

Agregado de valor al fruto de *Prosopis alba*. Estudio de la composición química y nutricional para su aplicación en bocaditos dulces saludables

Sciammaro, Leonardo¹; Cristina Ferrero¹; Cecilia Puppo^{1,2,3}

¹CIDCA- Facultad de Ciencias Exactas (UNLP-CONICET), Calle 47 y 116, (1900) La Plata, Argentina;

²LIPA-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF - UNLP). 60 y 119, (1900) La Plata, Argentina;

³mcpuppo@gmail.com

Sciammaro, Leonardo; Cristina Ferrero; Cecilia Puppo (2015) Agregado de valor al fruto de *Prosopis alba*. Estudio de la composición química y nutricional para su aplicación en bocaditos dulces saludables. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (1): 115-123.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la calidad química y nutricional de harinas de vaina y pulpa del fruto de algarrobo y su aplicación como agente aglutinante en la formulación de bocaditos dulces a base de semillas andinas (quinua, amaranto y chía). Se realizó un diseño de mezclas manteniendo constante la proporción de semillas y en el que se variaron los tres ingredientes considerados como aglutinantes y endulzantes: harina de algarroba, azúcar y miel. El diseño fue sometido a una restricción, que consistió en que no se formuló un bocadito con harina de algarroba sólo como aglutinante. Se evaluó en los bocaditos la masticabilidad por ensayos de perfil de textura y la aceptabilidad sensorial con un panel no entrenado que realizó un ordenamiento por preferencia con niveles de 1 a 5 (1: la que más me gusta a 5: la que me gusta menos) para las cinco muestras del diseño. La harina de vaina presentó bajo contenido de lípidos y proteína libre de prolaminas; pero alto contenido de azúcares solubles, principalmente sacarosa y de fibra dietaria insoluble. Esta harina presentó un alto contenido de calcio, potasio, magnesio y cinc, como también un nivel importante de polifenoles, tanto en pulpa como en semilla, que contribuyen a la capacidad antioxidante. Esta harina con propiedades nutricionales por su contenido de fibra, minerales y antioxidantes fenólicos, resultó apta para alimentos dulces destinados a personas celíacas. Asimismo, los bocaditos dulces elaborados con la harina de vaina resultaron sensorialmente aceptados por los consumidores.

Palabras clave: fruto *Prosopis alba*; composición química; perfil nutricional; bocadito dulce.

Sciammaro, Leonardo; Cristina Ferrero; Cecilia Puppo (2015) Addition of value to *Prosopis alba* fruit: study of chemical and nutritional properties for its application in sweet healthy snack formulations. Rev. Fac. Agron. Vol 114 (1): 115-123.

The objective of this work was to study chemical and nutritional aspects of *Prosopis alba* pods and pulp, and the application of these flours as agglutinant agents in sweet snacks formulated with Andean seeds (quinoa, amaranth, chia). Snacks were formulated with constant proportion of seeds and variable amounts of agglutinants (sugar, honey and carob flour) according to an experimental design for constrained mixtures. Texture profile analysis (chewiness) and sensory analysis by a non-trained panel (preferences test) were conducted on the snacks. In the preference test, with a scale from 1 to 5, the value 1 was assigned to the less liked sample, while the value 5 corresponded to the most liked one. *Prosopis alba* pod flour was prolamina-free, presented low lipid content and was rich in soluble sugars (mainly sucrose) and insoluble dietary fiber. This flour presented high level of calcium, potassium, magnesium and zinc; and was rich in phenolic antioxidants. This flour with good nutritional properties due to fiber, mineral and phenolic antioxidants is suitable for sweet foods destined to celiac people. In addition, sweet snacks elaborated with *Prosopis alba* pod flour were well accepted by consumers

Keywords: *Prosopis alba* fruit; chemical composition; nutritional profile; sweet snack.

Recibido: 28/03/2015

Aceptado: 15/06/2015

Disponible on line: 25/07/2015

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

El algarrobo *Prosopis sp* pertenece a la familia de las leguminosas y a la subfamilia de las mimosoideas, comprendiendo 44 especies (Burkart 1976) de gran importancia en la composición arbórea y arbustiva de zonas áridas y semiáridas. Se distribuye entre el Sudeste de Asia (tres especies nativas), África tropical (una especie nativa) y América (40 especies nativas), llegando en este último continente desde el Sudoeste de EE.UU. hasta la Patagonia de Argentina y Chile. La República Argentina es el mayor centro de diversificación de la especie (Folkner, 2009). La mayoría de las especies de *Prosopis* presentan elevada resistencia a la sequía, temperaturas extremas y salinidad. Los pueblos originarios le dan diferentes nombres a las diversas especies de algarrobo según sus cualidades, por ejemplo al algarrobo blanco (*Prosopis alba*) los Guaraníes lo llaman “igopé-para”, lo que significa “árbol puesto en el camino para comer”, los Quechua lo identifican como “yaná-tacú” cuyo significado es “el árbol” (Roig, 1993). Estas dos culturas entre otras muchas, demuestran la gran importancia que el algarrobo ha tenido y tiene para las comunidades originarias. Dicho cultivo podría constituir una importante alternativa productiva en la economía de la familia campesina del NOA, proporcionándole materias primas para diversos fines. Su madera sirve para muebles y diversas construcciones rurales (Folkner, 1999) y su resina es conocida como excelente tintura de color negro para lana o algodón. Las abejas elaboran miel de sus flores y su fruto es apreciado como alimento por su sabor y propiedades nutricionales. Este fruto sirve como alimento caprino y para la preparación de diferentes alimentos regionales de consumo humano. Por otro lado, este cultivo resulta conveniente desde el punto de vista medioambiental ya que por ser una leguminosa, fija nitrógeno en el suelo, aportando entre 100 a 400 kg/ha/año, y resulta ser una especie mejoradora de suelos salinos. Por otra parte se trata de una especie tolerante al déficit hídrico y alta temperatura lo que la hace adaptable a zonas áridas (Vega Gentile, 1988). Se ha estimado que en Argentina, el bosque nativo de *Prosopis* se ha reducido a un cuarto del original debido a las actividades antrópicas (Villagra et al., 2004). La reforestación de las zonas desérticas podría contribuir a la soberanía alimentaria de pobladores del NOA (Abraham de Vázquez & Prieto 1981), además de constituir un beneficio ambiental por el aumento de la biodiversidad, favoreciendo la infiltración y la retención de agua del suelo y la disminución de la contaminación atmosférica y los procesos de erosión (Villagra et al., 2004).

Las comunidades nativas asocian al fruto del algarrobo y sus productos a sus orígenes e identidad. Las vainas y semillas del algarrobo (*Prosopis sp.*) son fuente de harinas que pequeños agricultores del NOA utilizan para la elaboración de alimentos tradicionales regionales. Una de las costumbres originarias de los pobladores del NOA era la cosecha colectiva de las vainas con la participación de hombres, mujeres y niños. Seleccionaban las mejores vainas y las dejaban secar dos días al sol. A esta práctica llamada “algarrobeada” contribuían tanto los aborígenes como los criollos. En tiempos de cosecha, la vaina de

algarrobo se puede consumir directamente, cruda o tostarla y triturarla para obtener una harina que se incorpora a la leche. A partir del pisado en mortero de la misma con agua se obtiene la “añapa” una bebida no fermentada, y si se deja fermentar la mezcla se obtiene la “aloja”. Mediante el cocido, pisado y tamizado de la chaucha fresca, seguido de concentración por cocción se obtiene un jarabe tipo miel llamado “arrope”. Para preservar las vainas, éstas se guardan en alforjas llamadas “trojas” o se convierten en diferentes productos como harina, “patay”, “arrope” o “bolonchao” (INCUPO, 1991).

La harina de algarrobo está definida en el Código Alimentario Argentino (CAA, 1995) como el producto de la molienda de las semillas del algarrobo blanco, sin embargo el proceso tradicional utiliza toda la vaina. Las harinas que se obtienen luego del secado de las vainas se usan como sustitutas del cacao y el café por no contener sustancias excitantes como cafeína y teobromina. Además constituyen un ingrediente adecuado en la preparación de productos dulces como pasteles, madalenas y galletitas debido a su alto contenido de azúcar y buen aroma y sabor. El estudio de las propiedades nutricionales de la harina de vaina de algarrobo revalorizaría la potencialidad del uso de este fruto en la industria de alimentos.

La combinación de la harina de algarroba con semillas enteras en la formulación de bocaditos dulces permitiría la obtención de un producto de alto valor nutricional, muy versátil agregando así valor a este fruto subutilizado. En general son productos livianos, ocupan poco volumen y estables durante el almacenamiento. Este producto aportaría fibra dietaria, minerales, vitaminas, ácidos grasos ω -6 y ω -9, entre otros componentes.

Los objetivos de este trabajo fueron estudiar la composición química y nutricional de las diferentes partes (vainas enteras, pulpa, semilla) del fruto del algarrobo blanco (*Prosopis alba*) y evaluar la aplicabilidad de la harina en la elaboración de bocaditos dulces saludables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de harinas de vaina y pulpa de *Prosopis alba*

Los frutos de *Prosopis alba* fueron recolectados en Ingeniero Juárez (Formosa, Argentina) (frutos maduros, cosecha diciembre 2010). Las vainas (fruto entero) se lavaron con agua potable y una porción se destinó a la separación de las semillas. La fracción remanente luego de separar las semillas constituye la pulpa. Las vainas con y sin semilla (vainas enteras y pulpa respectivamente) se secaron en estufa de convección forzada (Sanjor SL60SF, Buenos Aires, Argentina) a 80 °C hasta peso constante. Se determinó el tamaño medio (ancho, largo) de 100 (cien) vainas enteras y de las correspondientes semillas.

Luego del secado, las muestras se molieron en un molinillo doméstico (970 watts, Moulinex, France) y se tamizaron con tamices de 1000 μ m (#18) y 500 μ m (#35) (ALEIN, Munro, Argentina) de acuerdo a las especificaciones ASTM (ASTM, 2013). Se obtuvieron tres fracciones: gruesa, intermedia y fina. La fracción

fina tuvo un rendimiento del 60% y fue la que se utilizó para los ensayos nutricionales, de composición y para la formulación del producto. Las harinas se almacenaron a 4 °C hasta su análisis.

Composición de vaina, pulpa y semilla de *Prosopis alba*

Humedad

La humedad de las diferentes muestras se determinó por triplicado mediante la pérdida de peso luego de secar las muestras en estufa de vacío a 70 °C, 50 mBar hasta peso constante (AOAC, 1998).

Proteína

Se determinó el contenido de nitrógeno total y nitrógeno no-proteico mediante el método de Kjeldahl (AOAC, 1998). El nitrógeno no-proteico se ensayó en la fracción soluble resultante de la precipitación de proteínas con ácido tricloroacético (TCA) 24%. El contenido de proteína se calculó considerando el nitrógeno proteico como la diferencia entre el total y el no-proteico, usando el factor de conversión de 6,25.

La ausencia de prolaminas se comprobó mediante el método competitivo ELISA usando anticuerpos policlonales, desarrollado por Chirido et al. (1995).

Azúcares solubles y fibra dietaria

Los azúcares fueron identificados por HPLC mediante el método descrito por Eliasson (2006). Las muestras (1 g) se desgrasaron con hexano a 40 °C con 1 h de agitación a 650 rpm y se centrifugaron 10 min a 2655 × g. El sobrenadante se descartó y se agregaron 13 ml de agua bidestilada. Se agregó 1 ml de solución de ferrocianuro de potasio (15% p/v) y 1 ml de solución de acetato de cinc (30% p/v). Las dispersiones se agitaron 30 min a 70 °C. Luego de alcanzar 20 °C, se adicionaron 10 ml de acetonitrilo. Las muestras se centrifugaron 10 min a 2655 × g. Los sobrenadantes se filtraron con filtro de 0,45 µm. Los extractos se analizaron en un equipo para HPLC Waters 1525 (Millipore Corp., Milford, MA, EE.UU.) usando una columna A Hypersil Gold Amino 250 (diámetro interno: 4,6 mm) de 25 cm largo (tamaño de partícula: 5 µm) mantenida a 35 °C y un detector de índice de refracción. Se usó una fase móvil acetonitrilo:agua 80:20 a una velocidad de flujo de 1,2 ml/min. Como estándares de calibración se usaron soluciones de glucosa, fructosa y sacarosa (20 mg/ml, Sigma Corp. EE.UU.). Las áreas de las curvas se analizaron mediante el software PeakFit v4.12 (Systat Software, California, USA).

La fibra dietaria total e insoluble se determinó utilizando los métodos 991.43 y 958.29 de hidrólisis enzimática con el kit Megazyme (K-TDRF, Megazyme, Wicklow, Irlanda) (AOAC, 1998).

Lípidos

Las muestras, analizadas por duplicado, se secaron 2 h a 100 °C y los lípidos fueron extraídos durante 2 h con éter de petróleo (fracción 35-60 °C) en un equipo Soxhlet (AOAC, 1998).

Cenizas y minerales

Las cenizas se determinaron por calcinación en mufla a

550 °C (AOAC, 1998). Las cenizas se disolvieron en solución acuosa de ácido nítrico (1:1) y los minerales se analizaron mediante espectroscopia de absorción atómica (Shimadzu AA-6650, Kyoto, Japón). El calcio se determinó diluyendo las muestras en óxido de lantano a concentración final de 0,5% p/v. El hierro, calcio, zinc y magnesio se determinaron por espectroscopia de absorción atómica usando una lámpara de cátodo vacío del mismo metal. El potasio se determinó por espectroscopia de emisión. Las longitudes de onda fueron: 248,3 nm (Fe), 422,7 nm (Ca), 285,2 nm (Mg), 766,9 nm (K) y 213,9 nm (Zn). Se utilizó acetileno como combustible y aire como oxidante. Las determinaciones se realizaron por duplicado.

Polifenoles solubles y actividad antioxidante

Los polifenoles se extrajeron de las muestras (solvente:muestra 3:1) con solución acetona:agua (1:1) con agitación utilizando agitador Eppendorf Termomixer Comfort (Eppendorf, Alemania) a 650 rpm durante 40 min a 4 °C (Papagiannopoulos et al., 2004). Los extractos se centrifugaron en microcentrifuga Eppendorf a 2655×g durante 10 min a 20 °C. Se determinó el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante del sobrenadante. Los polifenoles se determinaron por duplicado por el método de Folin-Ciocalteu y se expresaron como equivalentes de ácido gálico (Zaro et al., 2014).

La actividad antioxidante se determinó por el método del radical ABTS^{•+} (ácido [2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolino-6-sulfónico)]) (Re et al., 1999). Se preparó una solución 7 mM de sal amoniacal de ABTS^{•+} conteniendo persulfato de potasio 2,45 mM y se guardó toda la noche en oscuridad a 20 °C. Esta solución de ABTS^{•+} se diluyó con etanol hasta lograr un valor de absorbancia de 0,700±0,03 at 734 nm. Se adicionaron 1000 µl de solución etanólica de ABTS^{•+} a 10 µL del extracto acetónico, se mezcló durante 20 min y se midió la absorbancia a 734 nm. Se usó como estándar Trolox (ácido 6-hidroxi-2, 5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico) y los resultados se expresaron como TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), µmol equivalentes de Trolox/100 g muestra seca. Las determinaciones se hicieron por duplicado.

Formulación de los bocaditos dulces

Los bocaditos dulces se formularon con semillas de chíá, amaranto y quinoa y se utilizaron miel, azúcar y harina de algarroba como agentes endulzantes y aglutinantes. El contenido de semillas se mantuvo constante (7,8% chíá, 22% quinoa, 22% amaranto; 51,8% total) y se varió el de los aglutinantes (48,2% total) según un diseño de mezcla de 3 componentes con restricción, mostrado en la Tabla 1. La restricción consistió en que no se formuló un bocadito que contuviera solamente harina de algarroba, ya que la miel y el azúcar son necesarios para la aglutinación. El modelo resultante constó de 5 puntos: los vértices de un trapecio y el punto central; este último se evaluó por duplicado para la estimación del error puro.

Tabla 1. Diseño experimental de los bocaditos dulces

Formulación	Variables Codificadas			Variables Decodificadas (g/48,2g)		
	Miel	Azúcar	Algarroba	Miel	Azúcar	Algarroba
A	0,333	0,333	0,333	16,07	16,07	16,07
B	0	0,333	0,666	0	16,08	32,12
C	1	0	0	48,2	0	0
D	0,333	0	0,666	1,08	0	32,12
E	0	1	0	0	48,2	0

Las semillas fueron previamente tratadas. La chía y el amaranto se calentaron en porciones sucesivas de 10 g cada una y por vez, de modo de asegurar un calentamiento homogéneo a cada porción. La chía se tostó mediante calentamiento en hornalla a fuego medio mientras que el amaranto se sometió a calentamiento seco ("popeo") a fuego lento. La quinoa se cocinó con tres veces su volumen de agua hasta que comenzó a hervir la mezcla, luego se apagó el fuego y se dejó reposar 3 min. Se le determinó la humedad de la quinoa con una balanza termo-gravimétrica Metler (Metler Toledo, Suiza) y se calculó la masa de quinoa húmeda equivalente a 22 gramos de quinoa seca necesaria para la formulación del bocadito.

Los bocaditos se prepararon colocando la quinua húmeda en un recipiente de acero inoxidable, luego se agregó la miel, el azúcar y por último la harina de algarrobo, mezclando los ingredientes con cuchara de madera. Luego se agregó la chía y el amaranto hasta obtener un producto homogéneo. La mezcla se dejó equilibrar 24 h a 4 °C y se introdujo en moldes circulares metálicos de 30 mm de diámetro y 15 mm de altura; el llenado al ras albergó entre 6 y 8 g de mezcla. Las muestras se colocaron en bandejas de chapa precalentadas en horno y se cocinaron a 160 °C entre 25 y 30 min, según la formulación, tiempo al cual se llega a una humedad correspondiente a 0,7 de actividad acuosa. Una vez fríos, los bocaditos se desmoldaron y se guardaron en film durante 24 h para el posterior análisis de textura y aceptabilidad sensorial.

Masticabilidad de los bocaditos dulces

Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) en un texturómetro TA.XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, UK) equipado con una celda de 25-kg. Los bocaditos se sometieron a un ciclo doble de compresión a una deformación del 40% y velocidad de 0,5 mm/seg. Se determinó la masticabilidad en *g fuerza*, que es el producto de la dureza x cohesividad x elasticidad. La dureza es la fuerza máxima del primer pico de compresión, la cohesividad es el cociente entre el área de pico de la segunda compresión y el área del pico de la primera compresión, y la elasticidad es el cociente entre la distancia recorrida hasta alcanzar el máximo en

la segunda compresión y la misma distancia para la primera compresión.

Análisis sensorial de los bocaditos dulces

Se realizó un ensayo de ordenamiento por preferencia con un panel no entrenado de 55 personas. Se les entregó a los evaluadores una bandeja con las cinco muestras del diseño identificadas con números de tres dígitos elegidos al azar y distribuidos en forma aleatoria. Los evaluadores ordenaron las muestras de izquierda a derecha desde la que gustaba más a la que gustaba menos. Se les asignó el puntaje de 1 a 5 acorde a preferencia decreciente (1: la que gusta más, 5: la que gusta menos).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de la masticabilidad se realizó sobre 10 bocaditos con el programa Origin 9 Pro software (Origin Lab Corporation, Northampton, USA). Los datos se analizaron mediante ANOVA de acuerdo al modelo general lineal. Se analizaron las diferencias significativas entre medias mediante el test de Fisher (LSD) ($p < 0.05$).

Para el análisis del puntaje por preferencia sensorial de los bocaditos, se calcularon las sumas de los ordenamientos para cada muestra y se analizaron con el test de Friedman (Eq. 1) de modo de evaluar las diferencias significativas entre los ordenamientos:

Eq. 1

$$F = \frac{12}{Nk(k+1)} (R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_n^2) - 3N(k+1)$$

Donde:

N es el número de evaluadores, k el número de muestras, R_1, R_2, \dots, R_n la sumatoria de los ordenamientos de las muestras. Si el valor de F es mayor a los valores tabulados para determinados valores de N y k, entonces se considera que hay diferencias significativas entre los ordenamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica de las vainas y semillas de *Prosopis alba*

El conocimiento de los diferentes componentes químicos con propiedades nutricionales en las diferentes partes del fruto de algarrobo resulta importante a fin de armar la mejor estrategia para la obtención de harinas destinadas a la elaboración de diferentes tipos de alimentos. La Fig. 1 muestra que la vaina de *Prosopis alba* presenta un tamaño medio de $17,0 \pm 3,3$ cm de largo y $5,7 \pm 1,5$ cm de ancho; pesa $5,51 \pm 1,49$ g y contiene entre 26 y 30 semillas por vaina (26 ± 4). Cada semilla tiene un tamaño medio de $5,61 \pm 0,56$ mm de largo y $3,27 \pm 0,34$ mm de ancho y pesan $27,0 \pm 4,4$ mg. La semilla está formada por tres fracciones: la testa, el endospermo y el germen que contiene los cotiledones; en una proporción 1:1:2 en peso. Las semillas corresponden al 10% del total de la vaina.



Figura 1. Vainas y semillas de *Prosopis alba*.

Los tamaños encontrados de las vainas de *Prosopis alba* son parecidos a los valores encontrados en *Prosopis pallida* por Bravo et al. (1994). Zolfaghari et al., (1986) informaron para *Prosopis glandulosa* un contenido de semillas de la vaina de 15 %, mientras que Becker & Grosjean (1980) encontraron un 25% de semillas en el fruto de *Prosopis velutina*.

El fruto de *Prosopis sp.* es una vaina formada por pericarpio y semillas; el pericarpio está constituido por el epicarpio, mesocarpio y el endocarpio leñoso que rodea las semillas. La semilla está formada por episperma o testa, endosperma y cotiledones (Felker et al., 2003; Grados & Cruz, 1996). Meyer et al. (1986) encontraron para *Prosopis velutina* que la mayor parte de los azúcares y aromas están presentes en el exo y mesocarpio, mientras que la fibra se encuentra en el endocarpio.

Algunos de los componentes más importantes, por su capacidad antioxidante, son los polifenoles. Estos compuestos disminuyen el riesgo de contraer enfermedades crónicas mediadas por estrés oxidativo que conducen a la degeneración celular; como es el caso del cáncer, diabetes o desórdenes cardiovasculares (García Andrade et al., 2013). Se han

realizado algunos estudios de composición nutricional y componentes bioactivos de harinas y semillas de *Prosopis alba* (Cardozo et al., 2010; Cattaneo et al., 2014), sin embargo, no ha sido analizado hasta el momento la composición mineral de las diferentes partes del fruto del algarrobo. La información completa de la calidad nutricional de la harina de algarrobo resulta de interés para la formulación de los bocaditos dulces saludables.

Contenido de nitrógeno y proteínas

Uno de los factores más importantes desde el punto de vista nutricional es el contenido proteico. El nitrógeno total (N_T) de la vaina fue significativamente superior (48%) al de la pulpa, sugiriendo que buena parte de la proteína se encuentra en la semilla (Tabla 2). Zolfaghari et al. (1986) encontraron para *Prosopis glandulosa* un alto contenido de nitrógeno no-proteico (N_{NP}) en el pericarpio, y proteico (N_P) en la semilla. La semilla presentó un contenido de N_T de $5,75 \pm 0,07$ y de N_{NP} de $0,585 \pm 0,001$, siendo este último valor el 10% del N_T . Considerando el factor 6,25 para la conversión de N_P en proteína, se puede observar que la vaina presentó un contenido mayor que la pulpa, presentando la semilla un contenido de proteínas de 32,3%. El contenido proteico del germen fue de 63,7%, coincidente con la proporción de germen en la semilla de aproximadamente 50%. González Galán et al. (2008) reportaron valores entre 8,8 y 11,0% proteína para diferentes especies de *Prosopis*, y 11,0% para *P. alba*. Esta discrepancia con respecto al valor de la Tabla 2 se debe a que no fue descontado el N_{NP} del N_T . La naturaleza de las proteínas presentes en la harina de algarroba determina el tipo de alimento que se puede formular con la misma. La ausencia de prolaminas (valor límite: 0,1 mg/100 g harina) en vaina y pulpa fue comprobada mediante ensayos inmunoenzimáticos competitivos usando anticuerpos policlonales (Chirido et al., 1995), sugiriendo que la harina de *Prosopis alba* constituye un ingrediente apto para alimentos para celíacos.

Azúcares y fibra dietaria

La Tabla 2 muestra que el azúcar mayoritario presente en el fruto de *P. alba* es la sacarosa. Se observó un alto contenido de azúcares totales (sacarosa, glucosa y fructosa) en la pulpa (70,7% p/p, b.s.) en comparación con la vaina (62,7% p/p, b.s.), sugiriendo que estos componentes no estarían presentes en la semilla. Da Silva et al. (2007) encontraron un menor valor de azúcares soluble (56,5%) para vaina de *Prosopis juliflora*.

La fibra dietaria total (FDT) de vaina fue mayor que la de pulpa (Tabla 2), sugiriendo que la semilla contribuye con la fibra, principalmente soluble. Este valor fue menor al observado para *Prosopis pallida* (31%), pero mayor que el detectado en *Ceratonia siliqua* (14%) (Bravo et al., 1994). Choge et al. (2007) encontraron para *Prosopis juliflora* de Kenya menor valor de azúcares totales (13%) y mayor de FDT (48%).

Composición en minerales

Entre los minerales estudiados, el potasio fue el que se encontró en mayor proporción, seguido de calcio y magnesio (Tabla 3). La vaina presentó mayor contenido

de potasio, sugiriendo un aporte de este mineral por parte de la semilla (555 mg/100 g b.s.).

Tabla 2. Composición de harinas de vaina y pulpa de *Prosopis alba*. * Azúcares totales: glucosa + fructosa + sacarosa. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas en un test de Fisher ($p < 0.05$) entre muestras.

g/100 g harina (b.s.)*	Vaina	Pulpa
Humedad	11±0,2 a	7,8±0,4 b
Cenizas	3,373±0,001 a	3,26±0,08 a
Nitrógeno total	1,26±0,02 a	0,9±0,1 b
Nitrógeno no-proteico	0,326±0,001 a	0,32±0,04 a
Proteína (Nproteico x6.25)	5,81	3,53
Lípidos	1,5±0,3 a	1,11±0,07 a
Sacarosa	41±0,6 a	44±0,3 a
Glucosa	10±0,1 a	12±0,3 b
Fructosa	12±0,1 a	14±0,4 a
Azúcares totales*	62,7	70,7
Fibra dietaria total	25±0,3 a	23±0,5 b
Fibra dietaria insoluble	21±0,6 a	22±0,4 a

El contenido de calcio también fue mayor en vaina que en pulpa y a su vez, mayor que en harinas refinadas de cereales (USDA, 2013). Dado que este mineral resulta importante para la prevención de la osteoporosis, su alto contenido convierte a la harina de algarroba en un ingrediente alimentario interesante.

El magnesio de la vaina fue aportado prácticamente por la semilla (Tabla 3), resultado esperable si se considera que este mineral resulta esencial en la formación de clorofila necesaria para la fotosíntesis que se origina en los cotiledones.

Tabla 3. Composición mineral de vaina, pulpa y semilla de *Prosopis alba*. Valores medios \pm SD ($n = 2$), * mg/100 g harina (b.s.), + g/100 g semilla (b.s.). Letras diferentes entre vaina y pulpa indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras.

	Vaina (*)	Pulpa (*)	Semilla (+)
Calcio	253±20 a	196±10 b	220±3
Potasio	998±13 a	907±23 b	555±20
Magnesio	69±6 a	50±1 b	196±10
Hierro	5,7±0,3 a	5,4±0,2 a	8,7±0,9
Cinc	2,7±0,7 a	1,21±0,06 b	6,8±0,6

Entre los minerales traza (hierro y cinc) el encontrado en mayor proporción fue el hierro (Tabla 3) presente tanto en pulpa como en semilla, mientras que el cinc se encontró principalmente en la semilla. Estos dos minerales resultan importantes en nutrición humana (Martínez Meyer et al., 2013). La deficiencia de hierro

produce riesgo de enfermedades mentales, mientras que la de cinc conduce a retardo en el crecimiento (House, 1999). El contenido de hierro de la harina de vaina de algarrobo (57,3 ppm) resulta mayor que el de la harina de trigo enriquecida por ley 25.630 (30 ppm), como también el de cinc.

Polifenoles y actividad antioxidante

Los polifenoles son potentes antioxidantes. En la Tabla 4 se muestran los contenidos de polifenoles y actividad antioxidante encontrados en las distintas partes del fruto. No se observaron diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales entre vaina y pulpa, sugiriendo que la mayor proporción se encuentra en ésta última fracción. Sin embargo, la capacidad antioxidante de las semillas resultó considerablemente mayor que la de pulpa, sugiriendo que en la semilla existen otros componentes, además de los polifenoles, con actividad antioxidante; como podrían ser los lípidos insaturados. Lamarque et al. (1994) reportaron un 12,7% p/p de lípidos en semilla de *Prosopis alba*, con una composición de 27,6% y 52,5% de ácido linoleico y linolénico, respectivamente.

Tabla 4. Polifenoles totales y capacidad antioxidante de diferentes fracciones de la vaina de *Prosopis alba*. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre muestras.

	Vaina	Pulpa	Semilla
Polifenoles (g/100 g b.s.)	0,235±0,009 a	0,27±0,02 a	0,27±0,01 a
TEAC (μ moles Trolox eq./100 g b.s.)	984 ±84 a	801±115 a	2445±125 b

Masticabilidad de los bocaditos

Los bocaditos con sus respectivos valores de masticabilidad (*g fuerza*) se muestran en la Figura 2. La muestra de mayor masticabilidad resultó ser la de mayor contenido de harina de algarroba junto con miel (D) o azúcar (B), la que resultó más fácil de masticar fue la que contiene azúcar o miel solamente (C, E) y la de comportamiento intermedio resultó ser la formulación con cantidades equivalentes de los tres aglutinantes (A). La Figura 3 muestra el gráfico de contorno de la superficie de respuesta para el parámetro masticabilidad ajustado con el siguiente modelo lineal:

Eq. 2

Consistencia = 53 * miel + 101* azúcar +2890*algarrobo

El R^2 fue 0,97 y el R^2 ajustado resultó 0,95. La falta de ajuste del modelo dio un F de 6,60 y un p de 0,26 ($> 0,05$) lo que sugiere que el modelo ajusta adecuadamente.



Figura 2. Bocaditos dulces con sus respectivos valores de masticabilidad. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0.05$).

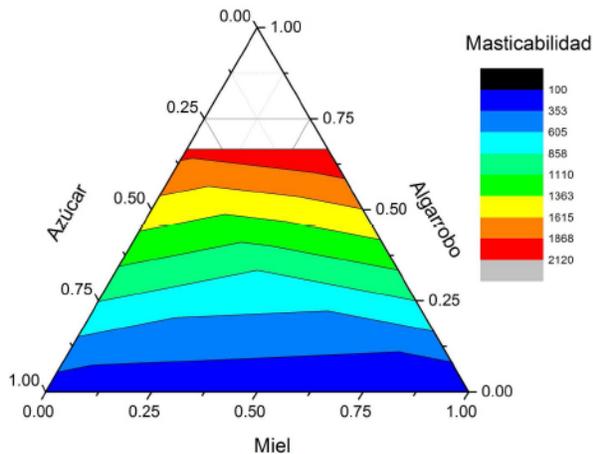


Figura 3. Superficie de contorno de la masticabilidad

Se puede observar que el azúcar tiende a ablandar el bocadito, mientras que la miel y especialmente la harina de algarroba tienden a endurecerlo aumentando su masticabilidad, sugiriendo que con esta harina se obtendrán bocaditos de mayor dureza.

Aceptabilidad de los bocaditos

Las sumatorias para cada formulación se muestran en la Tabla 5; las formulaciones con más aceptabilidad tuvieron los puntajes más bajos y las de menos aceptabilidad los puntajes más elevados.

Aplicando la fórmula de Friedman para un $N = 55$ y un $k = 5$ se obtuvo un valor de 69,01 que resultó superior al valor tabulado, por lo tanto se pudo afirmar que hubo diferencia significativa entre muestras. Como se encontraron diferencias significativas se realizó un ensayo de múltiple comparación utilizando la ecuación 3:

Eq. 3

$$|M_u - M_v| \geq Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{Nk(k+1)}{6}}$$

Siendo:

$|M_u - M_v|$ el valor absoluto de la diferencia de los puntajes, y el valor z para una significancia de 0,05 y n mayor a 30 es 1,96.

A un nivel de significancia de 0,05 la diferencia mínima para que existan diferencias significativas entre muestras es de 32,5 lo que dejó a las muestras en el orden mostrado en la Tabla 5.

La formulación más aceptada fue la E que no contiene harina de algarrobo y difirió significativamente del resto de las formulaciones. En segundo lugar fue seleccionada la muestra A que corresponde al bocadito que tiene cantidades iguales de los tres aglutinantes. Esta muestra A no presentó diferencias significativas con la muestra C que sólo contiene miel. Y en último lugar se prefirieron las muestras con mayor cantidad de harina de algarroba.

Tabla 5. Orden de preferencia de las muestras de acuerdo a la aceptabilidad

Muestra	Sumatoria	Diferencia	Significancia
E	98	A - E = 45	a
A	143	C - A = 16	b
C	159	B - C = 39	b
B	198	D - B = 28	c
D	226		c

CONCLUSIONES

La harina de vaina de *Prosopis alba* presenta propiedades químicas y nutricionales interesantes: alto contenido de azúcares solubles, fibra dietaria, polifenoles y actividad antioxidante, como también de minerales, especialmente calcio, hierro y cinc; como también ausencia de prolaminas. Todas estas propiedades la convierten en un ingrediente adecuado para la elaboración de bocaditos dulces aptos para celíacos. Utilizando esta harina como aglutinante junto con azúcar y miel, e incorporada en niveles menores al 35%, se obtuvieron bocaditos dulces que presentaron en comparación al resto de las formulaciones, una masticabilidad intermedia y que fueron muy bien aceptados por los consumidores.

La ampliación de la gama de productos que se pueden elaborar con harina de algarroba redundará en una mejora de las economías regionales como consecuencia del agregado de valor al fruto del algarrobo.

Agradecimientos

Se agradece a la señora Nancy Campos de Santiago del Estero por la provisión de las vainas de algarrobo y a la UNLP y el CONICET por los subsidios económicos otorgados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abraham de Vázquez, E.M. & M.R. Prieto.** 1981. Enfoque diacrónico de los cambios ecológicos y de las adaptaciones humanas en el NE árido mendocino. En: CEIFAR-CONICET-UNC. Cuaderno N° 8. Ruiz J.C., Ed. CEIFAR-CONICET-UNC, Mendoza. pp. 108-139.
- AOAC.** 1998. *Official Methods of Analysis*, 16th ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists-Washington D.C. pp?
- Becker, R. & O.-K. K Grosjean.** 1980. A compositional study of pods of two varieties of mesquite (*Prosopis glandulosa*, *P. velutina*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 28: 22-25.
- Bravo, L., N. Grados & F. Saura-Calixto.** 1994. Composition and potential uses of mesquite pods (*Prosopis pallida* L): Comparison with carob pods (*Ceratonia siliqua* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 65: 303-306.
- Burkart, A.** 1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). Part 1 - 2. *Journal of the Arnold Arboretum*, 57(3), 219-249 // 450-425.
- Cardozo, M. L., R.M. Ordoñez, I.C. Zampini, A.S. Cuello, G. Dibenedetto & M.I. Isla.** 2010. Evaluation of antioxidant capacity, genotoxicity and polyphenol content of non conventional foods: *Prosopis* flour. *Food Research International* 43: 1505-1510.
- Cattaneo, F., J.E. Sayago, M.R. Alberto, I.C. Zampini, R.M. Ordoñez, V. Chamorro & M.I. Isla.** 2014. Anti-inflammatory and antioxidant activities, functional properties and mutagenicity studies of protein and protein hydrolysate obtained from *Prosopis alba* seed flour. *Food Chemistry* 161: 391-399.
- Chirdo, F. G., M.C. Añón & C.A. Fossati.** 1995. Optimization of a competitive ELISA with polyclonal antibodies for quantification of prolamins in foods. *Food and Agricultural Immunology* 7: 333-343.
- Choge, S., N. Pasiecznik, M. Harvey, J. Wright, S. Awan & P. Harris.** 2007. *Prosopis* pods as human food, with special reference to Kenya. *Water SA* 33: 419-424.
- Código Alimentario Argentino (CAA).** 1995. Reglamento Técnico Mercosur. Capítulo IX. Alimentos farináceos: cereales, harinas y derivados. Artículo 681.
- Da Silva, C. G. M., A.B. De Melo Filho, E.F. Pires & T.L.M. Stamford.** 2007. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC). *Food Science and Technology (Campinas)* 27: 733-736.
- Eliasson, A.-C.** 2006. Carbohydrates in Food. Ed. CRC/Taylor & Francis. Boca Raton, FL. pp 521.
- Felkner, P.** 1999. Oportunidades de inversiones en el algarrobo (*Prosopis alba*) en Santiago del Estero (Argentina). Plan integral sobre manejo, aprovechamiento y fomento del algarrobo en Santiago del Estero. Secretaría de la Producción y Medio Ambiente, Santiago del Estero: 1-13. Universidad Nacional Autónoma de México. Chap. 9: 221-255.
- Felkner, P.** 2009. Unusual physiological properties of the arid adapted tree legume *Prosopis* and their applications in developing countries. In: *Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A Tribute to Park S. Nobel*. Eds. E. De la Barrera y W.K. Smith. Book Compilation. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. P.p. 221-255.
- Felker, P., N. Grados, G. Cruz & D. Prokopiuk.** 2003. Economic assessment of production of flour from *Prosopis alba* and *P. pallida* pods for human food applications. *Journal of Arid Environments* 53: 517-528.
- García-Andrade M., R.F. González-Laredo, N.E. Rocha-Guzmán, J.A. Gallegos-Infante, M. Rosales-Castro, L. Medina-Torres** 2013. Mesquite leaves (*Prosopis laevigata*), a natural resource with antioxidant capacity and cardioprotection potential. *Industrial Crops and Products* 44: 336-342.
- González Galán, A., A.D. Corrêa, C.M. Patto de Abreu & M.D.F. Piccolo Barcelos.** 2008. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. procedente de Bolivia y Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 58: 309-315.
- Grados, N., & G. Cruz.** 1996. New Approaches to Industrialization of Algarrobo (*Prosopis pallida*) Pods in Peru. En: *Prosopis: Semiarid Fuelwood and Forage Tree Building Consensus for the Disenfranchised*. Felker P. & J. Moss, Ed. Texas: Center for Semi-Arid Forest Resources, Texas. pp. 3.25-3.42.
- House, W. A.** 1999. Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. *Field Crops Research* 60: 115-141.
- INCUPO.** 1991. El Monte nos da comida. En: Salud y Alimentación. Instituto de Cultura Popular. Argentina. Tomo I: 3-7. <http://www.incupo.org.ar/>
- Lamarque, A. L., D.M. Maestri, N.R. Grosso, J.A. Zygodlo & C.A. Guzmán.** 1994. Proximate composition and seed lipid components of some *Prosopis* (leguminosae) from argentina. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 66: 323-326.
- Martinez Meyer, M. R., A. Rojas, A. Santanen & F.L. Stoddard.** 2013. Content of zinc, iron and their absorption inhibitors in Nicaraguan common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 136: 87-93.
- Meyer, D., R. Becker, M.R. Gumbmann, P. Vohra, H. Neukom & R.M. Saunders.** 1986. Processing, composition, nutritional evaluation, and utilization of mesquite (*Prosopis* spp.) pods as a raw material for the food industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34: 914-919.
- Papagiannopoulos, M., Wollseifen, H. R., Mellenthin, A., Haber, B., & Galensa, R.** 2004. Identification and Quantification of Polyphenols in Carob Fruits (*Ceratonia siliqua* L.) and Derived Products by HPLC-UV-ESI/MSn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 3784-3791.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang & C. Rice-Evans.** 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231-1237.
- Roig, F.** 1993. Aportes a la Etnobotánica del Género *Prosopis*. En: Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (Eds.). *Conservación y Mejoramiento de Especies del Género Prosopis*. Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Mendoza, Argentina, 99-119.
- USDA.** 2013. Agricultural Research Service. 2013. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Nutrient Data Laboratory Home Page. Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>.

Vega Gentile, G. 1988. Influencia de *Prosopis flexuosa* sobre la disponibilidad hídrica superficial del suelo en el Chaco árido. X Reunión del grupo técnico del cono sur el mejoramiento y utilización de los recursos forrajeros del área tropical y subtropical, Grupos campos y Chaco. Cosquín, Córdoba, pp. 30-31.

Villagra, P.E., M.A. Cony, N.G. Mantován, B.E. Rossi, M.M. González Loyarte, R. Villalba & L. Marone. 2004. Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte. En: Ecología y

manejo de bosques nativos de Argentina. Arturi MF, Frangi JL y Goya JF , Ed. Universidad Nacional de La Plata, La Plata. pp. 1-32.

Zaro, M. J., A.R. Chaves, A.R. Vicente & A. Concellón. 2014. Distribution, stability and fate of phenolic compounds in white and purple eggplants (*Solanum melongena* L.). *Postharvest Biology and Technology* 92: 70-78.

Zolfaghari, R., H. Harden & L. Huffman. 1986. Some Physical and Chemical Properties of Honey Mesquite Pod (*Prosopis glandulosa*) and Applications in Food Products. *Cereal Chemistry* 63: 104 - 108.