Fundación Universitaria San Mateo, Colombia ISSN-e: 2665-671X Periodicidad: Semestral
vol. 8, núm. 1, 2026

Potencial de la harina de algarrobo (*Ceratonia siliqua*) como endulzante natural en productos de repostería

Title Carob (Ceratonia Siliqua) Flour Potential as Natural Sweetener in Bakery Products

JORGE ALBERTO GALINDO ROMERO*
Universidad Estatal del Valle de Ecatepec
México

JOSÉ LUIS NAVA VILLALBA**
Universidad Estatal del Valle de Ecatepec
México

*lic_alberto_gastro@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0009-5632-6732

**xiuhcoatl111@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4770-2371

Artículo de investigación
Recepción: 22 de octubre de 2025
Aceptación: 19 de marzo de 2026

https://doi.org/10.52948/sosquua.v8i1.1348

Cómo citar este artículo:

Galindo, J. y Nava, J. (2026). Potencial de la harina de algarrobo (*Ceratonia siliqua*) como endulzante natural en productos de repostería. *Sosquua, 8*(1).

Reconocimiento-SinObraDerivada 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND)

Fundación Universitaria San Mateo, Colombia ISSN-e: 2665-671X Periodicidad: Semestral
vol. 8, núm. 1, 2026

Resumen:

El actual estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto positivo del uso de la mezcla de harina de algarrobo junto con la harina de trigo para la elaboración de pan tipo caja y galletas, con el fin de mejorar su perfil nutricional sin comprometer sus características sensoriales. Se formularon distintas mezclas con sustituciones del 20 %, 10 % y 15 % de harina de trigo por harina de algarrobo, y se compararon con un pan comercial con harina de trigo. La metodología incluyó análisis experimental para determinar las proteínas, fibra y minerales, así como pruebas sensoriales para evaluar atributos como color, sabor, textura y aceptabilidad general. Además, se midieron parámetros tecnológicos como la textura y tiempo de fermentación utilizando levadura de panadería y por otra parte bicarbonato para determinar la esponjosidad del producto. Los resultados mostraron que la inclusión de harina de algarrobo incrementó significativamente el contenido de fibra y minerales. Aunque se observó una ligera disminución en el volumen y una mayor densidad en los panes, las muestras con hasta un 15 % de harina de algarrobo mantuvieron una aceptabilidad sensorial favorable. Se concluye que la harina de algarrobo es una alternativa viable y nutritiva para la elaboración de pan, especialmente en proporciones moderadas, contribuyendo al desarrollo de productos más saludables sin afectar su calidad.

Palabras clave: harina de algarrobo; endulzante natural; repostería; sustituto del azúcar; índice glucémico.

Abstract:

The current study aimed to evaluate the positive effect of using a carob flour blend with wheat flour in the production of boxed bread and biscuits, aiming to improve their nutritional profile without compromising their sensory characteristics. It formulated different blends with 20 %, 10 %, and 15 % substitutions of wheat flour for carob flour and compared with a commercial bread containing wheat flour. The methodology included experimental analysis to determine protein, fiber, and minerals, as well as sensory tests to evaluate attributes such as color, flavor, texture, and overall acceptability. In addition, it measured technological parameters such as texture and fermentation time using baker's yeast and bicarbonate to determine the product's fluffiness. The results showed that the inclusion of carob flour significantly increased the fiber and mineral content. Although it observed a slight decrease in volume and increased density in the panels, samples with up to 15 % carob flour maintained favorable sensory acceptability. It concluded that carob flour is a viable and nutritious alternative for breadmaking, especially in

moderate proportions, contributing to the development of healthier products without compromising their quality.

Keywords: Carob flour; natural sweetener; baking; sugar substitute; glycemic index.

Introducción

Desde inicios del siglo XX los azúcares refinados –aquellos procesados industrialmente para eliminar impurezas, obteniendo más del 99 % de sacarosa, que provienen principalmente de la caña de azúcar o remolacha, de los cuales son ejemplos el azúcar blanco granulado, el glass, el refinado fino, el jarabe de maíz de alta fructosa y el azúcar moreno procesado– han sido relacionados con múltiples problemas de salud como caries, diabetes mellitus tipo II y enfermedades cardiacas (Johnson et al., 2017). Estudios más recientes los han ligado a presión arterial alta, inflamación crónica sistémica y enfermedad hepática no alcohólica (DiNicolantonio y Lucan, 2014). Además, pueden afectar la salud mental, provocando cambios de humor y antojos intensos debido a su impacto en los sistemas de recompensa cerebrales (Cabezas et al., 2016).

Una alternativa por la que ha optado la industria alimentaria contemporánea son los edulcorantes, que desempeñan un papel crucial al proporcionar dulzor sin añadir calorías significativas a los productos elaborados. Estos se clasifican según su origen (naturales o sintéticos), estructura química y valor calórico. Los edulcorantes no nutritivos, como la sucralosa y el aspartamo, son entre 200 y 20.000 veces más dulces que el azúcar, permitiendo su uso en cantidades mínimas para lograr el sabor deseado (Badui, 2006, p. 73).

En este contexto, el algarrobo (*Ceratonia siliqua*) emerge como una alternativa natural y más saludable, por su alto contenido en fibra que está ligada a los azúcares simples que la constituyen, lo que conlleva un menor índice glucémico y una liberación más lenta de tales glúcidos al torrente sanguíneo (Milek dos Santos et al., 2015). Originario del Medio Oriente y ampliamente distribuido en la región mediterránea, este árbol ha sido valorado durante siglos por sus múltiples beneficios y usos. Su fruto, la algarroba, es rico en proteínas, minerales, glúcidos, fibras y vitaminas del complejo B y, tradicionalmente, se ha utilizado en la alimentación y la medicina (Boublenza et al., 2019).

El uso de harina o pulpa de algarrobo como sustituto del azúcar de mesa en panadería y repostería representa una alternativa que aporta múltiples beneficios tanto nutricionales como funcionales (Cüneyt et al., 2023). Además de sus propiedades nutricionales, el algarrobo posee ácido gálico, un potente antiséptico antialérgico y antibacteriano. A su vez, su contenido en

polifenoles y taninos antioxidantes contribuyen a que sea empleado en suplementos dietéticos destinados a combatir el estrés oxidativo y mejorar la salud general (Widad et al., 2024).

Desde el punto de vista nutricional, el algarrobo es rico en fibra, especialmente fibra insoluble, lo que contribuye a la salud digestiva y genera una mayor sensación de saciedad. También aporta pequeñas cantidades de minerales como calcio, magnesio y potasio. En términos funcionales, el algarrobo ofrece una textura y color similares al cacao, lo que lo convierte también en un excelente sustituto del chocolate en diversas preparaciones. Su sabor suave y ligeramente caramelizado armoniza bien con productos horneados como panes, galletas, bizcochos y muffins (Akdenis et al., 2021). Finalmente, desde una perspectiva ecológica y económica, el algarrobo es una planta resistente a condiciones áridas, lo que lo hace una fuente sostenible y local en muchas regiones mediterráneas y latinoamericanas, reduciendo la dependencia de cultivos intensivos y promoviendo la agricultura regenerativa (Martins-Loução et al. 2024; Barceló-Anguiano et al., 2024). Por estas razones, el uso de algarrobo en panadería y repostería no solo mejora el perfil nutricional de los productos, sino que también responde a una creciente demanda por opciones más saludables, sostenibles y funcionales en la industria alimentaria.

La harina de algarrobo, obtenida de los frutos o semillas de *Prosopis pallida*, *Prosopis nigra* y *Ceratonia siliqua*, ha atraído una creciente atención debido a su perfil nutricional y su aplicación en panadería y repostería. Recientemente, se ha investigado su potencial como sustituto del cacao o como edulcorante (Arana, 2024) y se le considera un aditivo al carecer de propiedades aglutinantes (Acuña, 1990). Según Bigne (2016), el algarrobo es un recurso ampliamente aprovechado en la alimentación humana, como forraje, en la industria maderera y en la producción de carbón y leña. El procesamiento de sus frutos varía en función del producto deseado, pudiendo emplearse la vaina completa o sus fracciones (semillas, exocarpio, mesocarpio o endocarpio), así como distintos métodos de secado y molienda. La harina de algarroba se utiliza principalmente en la elaboración de bebidas a base de leche, destacando por su alto valor nutritivo y su sabor similar al chocolate.

Aunque la harina de algarrobo está compuesta en un 45-60 % por carbohidratos simples, principalmente azúcares como sacarosa fructosa y glucosa (Miranda et al., 2019), el grado de tostado y el tamaño de las partículas de la harina tienen un impacto directo en la velocidad de liberación de glucosa al torrente sanguíneo y le confieren un índice glucémico bajo (Román et al., 2017; Gómez-Llorente et al., 2026), aproximadamente de 55 comparado con 85 de la harinas de trigo (Milek dos Santos et al., 2015) lo que permite reducir o eliminar el uso de azúcares refinados sin comprometer el sabor, lo que lo convierte en una opción más adecuada

para personas que buscan controlar sus niveles de azúcar en sangre, como diabéticos o quienes siguen dietas que requieren un contenido glucémico (Gioxari et al., 2022).

La harina de algarrobo contiene un 8-11 % de proteínas con una proporción interesante de aminoácidos esenciales como lisina, arginina y ácido aspártico, comparables a los del gluten (Escobar et al. 2009) y alrededor de 75 de lípidos, donde predominan ácidos grasos insaturados como oleico, linoleico y palmítico (Youssef et al., 2013). Su contenido de Fibra (20-45 g/100 g) incluye tanto soluble como insoluble, favorece la saciedad, el tránsito intestinal y actúa como prebiótico y antioxidantes: concentraciones notables de polifenoles, taninos, antocianinas, y D-pinitol, con efectos hepatoprotectores, renales y reguladores de la glucemia. Contiene minerales como calcio, hierro, magnesio, potasio y zinc, y vitaminas A, B, C y E, lo que la convierte en un alimento con valor nutritivo significativo (Miranda et al., 2019).

Gracias a su contenido de fibra soluble como mucílagos y pectinas, la harina actúa como espesante, mejora la retención de humedad y aporta geles coloidales útiles en repostería (Alzate et al., 2008). Ahora bien, la harina de algarrobo se destaca por aportar un sabor dulce no empalagoso, nutrientes, fibra y antioxidantes, útil en aplicaciones donde el reemplazo total o parcial del azúcar refinado es deseable, como se muestra en la Tabla 1. La harina de algarrobo es un ingrediente funcional de alto valor nutracéutico y sensorial, ideal para panificación y repostería más saludables. Su uso parcial, en concentraciones que van de 1-10 %, puede mejorar el perfil nutricional sin comprometer calidad del producto.

Tabla 1

Propiedades de la harina de algarrobo

Sustituto	Contenido nutricional	Efectos funcionales en masa/pastelería	Beneficios principales
Azúcar refinado	~100 % sacarosa, sin nutrientes	Aporta estructura, volumen y sabor dulce	No aporta fibra, antioxidantes ni micronutrientes
Miel/Jarabes	Azúcares simples, algunos minerales	Mejora humedad, densidad, sabor	Índice glucémico medio–alto, más cariogénicos
Estevia/Edulcorantes artificiales	Sin kcal, sin nutrientes	Endulzantes intensos, sin estructura	Sin aporte nutricional, posibles regustos
Harina de algarrobo	Azúcares + proteínas, fibra, antioxidantes	Aporta humedad, dulzura, valor nutritivo	Bajo índice glucémico (IG), indispensable para dietas especiales, sin gluten

Nota. Elaboración propia a partir de Sciammaro (2015).

Aplicaciones documentadas en panadería y repostería

Panificación mixta (algarroba más trigo)

La integración de harina de algarrobo entre 1-10 % mejora aceptabilidad sensorial del pan, sin alterar significativamente el volumen específico. Mezclas del 1-3 % (99 % a 97 % trigo respectivamente) obtuvieron mejor puntuación sensorial en sabor, textura y color. En masas sin gluten, la harina de algarrobo mejora color, volumen y textura comparada con harinas de maíz o arroz. También se observó que afecta la estructura viscoelástica, pues reduce la dureza, cohesión, elasticidad y resiliencia, especialmente a niveles ≥ 10–20 %, sin necesidad significativa de aditivos (Correa et al., 2012).

Repostería y galletas

La sustitución parcial o total del azúcar refinado ha dado lugar a galletas con similar aceptación, más fibra y proteínas. Arana (2024) reporta que se consiguieron las siguientes características: humedad (~1,76 %); proteína (~7,4 %); grasa (~23 %); fibra (~15 %); carbohidratos (~49 %). Por su parte, la apreciación sensorial es de un 56 % de aceptación y un 80 % intención de compra.

Pasteles y productos libres de gluten

En la elaboración de pasteles sin gluten, la proteína del algarrobo (*caroubin*) ayuda a formar estructuras viscoelásticas similares a gluten, mejorando textura y volumen frente a harina de soya (Berk et al., 2017).

Bebidas y otros

La “aloja”, bebida fermentada de algarrobo blanca, es tradicional en el noroeste argentino. Se utiliza también como sucedáneo de cacao/malteada, y en mezclas lácteas y helados con menor carga de teobromina y cafeína (Sciammaro, 2015).

La presente investigación se centrará en el desarrollo y análisis de distintos productos de panadería y repostería (como panes, galletas y pasteles) formulados con harina de algarrobo en sustitución del azúcar refinada y parte de la harina de trigo en diferentes proporciones. Así, se evaluarán variables como sabor, textura, color, aceptación del consumidor y comportamiento durante el proceso de elaboración.

El estudio se limitará a pruebas a escala de laboratorio, utilizando materias primas accesibles y métodos estándar de análisis. No se contemplan evaluaciones a nivel industrial ni estudios de vida útil prolongada. Asimismo, los resultados estarán enfocados en establecer bases para futuras investigaciones y posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

Metodología

Se evaluó el efecto de la incorporación de harina de algarrobo sobre la calidad sensorial de un panqué sustituyendo 38 g de la harina de trigo por harina de algarrobo equivalente a 10 % (Tabla 2). Su propósito es reemplazar la mayor cantidad posible de harina de trigo, y la edulcoración que esta necesita habitualmente que es del 20 % (200 g azúcar/ kg harina).

Tabla 2

Formulación del panqué con 13,15 % de harina de algarrobo

Ingredientes	**Cantidad/unidad**	
Harina de algarrobo	38	g
Harina de trigo	342	g
Mantequilla sin sal	173	g
Bicarbonato de sodio	10	g
Huevo	4	ud.
Agua	250	ml

Procedimiento:
1. Precalentar el horno a 150°C.
2. Acremar la mantequilla e incorporar la harina de algarrobo.
3. Agregar los huevos uno a uno y batir.
4. Incorporar la harina cernida y el bicarbonato de sodio.
5. Agregar el agua y batir hasta obtener una mezcla homogénea.
6. Engrasar y enharinar el molde de panqué.
7. Verter la mezcla de manera uniforme.
8. Hornear el panque a 180 °C por 25 minutos.

El procedimiento de elaboración se muestra en la Figura 1, a continuación.

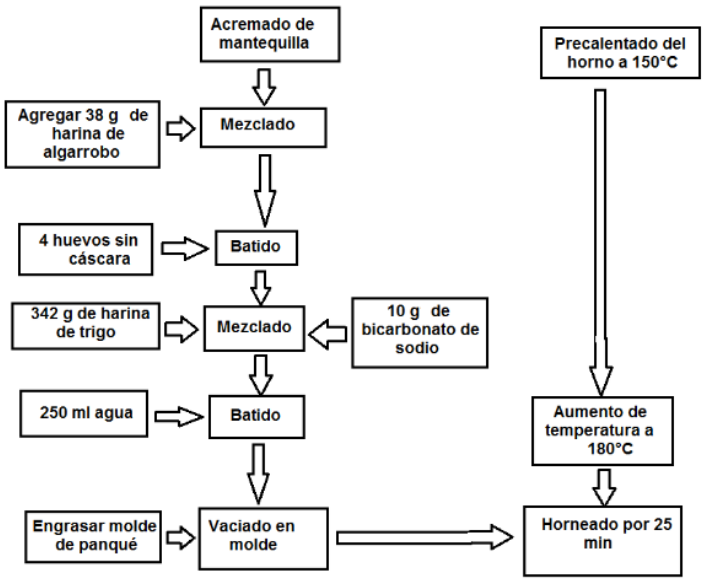


Figura 1. Procedimiento de elaboración del panqué enriquecido con harina de algarrobo

Para el horneado se usó un horno tipo convectivo marca San-Son (modelo HCU de 35.000 BTU/hr). El producto se desmoldó y se dejó enfriar antes de su análisis sensorial, el cual se presentó en porciones de 30 g de forma cuadrangular. De manera similar se sustituyeron 47,5 g de la harina de trigo por harina de algarrobo (10 %) para la formulación de masa para galletas (Tabla 3).

Tabla 3

Galletas con harina de algarrobo

Ingredientes	Cantidad (g)
Harina de algarrobo	47,5
Harina de trigo	427,5
Mantequilla sin sal	225
Bicarbonato de sodio	5
Polvo para hornear	5
Sal	5
Procedimiento	
1. Precalentar el horno a 150 °C. 2. Acremar la mantequilla e incorporar la harina de algarrobo. 3. Incorporar la harina, polvo para hornear y sal. 4. Mezclar hasta obtener una masa homogénea. 5. Formar porciones de 50 g. 6. Colocar en una charola para hornear de 30X50 cm, dejando un espacio de 4 cm entre cada una de ellas. 7. Hornear a 180°C durante 10 minutos. Retirar del horno y dejar enfriar a temperatura ambiente.	

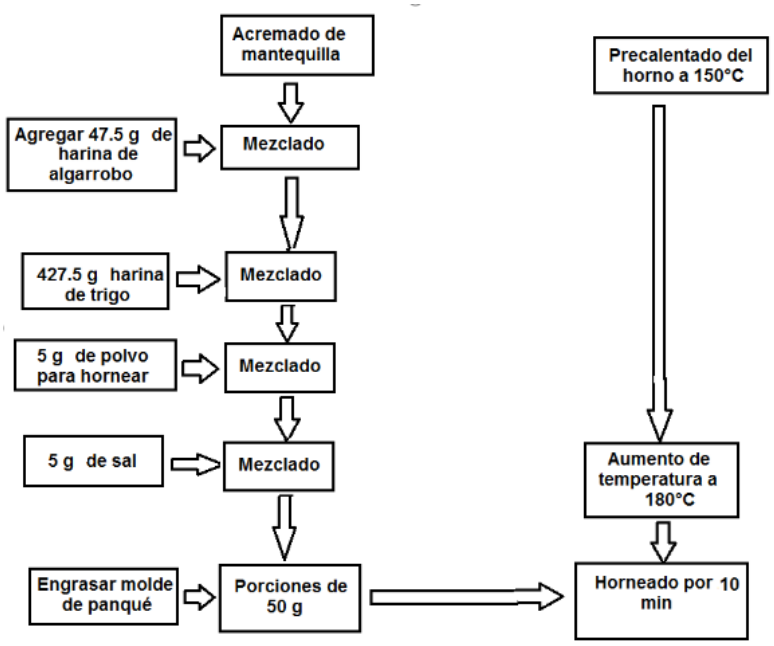


Figura 2. Proceso de elaboración de las galletas enriquecidas con harina de algarrobo

El producto obtenido se dio a probar a un panel de 59 voluntarios quienes llenaron un formato en el cual se registró la calificación dada al dulzor, predominancia de sabor chocolate o herbal, y preferencia por el panqué o por la galleta. Estos resultados se graficaron para visualizar mejor las diferencias.

Por último, se trató de determinar la relación entre el consumo de azúcar y la intención de reducir su consumo con la disposición a aceptar el nuevo producto. Para ello se les pidió que calificaran subjetivamente su gusto por el azúcar como poco (1) y mucho (2); su intención de reducir su consumo (no=1, si=2); así como su aceptación del panqué y las galletas (no=1, si=2). Lo anterior podría significar una orientación del mercado al que podría estar dirigido.

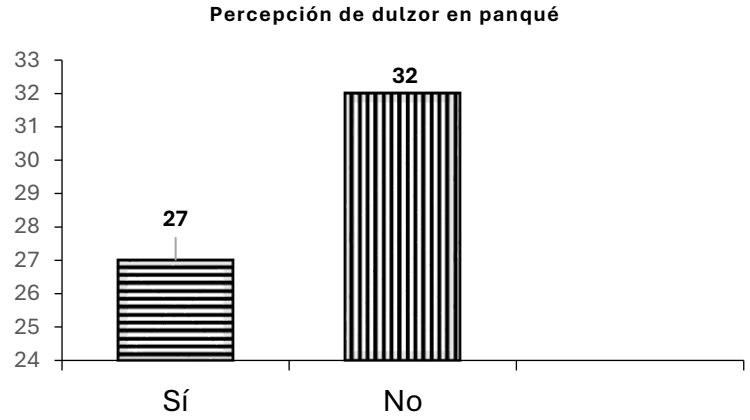
Resultados

De acuerdo con la elaboración de un panqué y galletas a partir de harina de algarrobo, previo al proceso de horneado se pudieron identificar diversas características organolépticas distintivas, entre las que destacan una coloración café intensa, un sabor marcadamente dulce y un aroma que evocaba de manera clara al chocolate. Sin embargo, tras someter las preparaciones al proceso térmico se evidenció una transformación significativa en dichas características: el aroma evolucionó hacia notas más herbales y tostadas, mientras que tanto el dulzor como la percepción del sabor a chocolate se atenuaron, volviéndose más sutiles y complejos. Este cambio puede atribuirse a reacciones químicas inducidas por el calor, como la caramelización y la reacción de Maillard, que modifican los compuestos aromáticos y gustativos originales.

En cuanto a la textura, el panqué ya horneado presentó una estructura notablemente suave, con un buen desarrollo del alveolado, lo que favoreció una miga esponjosa, húmeda y altamente palatable. Estas características resultan deseables en productos de panificación al contribuir a una experiencia de consumo más agradable. Por otro lado, las galletas mostraron una consistencia ligeramente seca y menos flexible, lo cual podría representar un área de mejora en la formulación. Este aspecto podría optimizarse mediante la incorporación de mayores cantidades de grasa, como mantequilla, crema de cacahuate u otros ingredientes lipídicos que aporten humedad y suavidad al producto final. No obstante, la implementación de estos ajustes requeriría un estudio posterior.

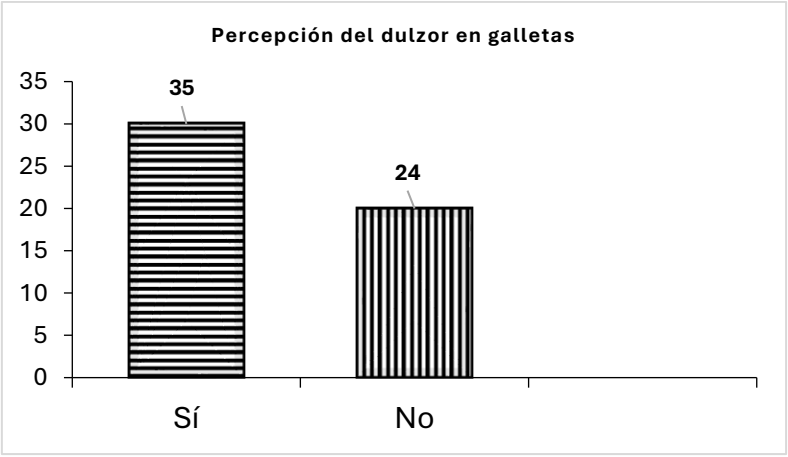
Por su parte, el dulzor del panqué no fue perceptible para la mayoría de los evaluadores, debido al fenómeno antes mencionado de que el dulzor y el aroma a chocolate se volvieron más sutiles, y su percepción más subjetiva. Sin embargo, el tenue aroma y el color indujo a muchos evaluadores a creer que se trataba de un panqué de chocolate y, al probarlo, empero,

describieron un sabor complejo, impregnado de chocolate, pero con notas difíciles de describir pero agradables al paladar, provocando que quisieran repetir la experiencia.



Gráfica 1. Percepción de dulzor en panqué

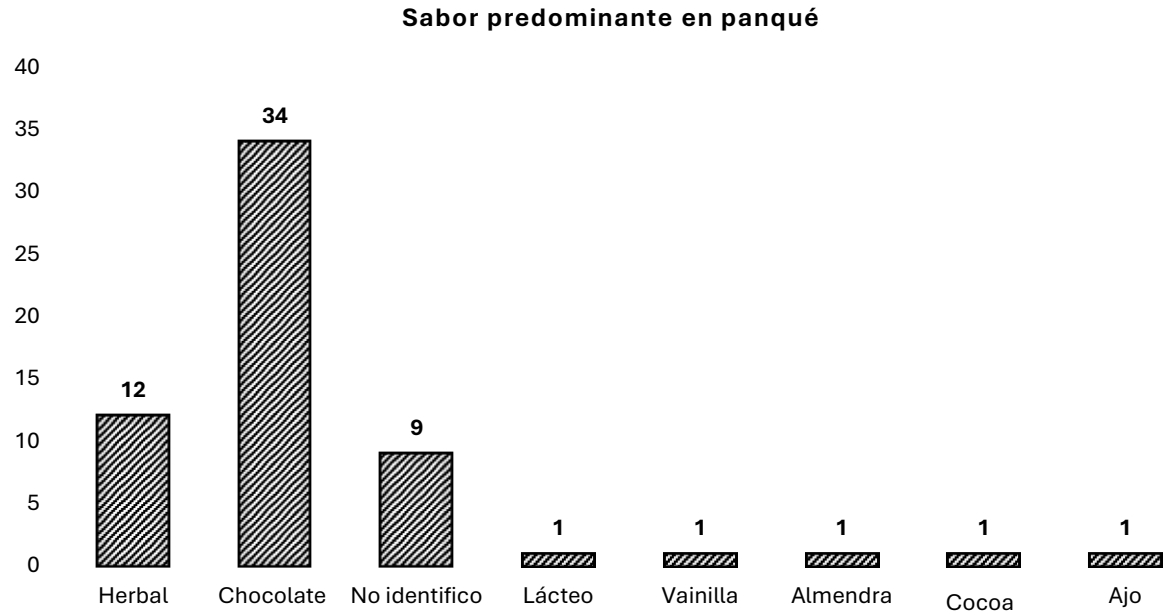
Por su parte, las galletas fueron percibidas como significativamente más dulces por los evaluadores, lo cual podría explicarse por la presencia de sal en su formulación. Este ingrediente desempeña un papel clave como potenciador de otros sabores al tener la capacidad de modular la percepción sensorial al reducir la intensidad de notas amargas y resaltar los compuestos responsables de la percepción de otras notas. En consecuencia, incluso pequeñas cantidades de sal pueden generar un efecto sinérgico que intensifica la dulzura percibida sin necesidad de incrementar el contenido de azúcares, lo que sugiere que la interacción entre los componentes de la fórmula influye de manera determinante en la experiencia sensorial final del producto.



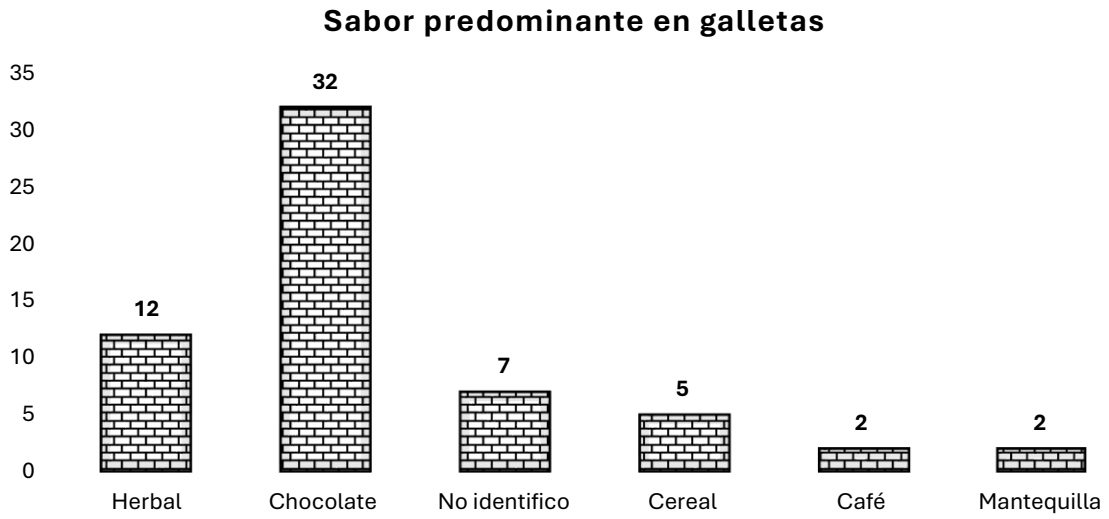
Gráfica 2. Percepción de dulzor en galletas

La riqueza sensorial generada por la presencia de harina de algarrobo produjo sabores insospechados que sorprendieron a los degustadores, al corresponder a alimentos que no formaban parte de los ingredientes de la formulación. No obstante, es comprensible que se generen tales aromas y sabores por las reacciones de caramelización y de Maillard que se ocasionan a las temperaturas de horneado, y que diferentes aminoácidos dan como resultado aromas a caramelo, frutos secos y especias, debidos a la formación de furanos, pirazinas, pirroles, pironas y tiazoles (Badui, 2006). Los aromas percibidos correspondieron a herbal, chocolate, almendra, cocoa, ajo y otro aroma muy agradable que no pudo ser identificado con algún otro percibido antes. Esta presencia de sabores complejos generó un contrapeso interesante frente a la falta de dulzor perceptible en el panqué. Aunque muchos de los degustadores manifestaron cierta desazón por el poco dulzor percibido frente al esperado debido a anteriores experiencias en el consumo de panqués, los aromas despertaron un interés en pedir más porciones para degustarlas por puro placer.

El comportamiento correspondiente en las galletas produjo igualmente aromas que no formaban parte de los ingredientes, especialmente herbal, cereal, café y un aroma agradable que no podía ser identificado con otro del que se tuviera experiencia, lo que sugiere la formación de compuestos volátiles derivados de reacciones químicas durante el proceso de horneado (Figura 4). El producto final adquirió una coloración oscura, lo que indujo a creer a varios de los degustadores que se trataba de productos de chocolate.

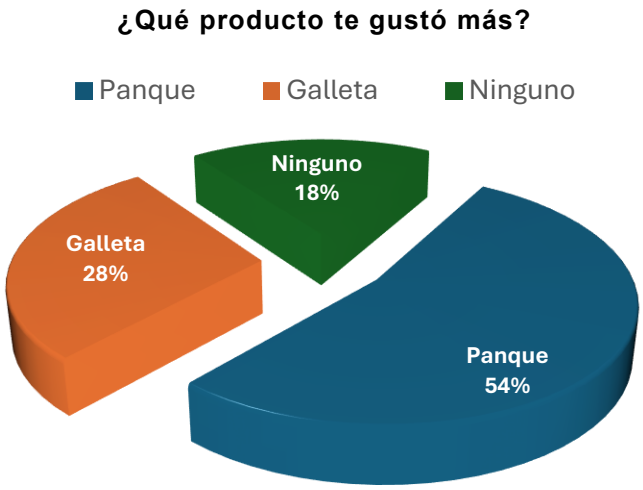


Gráfica 3. Sabor predominante en panqué



Gráfica 4. Sabor predominante en galletas

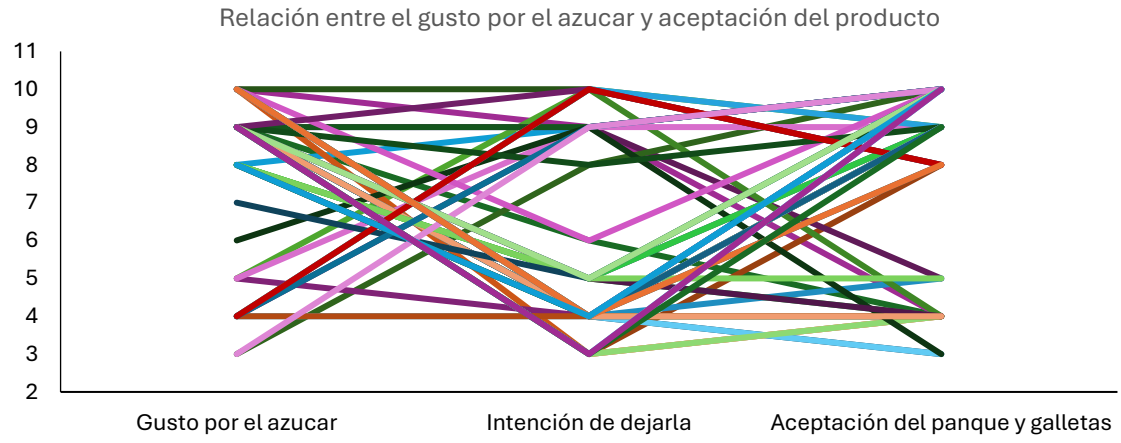
Lo anteriormente observado nos permitió determinar que la mayor parte de los degustadores mostraran preferencia de consumo por el panqué, ya que las galletas tenían un sabor más común, aunque el 18 % de los degustadores manifestaron no inclinarse por ninguno de los productos, la razón que argumentaron fue que esperaban un sabor y dulzor más parecido a los productos comerciales con los que habían tenido experiencias previas.



Gráfica 5. Preferencia de elección

Figura 3. Panqué y galletas con 13,15 % de harina de algarrobo

En consonancia con los resultados anteriores se pudo inferir que la gente que estaba preocupada por reducir el consumo de azucares en su dieta se mostró más receptiva a probar el producto y a aceptarlo, mientras que las personas más adictas al consumo de azúcar estaban menos dispuestas a aceptarlo.



Gráfica 6. Comportamiento de los parámetros relacionados con el gusto por el azúcar, la intención de reducir o eliminar su consumo y la aceptación de panqué y galletas en cuya elaboración se ha usado harina de algarrobo como sustituto del azúcar

Para verificar la validez estadística de esta aseveración, se aplicó una prueba de Chi^2 con la aplicación estadística João Gondim para determinar la independencia de asociación de las medias de tales observaciones. El resultado es que las medias no son independientes y, por tanto, los resultados están relacionados.

Tabla 4

Cuadro de contingencias para la asociación entre la intención de dejar el azúcar y la aceptación del producto

		Intención de dejar el azúcar		
		Sí	**No**	
Aceptación del producto	Sí	14	27	41
	No	4	14	18
		18	41	59

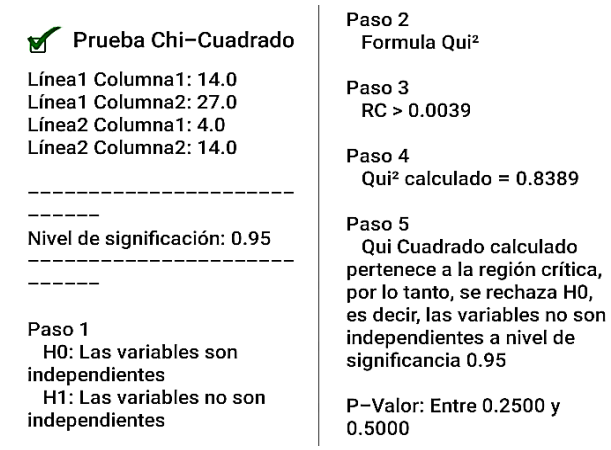


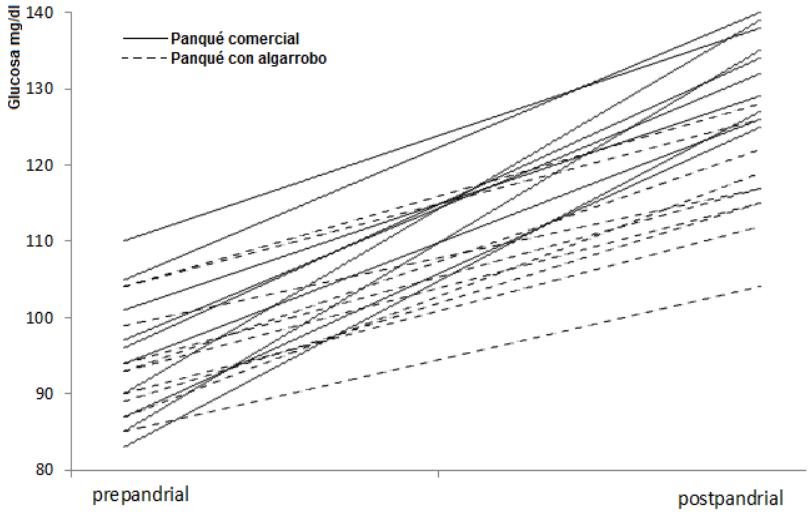
Figura 4. Prueba de Chi2 para los datos de la Tabla 4. Asociación entre la intención de dejar el azúcar y la aceptación del producto

Para evaluar la efectividad de la sustitución de parte de la harina de trigo por harina de algarrobo como uno más saludable en comparación con el uso de harina de trigo y azúcar de mesa en un proceso posterior se midieron los niveles prepandriales y pospandriales en diez de los integrantes del panel de degustadores previa lectura, aceptación y firma de un consentimiento informado donde se informó del procedimiento a efectuar que consistió en el registro de los niveles de glucosa previo al consumo del producto y dos horas posterior al mismo, en contraste con el panqué y las galletas comerciales. Tales registros se muestran en la Gráfica 7.

La toma de muestras de sangre se realizó de acuerdo con el procedimiento indicado en la décima práctica “Toma de muestra de glucosa capilar” de la licenciatura en nutrición de la facultad en medicina y nutrición de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Unidad Médica de Simulación Clínica “Dr. José Jorge Talamas Máquez”, Durango, México (UMSC, 2017). Usando un equipo Accu-CHeck Active® de Roche Diagnostics y de acuerdo con las

instrucciones del fabricante. Con un día de diferencia entre ambas tomas, realizándose en primer lugar aquella con panqué comercial y al día siguiente con harina de algarrobo.

El análisis mediante la prueba T de Student para dos medias mostró una diferencia significativa entre los niveles de ambas muestras. Los niveles pospandriales fueron mayores para el panqué comercial y menores para el panqué enriquecido con harina de algarrobo. Asimismo, se consideraron y ajustaron las diferencias diarias normales dentro de un mismo individuo.



Gráfica 7. Niveles de glucosa prepandriales y pospandriales en individuos que consumieron galletas y panqué comerciales en comparación con panqué y galletas enriquecidos con harina de algarrobo

	Panqué comercial		Panqué con algarrobo	
Individuo	prepandrial	postpandrial	prepandrial	postpandrial
1	85	135	87	119
2	90	139	93	122
3	83	127	85	104
4	110	138	104	126
5	105	140	99	117
6	101	129	104	128
7	94	126	90	112
8	87	125	89	115
9	96	134	94	117
10	97	132	93	115
	Media= 132.5	D. S.= 5.56	Media= 117.5	D. S.= 6.9

Prueba T – dos muestra

Media 1: 132.5
Desviación estándar 1: 5.56
Muestra 1: 10

Media 2: 117.5
Desviación estándar 2: 6.9
Muestra 2: 10

Nivel de significación: 0.05

Paso 1

Prueba T – dos muestra

Paso 1
H0: μ1 = μ2
H1: μ1 > μ2

Paso 2
Fórmula Tcal para una media

Paso 3
RC > 1.734

Paso 4
Tcal = 5.3529

Paso 5
T calculado pertenece a la región crítica, por lo tanto, se rechaza H0 a nivel de significación 0.05

Figura 5. Prueba T de dos medias para niveles de glucosa pospandriales

Discusión

La harina de algarrobo resultó ser menos dulce de lo esperado, lo cual limitaría su uso en repostería, donde el consumidor espera y está predispuesto a encontrar un gran poder edulcorante, condición que por otra parte está ligada a problemas de obesidad y picos de insulina. Sin embargo, para un panqué el dulzor es apreciable, y a decir de los evaluadores, el sabor resultó agradable e interesante.

Esto coincide con los estudios de Arana (2024), donde manifiestan que las propiedades resultantes de sustituir parte de la harina de trigo por harina de algarrobo son adecuadas tanto desde el punto de vista de la palatabilidad como el nutricional. Como mencionan Berk et al. (2017), por su alto contenido de fibra y proteína podría ser usado en versiones de pan libre de gluten.

Bajo la experiencia particular de este estudio nos parece que su uso como edulcorante y alternativa al uso de azúcar de mesa, azúcar invertido y otros edulcorantes, en repostería no podría efectuarse totalmente, ya que su poder edulcorante de 75-78°Brix (Grados et al., 2000), aunque elevado no alcanza a sustituir a los anteriores, pero podría reducir su uso, al requerir una menos cantidad de azúcar de mesa para lograr el mismo resultado. Lo anterior coincide con los resultados de Bigne (2016) respecto a que su incorporación a las masas tradicionales mejora su aporte nutrimental, al aumentar el contenido de fibra, proteína y reducir el de carbohidratos añadidos, si se toma en cuenta que entre los ingredientes usados para elaborar los productos de este estudio no figuró el azúcar de mesa.

Los resultados de la prueba estadística de Chi^2 indican que existe una relación entre la aceptación por parte del consumidor del panqué y las galletas cuya azúcar ha sido sustituida con harina de algarrobo y la intención de reducir o evitar por completo el consumo de azúcar, al explicar de qué se trataba el producto sus beneficios y propiedades a los consumidores después de haberlo probado, y ante la natural curiosidad de saber lo que estaban consumiendo. Probablemente, si no se hubiera comunicado esta información a los consumidores, su aceptación habría sido menor, pero ello habría requerido un estudio aparte. Aun así, la prueba de Chi^2 revela que los consumidores que no estaban dispuestos (o no se habían propuesto) a reducir su consumo de azúcar tendían a aceptar menos ambos productos.

Conclusiones

Por todo lo anterior, concluimos que la harina de algarrobo puede utilizarse como un edulcorante que mejora el contenido nutricional de los productos de panadería y repostería a

los que se añade. Si bien su sabor y color recuerdan al del chocolate, sus características propias aportan un perfil sensorial que desafía los sentidos y deja un retrogusto agradable y duradero, contribuyendo a una buena experiencia para el consumidor. Su uso como reductor de las cantidades necesarias de azúcar en productos de panadería y repostería representa una contribución importante para combatir el impacto del sobrepeso, la obesidad, el síndrome metabólico y otros problemas asociados al alto consumo de hidratos de carbono en la sociedad moderna. Además, incrementa el aporte de fibra y proteína en estas preparaciones.

Referencias

Acuña, D. (1990). *La harina de algarrobo*. FAO.

Alzate, L., Arteaga, D. y Jaramillo, Y. (2008). Propiedades farmacológicas del Algarrobo (Hymenaea courbaril Linneaus) de interés para la industria de alimentos. *Revista Lasallista de Investigación, 5*(2), 100-111.

Akdeniz, E., Yakışık, E., Rasouli, H., Akkın, S., Turan, B., Tipigil, E., Toker, O. & Ozcan, O. (2021). Carob Powder as Cocoa Substitute in Milk and Dark Compound Chocolate Formulation. *Journal of Food Science and Technology, 58*, 4558-4566. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04943-z

Arana, A. (2024). *Elaboración de cookies nutritivas y funcionales a partir de harina de algarrobo (Prosopis pallida)* y *cañihua (Chenopodium pallidicaule)* [Trabajo de grado, Universidad Nacional del Santa]. Alicia. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_0a86530bbb30eae21168a64f0cffa57b

Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos* (4ª ed.). Pearson.

Barceló-Anguiano, M., Llompart, M., Pou, J., Luna, J. & Garau, M. (2024). Agronomical and Morphological Diversity of Carob (Ceratonia Siliqua L.) Cultivars: A Case of a Semi-arid Region in Majorca (Spain). *Research Square.* https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3894251/v1

Berk, E., Sumnu, G. & Sahin, S. (2017). Usage of Carob Bean Flour in Gluten Free Cakes. *Chemical Engineering Transactions, 57*. https://doi.org/10.3303/CET1757319

Bigne, F. (2016). *Aplicación de harina de fruto de algarrobo en el desarrollo de productos panificados saludables*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata]. Repositorio institucional. https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52428

Boublenza, I., Boublenza, I., Boublenza, B., Madji, S., Fabiano-Tixier, A.-S. & Chemat, F. (2019). Carob as Source for Sustainable Ingredients and Products. En Y. Li & F. Chemat (Eds.), *Plant Based "Green Chemistry 2.0"* (pp. 257-275). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3810-6_10

Cabezas-Zabala, C., Hernández-Torres, B. & Vargas-Zárate, M. (2016). Azúcares adicionados a los alimentos: efectos en la salud y regulación mundial. Revisión de la literatura. *Revista de la Facultad de Medicina, 64*(2), 319-29. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n2.52143

Correa, M., Salinas, M., Carbas, B., Ferrero, C., Brites, C. y Puppo, M. (2012). Harina de algarroba en productos panificados: efecto sobre las características de la masa y calidad

del pan. En *Memorias del IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. Universidad Nacional de Córdoba. https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/produccion/1556220?utm_source=chatgpt.com#section-first

Dahmani, W., Evariste, Z., Elaouni, N, Bouanani, N., Mekhfi, H., Bnouham, M., Legssyer, A., Sahpaz, S. & Ziyyat, A. (2024). Carob Leaves: Phytochemistry, Antioxidant Properties, Vasorelaxant Effect and Mechanism of Action, *Journal of Ethnopharmacology, 340*. https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.119226.

DiNicolantonio, J. & Lucan, S. (2014). The Wrong White Crystals: Not Salt but Sugar as Aetiological in Hypertension and Cardiometabolic Disease. *Open Heart, 1*(1).

Escobar, B., Estévez, A., Fuentes, G. y Venegas, F. (2009). Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis (Mol) Stuntz*) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 59*(2). https://www.alanrevista.org/ediciones/2009/2/art-12/?utm_source=chatgpt.com

Gökçe, C., Bozkurt, H. & Maskan, M. (2023). The Use of Carob Flour and Stevia as Sugar Substitutes in Sponge Cake: Optimization for Reducing Sugar and Wheat Flour in Cake Formulation. *International Journal of Gastronomy and Food Science, 32*. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100732.

Gómez-Llorente, H., Ortola, M., Fernández-Segovia, I., Barat, J. & Pérez-Esteve, É. (2026). Reformulating Gummy Candies with Carob Flour: A Nutritional Strategy to Enhance Bioactive Compounds and Functional Properties. *Food Hidrocolloids for Health,* 9. https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2025.100262

Gioxari, A., Amerikanou, Ch., Nestoridi, I., Gourgari, E., Pratsinis, H., Kalogeropoulos, N., Andrikopoulos, N. & Kaliora A. C.(2022). Carob. A Sustainable Opportunity for Metabolic Health. *Foods, 11*(14). https://doi.org/10.3390/foods11142154

Grados, N., Ruiz, W., Cruz, G., Díaz, C. y Puicón, J. (2000). Productos industrializables de la algarroba peruana (Prosopis pallida): algarrobina y harina de algarroba. *Multequina, 9*(2), 119-132.

Johnson, R., Sánchez-Lozada, L., Andrews, P. & Lanaspa, M. (2017). Perspective: A Historical and Scientific Perspective of Sugar and Its Relation with Obesity and Diabetes. *Advances in Nutrition*, *8*(3), 412-422. https://doi.org/10.3945/an.116.014654

Martins-Loução, M., Correia, P. & Romano, A. (2024). Carob. A Mediterranean Resource for the Future. *Plants, 13*(9). https://doi.org/10.3390/plants13091188

Milek dos Santos, L., Tomzack, T., Fuganti, C., Ramos, D. & Carneiro, H. (2015). Glycemic Response to Carob (Ceratonia siliqua L) in Healthy Subjects and With the In Vitro Hydrolysis Index. *Nutrición Hospitalaria*, *31*(1), 482 487. https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8011

Miranda, V., Garay, A., Gonçalvez, E., Ramón, A., Cravero, A. y Villalva, F. (2017), Harina de algarroba negra (*Prosopis nigra*): propiedades nutricionales y utilización en productos alimenticios, *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud, 2*(10), 47-53.

Román, L., González, A., Espina, T. & Gómez, M. (2017). Degree of Roasting of Carob Flour Affecting the Properties of Gluten-Free Cakes and Cookies. *Journal of Food Science and Technology, 54*(7), 2094-2103. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2649-x

Sciammaro, L. (2015). *Caracterización fisicoquímica de vainas y harinas de algarrobo (Prosopis alba y Prosopis nigra): Aplicaciones en productos, tesis de doctorado, horneados y fermentados* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata]. https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/51407

Youssef, M., El-Manfaloty, M. & Ali, H. (2013). Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia siliqua L.*). *Healthcare Foodservice Magazine, 3*, 304-308.