



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CARACTERIZACIÓN DE POLVOS DESHIDRATADOS OBTENIDOS A PARTIR DE BAGAZO DE ARÁNDANO Y VALORACIÓN DE SU UTILIZACIÓN COMO INGREDIENTE FUNCIONAL

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

ALUMNO: Marta Juliá Medina

TUTOR ACADEMICO: Lucía Seguí Gil
COTUTORA: Cristina Barrera Puigdollers
DIRECTORA EXPERIMENTAL: Laura Jiménez Calabuig

Curso Académico: 2016/2017
Valencia, 14 de Septiembre de 2017

CARACTERIZACIÓN DE POLVOS DESHIDRATADOS OBTENIDOS A PARTIR DE BAGAZO DE ARÁNDANO Y VALORACIÓN DE SU UTILIZACIÓN COMO INGREDIENTE FUNCIONAL

M. Juliá-Medina, C. Barrera Puigdollers, L. Seguí Gil

RESUMEN

El procesamiento de frutas y hortalizas genera una gran cantidad de desechos que sería interesante reintroducir en la cadena alimentaria, dada su composición y la necesidad de reducir el volumen de efluentes y el impacto de los mismos. En particular, las pieles o bagazos son ricos en compuestos tales como fibra, antioxidantes y vitaminas, los cuales los hace una materia prima interesante para el desarrollo de alimentos funcionales. La propuesta de aprovechamiento en la que se basa este trabajo es la obtención de polvos deshidratados a partir del subproducto. En función de las características del bagazo procesado, los polvos obtenidos podrían tener diferentes aplicaciones. En particular, el presente trabajo se centra en la obtención del polvo de bagazo de arándano, mediante secado por aire caliente y triturado, en dos granulometrías distintas. Además de su obtención, el estudio pretende caracterizar los polvos obtenidos y evaluar su empleo como ingrediente funcional en la elaboración de galletas.

Se emplearon arándanos congelados, de los cuales se extrajo el zumo y se separó un bagazo que se secó por aire caliente (70 °C - 4 h) y se trituró para obtener un polvo de granulometría fina y otro de granulometría gruesa. Ambos productos se caracterizaron en términos de actividad del agua, humedad, tamaño de partícula, contenido en sólidos solubles, contenido en fibra y efecto prebiótico. Finalmente, los polvos se emplearon en diferentes concentraciones en la formulación de galletas, evaluándose la humedad y las propiedades mecánicas, ópticas y sensoriales.

Los resultados del trabajo sugieren que el proceso de deshidratación y triturado permite obtener un polvo de bagazo estable y con propiedades interesantes para ser utilizado en la formulación de alimentos. En particular, el polvo de bagazo de arándano presenta un contenido en humedad y a_w bajos, y un contenido en fibra considerable, el cual ha demostrado tener efecto prebiótico utilizado en concentraciones moderadas (0,5% de fibra equivalente). Se ha comprobado que la granulometría del producto final tiene consecuencias significativas sobre las propiedades fisicoquímicas del polvo, y que también repercute sobre las propiedades fisicoquímicas de las galletas formuladas con éste. La aceptación de las galletas fue en general buena, con independencia del porcentaje de sustitución empleado.

Palabras clave: subproducto, bagazo, polvo, funcional, arándano, prebiótico.

ABSTRACT

The processing of fruits and vegetables generates a large amount of waste that can be interesting to reintroduce in the food chain, given its composition and the need to reduce the volume of effluents and the impact of them. In particular, skins are rich in fiber compounds, antioxidants and vitamins, which makes it an interesting raw material for the development of functional foods. The utilization proposal on which this work is based is the obtaining of dehydrated powders from the by-product. Depending on the characteristics of the processed bagasse, the powders obtained have different applications. In particular, the current work focuses on the production of cranberry bagasse powder, hot air drying and grinding, in two different granulometries. In addition to its production, the study aims to characterize the powders obtained and to evaluate their use as a functional ingredient in the preparation of cookies. The uses



of frozen blueberries from which the juice was extracted and a bagasse was removed and dried by hot air (70 °C - 4 h) and ground to obtain a granulated powder and a granulated powder. Both products are characterized by water activity, moisture, particle size, soluble solids content, fiber content and prebiotic effect. Finally, the powders were used in various concentrations in the formulation of biscuits, evaluating the moisture and the mechanical, optical and sensorial properties.

The results of the work suggest that the process of dehydration and grinding allows obtaining a stable bagasse powder with interesting properties to be used in food formulation. In particular, cranberry bagasse powder has a low moisture content, and a considerable fiber content, which has been shown to have a prebiotic effect used at moderate concentrations (0.5% equivalent fiber). It has been verified that the granulometry of the product has significant consequences on the physicochemical properties of the powder, and that also has repercussions on the physicochemical properties of the cookies formulated with this. The acceptance of the cookies was generally good, regardless of the percentage of substitution employed.

Key words: byproduct, bagasse, powder, blueberry, prebiotic, functional.

RESUM

El processat de fruites i hortalisses genera una gran quantitat de deixalles que és possible interessant reintroduir en la cadena alimentària, atès la seva composició i la necessitat de reduir el volum d'efluents i l'impacte dels mateixos. En particular, les pells dels bagazos són rics en els compostos de fibra, antioxidants i vitamines, el que fa una matèria primera interessant per al desenvolupament d'aliments funcionals. La proposta d'aprofitament en què es basa aquest treball és l'obtenció de pols deshidratats a partir del subproducte. En funció de les característiques del bagàs processat, les pols obtingudes tenen diferents aplicacions. En particular, el treball actual se centra en l'obtenció de la pols de bagàs de nabiu, assecat per aire calent i triturat, en dues granulometries diferents. A més de la seva obtenció, l'estudi pretén caracteritzar les pols obtinguts i avaluar la seva feina com a ingredient funcional en l'elaboració de galetes. L'ús de nabius congelats, dels quals s'extreu el suc i es va separar una bagàs que es va assecat per l'aire calent (70 °C - 4 h) i es va triturar per obtenir una pols de granulat i un altre de gra granulat. Tots dos productes es caracteritzen pels termes d'activitat de l'aigua, humitat, mida de la partícula, contingut en sòlids solubles, contingut en fibra i efecte prebiòtic. Finalment, les pols es van emprar en diverses concentracions en la formulació de galetes, avaluant la humitat i les propietats mecàniques, òptiques i sensorials. Els resultats del treball suggereixen que el procés de deshidratació i triturat permet obtenir una pols de bagàs estable i amb propietats interessants per a ser utilitzat en la formulació d'aliments. En particular, la pols de bagàs de nabiu presenta un contingut en humitat i baixos, i un contingut en fibra considerable, el qual ha demostrat tenir efecte prebiòtic utilitzat en concentracions moderades (0,5% de fibra equivalent). S'ha comprovat que la granulometria del producte té conseqüències significatives sobre les propietats fisicoquímiques de la pols, i que també repercuteix sobre les propietats fisicoquímiques de les galetes formulades amb aquest. L'acceptació de les galetes va ser en general bona, amb independència del percentatge de substitució empleat.

Paraules clau: subproducte, bagàs, pols, nabiu, prebiòtic, funcional.

INTRODUCCIÓN

La industrialización de frutas y hortalizas para producir zumos, jarabes, mermeladas o productos de IV gama, genera una cantidad importante de residuos provenientes de las distintas áreas de tratamiento y procesado (Ayala-Zavala et al., 2014), que depositan una huella ecológica importante y repercuten negativamente en el medio ambiente. En particular, la industria agroalimentaria genera aproximadamente el 40% de los residuos generados en toda la cadena (Mirabella et al., 2014), desechos que cada vez más se exige sean reintroducidos en el ciclo económico y de producción mediante la reutilización de la mayor cantidad posible de sus constituyentes (Ojeda, 2009). De este modo, se pretende dar un uso alternativo a estos residuos que tradicionalmente han sido destinados a alimentación animal, compostaje u otras formas de fertilizantes, y que están siendo empleados de manera creciente para otros fines tales como la alimentación humana o la industria cosmética, entre otras (Gironés-Vilaplana et al., 2014).

El arándano (*Vaccinium* spp.) es un arbusto frutal de hoja caduca, de frutos azules o rojos en forma de baya, que se cultiva en diversas partes del mundo, siendo Estados Unidos el principal país productor. El fruto del arándano se caracteriza por su alto contenido en antioxidantes, además de ser fuente de fibra, hierro, potasio, calcio y vitamina C (Michalska et al., 2015). En Europa, los principales países productores son Alemania, España, Francia, Holanda y Polonia (Fundación Doñana, 2008). Los cultivares de mayor importancia en España son *V. corymbosum* L. y *V. ashei* Reade. Con los años, en España se han incrementado las plantaciones de arándano sustituyendo plantaciones de cítricos. En el año 2014, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), documenta la existencia de 203 plantaciones de arándano en España cuya producción era de 5000 toneladas y, que según el registro de los años anteriores, aumenta y se prevé que continúe con ese aumento (FAOSTAT, 2016), lo que conlleva un incremento en la cantidad de desechos generados durante su procesado.

El arándano se consume principalmente en fresco. Como producto procesado se encuentra en zumos y mermeladas, o también deshidratado como aperitivo o incorporado en cereales de desayuno. Las principales industrias generadoras de desechos de arándano son las elaboradoras de zumo y mermeladas, de las que se obtiene como residuo la piel con restos de pulpa, los cuales actualmente no se aprovechan para obtener productos de valor añadido. En otras industrias de procesado de alimentos similares, como la de frutos rojos, se ha sugerido el empleo de este subproducto para la generación de biocombustible (Abraham et al., 2007; Vijayaraghavan et al., 2007).

Los subproductos generados en la industrialización de frutas y hortalizas pueden contener diversos compuestos con un importante valor nutricional, los cuales podrían emplearse como ingrediente funcional para la formulación de alimentos. En particular, las pieles y bagazos son fuente de fibra y compuestos antioxidantes tales como ácidos fenólicos, flavonoides o polifenoles (Mirabella et al., 2014). La incorporación de fibras en la formulación de alimentos es una



práctica cada vez más común. La fibra se incorpora tanto en su forma insoluble como soluble, con el fin de asegurar los 35 g/día recomendados de ingesta mínima diaria (Storey y Anderson, 2014). Con esta incorporación se consigue otorgar funcionalidad al alimento formulado, dado que el alimento suma beneficios a la salud asociados tales como la prevención y tratamiento de problemas cardiovasculares, diabetes y cáncer de colon, mejora del tránsito intestinal y reducción de los niveles de colesterol en sangre (Sorensen et al., 2014; Lario et al., 2004). Según Ballesteros et al. (2017), el consumo de alimentos ricos en fibra de forma continuada disminuye el gasto sanitario asociado a las enfermedades anteriormente citadas.

Actualmente, uno de los productos en auge dentro del procesado de frutas y hortalizas es la transformación de éstas en polvo para aprovechar las características que ofrece este formato (Karam et al., 2016; Neacsu et al., 2015; Ramachandriah y Chin, 2015). Se trata de productos con propiedades beneficiosas para la salud que se presentan en forma concentrada y muy versátiles, con posibilidad de ser utilizados de forma sencilla y rápida como aditivo, aliño o en la formulación de alimentos. La fabricación de polvos a partir de los subproductos de industrialización de frutas podría emplearse con fines similares, con la ventaja de estar convirtiendo un material de desecho en un producto de alto valor añadido. Los productos en polvo son productos fisicoquímica y microbiológicamente estables (Janevska et al., 2010), características valoradas por la industria agroalimentaria. Además de suponer una ventaja para la conservación, almacenamiento (a humedad baja y controlada), el transporte y la dosificación, algunos autores refieren una mejora de las propiedades reológicas de los productos a los que se incorporan (Cuq et al., 2013).

En el presente trabajo se propone obtener un producto en polvo a partir del bagazo de arándano, en la línea de las frutas en polvo, pero con las características particulares derivadas de los productos de desecho o bagazos, tales como una composición mayor de fibra o un menor contenido en azúcares. Se plantea obtener el producto de una forma relativamente sencilla y barata, por lo que se propone la combinación del secado por aire caliente y un triturado o molienda para la obtención de un producto en polvo, en diferentes granulometrías.

De este modo, el **objetivo** planteado en el presente trabajo es el de obtener polvos de bagazo de arándano deshidratados, en diferentes granulometrías (fina y gruesa), y caracterizar fisicoquímicamente los productos obtenidos. Además, se pretende valorar el empleo del polvo de arándano como ingrediente funcional en la formulación de galletas con elevado contenido en fibra, evaluando el impacto de la sustitución parcial de la harina sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de las galletas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Para el trabajo experimental se utilizaron arándanos congelados de producción ecológica (*Vaccinium sp. cv Duke*), de características y calidad similar a la de los empleados en la industria, suministrados por la empresa Samanes S.L (Navarra, España).

Obtención del polvo a partir del bagazo del arándano

El proceso de extracción de zumo de arándano, a partir del cual se obtendrá el bagazo o subproducto, se llevó a cabo en varias etapas. En primer lugar, se descongelaron los arándanos a temperatura ambiente durante aproximadamente 6 h, y se trituraron (Thermomix® Vorwerk, España) por tandas de 500 g a una velocidad de 4.000 rpm durante 20 s, seguido de 10 s a 5.000 rpm. A continuación, se procedió a la despectinización enzimática del triturado (Rodríguez-Durán et al., 2007), con el objeto de reducir la viscosidad del mismo y aumentar en un 40% el rendimiento del proceso (Senevirathne et al., 2010). Para ello se añadió 1 mL de suspensión enzimática (Viscozyme® L) por cada kg de muestra triturada y la mezcla se mantuvo durante 2 h a 50 °C (Pselecta mod. precistern S-141, Barcelona, España) en agitación constante. Pasado este tiempo, el triturado despectinizado se dejó enfriar a temperatura ambiente hasta alcanzar unos 25-30 °C y se tamizó a través de una malla de 0,7 mm de luz. El bagazo así obtenido se sometió a una etapa de secado por aire caliente a 70 °C durante 4 h en un secador convectivo (Pol-eko Aparatura, Katowice, Polonia), hasta alcanzar una actividad del agua inferior a 0,2. Una vez seco, el bagazo se trituró durante 20 s a 4.000 rpm seguido de 5 s a 10.000 rpm (triturado grueso) o a 10.000 rpm por un periodo de 2 min, en intervalos de 30 s (triturado fino).

Formulación de galletas empleado polvo de bagazo de arándano

Los polvos obtenidos a partir del bagazo de arándano se utilizaron en diferentes proporciones en la formulación de galletas. Partiendo de la formulación control de una galleta de mantequilla, se reemplazó parte de la harina por el polvo de arándano en sus dos granulometrías. Se obtuvieron así galletas formuladas tanto con el polvo fino como con el grueso, con porcentajes de remplazo del 10, 30 y 40% (tabla 1).

TABLA 1. Fórmula cuantitativa de las galletas control y con polvo de arándano añadido.

	Harina (g)	Polvo de arándano (g)	Mantequilla (g)	Azúcar (g)	Leche (mL)	Levadura (g)
Control	50	0	25	12	10	0,5
10%	45	5	25	12	10	0,5
30%	35	15	25	12	10	0,5
40%	30	20	25	12	10	0,5

Para la elaboración de las galletas se utilizó el procesador de alimentos Thermomix® Vorwek. En primer lugar, se incorporaron todos los ingredientes a excepción de la leche, y se mezclaron durante 1 min a 500 rpm. Tras el amasado previo, se añadieron los 10 mL de leche y la mezcla se agitó a 100 rpm durante 1 min. Pasado este tiempo, se dejó reposar la masa durante 30 min, se amasó y se dio forma a las galletas (círculos de 45 mm de diámetro y 2 mm de espesor), que se cocieron en un horno a 180 °C durante 10 min.

Determinaciones analíticas

Los polvos obtenidos a partir del bagazo de arándano se caracterizaron en términos de humedad, actividad del agua, sólidos solubles, tamaño de partícula, contenido en fibra y propiedades ópticas. Adicionalmente, se obtuvieron las isotermas de sorción y se evaluó su efecto prebiótico.

Por su parte, a partir de las galletas formuladas con diferentes concentraciones de polvo de arándano se determinó su contenido en agua y sus propiedades mecánicas y ópticas, así como su aceptación por parte de los consumidores mediante análisis sensorial.

HUMEDAD (x_w)

La humedad se determinó por el método gravimétrico de doble pesada (AOAC 934.06, 2000) propuesto para alimentos ricos en azúcares. Este método se basa en la determinación de la pérdida de agua que experimenta una cantidad conocida de muestra durante su secado a 60 °C en estufa de vacío (Vaciotem, J.P. Selecta, Barcelona, España) hasta peso constante. Para realizar las pesadas se utilizó una balanza de precisión $\pm 0,001$ (Mettler Toledo Inc., Barcelona, España).

ACTIVIDAD DEL AGUA (a_w)

La actividad del agua se determinó con un higrómetro de punto de rocío (Aqualab 4TE; Decagon devices Inc., Pullman WA, USA), con una precisión de $\pm 0,003$, previamente calibrado con una disolución saturada de acetato de potasio ($a_w= 0,22$) y a una temperatura de 25 °C.

SÓLIDOS SOLUBLES (x_{ss})

El contenido en sólidos solubles se determinó a través de la medida de los grados Brix, obtenidos por refractometría. Para ello, los polvos se diluyeron en agua destilada en una proporción 1:10 (m/v), midiéndose los grados Brix de la disolución resultante en un refractómetro de mesa termostatado a 20 °C (Abbe Atago, 3-T, Japón). Finalmente, la medida de grados Brix se transformó en contenido en sólidos solubles de la muestra (x_{ss}), teniendo en cuenta la humedad de la misma y la cantidad de agua incorporada para la dilución.



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN FIBRA

Para cuantificar la cantidad de fibra presente en las muestras de polvo de arándano, tanto fino como grueso, se aplicó el método Van Soest (AOAC, 2000; Mertens, 2002). Como resultado de este análisis se obtuvieron los valores FND (contenido en fibra neutra detergente), cuyo valor incluye la lignina, la celulosa y la hemicelulosa; FAD (contenido en fibra con detergente ácido), que incluye la cantidad de fibras insolubles (básicamente lignina y celulosa); y FDL (lignina con detergente ácido), que indica la cantidad de lignina pura que se obtiene incorporando a las fibras insolubles ácido sulfúrico al 72%. A partir de estos valores se pudo calcular el contenido en hemicelulosa (fibra soluble), el contenido en celulosa y lignina (fibra bruta o insoluble) y el contenido total en fibra.

ISOTERMAS DE SORCIÓN

Las isotermas de sorción del polvo de arándano fino y polvo grueso se obtuvieron a partir del método gravimétrico estático propuesto por Wolf et al. (1985). Este método consiste en equilibrar las muestras con disoluciones saturadas de distintas sales en el interior de cámaras herméticas y en presencia de timol (PANREAC QUÍMICA S.A., Barcelona, España), para evitar el desarrollo de hongos. Se considera que la muestra tiene la misma actividad del agua que la disolución saturada de la sal cuando ésta alcanza un peso constante. En ese instante se determina la humedad de la muestra equilibrada, por el mismo procedimiento comentado anteriormente.

Las sales empleadas junto con la a_w de las correspondientes disoluciones saturadas se presentan en la tabla 2. Las determinaciones se realizaron por triplicado, en ausencia de luz para evitar la oxidación del producto y a temperatura controlada (25 °C). Los datos experimentales obtenidos se ajustaron al modelo de BET (Brunauer et al., 1938), que relaciona la humedad en el equilibrio (w_e) con la actividad del agua (a_w) a través de los parámetros w_0 y C (ecuación 1), donde w_0 es la humedad del producto correspondiente a la capa monomolecular de agua adsorbida y C es una constante característica del material relacionada con el calor desprendido en el proceso de sorción. El modelo de BET tiene ciertas limitaciones puesto que se ajusta únicamente a a_w comprendidas entre 0 y 0,55; no obstante, el concepto del valor de monocapa de BET se acepta como referencia del contenido de humedad de mayor estabilidad para alimentos secos (Labuza y Atunakar, 2007).

$$w_e = \frac{w_0 \cdot e \cdot a_w}{(1 - a_w) \cdot (1 + (C - 1) \cdot a_w)} \quad \text{Ecuación 1}$$

TABLA 2. Sales y actividad del agua correspondientes de las disoluciones saturadas empleadas para la obtención de las isotermas de sorción.

Sal	LiCl	CH ₃ COOK	MgCl ₂	K ₂ CO ₃	Mg(NO ₃) ₂	NaCl	KCl	BaCl ₂
a_w	0,1	0,23	0,3	0,43	0,5	0,7	0,85	0,9

TAMAÑO DE PARTÍCULA

El tamaño de partícula se determinó con un difractómetro láser modelo Mastersizer 2000 (Malvern Instruments, Worcestershire, U.K) acoplado a una unidad de manipulación de muestra Scirocco 2000, para el análisis por vía seca, y a una unidad Hydro 2000, para el análisis por vía húmeda. Las medidas se realizaron por quintuplicado, empleando un índice de absorción de 1,53 y un índice de refracción de 0,1. A partir de los análisis realizados se obtuvieron los siguientes diámetros característicos $D[4,3]$, o diámetro medio calculado a partir del volumen equivalente, y $D[3,2]$ o diámetro medio calculado a partir del área superficial equivalente. Además, se registraron los percentiles de la distribución (d_{90} , d_{50} y d_{10}), indicadores del tamaño de partícula por debajo del cual se encuentran el 90%, 50% y 10% de las partículas, respectivamente.

PROPIEDADES ÓPTICAS (COLOR)

El color de las muestras se midió por triplicado sobre fondo negro en un espectrocolorímetro (modelo MINOLTA, CM 3600D, Tokio, Japón), utilizando como referencia el observador 10° y el iluminante D65. Para medir el color del polvo de arándano, éste se introdujo en cubetas de metacrilato de tamaño estándar (37 mm x 50 mm x 22 mm). En el caso de las galletas, el color se midió directamente sobre la superficie de la galleta.

A partir del espectro de reflectancia medido en el intervalo entre 400 y 760 nm se obtuvieron las coordenadas de color en el espacio CIE $L^*a^*b^*$, donde L^* es una medida relacionada con la luminosidad, a^* indica la tendencia de un color hacia el rojo (valores de a^* positivos) o el verde (valores de a^* negativos) y b^* indica la tendencia de un color hacia el amarillo (valores de b^* positivos) o el azul (valores de b^* negativos). A partir de los valores de L^* , a^* y b^* se calcularon las coordenadas polares tono (h) y croma (C^*).

EFEECTO PREBIÓTICO

El efecto prebiótico se refiere a la capacidad que tiene un compuesto o materia prima para favorecer el desarrollo de bacterias con efecto probiótico. Para realizar este análisis se adaptó el método publicado por Moreno-Vilet et al. (2014), empleando como referencia el microorganismo probiótico *Lactobacillus salivarius* spp. *salivarius* (CECT 4063). Como medio control se empleó medio de cultivo MRS Broth (Sharlau Chemie®, Barcelona, España), en el que se cultivó a partir de un líofilo y se incubó el citado microorganismo durante 24 h a 37 °C, obteniéndose el inóculo inicial o control. En paralelo, se llevó a cabo el cultivo del microorganismo, en las mismas condiciones, en presencia de distintas cantidades de polvo de arándano (fino o grueso), calculadas a partir de diversos porcentajes equivalentes de fibra (0,5%, 1% y 2%, m/v). Asimismo, con el fin de controlar el posible efecto de la adición de azúcares como fuente de carbono junto con el polvo de arándano, se realizó el cultivo del microorganismo en presencia de cantidades equivalentes de

glucosa. Para ello, se estimaron los azúcares añadidos junto con el polvo de arándano 0,5, 1 y 2% fibra equivalente, a partir de la fracción másica de sólidos solubles (x_{ss}) obtenida previamente.

Tras el cultivo en medio líquido se determinó el contenido microbiano mediante diluciones seriadas en agua de peptona (Sharlau Chemie®, Barcelona, España) y posterior siembra en placa con medio MRS agar. Por las características microaerófilas del microorganismo, la siembra en placa se realizó por inmersión en agar doble capa. A continuación, las placas se incubaron a 37 °C durante 24 h, periodo tras el cual se procedió al recuento de las placas con un número de unidades formadoras de colonia (UFC) comprendido entre 30 y 300.

PROPIEDADES MECÁNICAS (TEXTURA)

Las propiedades mecánicas de las diferentes masas y galletas se determinaron mediante ensayo de punción con un texturómetro TA- XT Plus (Stable Micro Systems). El ensayo se llevó a cabo con una sonda cilíndrica de acero inoxidable de 2 mm de diámetro que recorrió una distancia de 15 mm hasta atravesar completamente la muestra. Las condiciones del ensayo fueron una velocidad de avance de 2 mm/s, una fuerza de 0,04903 N y una celda de carga de 50 Kg. A partir de las curvas fuerza-tiempo proporcionadas por el equipo se obtuvieron los valores de fuerza máxima ($F_{m\acute{a}x}$, N) ejercida por la sonda durante la compresión de la muestra.

ANÁLISIS SENSORIAL

Se llevó a cabo un análisis sensorial con un panel de 40 catadores no entrenados en sala de catas normalizada (UNE-8587, 2010). Los jueces evaluaron el color, olor, sabor, textura, acidez y aceptación global de las galletas formuladas con polvo de granulometría fina a través de una escala Likert de 9 niveles, en la que el valor 1 indica “no me gusta en absoluto” y el valor 9 “me gusta mucho”. Para la realización de la cata, las muestras se presentaron codificadas con números de 3 dígitos no consecutivos. Seguidamente, se seleccionaron las formulaciones 10 y 30% y se realizó una segunda cata en la que los catadores evaluaron la influencia de granulometría y porcentaje de sustitución en la textura (al partir manualmente y en boca), mediante la escala Likert de 9 niveles. Además, se les preguntó por su preferencia en cuanto a la textura de las galletas.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente con el programa informático Statgraphics (versión Centurion XVI.I, StatPoint Technologies, Inc.), utilizando un nivel de confianza del 95% (p -valor < 0,05). Para procesar estadísticamente los datos se utilizaron ANOVAS simples y multifactor, comprobando previamente la normalidad de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del polvo de bagazo de arándano en sus diferentes granulometrías.

HUMEDAD, ACTIVIDAD DE AGUA Y SÓLIDOS SOLUBLES

A continuación, se muestran los resultados correspondientes a las determinaciones fisicoquímicas de humedad, actividad del agua y contenido en sólidos solubles (tabla 3) para las dos granulometrías del polvo de arándano. Los valores obtenidos de humedad y actividad del agua indican que el polvo de bagazo de arándano deshidratado, en sus dos granulometrías, es un producto estable. Productos de tan baja humedad pueden verse afectados por oxidaciones lipídicas (Labuza y Atunakar, 2007), lo que no sería relevante en este caso debido a que este producto no se caracteriza por su contenido en lípidos.

TABLA 3. Resultados de humedad, actividad del agua y contenido en sólidos solubles de los polvos de bagazo de arándano.

	x_w (g agua/g total)	Actividad del agua (a_w)	Sólidos solubles (x_{ss})
Polvo grueso	2,4±0,5 ^a	0,24±0,04 ^a	3,3±0,6 ^a
Polvo fino	1,90±0,06 ^a	0,20±0,06 ^a	3,0±0,6 ^b

^{a,b,c...}Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN FIBRA

El contenido en fibra del polvo de bagazo se muestra en la tabla 4, en la que se observan diferencias estadísticamente significativas entre el polvo fino y grueso. El modo en que podría haber influido la granulometría es que el polvo fino tendría una mayor proporción de fibras fragmentadas debido al triturado mecánico, algunas de las cuales podrían incluso solubilizarse, resultando un valor de fibras menor. La molienda reduce el tamaño de las partículas y con ello produce rotura de la cadena incrementando la solubilidad de los fragmentos de polisacáridos. Las cadenas procedentes de la hemicelulosa se solubilizarán mejor al ser más cortas y las cadenas de lignina y celulosa, aunque insolubles, contribuirían a mejorar el tránsito intestinal ya que debido a su menor longitud el cuerpo humano tardará menos en expulsarlas (Licona, 2013).

TABLA 4. Tipo y contenido de fibra (g/100g) en el polvo de bagazo de arándano.

	Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)	Fibra insoluble (%)	Fibra total (%)
Polvo fino	10,497±0,003 ^a	16,8±0,1 ^a	6,6±0,2 ^a	23,36±0,06 ^a	33,9±0,2 ^a
Polvo grueso	13,07±0,02 ^b	18,3±0,4 ^b	7,7±0,2 ^b	26,1±0,2 ^b	39,1±0,2 ^b

^{a,b,c...}Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

Comparado con otros polvos de frutas, el polvo de bagazo de arándano presenta un contenido en fibra total mayor y un contenido en fibra soluble menor (Vergara-Valencia et al., 2007), lo cual se debería al mayor contenido en fibra del bagazo frente a la fruta entera, y al menor contenido en sólidos solubles del polvo, cuando no se emplea la pulpa de la fruta para su obtención.

TAMAÑO DE PARTÍCULA

El resultado del análisis del tamaño de partícula del polvo fino y grueso se resume en la tabla 5, en la que quedan reflejados los diámetros equivalentes resultado del análisis, así como percentiles 10, 50 y 90 de la distribución.

TABLA 5. Medias y desviaciones típicas de los parámetros característicos del tamaño de partícula para ambas granulometrías, obtenidos por vía seca y húmeda.

		D[4,3]	D[3,2]	d (0,1)	d (0,5)	d (0,9)
Vía seca	Grueso	659±10 ^d	239±8 ^d	129±5 ^d	606±10 ^c	1247±17 ^d
	Fino	211±2 ^a	81±4 ^a	36±1 ^a	170,1±0,7 ^a	446±7 ^a
Vía húmeda	Grueso	437±106 ^c	177±32 ^c	71±13 ^c	398±79 ^b	873±236 ^c
	Fino	293±66 ^b	100±48 ^b	52±6 ^b	209±51 ^a	680±206 ^b

^{a,b,c...}Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

Los resultados obtenidos confirman que existen diferencias estadísticamente significativas entre las partículas que conforman el polvo fino y el grueso. Como era de esperar, el polvo fino se caracteriza por presentar unas partículas de menor tamaño equivalente que el polvo grueso, por lo que el triturado más severo aplicado en este caso ha tenido el efecto deseado.

El análisis de tamaño de partícula se realizó por vía seca y húmeda, con el fin de valorar diferentes presentaciones del polvo, ya sea para la formulación de alimentos líquidos (zumo, bebida isotónica), o alimentos sólidos (galletas, bizcochos). El menor tamaño registrado para vía húmeda en el caso el polvo grueso podría indicar que los compuestos solubles se habrían solubilizado en el agua, empleada como dispersante (Lario et al., 2004). No obstante, dichas diferencia también podrían deberse a la forma en la que se agregan las partículas, dado que los resultados correspondientes al polvo fino no siguen la misma tendencia.

ISOTERMAS DE SORCIÓN

Las isotermas de sorción obtenidas para los polvos de bagazo de arándano de granulometría fina y gruesa se presentan en la figura 1. La forma que presentan ambas curvas es de tipo II (Brunauer, et al., 1940), que se corresponde con la típica curva que describe frutas y hortalizas (Martínez-Las Heras et al., 2014). Según puede apreciarse, las isotermas de ambos productos son bastante similares, no observándose diferencias significativas.

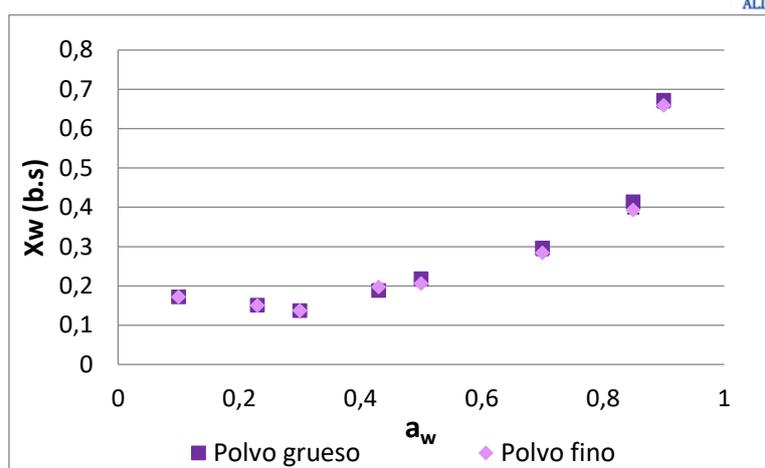


FIGURA 1. Isoterms de sorción para polvo de bagazo de arándano de granulometría fina y gruesa.

En la tabla 6 se presentan los parámetros del ajuste por el modelo de BET, habiéndose empleado para dicho ajuste los pares de datos correspondientes al intervalo de a_w entre 0 y 0,5, según se ha descrito anteriormente. A tenor de la bondad del ajuste, se deduce que el modelo define con precisión el comportamiento de ambos polvos.

TABLA 6. Parámetros característicos del modelo de BET y bondad del ajuste (R^2). C: constante característica del material, W_0 : humedad de la monocapa.

	C	W_0	R^2
Polvo grueso	41,0395	0,103	0,977
Polvo fino	31,021	0,133	0,992

PROPIEDADES ÓPTICAS (COLOR)

En la siguiente tabla (tabla 7), se muestran los parámetros característicos de color para ambas granulometrías de polvo. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre el polvo fino y el grueso en los parámetros a^* , b^* y C^* . Sin embargo, no se encontraron diferencias en los valores de luminosidad (L^*) y tono (h).

TABLA 7. Coordenadas de color CIE $L^*a^*b^*$ de los polvos de bagazo de arándano.

	L^*	a^*	b^*	C^*	h
Polvo grueso	37,5±0,2 ^a	3,2±0,1 ^a	0,4±0,1 ^a	3,37±0,05 ^a	10,1±1,3 ^a
Polvo fino	37,8±0,1 ^a	3,8±0,3 ^b	1,00±0,04 ^b	3,9±0,1 ^b	2,0±0,9 ^a

^{a,b,c...} Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

Se deduce por lo tanto que el triturado tiene un efecto significativo sobre algunos parámetros de color, lo cual podría deberse a una mayor exposición de los compuestos coloreados, contribuyendo a que el polvo fino tienda más

a colores rojizos y amarillos. Las diferencias en la saturación (C^*) indicarían que el polvo fino presenta un color morado más intenso.

EFECTO PREBIÓTICO

En la figura 2 están representados los valores correspondientes al crecimiento del microorganismo probiótico *Lactobacillus salivarius* spp. salivarius (UFC/mL) en el medio control y en los medios enriquecidos con el polvo de arándano fino y grueso, según se ha descrito anteriormente.

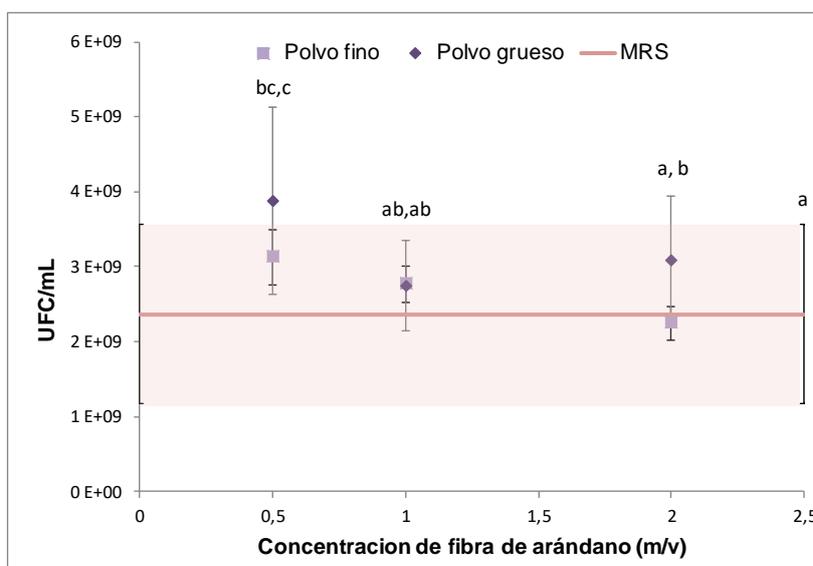


Figura 2. Recuento de UFC/mL de *Lactobacillus salivarius* spp. salivarius (CECT 4063) en el medio control (MRS) y los medios enriquecidos con polvo de bagazo de arándano fino y grueso. La zona sombreada se corresponde con el valor promedio de crecimiento en medio MRS \pm desviación típica. ^{a,b,c...}Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza el 95% (polvo fino, polvo grueso).

El análisis estadístico de los resultados indicó que todos los factores estudiados (granulometría y concentración), así como la interacción entre ambos resultaron estadísticamente significativos (p -valor $<0,05$).

Se observa cierta tendencia a que la presencia del polvo de bagazo de arándano en medio de cultivo puede favorecer el crecimiento del microorganismo probiótico estudiado. Con respecto a la granulometría, el efecto de adición de polvo de bagazo de arándano es más significativo en el caso del polvo grueso que en el caso del polvo fino. Por otro lado, por lo que respecta a la cantidad de polvo adicionada al medio, se observa que el efecto positivo encontrado a concentraciones bajas (0,5%), se reduce al aumentar la cantidad de polvo adicionada. Esa tendencia se confirma al incrementar a 2% en el caso del polvo fino, mientras que el efecto prebiótico del polvo grueso parece recuperarse ligeramente al aumentar de nuevo la concentración de fibra adicionada de 1 a 2%.

El menor efecto prebiótico observado a medida que se incrementa la cantidad de polvo incorporado al medio de cultivo podría deberse a que el

polvo, además de la fibra a la que se le atribuiría efecto prebiótico, contiene otros compuestos que pueden tener efectos inhibitorios del crecimiento microbiano, tales como los compuestos fenólicos (Sauceda, 2011). Es posible que, a partir de una concentración dada, el efecto antimicrobiano de los compuestos antioxidantes presentes en el polvo prevalezca sobre el efecto prebiótico de la fibra. Por otro lado, la exposición de los microorganismos a los compuestos antimicrobianos presentes en el polvo será diferente según éste se presente en su forma fina o gruesa. El microorganismo crecería peor en presencia de polvo fino dada su mayor área superficial, que supondría una mayor liberación o exposición de compuestos antimicrobianos al medio de cultivo. Por otro lado, el polvo fino podría quedar más suspendido, aumentando la exposición de los compuestos antimicrobianos al medio.

El polvo grueso, por el contrario, dejaría menos compuestos inhibitorios expuestos debido a su menor área superficial, y a que el polvo grueso podría sedimentar con más facilidad, separándose del medio líquido en el que prioritariamente se produce el crecimiento microbiano. El distinto comportamiento del microorganismo a medida que se aumenta la concentración de fibra en función de la granulometría empleada quedaría así justificado. No obstante, se plantea la posibilidad de realizar el mismo ensayo en agitación para poder distinguir entre la influencia del tamaño de partícula debida a la superficie expuesta, del posible efecto debido a la sedimentación de partículas sólidas en la base del matraz.

En definitiva, se habría comprobado que el polvo de bagazo de arándano podría tener efecto prebiótico sobre el crecimiento de *Lactobacillus salivarius* spp. *salivarius*, aunque éste quedaría supeditado a la granulometría del polvo y a la cantidad de polvo adicionado, ya que la balanza entre el efecto prebiótico de la fibra y el inhibitorio de los antioxidantes presentes en el polvo debe quedar del lado del prebiótico.

Finalmente, indicar que se descartó la posibilidad de que la presencia de partículas sólidas hubiera interferido sobre la toma de muestra para el ensayo de diluciones seriadas, siembra y recuento, puesto que se repitió el experimento filtrando el medio en bolsas de stomacher con filtro, y tomando 1 mL de filtrado. Dado que los resultados obtenidos fueron similares a los presentados en la figura 2, se descartó su inclusión en este documento.

Formulación de galletas empleado polvo de bagazo de arándano

HUMEDAD DE LAS MASAS Y GALLETAS

En la tabla 8, se presentan los resultados de humedad de las masas y galletas, es decir, antes y después del horneado. En primer lugar, se observa el descenso de humedad previsible debido a la etapa de horneado. Además, la sustitución de parte de la harina por polvo de arándano supuso un aumento de la humedad de las muestras, lo cual podría deberse a la capacidad de retención de agua de las fibras, fundamentalmente las fibras insolubles. Como puede observarse, este efecto es más señalado para la granulometría fina, lo cual podría justificarse debido a la presencia de un mayor número de

partículas o, dicho de otro modo, a una mayor área superficial disponible para interactuar con el agua.

TABLA 8. Media y desviaciones típicas de los valores de humedad (g_w/100g) de las antes (masa) y después del horneado (galleta).

	Masas		Galletas	
	Fina (g _w /100g)	Gruesa (g _w /100g)	Fina (g _w /100g)	gruesa (g _w /100g)
Control	17,5±0,6 ^{e,a}		3,13±0,06 ^{d,c}	
10%	19,1±0,6 ^d	18,66±0,04 ^b	2,63±0,06 ^d	1,1±0,2 ^a
30%	19,6±0,2 ^d	16,82±0,08 ^a	3,7±0,5 ^d	1,4±0,6 ^{ab}
40%	19,8±0,8 ^d	19,2±0,4 ^b	4,21±0,04 ^d	1,9±0,3 ^b

^{a,b,c...} Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

PROPIEDADES MECÁNICAS (TEXTURA)

Como se puede observar en la tabla 9, la fuerza máxima necesaria para comprimir tanto las masas como las galletas no se vio afectada por la granulometría del polvo, pero sí por el porcentaje de reemplazo. Aunque los productos formulados con el polvo de arándano grueso presentaron valores de fuerza máxima ligeramente más elevados que sus equivalentes formulados con el polvo de arándano fino, estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas. En cuanto al porcentaje de sustitución de harina por polvo de arándano, su efecto sobre la firmeza resultó diferente en función del producto considerado. Con independencia de la granulometría del polvo, la firmeza de las masas disminuyó conforme aumentó el porcentaje de reemplazo, mientras que la de las galletas aumentó. Este comportamiento es consecuencia del menor aporte de gluten como consecuencia del reemplazo de la harina por el polvo de arándano, de manera que las masas con mayor cantidad de harina resultan más consistentes, pero más quebradizas tras el horneado.

TABLA 9. Medias y desviaciones de la fuerza utilizada en la compresión de las masas y galletas.

	Tipo de masa	Fuerza (N)	Tipo de galleta	Fuerza (N)
Granulometría fina	Masa control	1,78±0,04 ^c	Galleta control	18±5 ^a
	Masa 10%	1,05±0,05 ^b	Galleta 10%	28±7 ^c
	Masa 30%	0,87±0,03 ^a	Galleta 30%	36±2 ^d
	Masa 40%	0,82±0,07 ^a	Galleta 40%	45±7 ^e
Granulometría gruesa	Masa 10%	1,19±0,04 ^b	Galleta 10%	34±6 ^b
	Masa 30%	1,087±0,018 ^b	Galleta 30%	42±5 ^c
	Masa 40%	0,95±0,08 ^a	Galleta 40%	53±7 ^e

^{a,b,c...} Letras distintas para una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%

En la figura 3 se muestran las curvas fuerza-tiempo obtenidas tras el análisis de las propiedades mecánicas de las masas y las galletas con porcentajes de reemplazo mínimo (control) y máximo (40%). Los resultados ponen de manifiesto la disminución en el volumen que experimentan las

muestras durante el horneado ya que, como se puede comprobar, el tiempo empleado en atravesar completamente la muestra resultó significativamente menor en el caso de las galletas. Por otra parte, se corrobora que, tal y como se ha comentado anteriormente, la fuerza requerida en un mismo tiempo para comprimir la masa aumenta notablemente tras el horneado. Al analizar cada par de curvas de forma independiente, se observa que la fuerza requerida para comprimir la masa con un 40% de reemplazo es significativamente mayor a la requerida para comprimir la masa control, lo que estaría directamente relacionado con una mayor facilidad de amasado en el caso de la masa que incluye arándano en su composición. Tal y como se ha comentado anteriormente, en el caso de las masas horneadas sucede justo lo contrario.

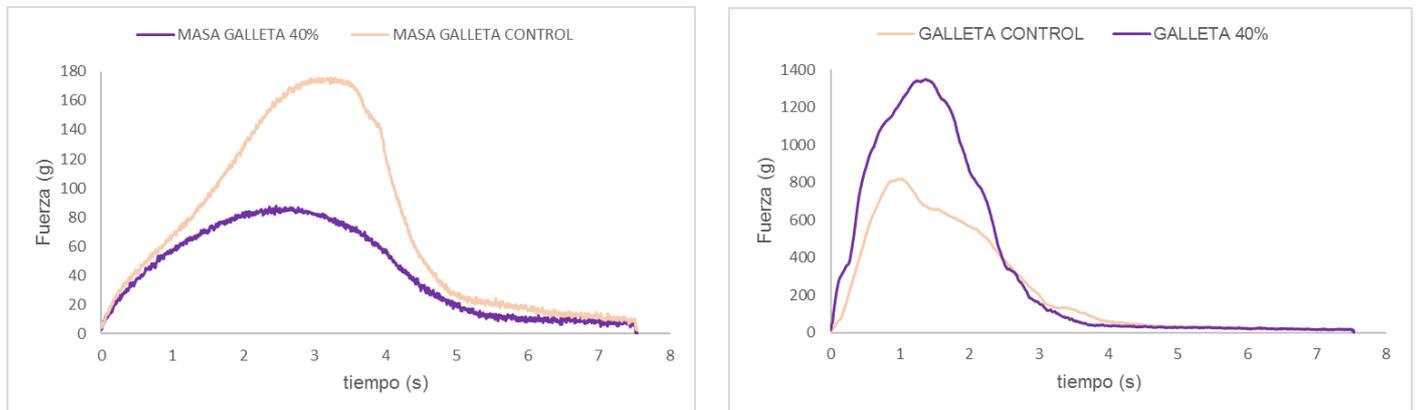


Figura 3. Curvas fuerza-tiempo correspondientes a las masas control y con un 40% de reemplazo antes (izquierda) y después de su horneado (derecha).

PROPIEDADES ÓPTICAS (COLOR)

A continuación, se muestra una tabla resumen (tabla 10) con las coordenadas de color de las galletas formuladas con diferentes porcentajes de reemplazo de harina por polvo de arándano fino y grueso.

TABLA 10. Valores (medias y desviaciones) de las coordenadas L*, a*, b*, C* y h medidos en galletas horneadas.

MUESTRA	L*	a*	b*	C*	h
Control	73,0±0,6 ^f	7,2±0,4 ^d	31,5±0,5 ^e	32,3±0,6 ^e	77,0±0,6 ^e
10% Gruesa	37,8±0,6 ^e	6,2±0,3 ^{bc}	4,2±0,1 ^{cd}	7,2±0,3 ^c	35,61±1,19 ^d
30% Gruesa	31,0±0,8 ^d	5,9±0,3 ^c	3,4±0,4 ^c	7,10±0,05 ^c	28±7 ^c
40% Gruesa	27,41±0,09 ^c	5,8±0,4 ^{bc}	3,5±0,1 ^c	6,9±0,8 ^c	30±6 ^{cd}
10% Fina	32±1 ^d	7,5±0,5 ^d	4,7±0,2 ^d	8,8±0,4 ^d	32±3 ^{cd}
30% Fina	24,492±0,002 ^b	5,13±0,02 ^b	1,76±0,05 ^b	5,42±0,02 ^b	19,0±0,4 ^b
40% Fina	21,1±0,1 ^a	4,3±0,2 ^a	0,23±0,02 ^a	4,3±0,2 ^a	3,1±0,4 ^a

^{a,b,c...} Letras distintas en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95% (

Como se puede observar, tanto para la granulometría fina como para la gruesa, el valor de L* disminuyó con la adición del polvo, evolucionando el color hacia un tono más oscuro. Este oscurecimiento resultó ligeramente más pronunciado en el caso de las galletas formuladas con el polvo de arándano

fino, en las que también resultó más acusado el descenso en las coordenadas cromáticas a^* y b^* y en las coordenadas polares h y C^* . Estos resultados son lógicos si tenemos en cuenta que, al disminuir el tamaño de partícula, la superficie de contacto entre los pigmentos responsables del color y el agua aumenta, por lo que se disuelven mejor en la masa (Lario et al., 2004).

ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados correspondientes al análisis sensorial de las muestras de galletas elaboradas con polvo de bagazo de arándano de granulometría fina se presentan en la figura 4. En este punto, se pretendía valorar la influencia del porcentaje de sustitución sobre los atributos evaluados. El panel de catadores valoró positivamente las galletas formuladas, otorgando valoraciones alrededor del 7 para todos los atributos presentados, independientemente del porcentaje de sustitución. Ninguno de los parámetros evaluados resultó estadísticamente significativo (p -valor $<0,05$). No obstante, se observó una ligera preferencia o mayor aceptación global por la galleta de 30% de sustitución. Habría que tener en cuenta que la respuesta de los catadores podría estar condicionada positivamente por el hecho de saber que galletas con una coloración más intensa podrían contener una mayor cantidad de compuestos beneficiosos para la salud. En el tiempo que se realizó este trabajo y en el mismo laboratorio se hizo una cata similar con galletas formuladas con el polvo de granulometría gruesa en la que se obtuvieron resultados en la línea de los obtenidos en este trabajo (Crespo et al., 2017).

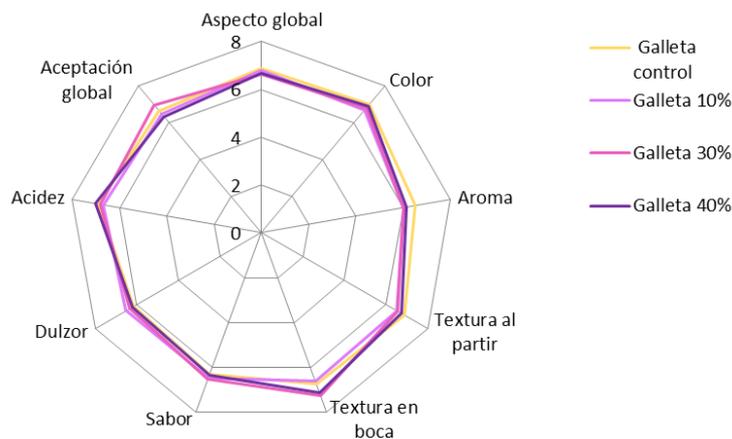


Figura 4. Gráfico de araña correspondiente a las valoraciones proporcionadas por los jueces para evaluar los atributos de galletas formuladas con polvo de bagazo de arándano fino en distintos porcentajes de sustitución de la harina (0, 10, 30 y 40%).

Finalmente, con el fin de evaluar la influencia de la granulometría sobre la aceptación de las galletas, se decidió escoger las formulaciones de 10 y 30%, y se propuso un nuevo análisis sensorial fundamentalmente dirigido a la evaluación de la textura, parámetro que podría estar más influido por la distinta granulometría del polvo. Se preguntó al panel de catadores su grado de aceptación de las galletas en relación a la textura al partir con las manos y al partir en boca (Tabla 11). Los jueces no encontraron diferencias

estadísticamente significativas al partir las galletas con la mano, mientras que sí serían estadísticamente significativas al partirlas en boca. Más que al porcentaje de sustitución, las diferencias se deberían al empleo de polvo fino o grueso, otorgando mejores valoraciones a las muestras elaboradas con polvo de granulometría gruesa.

TABLA 11. Medias y desviaciones típicas de las valoraciones otorgadas por los jueces al grado de aceptación de las galletas al partirlas con las manos y en boca.

	10% Gruesa	10% Fina	30% Gruesa	30% Fina
En mano	7,3±1,2 ^a	6,8±1,5 ^a	7,3±1,1 ^a	7,2±1,1 ^a
En boca	7,7±0,9 ^c	6,9±1,3 ^{ab}	7,2±1,7 ^{bc}	6,5±1,9 ^a

^{a,b,c...} Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95%.

No obstante, la respuesta de los jueces a su preferencia con respecto a la textura al partir y en boca, no coincidió exactamente con lo que se deduce del promedio las valoraciones numéricas otorgadas. Hubo preferencia por la granulometría fina en cuanto al partir con las manos (23/40 en las galletas con 10% de sustitución, y 25/40 en las galletas 30% de sustitución), y preferencia por la granulometría gruesa al partir en boca (27/40 en las galletas con 10% de sustitución y 24/40 en las galletas con 30% de sustitución).

CONCLUSIÓN

Del trabajo realizado se concluye que ha sido posible obtener polvos deshidratados a partir del bagazo de arándano, en dos granulometrías distintas, mediante el proceso seleccionado de secado por aire caliente y diferente intensidad de triturado. El polvo obtenido presenta un elevado contenido en fibra, la cual podría tener cierto efecto prebiótico, únicamente demostrado a bajas concentraciones de adición de polvo de bagazo de arándano (0,5%). Concentraciones superiores podrían suponer una mayor incorporación de compuestos fenólicos tales como las antocianinas, con efecto inhibitorio sobre el crecimiento microbiano. Por otro lado, se ha comprobado que las distintas granulometrías obtenidas afectan a varias de las variables analizadas, desde el tamaño de partícula hasta el efecto prebiótico o el contenido en sólidos solubles. Finalmente, también se observó que la granulometría afecta definitivamente a la formulación de producto, como ha resultado en el caso de las galletas.

En cuanto a la formulación de galletas con la incorporación del polvo, se consiguieron obtener galletas con una buena aceptación por parte del panel de catadores. Por lo que respecta a las diferencias entre las dos granulometrías estudiadas, se observó que el polvo fino afectaba más significativamente al color, mientras que el porcentaje de reemplazo es la variable que más repercusión tiene sobre las propiedades mecánicas de las galletas. Con respecto a la aceptación por el panel de catadores, las galletas presentaron una buena aceptación en general, no significativamente afectada por el porcentaje de sustitución. Con respecto a la influencia de la

granulometría en la textura de las galletas, hubo una ligera preferencia las galletas formuladas con el polvo de granulometría gruesa.

Con todo esto, los resultados sugieren que el polvo de bagazo de arándano, preferiblemente de granulometría gruesa, podría ser empleado como ingrediente funcional para la formulación de galletas con propiedades nutricionales mejoradas, teniendo en cuenta la aportación de fibra y el posible efecto prebiótico de ésta, así como la incorporación de otros compuestos beneficiosos para la salud que podrían estar presentes en el polvo, tales como compuestos antioxidantes.

REFERENCIAS

- AOAC, 2000. Official method 973.18. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th edition. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, EEUU.
- Ayala-Zavala, J., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J., y Siddiqui, M. et al. (2014). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021>
- Brunauer, S., Emmett, P.H. y Teller, E. (1938). Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemical Society*, 60, 309-19
- Brunauer, S., Deming, L. S., Deming, W. E., y Teller, E. (1940). On a theory of the van der Waals adsorption of gases. *Journal of the American Chemical Society*, 62(7), 1723-1732.
- Crespo, S. R., Gil, L. S., Valls, n. B., Jiménez, L. C. Caracterización del polvo obtenido a partir de residuo de arándano y su uso como ingrediente funcional en la formulación de galletas. Cuq, B., Gaiani, C., Turchiuli, C., Galet, L., Scher, L, Jeantet, R. Mandato, S. Petit, J. Murrieta, I. Barkouti, A.
- FAOSTAT, 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura <<http://www.fao.org/faostat/es/#search/ar%C3%A1ndano>> (2016) [Fecha de consulta: 15-8-2017]
- Fundación Doñana Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos (2008) 59-77. <http://donana.es/source/MANUAL%20FRUTOS%20ROJOS.pdf> [Fecha de consulta: 25-8-2017]
- Gironés-Vilaplana, A., Baenas, N., Villaño, D., Speisky, H., García-Viguera, C., y Moreno, D. A. (2014). Evaluation of Latin-American fruits rich in phytochemicals with biological effects. *Journal of Functional Foods*, 7, 599-608.
- Janevska, D. P., Gospavic, R., Pacholewicz, E. y Popov, V. (2010). Application of a HACCP–QMRA approach for managing the impact of climate change on food quality and safety. *Food research international*, 43(7), 1915-1924.
- Karam, M.C., Petit, J., Zimmer, D., Djantou, E.B. Scher, J. (2016). Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering* 188, 32-49.
- Labuza, T.P. y Altunakar, B. (2007) Water prediction and moisture sorption isotherms. In *Water Activity in Foods*, 109-154, IFT Press, Blackwell Pu
- Lario, Y., Sendra, E., Garcí, J., Fuentes, C., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., y Pérez-Alvarez, J. A. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5(1), 113-117.
- Licona Aguilar, A. I. (2013). Obtención de fibra dietética nutricional de valor agregado a partir de bagazo de caña (Doctoral dissertation).
- Martínez-Las Heras, R., Landines, E. F., Heredia, A., Castelló, M. L., y Andrés, A. Influence of drying process and particle size of persimmon fibre on its physicochemical, antioxidant, hydration and emulsifying properties. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.

- Mertens, D.R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. *J. Assoc. Off. Assoc. Chem. Int.* 85: 1217-1240.
- Michalska, A., y Łysiak, G. (2015). Bioactive compounds of blueberries: Post-harvest factors influencing the nutritional value of products. *International journal of molecular sciences*, 16(8), 18642-18663.
- Michalska, A., Wojdyło, A., Lech, K., Łysiak, G. P., y Figiel, A. (2016). Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food chemistry*, 207, 223-232.
- Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner production*, 65: 28-41.
- Moreno-Vilet, L., Garcia-Hernandez, M. H., Delgado-Portales, R. E., Corral-Fernandez, N. E., Cortez-Espinosa, N., Ruiz-Cabrera, M. A., y Portales-Perez, D. P. (2014). In vitro assessment of agave fructans (*Agave salmiana*) as prebiotics and immune system activators. *International journal of biological macromolecules*, 63, 181-187.
- Neacsu, M., Vaughan, N., Raikos, V., Multari, S., Duncan, G.J., Duthie, G.G., Russell, W.R. (2015) Phytochemical profile of commercially available food plant powders: their potential role in healthier food reformulations. *Food Chemistry*, 179(15), 159-169.
- Norma UNE-ISO 8587:2010. Análisis sensorial. Metodología. Ordenación.
- Ojeda, J.W. (2009). Análisis situacional de la gestión de residuos sólidos urbanos casos: Catalunya (España) y Loja (Ecuador). Universidad Autónoma de Madrid, 1-63.
- Ramachandraiah, K. Chin, K.B. (2016). Evaluation of ball-milling time on the physicochemical and antioxidant properties of persimmon by-products powder. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 37, 115–124.
- Rodríguez-Durán, L. V., Valdivia-Urdiales, B., Contreras-Esquivel, J. C., Rodríguez-Herrera, R., y Aguilar, C. N. (2010). Química y biotecnología de la tanasa. *Revista Científica*, 2(4).
- Sauceda, E. N. R. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 7(1), 153-170.
- Schuck, P. Rondet, E. Delalonne, M. Dumoulin, G. Delaplace, G. Ruiz, T. Chapter Two – Advances in Food Powder Agglomeration Engineering. *Advances in Food and Nutrition Research*: 69, 41–103. (2013).
- Senevirathne M, Kim SH, Jeon YJ. Protective effect of enzymatic hydrolysates from highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) against hydrogen peroxide-induced oxidative damage in Chinese hamster lung fibroblast cell line. *Nutr Res Pract.*2010 Jun;4(3):183-190. <https://doi.org/10.4162/nrp.2010.4.3.183>
- Sorensen, M.D., Hsi, R.S., Chi, T., Shara, N., Wactawski-Wende, J., Kahn, A. J., Stoller, M. L. (2014). Dietary intake of fiber, fruit and vegetables decreases the risk of incident kidney stones in women: A women's health initiative report. *The Journal of urology*, 192, 1694-1699
- Storey, M.; Anderson, P. (2014). Income and race/ethnicity influence dietary fiber intake and vegetable consumption. *Nutrition Research*, 34, 844-850.
- Vergara-Valencia, N., Granados-Pérez, E., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J., y Bello-Pérez, L. A. (2007). Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *LWT-Food Science and Technology*, 40(4), 722-729.
- Vijayaraghavan, K, D. Ahmad and Ch. Soning. 2007. Biohydrogen generation from mixed fruit peel waste using anaerobic contact filter. *Intl. J. Hydrogen En.* 32:4754–4760.
- Wolf, W., Spiess, W. E. L., Jung, G. (1985). Standardization of Isotherm Measurements (Cost Project 90 and 90 bis). En: Simatos, D., Multon, J. L. (eds). *Properties of Water in Foods*. Martinus Nijhoff, Dordrecht, 661–679
- Zucco, F.; Borsuk, Y.; Arntfield, s.d. (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *Food Science and Technology* 44, 2070-2076.