

POLIMEROS DERIVADOS DE PLANTAS LEGUMINOSAS: MORINGA (*Moringa Oleifera*), ALGARROBO (*Prosopis spp.*), OREJERO (*Enterolobium cyclocarpum*) Y ACACIA FORRAJERA (*Leucaena Leucocephala*) Y SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS

Polymers derived from leguminous plants: Moringa (Moringa oleifera), Algarrobo (Prosopis spp), Orejero (Enterolobium cyclocarpum) and Acacia forrajera (Leucaena leucocephala) and its application in the food industry

Adriana Verhelts ¹

Resumen

Los polisacáridos de las semillas de varias especies de plantas han sido utilizados a nivel industrial durante años como una forma de reemplazar productos más costosos y menos efectivos. Algunos ejemplos son las industrias de alimentos, donde algunos polisacáridos son utilizados como aditivos alimentarios debido a su comportamiento reológico (Pilnik y Rombouts, 1985). En este sentido las principales aplicaciones de los polímeros derivados de plantas leguminosas se han centrado en su uso como espesantes, estabilizantes, emulsionantes, biopelículas para el recubrimiento de alimentos y micro encapsulación de principios activos, con la finalidad de mejorar la textura, extender la vida útil y propiedades físico químicas, microbiológicas y sensoriales de los productos alimenticios. El elevado costo que representan los hidrocoloides, debido a que muchos de estos deben ser importados, plantea la necesidad de establecer investigaciones que persigan ensayar gomas producidas por especies de leguminosas diseminadas en la región Caribe Colombiana.

Palabras clave: Seguridad, Salud, Peligro, Sistema de gestión.

© 2019 Bedoya *et al.* Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-ncnd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Abstract

Seed polysaccharides of various plant species have been used at the industrial level for years as a way to replace more expensive and less effective products. Some examples are the food industries, where some polysaccharides are used as food additives due to their rheological behavior (Pilnik and Rombouts, 1985). In this sense, the main applications of polymers derived from leguminous plants have focused on their use as thickeners, stabilizers, emulsifiers, bio-films for food coating and micro encapsulation of active ingredients, in order to improve texture, extend life useful and physical chemical, microbiological and sensory properties of food products. The high cost of hydrocolloids, because many of these must be imported, raises the need to establish research that seeks to test gums produced by disseminated legume species in the Colombian Caribbean region.

Keywords: Safety, Health, Danger, Management system.

© 2019 Bedoya *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 09 de Diciembre de 2019 - Aceptado para publicación: 23 de Diciembre de 2019.

¹ Ingeniera de alimentos, Magister en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Líder SENNOVA, Centro Agroempresarial y Minero. Correo de Correspondencia: averhelst@sena.edu.co



1. Introducción

En los últimos años se ha enfatizado en la importancia de preservar el medio ambiente por lo tanto es crucial mantener la biodiversidad y reevaluar las especies nativas, especialmente los árboles de los cuales pueden obtenerse alimentos o ser utilizados a nivel industrial, (Ramachandran, 2007). Por lo anterior han sido consideradas especies subutilizadas, entre estas, la moringa, el algarrobo, la acacia y el orejero, debido a que tienen un importante potencial, ya que las semillas de las legumbres desarrollan un endospermo compuesto de polisacáridos que sirven de reserva de energía y agua. El endospermo de estas semillas está compuesto de galactomananos que son polisacáridos neutros formados por una cadena lineal de manosa con sustituciones laterales de galactosa en diferentes proporciones, sus propiedades sirven para espesar y estabilizar emulsiones. (Wielinga, 2000; Azero y Andrade, 2002).

Las leguminosas tienen importancia desde el punto de vista agrícola debido a la superficie mundial que se dedica a su cultivo y por su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico por la simbiosis con la bacteria *Rhizobium* del suelo, lo que permite elevar la fertilidad del sustrato, reemplazando parcialmente el uso de fertilizantes nitrogenados costosos. Las legumbres, que pueden ser utilizadas en la alimentación humana y animal, revisten una especial importancia nutritiva y económica debido a su presencia en la nutrición de millones de personas de todo el mundo (FAO, 2005).

La seguridad y salud en el trabajo actualmente constituye uno de los instrumentos de gestión más importantes para mejorar la calidad de vida laboral en las empresas y con ella su competitividad, esto es posible siempre y cuando se promueva y estimule en todo momento la creación de cultura dirigiéndola a los planes de calidad, mejoramiento de los procesos, puestos de trabajo, desarrollo del capital humano y la reducción de los costos operacionales (Bazzani & Sánchez, 2016).

La industria alimentaria está continuamente ensayando tecnologías e ingredientes para producir nuevos alimentos o mejorar algunas propiedades organolépticas, funcionales y nutritivas ya existentes. Las leguminosas han sido empleadas en función de su composición, de forma directa como ingredientes de las dietas o de piensos compuestos para animales y, alternativamente, en la obtención de aceites vegetales, en la preparación de concentrados de proteína y en la formulación de comidas vegetarianas o de regímenes especiales.

Los polímeros derivados de plantas recientemente han generado interés debido a sus diversas aplicaciones farmacéuticas como diluyentes, aglutinantes, disgregantes en tabletas, espesantes en líquidos orales, coloides protectores en suspensiones, agentes gelificantes en geles y bases en supositorios (Zatz y Kushla, 1989); también se usan en cosméticos, textiles, pinturas y fabricación de papel (Jani, Shah, Prajapati, y Jain, 2009). Estos materiales incluyen: goma guar, cáscara de isapghula, galactomanano de Mimosa scabrella, Gleditsia triacanthos Linn (goma de algarrobo), goma Sesbania, mucílago de las vainas de Hibiscus esculenta, goma copal y chicle dammar, agar konjac, quitosano, etc. (Efentakis & Kouttis, 2001). Las gomas industriales y mucílagos son en su mayoría solubles en agua, tienen amplias aplicaciones en la industria alimentaria y no alimentaria. Su uso depende de las propiedades fisicoquímicas únicas que proporcionan, a menudo a un costo inferior al de los polímeros sintéticos.

Los polisacáridos de las semillas de varias especies de plantas han sido utilizados a nivel industrial durante años como una forma de reemplazar productos más costosos y menos efectivos. Algunos ejemplos son las industrias de alimentos, donde algunos polisacáridos son utilizados como aditivos alimentarios debido a su comportamiento reológico (Pilnik y Rombouts, 1985).

2. Descripción de las leguminosas.

Leguminosa es una palabra que proviene del latín *legumen* que indica fruto alargado o en espiral (fruto en “legumbre” o “vaina”) que contiene varias semillas dispuestas en fila. Las leguminosas, desde el punto de vista botánico, pertenecen a la familia Fabaceae, cuyas especies presentan la característica común de producir vainas. De las más de 18.000 especies conocidas, y de todas las que son cultivadas, sólo se producen 20 tipos distintos y que se utilizan como alimento para el ser humano en los diferentes continentes, destacando las semillas de soja (*Glycine max L.*), cacahuete (*Arachis hypogaea L.*), judías (entre las que se encuentran diversas especies del género *Phaseolus*), guisantes (*Pisum sativum L.*), garbanzos (*Cicer arietinum L.*) y lentejas (*Lens culinaris Medik.*). Las semillas de las leguminosas se diferencian por el color, forma, tamaño y grosor del tegumento (testa), pero la mayoría de éstas tienen una estructura similar, y cuando madura tienen tres partes estructurales principales: cubierta, cotiledón y embrión. (Amóros, 2000).

En el endospermas de sus semillas existe una goma del tipo galactomanano que posee propiedades viscosantes y estabilizadoras de emulsiones.

3. Componentes principales de las leguminosas.

Entre los componentes más importantes de las leguminosas se destacan: las proteínas, carbohidratos y fibra alimentaria. La composición nutricional media de las leguminosas se destaca por la fracción de almidón y proteína como las más abundantes respecto al total de los componentes. El valor nutritivo de las leguminosas se debe primeramente a su contenido proteico, a la vez que son fuente importante de carbohidratos complejos, algunos de absorción lenta (Zulet y Martínez, 2001).

a. Proteínas.

En general las proteínas de las leguminosas constituyen el nutriente de mayor interés constituidas en un 70% de

globulinas, 10 al 20% de albumina, 10 a 15% de glutelina y el resto de prolamina, a diferencia de los cereales en los que abundan las prolaminas y glutelinas, fracciones proteicas asociadas a contenidos diferentes de aminoácidos. (Cubero y Moreno, 1983), (Rubio y col., 2004).

Los concentrados y aislados proteicos más extendidos son los de soja (Henn y Netto, 1998; Friedman y Brandon, 2001). Los concentrados proteicos se emplean empleados por la industria alimentaria ya que ofrecen ventajas económicas, nutricionales y funcionales, manteniendo las cualidades sensoriales deseables y necesarias para la aceptación por el consumidor. Las aplicaciones más importantes son como mejoradores en la industria cárnica (sustitutos o complementos de la proteína animal), en fórmulas infantiles (Fernández-Quintela y col., 1993; Vioque y col., 2001) y también para mejorar la textura de los productos de panadería y pastas o en el procesado de quesos (El-Sayed, 1997).

b. Carbohidratos.

El valor nutritivo de las leguminosas se debe especialmente a su aporte en carbohidratos, siendo el almidón el polisacárido mayoritario (Salunkhe y Kadam, 1989). Los carbohidratos contribuyen sustancialmente a las propiedades de emulsión, como es el caso de las fracciones de fibra alimentaria que se encuentran presentes en el alimento (Betancur-Ancona y col., 2004). Por lo tanto, las harinas procedentes de leguminosas que posean una buena capacidad de formar emulsiones podrán ser utilizadas en la fabricación alimentos tales como mayonesa, salchichas y aderezos.

Actualmente, los polisacáridos derivados de plantas se utilizan ampliamente en diversos fines industriales debido a su excelente biodegradabilidad, producción sostenible, bajo costo de procesamiento y biodisponibilidad. Los hidrocoloides de polisacáridos que incluyen mucílagos, gomas y los glucanos son abundantes en la naturaleza y se

encuentran comúnmente en muchas plantas superiores. Estos polisacáridos constituyen una clase diversa de macromoléculas biológicas con un amplio rango de propiedades fisicoquímicas que son utilizados para diversas aplicaciones en la industria farmacéutica y alimentaria.

i. **Mucilagos.**

Por el término "mucílago" se entiende aquellas sustancias que son solubles o al menos se hinchan muy perceptiblemente en agua y que, al agregar alcohol, se precipitan en una masa menos amorfa o granular. Aunque los mucilagos pueden encontrarse en altas concentraciones en los diferentes órganos de las plantas, la función fisiológica en la mayoría de los casos no está clara. Los mucilagos encontrados en rizomas, raíces y endospermas de semillas pueden actuar principalmente como reservas de energía, (Clifford, Arndt, Popp y Jones, 2002). Debido a la alta concentración de grupos hidroxilo, los mucilagos generalmente tienen una alta capacidad de enlazar al agua (Clarke, Andreson, & Stone, 1979).

ii. **Gomas vegetales.**

Las gomas vegetales son segregadas de árboles y arbustos en forma de lágrimas, nódulos estriados o protuberancias amorfas. Después del secado natural, forman duros y viscosos exudados de diferentes colores que van del blanco al ámbar pálido / oscuro y del gris pálido al marrón oscuro. Las teorías más comunes dicen que las gomas se forman como un fenómeno natural, en el que los tejidos internos de la planta se desintegran a través de un proceso llamado mucosis. La formación de la goma se produce con mayor rapidez y en abundantes cantidades durante el verano, mientras que en invierno su secreción es muy baja o está ausente.

Las gomas tienen una función protectora para limitar la propagación de patógenos fúngicos y bacterianos mediante el aislamiento de los tejidos infectados. Este fenómeno evita que los microorganismos lleguen a los tejidos internos de la planta, ya que no pueden atravesar la

barrera de la goma, lo que permite cubrir la infección, y las plantas afectadas pueden recuperarse. Si por alguna razón, la formación de las gomas se retrasa o se previene, los microorganismos se pueden diseminar y pueden ocurrir grandes daños.

Las gomas de plantas son carbohidratos hidrófilicos de alto peso molecular, generalmente compuestos por unidades de monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos. Tienen numerosas características que incluyen la no toxicidad, la no irritación, la disponibilidad a bajo costo, la sostenibilidad, la biodegradabilidad, la biocompatibilidad y la propiedad ecológica, que los hacen más utilizados que los polímeros sintéticos y semisintéticos (Bhunvara, 1985); (Kulkarni et al, 2005). Según su solubilidad en agua, las gomas se clasifican como gomas solubles, insolubles o parcialmente solubles. Las gomas parcialmente solubles inicialmente forman una jalea hinchada al dispersarse en agua, y luego se convierten en una solución cuando se agrega más agua.

Hay un gran número de especies de plantas que están siendo "cultivadas" que son capaces de producir gomas que pueden implementarse en la industria alimentaria como aditivos. La mayoría de las gomas vegetales pertenecen a la familia Leguminosae, como: *Acacia senegal* como fuente de goma arábiga; *Astragalus spp.*, como fuente de tragacanto; *Cyamopsis tetragonolobus*, como fuente de goma guar; *Ceratonia siliqua*, como fuente de goma garrofín. (Ibañez y Ferrero, 2003). Recientemente, muchas plantas han sido químicamente analizadas e introducidas como una fuente potencial de exudados de goma vegetal.

Las gomas vegetales presentan mayores ventajas comparadas con las gomas de origen animal y gomas microbianas, debido a la imagen amigable hacia los consumidores (Glicksman, 1982). Las gomas de origen vegetal pueden clasificarse de acuerdo con la fuente de donde son obtenidas así:

Tabla 1. Clasificación de las gomas de origen vegetal

FUENTE	GOMA
Arboles	Celulosa
Exudados gomosos de arboles	Goma arábica, goma karaya, goma Ghatii, goma tragacanto
Plantas	Almidón, pectina, celulosa,
Semillas	
Tubérculos	Goma jonja

Las características físicas y estructurales de los exudados de goma vegetal, se definen por el peso molecular, la composición y secuencia de monosacáridos, conformación, configuración y posición de enlaces glucosídicos, tamaño de partícula, solubilidad y propiedades reológicas (Cui, 2005). Muchos científicos han informado sobre la presencia de galactosa, arabinosa, ramnosa, ácido urónico, ácido galactorónico, proteína, Ca y Mg como estructura principal constituyentes de gomas vegetales (Williams y Phillips, 2000).

Los exudados gomosos del género acacia (Mimosaceae) han sido los más estudiados, debido a que Acacia Senegal produce la goma arábica, materia prima de amplio uso a nivel industrial, como aditivo alimentario. Por lo anterior se ha incentivado la búsqueda de otras especies productoras de gomas, que puedan competir con las tradicionales.

iii. *Galactomananos.*

Los Galactomananos son polisacáridos de (1→4) β-D manosa total o parcialmente sustituido en O-6 por unidades de α-D-galactopiranosil. La relación entre las dos unidades de azúcar y las propiedades fisicoquímicas pueden variar dependiendo de la planta. Estos biopolímeros tienen diferentes funciones fisiológicas en las semillas, una es mantener una humedad mínima dentro de la célula reproductiva, y el otro es proporcionar un almacenamiento de nutrientes para la germinación de las

semillas (Dea et al., 1986; Dey, 1978; Dea y Morrison, 1974) (Da Silva y Gonçalves, 1990; Estévez et al., 2004).

Es un polisacárido de reserva de energía en todo el endospermo de las semillas de plantas leguminosas (Meier y Reid, 1982). Son hidrocoloides altamente solubles en agua que proporcionan alta viscosidad y soluciones acuosas estables (Neukom, 1988). Ellos exhiben diferentes propiedades fisicoquímicas y reológicas dependientes de la relación Manosa/Galactosa (M / G), distribución de residuos de galactosa, el peso molecular y la distribución del peso molecular (Robinson, Ross-Murphy, y Morris, 1982).

Tienen amplias aplicaciones en diferentes alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos, como espesantes, estabilizadores en emulsiones y suspensiones y como agentes emulsionantes y gelificantes. También se han utilizado como sustitutos de grasa dietética en mayonesa baja en grasa, se usan como ingredientes alimentarios en productos de panadería dietéticos en formulación de leche para bebés, aderezos, salsas, sopas, congelados y alimentos cárnicos curados.

Las leguminosas son una importante fuente de proteínas y energía pudiendo ser utilizadas como ingredientes en raciones para animales. Sin embargo, pueden contener una gran variedad de componentes químicos naturales que son capaces de inducir efectos adversos en animales que consumen estas plantas, siendo el mono gástrico particularmente susceptibles a la presencia de estos componentes en el alimento. Los factores anti nutricionales son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, como un mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos y pájaros, o en algunos casos, productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés.

Entre estas sustancias anti nutricionales se encuentran: lectinas, flavonoides, alcaloides, taninos, aminoácidos

libres, ácido cianhídrico y fitatos, entre otros, los cuales se pueden encontrar desde las hojas hasta en los granos tiernos o secos, reduciendo su calidad alimenticia. Sin embargo, la mayoría de estos factores anti nutricionales son eliminados con tratamientos térmicos.

4. *Moringa (Moringa Oleifera).*

Históricamente *M. oleifera* es originaria de India, pero ahora se cultiva en países subtropicales del mundo debido a su adaptabilidad, como la capacidad de crecer rápido, sobrevivir en condiciones de sequía y su longevidad. Fue descrita por primera vez como una hierba medicinal alrededor del año 2000 a. C., y actualmente se han desarrollado para consumo humano y animal una cantidad de productos a base de *M. oleifera* tales como aditivos alimentarios (polvo de hojas), nutracéuticos (medicamentos / cápsulas, aceites esenciales) y alimentos funcionales (alimentos fortificantes, pan, yogur y carne).

La *M. oleifera* es un árbol perenne, caducifolio, de rápido crecimiento, adulto llega de 10 a 12 m de altura máxima, tiene ramas colgantes, quebradizas, con corteza de corcho, hojas color verde claro, florece a los 7 meses de su plantación, las flores son fragantes y de color blanco o crema de 2.5 cm de diámetro. Produce vainas colgantes color marrón, triangulares, divididas longitudinalmente en 3 partes, cuando se secan cada una contiene aproximadamente 20 semillas incrustadas en la médula, (Olson y Carlquist, 2001).

La especie más ampliamente distribuida y económicamente importante es *Moringa oleifera* Lam. (*M. oleifera*); una especie arbórea altamente utilizada, plantada como un cultivo arbóreo en los trópicos secos en Asia, África y América (Ramachandran et al., 1980; Somali et al., 1984) con un potencial no explotado en los subtrópicos (Palada, 1996).

También es conocido como el "Árbol Milagroso", *M. oleifera* es una planta multipropósito con una gran variedad de usos potenciales, incluido el aceite de semilla

utilizado para alimentos, cosméticos y bioenergía (Sengupta y Gupta, 1970; Ramachandran et al., 1980; Kleiman et al., 2008; Rashid et al., 2008), el polvo de semilla es utilizado como coagulante natural para la purificación de agua a bajo costo (Jahn et al., 1986), las hojas proporcionan una excelente materia prima para la producción de biogás (Sabale et al., 2008) y la alimentación animal (Cohen-Zinder et al., 2016), algunas partes de las plantas son utilizadas como medicamentos (Caceres et al., 1991; Holst, 2000), la corteza del árbol es utilizada en el curtido de pieles (Emmanuel et al., 2011).

Estudios analíticos han identificado *M. oleifera* como una importante fuente de nutrientes esenciales; rica en proteínas, aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas, con una cantidad relativamente baja de antinutrientes. La planta se ha utilizado para mejorar la nutrición y aumentar la seguridad alimentaria en algunos países en desarrollo (Fahey, 2005; Fuglie, 1999; Saini, Manoj, Shetty, Srinivasan y Giridhar, 2014).

Curiosamente, cada parte de la planta de *M. oleifera*, incluyendo la hoja, la raíz, corteza, semilla, flor y vaina es comestible y contiene compuestos que son importante para el bienestar humano y del ganado (Kadhim y AL-Shammaa, 2014). Se ha informado que las hojas de *M. oleifera* tienen una mayor proporción de vitaminas C y A, calcio, potasio, hierro y proteínas que los encontrados en otros productos alimenticios como naranja, zanahorias, leche, plátanos, yogur y espinaca, respectivamente (Gopalakrishnan, Doriya, y Kumar, 2016; Rockwood, Anderson, y Casamatta, 2013). Las hojas de *M. oleifera* se han utilizado ampliamente para combatir la desnutrición entre los bebés, las mujeres embarazadas y las madres lactantes, así como aumentar producción de leche en madres lactantes (Fahey, 2005; Fuglie, 1999; Saini et al., 2014).

La corteza de la planta produce fibra que es una materia prima adecuada para la producción de pulpa de celulosa para uso en celofán y textiles (Duke, 2001). Sin embargo,

sigue siendo una especie silvestre y rara vez se ha considerado su valor comercial.

Son necesarias más investigaciones acerca de otras técnicas innovadoras que pueden ser empleadas para reducir el olor a hierbas y el color verdoso resultante de la inclusión de polvo de hoja de *M. oleifera* en productos lácteos para una mayor aceptabilidad de estos productos sin afectar su composición nutricional. El uso de las flores (Arise, Arise, Sanusi, Esan y Oyeyinka, 2014) y semillas (Ogunsina, Radha, y Indrani, 2010) de *M. oleifera* en lugar de hojas podría utilizarse para reducir el olor y la intensidad del color en estos productos cuando es utilizada como fortificante (Oyeyinka y Oyeyinka, 2016), ya que también tienen una cantidad sustancial de proteínas y fitonutrientes comparable a las hojas (Zaku, Emmanuel, Tukur, y Kabir, 2015).

Los aceites esenciales extraídos de partes de plantas incluyendo hojas y flores son incoloros en la mayoría de los casos, y podrían usarse como aditivos para productos lácteos en lugar de los extractos de hojas.

Samson et al, (2017), estudiaron el potencial que tienen las hojas y las semillas de esta leguminosa en la extracción de carboximetil celulosa (CMC) para mantener la calidad durante el almacenamiento y controlar las enfermedades del aguacate tipo Hass, la fruta tuvo menor pérdida de masa, producción de etileno y tasa de respiración en comparación con la fruta no recubierta. Los hallazgos informados en este estudio demostraron que la CMC que contiene extracto de moringa suprime las enfermedades, prolonga la vida útil y mantiene la calidad total de los aguacates durante la cadena de suministro postcosecha.

5. *Acacia forrajera (Leucaena Leucocephala).*

Es una especie arbórea perteneciente a la familia de las leguminosas o Fabáceas, alcanza de 3 a 12 m de altura, hojas alternadas de color verde grisáceo de 9 a 25 cm de largo, con 11 a 24 pares de folíolos de 8 a 25 mm de largo, copa redondeada, posee raíz profunda y reacciona bien a

la poda. Crece bien entre el nivel del mar y 1800 m, a temperatura de 22 a 30 °C, y precipitación mayor de 700 mm/año. Se adapta a un rango amplio de suelos, con pH de 5 a 8, prefiere suelos de mediana fertilidad, no tolera sombra ni inundaciones, pero tolera la sequía (Pandey et al, 2013). Sus hojas son bipinnadas, las flores se encuentran en grupos en el ápice de las ramas de color crema blanco, fructifica en racimos de 5 a 20 vainas con 8 a 10 semillas cada una.

La planta ha sido ampliamente utilizada como forraje, madera, leña, combustible, goma, fertilizante orgánico, y materia prima para la industria de la celulosa y el papel, en alimentos y la industria farmacéutica (Rastogi, 2003). Casi todas las partes de la *Leucaena* (semillas, hojas, vainas y cortezas) se han usado en alimentos especialmente en ensaladas y para la preparación de muchos platos (Chowdhury et al, 1984). Además, también muestra propiedades como anticancerígeno, antiviral, anticoagulante, antitrombótico, propiedades antiinflamatorias, antidiabéticas e inmunoestimulantes (Ramesh et al, 2002); (Syamsudin et al, 2010). Las semillas se usan como sustituto del café y la goma de la semilla se ha usado como laxante y para controlar enfermedades estomacales.

Las vainas frescas se usan como vegetales. Las semillas tienen potencial como fuente de polisacáridos solubles en agua. Informes de investigaciones muestran que las semillas contienen alrededor del 20-25% de un galactomanano, que consiste en un 57% de manosa y un 43% de galactosa (Buckeridge, 2000) localizado principalmente en el endospermo. Se ha reportado el uso de polisacáridos extraídos de *Leucaena* como aglutinante en la formación de comprimidos (Kailash et al, 2005).

Las semillas constituidas principalmente de galactomananos también contienen aceites (ácidos grasos linoleicos y oleicos insaturados), taninos, ácido oxálico y la mimosina no proteica en menores cantidades (Chowdhury et al, 1984). La goma de galactomanano extraída del

endospermo de la semilla de *Leucaena leucocephala* se compone de cadenas lineales de unidades (1-4) -D-manosa sustituidas por unidades de D-galactosa únicas en O-6. La proporción de manosa a galactosa de la goma de *Leucaena* es de 1.3: 1 (Buckeridge, 2000). Sin embargo, la relación manosa / galactosa es variable entre las especies, porciones o incluso fracciones de *Leucaena*. (Kailash et al, 2005).

Varios estudios han reportado su uso como materia prima para la producción de pulpas celulósicas para cartón y fabricación de papel, y también para obtener polímeros de hemicelulosa, que pueden usarse para producir oligómeros, xilosa y arabinosa usados en industrias farmacéuticas y alimentarias (López et al, 2013).

La mayor cantidad de proteína cruda se encuentra en los brotes o renuevos (47.4%), semillas maduras sin testa (45.2%) y en semillas verdes con testa (40.1%). Por otra parte, el menor contenido de proteína corresponde a las vainas maduras sin semillas y a las semillas maduras con testa (8.2 y 9.7 % respectivamente). La fibra cruda incrementa a medida que las partes comestibles de la planta maduran con la edad encontrándose la mayor cantidad en las vainas verdes con semillas maduras y en las semillas maduras; estas partes de la planta contienen 25.4 y 35.8 % de fibra cruda respectivamente.

Neeraj *et al*, 2016, extrajeron y caracterizaron galactomananos obtenidos a partir de *Leucaena*, los resultados mostraron que la goma extraída es un galactomanano con un comportamiento pseudoplástico no newtoniano (adelgazamiento por cizallamiento). Las excelentes propiedades funcionales de las gomas indican que se puede usar como estabilizantes, emulsionantes y agentes de suspensión. Todas estas propiedades sugieren que el galactomanano obtenido a partir de *Leucaena* tiene potencial para su uso en la industria farmacéutica y la industria alimentaria.

6. Algarrobo (*Prosopis spp.*)

Son plantas leguminosas pertenecientes a la familia Mimosoideae, distribuidas salvajemente en zonas áridas y semiáridas sobre el mundo conocidas con el nombre común de Mesquite en América del Norte y Algarrobo en Perú y Colombia (Cruz, 1999). Tiene un alto contenido de azúcares y proteínas; por lo tanto, puede ser considerado como un forraje valioso (Ibáñez & Ferrero, 2003). Además, el cotiledón de *Prosopis* contiene 65% de proteína, que representa 31% del peso de la semilla (Cruz A, 1999).

El valor nutritivo de los algarrobos reside principalmente en sus frutos, llamados bajo el nombre común de “algarrobos” “chauchas” o “vainas” las cuales poseen semillas de excelente calidad nutricional y constituyen una buena fuente de carbohidratos y de proteínas (13-60 g/100 g peso seco y 9-17 g/100g peso seco, respectivamente) (Andrade et al., 2009; Galán et al., 2008; Bernardi, et al., 2006; Prokopiuk, 2004; Felker et al., 2003).

Bravo et al. (2) indican en la pulpa de la vaina del *P. pallida*, niveles en g / 100 g MS, de proteína: 4,01, extracto etéreo: 0,71, cenizas: 3,67. Los frutos de la algarroba *P. chilensis* presentan contenido de proteína de 11,48 g / 100 g MS y carbohidratos de 59 g/100 g MS (3).

El algarrobo se puede utilizar como fuente de mucílago, químicamente clasificado como galactomanano (Cruz et al., 1987). La goma extraída de las semillas de *Prosopis flexuosa* tiene una composición particular, que la asemeja a otras gomas comerciales de la familia de las leguminosas, pero con un alto contenido (66.1-72.5%, p / p) del polisacárido total. Dos tipos diferentes de mucílago de polisacáridos se han extraído del endospermo de la semilla de Algarrobo: la goma exudada de la corteza y una fracción de galactomanano (polisacárido de almacenamiento), que representa casi el 30% (p / p) de la semilla (Estévez et al., 2004)

Boeri et al, 2017, caracterizaron la harina integral de algarrobo (P. Alpataco), los resultados obtenidos del análisis nutricional de la harina indican que este producto presenta importantes propiedades nutricionales y funcionales, alto contenido de fibra y bajos niveles de antinutrientes. Por otra parte, debido a la presencia mayoritaria de ácidos grasos insaturados, este producto podría utilizarse como suplemento dietario para la industria alimentaria, ya sea en la elaboración de alimentos para seres humanos como para animales.

7. Orejero (*Enterolobium cyclocarpum*)

Enterolobium cyclocarpum es un árbol con una distribución natural desde México, América Central y las Antillas hasta el norte de Sudamérica, alcanza hasta 30 m de altura y desarrolla una copa muy extendida (en algunos casos, más de 20 m de ancho). Puede encontrarse en diversos tipos de vegetación, como el bosque tropical húmedo, el bosque tropical seco y el bosque muy húmedo premontano (Holdridge et al., 1997; Camacho, 1981).

Entre los meses de abril y junio se le desprenden los frutos que son semillas envueltas en su vaina (Distancia, 2008). La vaina de este árbol es ancha, aplanada, curva e indehiscente, y dentro de esta trae consigo de 10 a 15 semillas de 7 a 12 cm de diámetro ovoides y aplanadas de 2.3 a 4.5 cm de largo, pardos brillantes con una línea pálida con forma del contorno de la semilla cuyo valor nutricional radica en su contenido de proteínas de hasta 200-400 g/kg (Distancia, 2008; Jiménez et al., 2011).

Las semillas maduras tienen una testa dura e impermeable, de modo que pocas veces son atacadas por insectos. Dichas características se deben a capas de esclereidas lignificadas. Se ha reportado una producción anual de fruto de *E. cyclocarpum* de 725 kg/árbol (Álvarez-Morales et al., 2003), por lo que representa un recurso atractivo para utilizarse. Las semillas son un alimento típico en algunos países, donde las consumen tostadas, molidas o mezcladas con otros alimentos (González, 1984). El valor

nutricional de las semillas enteras radica en su contenido de proteínas (200–400 g/kg) (Vásquez-Yanes y Pérez García, 1977) y carbohidratos (631 g/kg Extracto libre de nitrógeno, b.s.), encontrándose el almidón en mayor concentración (Olvera-Novoa et al., 1993; Serratos Arévalo et al., 2008).

En la actualidad existe un mayor interés en fuentes alternativas de almidón, lo cual puede proveer nuevos almidones con propiedades especiales para usos específicos en la industria de alimentos y química (Guizar-Miranda et al., 2008; Henríquez et al., 2008; Espinosa-Solis et al., 2009).

Jiménez-Hernández et al, 2011, extrajeron y caracterizaron almidón de las semillas de *E. cyclocarpum* concluyendo que las semillas representan una fuente novedosa y atractiva de almidón al tener un rendimiento de extracción (750 g/kg) similar al reportado para semillas de leguminosas. El almidón extraído presentó una pureza media (850 g/kg), alto contenido de amilopectina (734 g/kg), un bajo grado de ionización (pH 6,9) y gránulos con forma redonda a oval y un tamaño promedio (25 mm). Además, las propiedades de formación de pasta, la solubilidad y capacidad de hinchamiento del almidón de *E. cyclocarpum* fueron inferiores a las del almidón de maíz. Estas características sugieren que puede ser utilizado en la formación de geles con baja tendencia a la retrogradación, o bien, como ingrediente de productos cosméticos debido a su tamaño de gránulo

Los resultados de Serratos (2008), sobre la composición aminoacídica de las semillas de orejero (*Enterolobium cyclocarpum*), como un alimento no convencional es fundamental por su aporte en particular de lisina, además de otros aminoácidos limitantes como son leucina, valina y treonina con relación a los alimentos de consumo tradicional como el maíz, trigo, soya, huevo y otros.

Las semillas de *E. cyclocarpum* forman parte de las proteínas no convencionales que aún se desconocen

algunas de sus características bioquímicas y nutricionales, por lo cual se plantea la necesidad de extraerlas y caracterizarlas y conocer su potencial como materia prima en la industria de los alimentos.

8. Conclusiones

La inseguridad en el suministro, calidad y estabilidad de los precios de hidrocoloides naturales y sintéticos utilizados actualmente en la industria alimentaria ha incentivado la búsqueda de nuevas materias primas alternativas para su producción.

Las proteínas y los polisacáridos son dos biopolímeros (hidrocoloides) importantes, que se usan ampliamente en la industria alimentaria y están a cargo de las propiedades reológicas, mecánicas y fisicoquímicas de los productos alimenticios. Los polisacáridos empleados como aditivos alimentarios son comúnmente almidones, derivados de celulosa y gomas. A diferencia del almidón nativo y la gelatina, que son considerados ingredientes, los hidrocoloides se emplean como aditivos alimentarios para mejorar o controlar las propiedades de un alimento procesado y en algunos casos como materiales no calóricos para reducir el contenido y la densidad calórica de algunos alimentos. La propiedad más relevante de la mayoría de hidrocoloides que ha conducido a que su uso sea muy extendido en la industria alimentaria es su capacidad para modificar significativamente el flujo de sistemas acuosos con pequeñas concentraciones de polímero, debido a su alto peso molecular.

Los galactomananos son hidrocoloides obtenidos de las semillas de distintas leguminosas. Los depósitos de galactomananos se encuentran en las paredes de las células del endospermo con una concentración de 35 a 85%, cantidad que depende de la especie, lugar de origen de la semilla y método de separación.

Diversos estudios se han encaminado a obtener alimentos de origen vegetal ricos en proteínas y de bajo costo entre algunos de los vegetales que más prometen por su alto contenido proteico se encuentran las especies

de la familia Leguminosae entre las que se destacan en el presente artículo la Moringa, el orejero, la acacia forrajera y el algarrobo.

Las semillas de Orejero representan una fuente novedosa de almidón y sus características sugieren que puede ser utilizado en la formación de geles con baja tendencia a la retrogradación, o bien, como ingrediente de productos cosméticos debido a su tamaño de granulo. Estudios realizados demuestran que el almidón de Orejero puede ser utilizado para incrementar el contenido de sólidos y la viscosidad en sistemas alimentarios procesados mediante tratamientos térmicos, sin embargo, hacen falta mayores estudios que demuestren la viabilidad de sus aplicaciones.

Estudios analíticos han identificado *M. oleifera* como una importante fuente de nutrientes esenciales; rica en proteínas, aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas, con una cantidad relativamente baja de sustancias antinutrientes.

Las proteínas de las semillas de Moringa han atraído una amplia atención científica en los últimos años en gran medida debido a sus aplicaciones potenciales en la industria alimentaria y farmacéutica.

Se ha informado que la fortificación de los alimentos procesados con *M. oleifera* aumenta el valor nutricional, las propiedades organolépticas, la estabilidad oxidativa y la vida útil del producto; con una notable necesidad de mayores estudios analíticos en el desarrollo de estos productos.

Las propiedades de absorción de agua de la fibra de algarrobo permiten mejorar productos alimentarios. La fibra de algarrobo retiene hasta 3 a 3,6 veces su peso en agua (dependiendo de la aplicación). Esta retención de humedad mejora la calidad del producto y reduce el crecimiento de microorganismos fomentado por el agua no ligada.

La fibra de algarrobo también presenta efectos antioxidantes en sistemas de alimentos y puede prolongar la conservación de estos. Las semillas del algarrobo son

ricas en galactomanano, una goma muy parecida a la del garrofín, utilizada como espesante y gelificantes en la industria de alimentos en el área de cárnicos y helados. Su uso hasta ahora ha sido poco explorado por lo que se puede investigar su aplicación en otros alimentos que requieran mejorar las propiedades de retención de agua.

La acacia despierta gran interés debido a que la mayor parte de la planta (semillas, hojas, vainas y cortezas) se han usado en alimentación humana. Además, también muestra propiedades anticancerígenas, antivirales, anticoagulantes, antitrombóticas, antiinflamatorias, antidiabéticas e inmuoestimulantes.

Las proteínas de las leguminosas pueden tener un papel muy destacado en la industria alimentaria tanto en alimentos procesados como en la elaboración de nuevos productos texturizados destinados al consumo humano. Se hace necesario estudiar nuevas alternativas en la producción de hidrocoloides, por lo que actualmente la Universidad de Cartagena, con su grupo de investigación IFCRA, estudian nuevas materias primas no convencionales y propias de la región, para la obtención de hidrocoloides alimentarios orientados a la preparación de alimentos para consumo humano y su promoción como materia prima en las cadenas agroalimentarias.

9. Bibliografía

- Ramachandran, C., Peter, K.V., Gopalakrishnana, P.K., 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Econ. Bot.* 34, 276–283.
- Wielinga, W.C. (2009). Galactomannans. In G.O. Phillips, & P.A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (2nd ed.). (pp. 228-251). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Azero, E. & Andrade, C. (2002). Testing procedures for galactomannan purification. *Polymer Testing*, 21, 551-556.
- Azero, E. & Andrade, C. (2006). Characterization of *Prosopis juliflora* seed gum and the effect of its addition to k-carrageenan systems. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 17, 844-850.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2005. Legumbres: tendencias registradas en el pasado y perspectivas para el futuro. *Perspectivas alimentarias – sistema mundial de información y alerta sobre la agricultura y alimentación (SMIA)*. Nº 4. In: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/j6801s/j6801s00.pdf>
- Zatz, J. L., & Kushla, G. P. (1989). In M. M. Reiger, & G. S. Banker (Eds.), *Pharmaceutical dosage forms – Disperse systems* (p. 508). New York: Marcel Dekker Inc.
- Jani, G. K., Shah, D. P., Prajapati, V. D., & Jain, V. C. (2009). Gums and mucilages: Versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Science*, 4(5), 309–323.
- Efentakis, M., & Kouttis, A. (2001). Release of furosemide from multiple unit and single unit preparations containing different viscosity grade of sodium alginate. *Pharmaceutical Development and Technology*, 6(1), 91.
- Pilnik, W. y Vorgen, G. J. (1971). Pectic Substances and other Uronides. En: «*The Biochemistry of fruits and their products*». Cap. 3. Editado por: HULME, A. C. New York: Academic Press. Vol.1, p. 53-85
- Amorós, M.L.L. 2000. Estudios de compuestos fenólicos en legumbres. Influencia de la variedad y del proceso de germinación. Tesis Doctoral Universidad Autónoma de Madrid.
- Zulet, M.A.; Martínez, J.A. 2001. Dieta Mediterránea: legumbres y colesterolemia. *Rev. Chil. Nutr.*, 28, 312-320.
- Cubero, J.I.; Moreno, M.T. 1983. Leguminosas de grano. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, 31-47.

- Rubio, L.A.; Rodríguez, J.; Fernández, C.; Crespo, J.F. 2004. Storage proteins: physiological and antigenic effects. EAAP publication n°. 110: Toledo, Spain. 159-175.
- Henn, R.L.; Netto, F.M. 1998. Biochemical characterization and enzymatic hydrolysis of different commercial soybean protein isolates. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 3009-3015.
- Friedman, M.; Brandon, D.L. 2001. Nutritional and health benefits of soy proteins. *J. agric. Food Chem.*, 49, 1069-1086.
- Fernández-Quintela, A.; Larralde, J.; Macarulla, M.T.; Marcos, R.; Martínez, J.A. 1993. Leguminosas y concentrados de proteína: nuevas perspectivas y aplicaciones. *Alimentaria.*, 1, 59-63.
- Vioque, J.; Sánchez-Vioque, R.; Pedroche, J.; Yust, M.M.; Millán, F. 2001. Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados proteicos. *Grasas y aceites.*, 52, 127-131.
- El-Sayed, M.M. 1997. Use of plant protein isolates in processed cheese. *Nahrung.*, 41, 91-95.
- Salunkhe, D.K.; Kadam, S.S. 1989. CRC Handbook of world food legumes: nutritional chemistry processing technology and utilization. CRC Press, INC Boca Ratón: Florida, 1, 5-25.
- Betancur-Ancona, D.; Gallegos-Tintoré, S.; Chel-Guerrero, L. 2004. Wet-fractionation of *Phaseolus lunatus* seeds: partial characterization of starch and protein. *J. Sci. Food Agri.*, 84, 1193-1201.
- Clifford, S. C., Arndt, S. K., Popp, M., & Jones, H. G. (2002). Mucilages and polysaccharides in *Ziziphus* species (Rhamnaceae): Localization, composition and physiological roles during drought-stress. *Journal of Experimental Botany*, 53(366), 131–138.
- Clarke, A. E., Andreson, R. L., & Stone, B. A. (1979). Form and function of arabinogalactans and arabinogalactan-proteins. *Journal of Phytochemistry*, 18(4), 521–540.
- N.S. Bhunvara, M.L. Khorana, Studies on suspending properties of *Hyprophilaspinosa*, *Indian Drugs* 22 (1985) 500–502.
- G.T. Kulkarni, K. Gowthamarajan, R.R. Dhobe, F. Yohanan, B. Suresh, Development of controlled release spheroids using natural polysaccharides release modifier, *Drug Deliv.* 12 (2005) 201–206.
- Ibáñez, M.C., Ferrero, C. (2003). Extraction and characterization of the hydrocolloid from *Prosopis flexuosa* DC seeds. *Food Research International* 36, 455-460.
- Glicksman, M. (1982). *Food Hydrocolloids*. New York: Boca Raton: CRC Press. Vol. 1, 219 p.
- Glicksman M. Gum arabic (Gum acacia). In: Glicksman M. (Ed.), *Food Hydrocolloids*, v.2. CRC Press, Boca Raton (1983)
- Cui, W. (2001). *Polysaccharide Gums from Agricultural Products*, Technomic Pub., Lancaster
- Zhang, L.M, Kong, T. y Hui, P.S. (2007). Semi-dilute solutions of hydroxypropyl guar gum: Viscosity behaviour and thixotropic properties. *J. Sci. Food Agr.* 87, 684-688
- Williams, P.A. y Phillips, G.O. (2000). Introduction to food hydrocolloids. En Phillips, G.O., Williams, P.A. (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids*, (pp. 1-67) Woodhead Pub., Cambridge
- Williams, P.A., Phillips, G.O., Stephen, A.M. y Churms, S.C. (2006). Gums and mucilages. En Stephen, A.M., Phillips, G.O., Williams, P.A. (Eds.), *Food Polysaccharides and Their Applications*, (pp. 476-525) CRC, Boca Raton

- Dea, I.C.M. y Morrison, A. (1975). Chemistry and interactions of seed galactomannans. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.*, 31, 241-312
- Estevez A., Saenz C., Hurtado M., Escobar B., Espinoza S., Suarez C. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84(12): 1487- 1492, 2004
- Da Silva, J.A.L., Gonçalves, M.P. y Rao, M.A. (1992). Rheological properties of high-methoxyl pectin and locust bean gum solutions in steady shear. *J. Food Sci.*, 57, 443-448
- Da Silva, J.A.L., Gonçalves, M.P. y Rao, M.A. (1993). Viscoelastic behavior of mixtures of locust vean gum and pectin dispersion. *J. Food Eng.*, 18, 211-228
- Olson, M.E., Carlquist, S., 2001. Stem and root anatomical correlations with life form diversity, ecology, and systematics in *Moringa* (Moringaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 135, 315–348.
- Ramachandran, C., Peter, K.V., Gopalakrishnana, P.K., 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. *Econ. Bot.* 34, 276–283.
- Somali, M.A., Bajneid, A., Fhainian, S.S., 1984. Chemical composition and characteristic of *Moringa peregrina* seeds and seed oil. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 16, 85.
- Kleiman, R., Ashley, D.A., Brown, J.H., 2008. Comparison of two seed oils used in cosmetics, *Moringa* and *Marula*. *Ind. Crop. Prod.* 28, 361–364.
- Sengupta, A., Gupta, M.P., 1970. Studies on the seed fat composition of Moringaceae family. *Fett. Wiss. Technol.* 72, 6–10.
- Rashid, U., Anwar, F., Moser, B.R., Knothe, G., 2008. *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. *Bioresour. Technol.* 99, 8175–8179.
- Jahn, S.A.A., Mussad, H.A., Burgstaller, H., 1986. The tree that purifies water: cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan. *Unasylyva* 152, 23–28.
- Sabale, V., Patel, V., Paranjape, A., Arya, C., Sakarkar, S.N., 2008. *Moringa oleifera* (Drumstick): an overview. *Pharmacog. Rev.* 2, 7–13.
- Cohen-Zinder, M., Leibovich, H., Vaknin, Y., Sagi, G., Shabtay, A., Ben-Meir, Y., Nikbachat, M., Portnik, Y., Yishay, M., Miron, J., 2016. Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of *Moringa oleifera*, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 211, 75–83.
- Caceres, A., Cabrera, O., Morales, O., Mollinedo, P., Mendia, P., 1991. Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. 1: preliminary screening for antimicrobial activity. *J. Ethnopharmacol.* 33, 213–216.
- Holst, S., 2000. *Moringa: Nature's Medicine Cabinet*, vol. 14622 Sierra Sunrise Books, Sherman Oaks, CA.
- Emmanuel, S.A., Zaku, S.G., Adedirin, S.O., Tafida, M., Thomas, S.A., 2011. *Moringa oleifera* seed-cake, alternative biodegradable and biocompatibility organic fertilizer for modern farming. *Agric. Biol. J. N. Am.* 2, 1289–1292.
- Fahey, J. W. (2005). *Moringa oleifera*: A review of medical evidence for its nutritional, therapeutic and prophylactic properties, part 1. *Trees for Life Journal*, 1–5.
- Fuglie, L. J. (1999). *The miracle tree: Moringa oleifera, natural nutrition for the tropics*. 1999. New York: Church World Service.

- Saini, R. K., Manoj, P., Shetty, N. P., Srinivasan, K., & Giridhar, P. (2014). Dietary iron supplements and Moringa oleifera leaves influence the liver hepcidin messenger RNA expression and biochemical indices of iron status in rats. *Nutrition Research*, 34(7), 630–638.
- Saini, R. K., Sivanesan, I., & Keum, Y. S. (2016). Phytochemicals of Moringa oleifera: A review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3 Biotech*, 6(2), 203. <http://dx.doi.org/10.1007/s13205-016-0526-3>.
- Gopalakrishnan, L., Doriya, K., & Kumar, D. S. (2016). Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 49–56.
- Rockwood, J. L., Anderson, B. G., & Casamatta, D. A. (2013). Potential uses of Moringa oleifera and an examination of antibiotic efficacy conferred by M. oleifera seed and leaf extracts using crude extraction techniques available to underserved indigenous populations. *International Journal of Phototherapy Research*, 3(2), 61.
- Duke, J. A. (2001). Moringa oleifera Lam. (Moringaceae). In J. A. Duke (Ed.). *Handbook of nuts* (pp. 214–217). Boca Raton: CRC Press.
- Arise, A.K., Arise, R.O., Sanusi¹, MO., Esan¹, OT., Oyeyinka, SA., 2014. Effect of Moringa oleifera flower fortification on the nutritional quality and sensory properties of weaning food. *Croat. J. Food Sci. Technol.* 6 (2), 65–71.
- Ogunsina, B., Radha, C., & Indrani, D. (2010). Quality characteristics of bread and cookies enriched with debittered Moringa oleifera seed flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62, 185–194.
- Oyeyinka, A. T., & Oyeyinka, S. A. (2016). Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.02.002>.
- Zaku, S. G., Emmanuel, S., Tukur, A. A., & Kabir, A. (2015). Moringa oleifera: An underutilized tree in Nigeria with amazing versatility: A review. *African Journal of Food Science*, 9, 456–461.
- Samson Zeray Tesfay, Lembe Samukelo Magwaza, Nokwazi Mbili, Asanda Mditshwa. (2017). Carboxyl methylcellulose (CMC) containing moringa plant extracts as new postharvest organic edible coating for Avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. *Scientia Horticulturae* 226 (2017) 201–207.
- V.C. Pandey, A. Kumar, *Genet. Resour. Crop Evol.* 60 (2013) 1165–1171.
- S. Rastogi, U.N. Dwivedi, Regeneration and transformation of tree legumes with special reference to *Leucaena* species, in: P.K. Jaiwal, R.P. Singh (Eds.), *Focus on Biotechnology: Applied Genetics of Leguminosae Biotechnology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2003, pp. 329–359.
- A.R. Chowdhury, R. Banerji, G. Misra, S.K. Nigam, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 61(1984) 1023–1024.
- H.P. Ramesh, K. Yamaki, T. Tsushida, *Carbohydr. Polym.* 50 (2002) 79–83.
- D. Syamsudin, R. Summary, P. Simanjuntak, *Eur. J. Sci. Res.* 43 (2010) 384–391.
- M.S. Buckeridge, S.M.C. Dietrich, D.U. Lima, Galactomannans as the reserve carbohydrate in legume seeds, in: A.K. Gupta, N. Kaur (Eds.), *Carbohydrate Reserves*

in Plants-synthesis and Regulation, Elsevier, Netherlands, 2000, pp.283–316.

Kailash T., Vandana S., Gupta P. Carbohydrate Polymers 59(3): 393- 396, 2005

Y.L. López-Franco, C.I. Cervantes-Montano, K.G. Martínez-Robinson, J.Lizardi-Mendoza, L.E. Robles-Ozuna, Food Hydrocolloids 30 (2013) 656–660

Neeraj Mittal, Pooja Mattu, Gurpreet Kaur. (2016). Extraction and derivatization of *Leucaena leucocephala* (Lam.) galactomannan: Optimization and characterization. International Journal of Biological Macromolecules 92 (2016) 831–841

Cruz Alcedo, G. E. (1999). Production and characterization of prosopis seed galactomannan, a research dissertation.

Cruz, G. 1999. Characterization and new food products from algarroba pods (*Prosopis pallida* and *Prosopis juliflora*). Tesis doctoral. Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich, 1999. 118 pp.

Ibáñez, M.C. & C. Ferrero. 2003. Extraction and characterization of the hydrocolloid from *Prosopis flexuosa* DC seeds. Food Research International 36(5): 455-460.

Andrade-Montemayor, H.M., F.S. Alegría-Ríos, M. Pacheco-López, J.H. Aguilar-Borjas, J.L.O. Villegas-Díaz, R. Basurto-Gutiérrez, H. Jiménez-Severiano & H.R. Vera-Ávila. 2009. Effect of dry roasting on composition, digestibility and degradability of fiber fractions of mesquite pods (*Prosopis laevigata*) as feed supplement in goats. Tropical and Subtropical

Galán, A.G., A.D. Correa & M.D. Barcelos. 2008. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis*

spp. procedente de Bolivia y Brasil. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 58 (3): 309.

Bernardi, C., S. Drago, N. Sabbag, H. Sánchez & M. Freyre. 2006. Formulation and sensory evaluation of *Prosopis alba* (algarrobo) pulp cookies with increased iron and calcium dialyzabilities. Plant Foods for Human Nutrition 61(1): 37-42.

Prokopiuk, D., G. Cruz, N. Grados, O. Garro & A. Chiralt. 2000. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. Multequina 9(1): 35- 45.

Felker, P., N. Grados, G. Cruz & D. Prokopiuk. 2003. Economic assessment of production of flour from *Prosopis alba* and *P. pallida* pods for human applications. J. Arid Environ. 53: 517-528.

Bravo, L., N. Grados & F. Sauracalixto, 1998. Characterization of Syrups and Dietary Fiber Obtained from Mesquite Pods (*Prosopis pallida* L). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 1727-1733.

Boeri, Patricia; Lucrecia Piñuel; Sandra Sharry; Daniel Barrio. (2017). Caracterización nutricional de la harina integral de algarroba (*Prosopis alata*) de la norpatagonia Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata (2017) Vol. 116 (1): 129-140

Holdridge, L.R., Poveda, L.J., & Jiménez, Q. (1997). Arboles de costa rica. Costa Rica: Centro Científico Tropical

Camacho, M.P. (1981). Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. Costa Rica: Cartago, ITCR/MAG.

J. Jiménez-Hernández, F. Meneses-Esparza, J. Rosendo-Escobar, M. A. Vivar-Vera, L. A. Bello-Pérez & F. J. García-Suárez (2011). Extraction and characterization of starch from *Enterolobium cyclocarpum* seeds. CyTA - Journal of

Food, 9:2, 89-95.
<https://doi.org/10.1080/19476331003743626>.

Distancia-Carbajal, O. 2008. Evaluación del crecimiento de una plantación experimental de 1992 al 2005 de *Cadrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Tubebuia rosea* en la costa de Jalisco. Universidad de Guadalajara. División de Ciencias Biológicas. 92 pp.

Álvarez-Morales, G., Melgarejo-Velásquez, L., & Castañeda-Nieto, Y. (2003). Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y gallinaza. *Veterinaria México*, 34(1), 39–46.

González C, 1984. Especies vegetales de importancia económica en México. Ed Porrúa. Pág. 13-305. México D.F.

Vásquez-Yañez, C. y Pérez, G. 1977. Notes on the morphology seed, anatomy and physiology of the sedes of *Enterolobium cyclocarpum*. *Turrialba*. 27: 27-430.

Olvera-Novoa, M.A., Martínez-Palacios, C.A., & Real-de León, E. (1993). Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. México: FAO.

Serratos-Arévalo, J.C., Carreón-Amaya, J., Castañeda-Vázquez, H., Garzón-De la Mora, P., & García-Estrada, J. (2008). Composición químico nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota. *Interciencia*, 33(11), 850–854.

Guizar-Miranda, A., Montañez-Soto, J.L., & García-Ruiz, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp). *Rev. Iberoamericana de Tecnología. Postcosecha*, 9(1), 81–88.

Henríquez, C., Escobar, B., Figuerola, F., Chiffelle, I., Speisky, H., & Estévez, A.M. (2008). Characterization of pinón seed (*Araucaria araucana* (Mol) K. Koch) and the isolated starch from the seed. *Food Chemistry*, 107(2), 592–601.

Espinosa-Solis, V., Jane, J.L., & Bello-Perez, L.A. (2009). Physicochemical characteristics of starches from unripe fruits of mango and banana. *Starch/Starke*, 61, 291–299.

Jiménez-Hernández, J., Salazar-Montoya, J.A., & Ramos-Ramírez, E.G. (2007). Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. *Carbohydrate Polymers*, 68(4), 679–686.

Serratos-Arévalo, J.C., Carreón-Amaya, J., Castañeda-Vázquez, H., Garzón-De la Mora, P., & García-Estrada, J. (2008). Composición químico nutricional y de factores anti nutricionales en semillas de parota. *Interciencia*, 33(11), 850–854.