



## Caracterización química y reológica del hidrocoloide de *Senna birostris*

### Chemical and rheological characterization of *Senna birostris* hydrocolloid

Roberto Chuquilín-Goicochea<sup>1,\*</sup>; Fredy Ccente-Lulo<sup>1</sup>; Pedro Arteaga-Llacza<sup>1</sup>; Fredy Huayta<sup>2</sup>; Henry Alcibiades Obregón Tinoco<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Huancavelica. Av. Evitamiento Este S/N, Acobamba, Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio de Procesos Industriales, Pontificia Universidad Católica del Perú. Av. Universitaria 1801, San Miguel 15088, Lima, Perú.

\*Autor correspondiente: [roberto.chuquilin@unh.edu.pe](mailto:roberto.chuquilin@unh.edu.pe) (R. Chuquilín-Goicochea).


ID ORCID de los autores

R. Chuquilín-Goicochea:  <https://orcid.org/0000-0002-8751-691X>

F. Ccente-Lulo:  <http://orcid.org/0000-0002-0179-264X>

P. Arteaga-Llacza:  <https://orcid.org/0000-0001-9462-7370>

F. Huayta:  <https://orcid.org/0000-0002-3732-731X>

H. A. Obregón-Tinoco:  <https://orcid.org/0000-0001-8078-130X>

#### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue la caracterización reológica y química del hidrocoloide *Senna birostris* del distrito de Acobamba, Huancavelica. El hidrocoloide se extrajo por el método de tostado (90 °C y 15 min) y molienda. La composición química proximal exhibió un contenido de 10,37 g de humedad, 1,96 g de ceniza, 6,61 g de grasa, 9,31 g de proteína, 2,15 g de fibra, 69,60 g de carbohidratos y 357,75 kcal, por 100 g de hidrocoloide. La caracterización reológica del hidrocoloide se realizó con tres concentraciones (1, 2 y 3%). Se utilizó un reómetro Haake modelo Viscotester iQ, Thermo Scientific, con geometría Mooney – Ewart. Se estableció un tipo de flujo de dilatación ( $n > 1$ ) y un coeficiente de consistencia ( $K_{ow}$ ) de  $2,9778 \times 10^{-4}$  y  $1,4491 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ , para 2% y 3%, respectivamente, a 25 °C. El modelo de Arrhenius se ajustó a los datos experimentales de 25 a 65 °C, con un esfuerzo cortante constante de  $70 \text{ s}^{-1}$ . La energía de activación fue 42353,92, 2429,74 y 4372,66  $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$ , para 1%, 2% y 3%, respectivamente. Estos resultados son prometedores para la aplicación de este hidrocoloide en la industria farmacéutica y la agroindustria.

**Palabras clave:** Goma; mutuy; viscosidad; Ostwald-de-Waele; Arrhenius.

#### ABSTRACT

The objective of this investigation was the rheological and chemical characterization of the *Senna birostris* hydrocolloid from the Acobamba district, Huancavelica. The hydrocolloid was extracted by the roasting method (90 °C and 15 min) and grinding. The proximal chemical composition exhibited a content of 10.37 g of moisture, 1.96 g of ash, 6.61 g of fat, 9.31 g of protein, 2.15 g of fiber, 69.60 g of carbohydrates and 357.75 kcal, per 100 g of hydrocolloid. The rheological characterization of the hydrocolloid was done with three concentrations (1, 2 and 3%). It was used a Haake rheometer model Viscotester iQ, Thermo Scientific, with Mooney – Ewart geometry. A type of dilating flow ( $n > 1$ ) and a consistency coefficient ( $K_{ow}$ ) of  $2.9778 \times 10^{-4}$  and  $1.4491 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$  were established, for 2% and 3%, respectively, at 25 °C. The Arrhenius model was adjusted to experimental data in a temperature range of 25 to 65 °C, at a constant shear stress of  $70 \text{ s}^{-1}$ . The activation energy was 42353.92, 2429.74 and 4372.66  $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$ , for 1%, 2% and 3%, respectively. These results are promising for the application of this hydrocolloid in the pharmaceutical industry and agroindustry.

**Keywords:** Gum; mutuy; viscosity; Ostwald-de-Waele; Arrhenius.

Recibido: 18-02-2021.

Aceptado: 21-04-2021.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

*Senna birostris* es un arbusto silvestre de la sierra huancavelicana, conocido coloquialmente como “mutuy”, que se encuentra en diversos pisos altitudinales, es muy rústico y tiene un fruto tipo vaina que posee semillas con un alto contenido de hidrocoloide, con características hasta ahora desconocidas. *Senna* es un género cosmopolita, con aproximadamente 260 especies, la mayoría en América (4/5 partes), otras en África tropical, Madagascar, sur de Asia y Australia, muchas de ellas crecen cerca de los trópicos, pero ocupan también regiones cálidas, excepcionalmente habitan zonas frías, algunas por su excelente floración son cultivadas como ornamentales (Bianco & Kraus, 1997).

En la región Ayacucho, Perú, se ha estudiado dos especies de mutuy *Senna alata* y *Senna birostris*, por su contenido de antraquinona, en hojas y flores; un metabolito secundario que se utiliza en la producción de medicamentos para el tratamiento de gingivitis, estomatitis, úlceras bucales, inflamación de la mucosa y condiciones periodontal. El análisis HPLC de 1,8 - dihidroxiantraquinona, mostró que *S. alata*, en flores y hojas contiene 11,236 y 57,559 µg/g, respectivamente; y *S. birostris*, 20,574 y 2,222 µg/g, respectivamente (Campos Arcce, 2016).

Los científicos están prestando especial atención a la caracterización de polisacáridos nuevos y sobre todo naturales, debido a su amplia gama de aplicaciones, especialmente en alimentos y produc-

tos farmacéuticos, y en adición son naturales, biodegradables, biocompatibles y ecológicos (Abbasi, 2017). Las gomas e hidrocoloideos son una categoría única de aditivos alimentarios. Estos proporcionan muchas propiedades funcionales deseables y características importantes en los alimentos, estas propiedades incluyen texturas suaves, características reológicas consistentes, estabilidad del producto terminado y posiblemente reducción calórica y modulación de la microflora intestinal (Clemens & Pressman, 2017). Las propiedades reológicas de los hidrocoloideos son importantes para comprender su estructura y funcionalidades potenciales en una amplia gama de aplicaciones (Alghooneh *et al.*, 2017, 2018). La composición química del hidrocoloide es de suma importancia porque una mayor proporción de carbohidratos (polisacárido) influye en el comportamiento de flujo de las soluciones donde participa (Razavi & Naji-Tabasi, 2017). La caracterización reológica del hidrocoloide depende de la concentración, temperatura, dispersión, disolución, electrolitos, tratamiento mecánico y estructura que influyen en las condiciones del proceso alimentario (Koocheki, Taherian, Razavi, & Bostan, 2009). Debido al alto contenido de hidrocoloide y a la gran adaptabilidad de *Senna birostris*, se decidió caracterizarlo y así poderlo presentar a la comunidad científica como una nueva fuente de hidrocoloide.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Extracción del hidrocoloide

La materia prima utilizada fue la vaina de *Senna birostris*, madura y seca, recolectada de arbustos del distrito y provincia de Acobamba, Huancavelica. La vaina se desgranó manualmente, posteriormente se tostaron las semillas a 90 °C por 15 minutos, usando una cocina eléctrica marca Practika modelo Fornax 1, en nivel 5 y una sartén de aluminio marca Facusa de 32,5 cm de diámetro, agitándose suavemente con un cucharón de madera y luego se molieron con el objeto de partirlas en ½ a ¼ de su tamaño normal, con un molino manual de hierro marca Corona, para permitir la separación de: el hidrocoloide, la proteína y la cáscara. El hidrocoloide ya separado se secó hasta peso constante a 40 °C para evitar la degradación, en un horno de secado marca Binder modelo ED 23 y luego en un molino de granos Bosch modelo TSM6A013B de 17 cm y 180 W (Eslovenia), se pulverizó. Se almacenó en un envase trilingado sellado, para su posterior análisis.

### Caracterización química

Se determinó humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra (AOAC, 2012) y carbohidratos (INS, 2009).

### Caracterización reológica

Se utilizó un Reómetro Haake Viscotester iQ (marca Thermo Scientific). Se prepararon soluciones de hidrocoloide con agua a 90 °C, con la finalidad que se solubilizara, a una concentración de 1%, 2% y 3%.

Se usó la geometría Mooney-Ewart. Se programó una velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ) de 10 a 100 s<sup>-1</sup> y una temperatura constante de 25 °C. Para evaluar el efecto de la temperatura se programó un rango de temperatura de 25 a 65 °C, y una velocidad de corte de 70 s<sup>-1</sup>. La data fue analizada con el modelo de Ostwald-de-Waele (1) para determinar su índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) y el coeficiente de consistencia (KOW). El modelo de Arrhenius (2) fue usado para analizar el efecto de la temperatura (Rao, 2014).

$$\tau = K_{OW} \cdot \dot{\gamma}^n \dots (1)$$

$$\eta_a = \eta_{aA} \cdot \exp\left(\frac{E_a}{R \cdot T}\right) \dots (2)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química proximal del hidrocoloide de *Senna birostris* (Tabla 1) muestra valores mayores en humedad (10,37%), grasa (6,61%), proteína (9,31%) y fibra (2,15%), que los reportados por Sanabria Pérez (2011) para

hidrocoloide de tara obtenido por método de tostado y molienda. Por otro lado, se presentan valores menores en ceniza (1,96%) y carbohidratos (69,60%), comparados con los de Sanabria Pérez (Sanabria Pérez, 2011); el alto contenido de

carbohidratos hace que, el hidrocoloide de tara sea un producto hidrofílico por naturaleza (Sanabria Pérez, 2011).

El contenido de carbohidratos en el hidrocoloide (69,60%) es menor que, los hidrocoloides de interés comercial, como goma guar (82,2%) y goma de algarrobo (80,5 %) (Siccha Macassi & Lock de Ugaz, 1994); y el contenido de humedad (10,37 %) es similar al de la goma guar (10,0 %) (Siccha Macassi & Lock de Ugaz, 1994).

Los valores obtenidos, pueden atribuirse a la naturaleza de la formación de los polisacáridos, entre ellos como la procedencia de la especie, calidad del suelo, madurez de la semilla (Buckeridge *et al.*, 2000), y también debido al tratamiento de extracción del hidrocoloide (Sanabria Pérez, 2011).

Al realizar la comparación del hidrocoloide de *Senna birostris*, en cuanto a contenido en grasa, proteína y fibra, es superior al contenido en goma de tara, guar y algarrobo; el contenido de proteína elevado es un indicador de su baja pureza (Thompson Vicente, 2020).

Aunque hay otros métodos de extracción de hidrocoloide, que pueden afectar en menor proporción su composición química, se debe tener en cuenta que el agua empleada en la extracción, aumenta los costos de operación (Farahnaky *et al.*, 2019).

Esto hace necesario, un estudio futuro de la composición molecular el hidrocoloide con técnicas instrumentales, como: Resonancia magnética nuclear espectroscópica, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, entre otros (Hellebois *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2020), que permita determinar si es un galactomanano, por ejemplo.

**Tabla 1**

Composición química proximal del hidrocoloide

Componentes	SB	T*	G**	AL**
Humedad (g)	10,37	13,76	10,0	12,0
Ceniza (g)	1,96	0,53	0,8	1,0
Grasa (g)	6,61	0,48	0,5	0,5
Proteína (g)	9,31	2,50	5,0	5,0
Fibra (g)	2,15	0,86	1,50	1,0
Carbohidratos (g)	69,60	81,87	82,2	80,5
Energía total (kcal)	357,75	-	-	-

SB: *Senna birostris*, T: tara, G: goma guar, AL: algarrobo

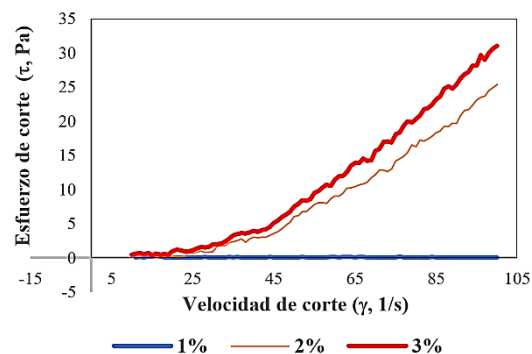
\*Sanabria Pérez (2011)

\*\*Siccha Macassi & Lock de Ugaz (1994)

El perfil obtenido para una concentración de 1% no presenta una tendencia definida (Figura 1); por otro lado, se muestra una tendencia definida y un perfil cóncavo para la concentración de 2% y 3% (Figura 1), incluso se observa que, tienen un R<sup>2</sup> elevado; estos dos últimos se ajustan al modelo de Ostwald-de-Waele (Rao, 2014) como se verá en los siguientes resultados.

Se observa que, a 1% (Figura 2) hay una primera etapa de 0 a 40 s<sup>-1</sup>, con viscosidad aparente variable y sin tendencia definida; y una segunda etapa de 40 a 100 s<sup>-1</sup> donde la viscosidad aparente varía entre 0 y 0,002 Pa.s. A 2% y 3% (Figura 2), la primera etapa se da entre 10 a 20 s<sup>-1</sup>, en la cual la viscosidad aparente es variable, y en la segunda etapa de 20 a 100 s<sup>-1</sup> presenta una tendencia muy similar a la ley

de potencia (Rao, 2014). Para estos casos, se identifican tres regiones separadas (Rao, 2014), mas no hubo tercera región, posiblemente porque se usaron velocidades menores a 100 s<sup>-1</sup>.

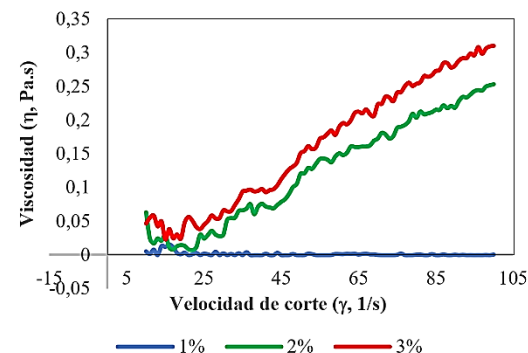


**Figura 1.** Gráfica de Esfuerzo de corte ( $\tau$ ) versus Velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ), a 25 °C, para tres concentraciones de hidrocoloide de *Senna birostris*.

**Tabla 2**

Ecuaciones de las curvas Esfuerzo de corte ( $\tau$ ) versus Velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ), a 25 °C, para tres concentraciones de hidrocoloide de *Senna birostris*

Concentración de hidrocoloide	Ecuación lineal	R <sup>2</sup>
1 %	$y = 0,3576 X - 8,26$	95,11 %
2 %	$y = 0,2885 X - 6,93$	94,76 %
3 %	$y = -0,0006 X - 0,08$	7,44 %



**Figura 2.** Gráfica de Viscosidad aparente ( $\eta$ ) versus Velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ), a 25 °C, para tres concentraciones de hidrocoloide de *Senna birostris*.

**Tabla 3**

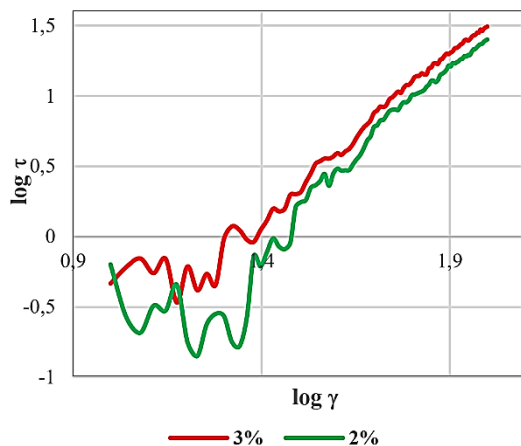
Ecuaciones de las curvas Viscosidad aparente ( $\eta$ ) versus Velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ), a 25 °C, para tres concentraciones de hidrocoloide de *Senna birostris*

Concentración de hidrocoloide	Ecuación lineal	R <sup>2</sup>
1 %	$y = -5 \times 10^{-5} X - 0,0043$	23,44 %
2 %	$y = 0,0029 X - 0,0355$	97,32 %
3 %	$y = 0,0035 X - 0,0275$	97,96 %

**Tabla 4**

Ecuaciones de las curvas Viscosidad aparente ( $\eta$ ) versus Velocidad de corte ( $\dot{\gamma}$ ), a 25 °C, para tres concentraciones de hidrocoloide de *Senna birostris*

Concentración de hidrocoloide	Ecuación lineal	R <sup>2</sup>
1 %	$y = 0,2967 X - 2,8541$	0,12 %
2 %	$y = 2,4815 X - 3,5261$	93,95 %
3 %	$y = 2,1684 X - 2,8389$	97,19 %



**Figura 3.** Gráfica log - log de esfuerzo de corte ( $\log \tau$ ) versus velocidad de corte ( $\log \dot{\gamma}$ ), a 25 °C, para tres concentraciones de hidrocoloide de *Senna birostris*.

La gráfica log - log aplicado al modelo Ostwald-de-Waele (Figura 3) muestra que, para una concentración de 1% (Figura 3) no existe correlación ( $R^2 = 0,12\%$ ): Para una concentración de 2% y 3% (Figura 3) de hidrocoloide, los datos se ajustan muy bien al modelo ( $R^2 = 93,95\%$  y  $97,19\%$ , respectivamente). Se empleó la ecuación de la ley de potencia de Ostwald-de-Waele porque es un modelo muy útil y simple para estudiar el comportamiento de reológico (Figura & Teixeira, 2007).

La viscosidad es producto de la interacción de las moléculas del material en estudio, y a nivel termodinámico la temperatura influye en esta interacción, por lo tanto, la viscosidad se verá influenciada por la temperatura (Busch *et al.*, 2018).

## CONCLUSIONES

La composición química del hidrocoloide de semilla de *Senna birostris* indica que, es necesario aplicar métodos innovadores que incrementen su pureza, lo que necesariamente modificaría su comportamiento reológico. Es necesario caracterizar el hidrocoloide a nivel molecular usando técnicas instrumentales avanzadas, que permitan dar una base teórica firme a su comportamiento (Li *et al.*, 2020). La data ha mostrado un comportamiento de flujo dilatante, dentro de los rangos de velocidad de corte y concentración estudiados; y se ajustó al modelo de

Muchos autores, han demostrado que, el modelo de Arrhenius explica el efecto de la temperatura en la viscosidad (Abbastabar *et al.*, 2015; Figura & Teixeira, 2007; C. Silva *et al.*, 2017), y es útil para predecir el comportamiento reológico dentro de un rango de temperaturas definido, a una velocidad de corte constante. En este caso, se trabajó en un rango de 25 a 65 °C, y una velocidad de corte constante de 70  $s^{-1}$ .

El modelo de Arrhenius se grafica para los tres casos (Figura 4), y se aprecia un descenso de la viscosidad con el aumento de la temperatura, en un rango que va de 25 °C a 65 °C. A alta temperatura, la energía de activación se proporciona a las moléculas; y estas se mueven libremente y el fluido fluye simplemente (Abbastabar *et al.*, 2015). El modelo ajustó los datos con  $R^2$  de 88,33%, 85,61 % y 89,33%, para las concentraciones 1%, 2% y 3%, respectivamente, lo que confirma que, este modelo es valioso.

Un caso similar a esta investigación se presentó, en el muclago de la semilla de *Alyssum homolocarpum*, en el que, a menor concentración, mayor era la energía de activación (Koocheki *et al.*, 2009). Para el sistema de goma guar, a partir de datos experimentales en el rango de temperatura de 25 a 65 °C, se obtuvo un ajuste exponencial y un valor estimado de la energía de activación de 26,5  $kJ.mol^{-1}$  (Silva *et al.*, 2017). Finalmente, según lo informado por Marcotte, Taherian, & Ramaswamy (Marcotte *et al.*, 2001), en general, en relación con la temperatura, la viscosidad aparente de gomas comerciales como: carragenina, xantana, pectina y almidón, siguieron el modelo de Arrhenius.

Arrhenius en el rango de temperatura estudiado. El hidrocoloide ha mostrado su potencial aplicación en la industria farmacéutica, como en la utilización de sistemas de administración basados en hidrocoloides para encapsular, proteger y controlar la liberación de compuestos activos, como carotenoides, curcumina, sabores y lípidos omega-3 (Zou *et al.*, 2021) y agroindustria, como espesante, gelificante, estabilizante, y como ingredientes funcionales para modular el destino gastrointestinal de los alimentos (McClements, 2021).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Procesos Industriales de la Pontificia Universidad Católica

del Perú, por el apoyo con los instrumentos de obtención de datos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbasi, S. (2017). Challenges towards characterization and applications of a novel hydrocolloid: Persian gum. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 28, 37-45.

Abbastabar, B., Azizi, M. H., Adnani, A., & Abbasi, S. (2015).

Determining and modeling rheological characteristics of quince seed gum. *Food Hydrocolloids*, 43, 259-264.

Alghooneh, A., Razavi, S. M. A., & Behrouzian, F. (2017). Rheological characterization of hydrocolloids interaction: A

- case study on sage seed gum-xanthan blends. *Food Hydrocolloids*, 66, 206–215.
- Alghooneh, A., Razavi, S. M. A., & Kasapis, S. (2018). Hydrocolloid clustering based on their rheological properties. *Journal of Texture Studies*, 49(6), 619–638.
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis* (Association of Official Analytical Chemists (ed.); Décima nov).
- Bianco, C., & Kraus, T. (1997). Observaciones sobre las especies de Senna (Leguminosae-Casealpinioideae) del sur de la provincia de Córdoba. *Multequina*, 6, 33–47.
- Buckeridge, M. S., Pessoa dos Santos, H., & Tiné, M. A. S. (2000). Mobilisation of storage cell wall polysaccharides in seeds. In *Plant Physiology and Biochemistry* (Vol. 38, Issues 1–2, pp. 141–156). ESME - Gauthier-Villars.
- Busch, V. M., Delgado, J. F., Santagapita, P. R., Wagner, J. R., & Buera, M. P. (2018). Rheological characterization of vinal gum, a galactomannan extracted from Prosopis ruscolifolia seeds. *Food Hydrocolloids*, 74, 333–341.
- Campos Arcce, R. (2016). *Contenido de antraquinonas en hojas y flores de Senna alata "mutuy" y Senna birostris "mutuy", Ayacucho 2016* [Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2776>
- Clemens, R. A., & Pressman, P. (2017). Food Gums: An Overview. *Nutrition Today*, 52(1), 41–43.
- da Silva, L. M., Araújo, L. F. S., Alvez, R. C., Ono, L., Sá, D. A. T., da Cunha, P. L. R., Monteiro de Paula, R. C., & Maciel, J. S. (2020). Promising alternative gum: Extraction, characterization, and oxidation of the galactomannan of Cassia fistula. *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 436–444.
- Farahnaky, A., Majzoobi, M., & Bakhshizadeh-Shirazi, S. (2019). Emerging Technologies for Isolation of Natural Hydrocolloids from Mucilaginous Seeds. *Emerging Natural Hydrocolloids: Rheology and Functions*, 451–472.
- Figura, L. O., & Teixeira, A. A. (2007). Food physics: Physical properties - Measurement and applications. In *Food Physics: Physical Properties - Measurement and Applications*. Springer Berlin Heidelberg.
- Hellebois, T., Soukoulis, C., Xu, X., Hausman, J. F., Shaplov, A., Taoukis, P. S., & Gaiani, C. (2021). Structure conformational and rheological characterisation of alfalfa seed (Medicago sativa L.) galactomannan. *Carbohydrate Polymers*, 256, 117394.
- INS. (2009). *Tabla peruanas de composición de alimentos*. <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla de Alimentos.pdf>
- Koocheki, A., Taherian, A. R., Razavi, S. M. A., & Bostan, A. (2009). Response surface methodology for optimization of extraction yield, viscosity, hue and emulsion stability of mucilage extracted from Lepidium perfoliatum seeds. *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2369–2379.
- Li, R., Tang, N., Jia, X., Nirasawa, S., Bian, X., Zhang, P., & Cheng, Y. (2020). Isolation, physical, structural characterization and in vitro prebiotic activity of a galactomannan extracted from endosperm splits of Chinese Sesbania cannabina seeds. *Intern. J. of Biological Macromolecules*, 162, 1217–1226.
- Marcotte, M., Hoshahili, A. R. T., & Ramaswamy, H. S. (2001). Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature. *Food Research International*, 34(8), 695–703.
- McClements, D. J. (2021). Food hydrocolloids: Application as functional ingredients to control lipid digestion and bioavailability. *Food Hydrocolloids*, 111, 106404.
- Rao, M. A. (2014). Rheology of food gum and starch dispersions. In *Food Engineering Series* (pp. 161–229). Springer.
- Razavi, S. M. A., & Naji-Tabasi, S. (2017). Rheology and Texture of Basil Seed Gum: A New Hydrocolloid Source. In *Advances in Food Rheology and Its Applications* (pp. 405–435). Elsevier.
- Sanabria Pérez, N. R. (2011). *Extracción de goma a partir de semillas de tara (Caesalpinia spinosa) y evaluación de sus propiedades reológicas* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1216>
- Siccha Macassi, A., & Lock de Ugaz, O. (1994). Hidrocoloides de tres especies de Caesalpinia: su análisis químico. *Revista de Química*, 8(2), 153–161.
- Silva, C., Torres, M. D., Chenlo, F., & Moreira, R. (2017). Rheology of aqueous mixtures of tragacanth and guar gums: Effects of temperature and polymer ratio. *Food Hydrocolloids*, 69, 293–300.
- Thompson Vicente, E. (2020). *Extracción y caracterización reológica y funcional del hidrocoloide de las semillas del chan (Hyptis suaveolens)* [Universidad de Costa Rica].
- Zou, L., Gao, H., Liu, W., & McClements, D. J. (2021). Hydrocolloids for the encapsulation and delivery of active compounds. In *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 157–194). Elsevier.