to cooking and chilled storage. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(11), [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60636-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60636-X)
- García, O. E., Infante, B., & Rivera, C. J. (2010). Comparison of dietary fiber values between two varieties of cowpea (*Vigna Unguiculata L.*) of Venezuela using chemical and enzymatic gravimetric methods. *Revista Chilena de Nutrición*, 37(4), 455–460
- Garrido, M. D., Auqui, M., Martí, N., & Linares, M. B. (2011). Effect of two different red grape pomace extracts obtained under different extraction systems on meat quality of pork burgers. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2238–2243. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.003>
- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., & Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216(1), 51–56. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0632-9>
- Jia, N., Kong, B., Liu, Q., Diao, X., & Xia, X. (2012). Antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum L.*) extract and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage. *Meat Science*, 91(4), 533–539. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.010>
- Kryževičūtė, N., Jaime, I., Diez, A. M., Rovira, J., & Venskutonis, P. R. (2017). Effect of raspberry pomace extracts isolated by high pressure extraction on the quality and shelf-life of beef burgers. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(8), 1852–1861. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13460>
- Lacombe, A., Wu, V. C. H., Tyler, S., & Edwards, K. (2010). Antimicrobial action of the American cranberry constituents; phenolics, anthocyanins, and organic acids, against *Escherichia coli* O157:H7. *International Journal of Food Microbiology*, 139(1–2), 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.01.035>
- Laroze, L. E., Díaz-Reinoso, B., Moure, A., Zúñiga, M. E., & Domínguez, H. (2010). Extraction of antioxidants from several berries pressing wastes using conventional and supercritical solvents. *European Food Research and Technology*, 231(5), 669–677. <https://doi.org/10.1007/s00217-010-1320-9>
- Laurikainen, T., Härkönen, H., Autio, K., & Poutanen, K. (1998). Effects of enzymes in fibre-enriched baking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(2), 239–249. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199802\)76:2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199802)76:2)
- Leroy, B. L. M. M., Bommele, L., Reheul, D., Moens, M., & De Neve, S. (2007). The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: Effects on soil fauna and yield. *European Journal of Soil Biology*, 43(2), 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.005>

- Lourenço, S. C., Moldão-Martins, M., & Alves, V. D. (2019). Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications. In *Molecules* (Vol. 24, Issue 22).. <https://doi.org/10.3390/molecules24224132>
- Mäkilä, L., Laaksonen, O., Ramos Diaz, J. M., Vahvaselkä, M., Myllymäki, O., Lehtomäki, I., Laakso, S., Jahreis, G., Jouppila, K., Larmo, P., Yang, B., & Kallio, H. (2014). Exploiting blackcurrant juice press residue in extruded snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 57(2), 618–627. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.005>
- Martins, Z. E., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 67, pp. 106–128). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>
- May, N., & Guenther, E. (2020). Shared benefit by Material Flow Cost Accounting in the food supply chain – The case of berry pomace as upcycled by-product of a black currant juice production. *Journal of Cleaner Production*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118946>
- Mazzoni, L., Perez-Lopez, P., Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Gasparri, M., Forbes-Hernandez, T. Y., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2016). The genetic aspects of berries: From field to health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(2), 365–371. <https://doi.org/10.1002/jsfa.721>
- McDougall, G. J., Shpiro, F., Dobson, P., Smith, P., Blake, A., & Stewart, D. (2005). Different polyphenolic components of soft fruits inhibit α -amylase and α -glycosidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2760–2766. <https://doi.org/10.1021/jf0489926>
- Muzolf-Panek, M., Waśkiewicz, A., Kowalski, R., & Konieczny, P. (2016). The effect of blueberries on the oxidative stability of pork meatloaf during chilled storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 899–909. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12668>
- Muceniecea, R., Klavins, L., Kviesis, J., Jekabsons, K., Rembergs, R., Saleniece, K., Dzirkalea, Z., Saulite, L., Riekstina, U., Klavins, M. (2018). Antioxidative, hypoglycaemic and hepatoprotective properties of five *Vaccinium* spp. berry pomace extract. *Journal of Berry Research*, 9(2):1-16. <https://doi.org/10.3233/JBR-180351>
- Ni, H., Hayes, H. E., Stead, D., & Raikos, V. (2018). Incorporating salal berry (*Gaultheria shallon*) and blackcurrant (*Ribes nigrum*) pomace in yogurt for the development of a beverage with antidiabetic properties. *Heliyon*, 4(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00875>
- Oliveira, A., Alexandre, E. M. C., Coelho, M., Lopes, C., Almeida, D. P. F., & Pintado, M. (2015). Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: Impact on phytochemicals and milk proteins. *Food Chemistry*, 171, 370–378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.107>
- Paredes-López, O., Cervantes-Ceja, M. L., Vigna-Pérez, M., & Hernández-Pérez, T. (2010). Berries: improving human health and healthy aging, and promoting quality life--a review. *Plant Foods for Human Nutrition* (Dordrecht, Netherlands), 65(3), 299–308. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0177-1>
- Peiretti, Pier Giorgio, Gai, F., Zorzi, M., Aigotti, R., & Medana, C. (2020). The effect of blueberry pomace on the oxidative stability and cooking properties of pork patties during chilled storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7), 1–12. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14520>
- Perez, C., Tagliani, C., Arcia, P., Cozzano, S., & Curutchet, A. (2017). Blueberry by-product used as an ingredient in the development of functional cookies. 1–8. <https://doi.org/10.1177/1082013217748729>

- Prestel, S., Falco, B. De, Blidi, S., Fiore, A., & Sturrock, K. (2020). Evaluation of the effect of berry extracts on carboxymethyllysine and lysine in ultra-high temperature treated milk. *Food Research International*, 130, 108923. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108923>
- Quiles, A., Llorca, E., Schmidt, C., Reißner, A.-M., Struck, S., Rohm, H., & Hernando, I. (2018). Use of berry pomace to replace flour, fat or sugar in cakes. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(6), 1579–1587. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13765>
- Raikos, V., Ni, H., Hayes, H., & Ranawana, V. (2018). Antioxidant properties of a yogurt beverage enriched with Salal (*Gaultheria shallon*) berries and Blackcurrant (*Ribes nigrum*) pomace during cold storage. *Beverages*, 5(1), 2. <https://doi.org/10.3390/beverages5010002>
- Riezzo, G., Chiloiro, M., & Russo, F. (2005). Functional foods: Salient features and clinical applications. *Current Drug Targets: Immune, Endocrine and Metabolic Disorders*, 5(3), 331–337. <https://doi.org/10.2174/1568008054863790>
- Salaheen, S., Nguyen, C., Hewes, D., & Biswas, D. (2014). Cheap extraction of antibacterial compounds of berry pomace and their mode of action against the pathogen *Campylobacter jejuni*. *Food Control*, 46, 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.026>
- Pires, T., Dias, M. I., Caroch, M., Barreira, J., Santos-Buelga, C., Barros, L., Ferreira, I. (2020). Function extracts from *Vaccinium myrtillus* L. fruits as a source of natural colorants : chemical characterization and incorporation in yogurts. 3227–3234. <https://doi.org/10.1039/c9fo02890k>
- Šarić, B., Dapčević-Hadnađev, T., Hadnađev, M., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., & Škrobot, D. (2019). Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: Effect on dough rheology and cookie baking properties. *Journal of Texture Studies*, 50(2), 124–130. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12374>
- Schmidt, C., Geweke, I., Struck, S., Zahn, S., & Rohm, H. (2017). Blackcurrant pomace from juice processing as partial flour substitute in savoury crackers : dough characteristics and product properties. 1–9. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13639>
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., & Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. In *Appetite* (Vol. 51, Issue 3, pp. 456–467). *Appetite*. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.060>
- Struck, S., & Rohm, H. (2020). Fruit processing by-products as food ingredients. In C. M. Galanakis (Ed.), *Valorization of fruit processing by-products* (pp. 1–12). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817106-6.00001-0>
- Struck, S., Straube, D., Zahn, S., & Rohm, H. (2018). Interaction of wheat macromolecules and berry pomace in model dough: Rheology and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 223, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.011>
- Struck, S., Plaza, M., Turner, C., & Rohm, H. (2016). Berry pomace - a review of processing and chemical analysis of its polyphenols. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(6), 1305–1318. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13112>
- Tańska, M., Roszkowska, B., Czaplicki, S., Borowska, E. J., Bojarska, J., & Dąbrowska, A. (2016). Effect of Fruit Pomace Addition on Shortbread Cookies to Improve Their Physical and Nutritional Values. *Plant Foods for Human Nutrition*, 71(3), 307–313. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0561-6>

- Uchoa, A. M. A., da Costa, J. M. C., Maia, G. A., Meira, T. R., Sousa, P. H. M., & Montenegro Brasil, I. (2009). Formulation and physicochemical and sensorial evaluation of biscuit-type cookies supplemented with fruit powders. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64(2), 153–159. <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0118-z>
- Yin Lau, A. T., Barbut, S., Ross, K., Diarra, M. S., & Balamurugan, S. (2019). The effect of cranberry pomace ethanol extract on the growth of meat starter cultures, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar Enteritidis and *Listeria monocytogenes*. *Lwt*, 115(July), 108452. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108452>