



Optimización de la extracción mecánica, comportamiento reológico y actividad antioxidante de hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris*

Optimization of mechanical extraction, rheological behavior and antioxidant activity of *Malva sylvestris* leaf hydrocolloids

Jorge Marino Domínguez-Castañeda; Gilbert Rodríguez-Paucar

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Av. Universitaria s/n. Nuevo Chimbote, Perú.

RESUMEN

Se optimizaron las condiciones de extracción mecánica de hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* y determinó el comportamiento reológico y actividad antioxidante. Las hojas fueron hidratadas en 15, 20 y 25 g de agua/g de hojas polvo, por 30, 60 y 90 min, luego solubilizadas por expresión mediante paletas a presión de 53 db y 424, 508 y 592 mov/min por 60, 120 y 180 s. La reología en soluciones al 0,7, 1,4 y 2,1% (p/v) a 20, 30 y 40 °C se efectuó con reómetro y la actividad antioxidante a 20, 40, 60 y 80 °C se realizó cuantificando polifenoles totales y captación de radicales libres con los métodos de Folin-Ciocalteu y DPPH respectivamente. Del estudio se concluye, que para obtener rendimiento máximo en la extracción de 19,21% (p/p), las condiciones óptimas se ajustaron a modelo de segundo orden con hidratación de 25 g de agua/g de hojas polvo por 30 min y solubilización a 592 mov/min por 180s. Los reogramas obedecieron al modelo de Ostwald, mostrando los hidrocoloides ser fluidos pseudoplásticos. Los polifenoles totales (mg AGE / 100 g muestra) de 20 a 80 °C, disminuyó de 131,17 a 78,87 y la captación de radicales libres DPPH (mM Trolox / g muestra) de 60 a 80 °C decreció de 0,422 a 0,298.

Palabras clave: extracción mecánica; hidrocoloide; reología; actividad antioxidante.

ABSTRACT

The mechanical extraction conditions of *Malva sylvestris* leaf hydrocolloids were optimised and the rheological behavior and antioxidant activity determined. The leaves were hydrated in 15, 20 and 25 g of water/g of powder leaves, per 30, 60 and 90 min, then solubilized by expression by 53 db and 424 pressure paddles; 508 and 592 mov/min by 60; 120 and 180 s. Rheology in solutions at 0.7, 1.4 and 2.1% (w/v) to 20, 30 and 40 °C was carried out with rheometer and antioxidant activity at 20, 40, 60 and 80 °C was carried out by quantifying total polyphenols and free radical uptake using Folin-Ciocalteu and DPPH methods respectively. The study concludes, that for maximum yield in extraction of 19.21% (w/w), the optimal conditions were adjusted to second order model with hydration of 25 g of water/g of powder leaves per 30 min and solubilization at 592 mov/min by 180 s. The rheograms obeyed the Ostwald model, showing the hydrocolloids to be pseudoplastic fluids. Total polyphenols (mg AGE / 100 g sample) from 20 to 80 °C, decreased from 131.17 to 78.87 and the uptake of free radicals DPPH (mM Trolox/g sample) from 60 to 80 °C decreased from 0.422 to 0.298.

Keywords: mechanical extraction; hydrocolloid; rheology; antioxidant activity.

1. Introducción

En la actualidad es de interés mundial la búsqueda de fuentes de alimentos y aditivos naturales que brinden bondades a favor de la salud, conocidos como funcionales. En este contexto, en la selva peruana, encontramos a la malva (*Malva sylvestris*), que la población, de sus hojas, mediante inmersión en agua temperada y estrujado manual, extraen hidrocoloides y las usan tradicionalmente en forma

de emoliente contra la inflamación renal, dolor de estómago, hinchazones y estreñimiento; propiedades, que le confiere un promisorio futuro en el campo de medicina natural (Gimeno, 2000), sin embargo, no se conoce con certeza, una metodología para extraer con altos rendimientos los hidrocoloides sin modificar sus propiedades, tanto reológicas como actividad antioxidante, y así, tengan mayor aplicación. Por ello, el tema de

hidrocoloides, sustancias conocidos como gomas, mucilagos o polisacáridos que son de alto peso molecular, de cadenas largas, lineales y ramificadas, con alto número de grupos hidroxilos, que les confieren tener alta afinidad y capacidad para retener moléculas de agua y producir partículas coloidales (Angiolini, 2013). Por sus propiedades funcionales como viscosidad, espesantes, gelificantes y estabilizantes, modifican la reología de sistemas alimentarios y otros, razón que son usados ampliamente en la industria alimentaria, cosmética y farmacia (Kaewmanee *et al.*, 2014).

Para la extracción, el método sólido-líquido es el más utilizado, implica separar uno o varios constituyentes solubles contenidos en un sólido inerte mediante solventes. En este proceso influyen factores como la relación materia prima-solvente, tiempo de maceración, tamaño de partículas, tipo de solvente, la temperatura y agitación (Ibarz y Barboza-Canovas, 2005). La etapa crítica es la solubilización del hidrocoloide, que se realiza mediante agitación mecánica y/o sonicación y es directamente proporcional al rendimiento del mucilago (Marín *et al.*, 2008). Con rendimiento de $8.377 \pm 0.38\%$, Samavati y Manoochehrizade, (2013), extrajeron hidrocoloides de hojas de Malva, bajo condiciones óptimas de $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, tiempo de extracción: 4 h, número de extracciones: 2 y la proporción de agua a materia prima: 21, los datos obtenidos fueron modelados a una ecuación polinómica de segundo orden. Asimismo, Hasanpour *et al.* (2018) determinaron que la goma de hoja de Malva, aislada mediante agua caliente, contenía $8,12 \pm 0,43\%$ de humedad, $77,04 \pm 0,83\%$ de carbohidratos, $8,56 \pm 0,62\%$ de proteínas y $2,49 \pm 0,3\%$ de cenizas, y los resultados reológicos fueron ajustados al modelo de la Ley de Potencia, los que concluyeron que la goma mostró mayor sensibilidad en su viscosidad con respecto a la temperatura y concentración. Referente a la actividad antioxidante, Nenen (2017) menciona que los polifenoles son el grupo predominante del contenido fitoquímico de la *Malva sylvestris*. Reza *et al.* (2012) determinaron que las hojas contenían de 6,9 – 12,73% de mucilago, de 11,82 a 15,11 mg Acido Gálico (GA)/g de muestra fresca y de 25,7 a 28,7 $\mu\text{mol Trolox/g}$ de muestra fresca. Asimismo, Dipak (2016) encontró que las hojas de *Malva sylvestris* entre otras sustancias contenía polifenoles con fuerte poder antioxidante. Por su parte, Boutennoun *et al.* (2019) demostraron que dichas hojas, tenían alta capacidad antioxidante debido a que pueden eliminar el 76,11% de los radicales libres de DPPH. Así, por lo general para extraer hidrocoloides se usan insumos químicos como solventes orgánicos,

ácidos y bases fuertes, con altos niveles de energía calorífica, razón que el presente estudio como nueva alternativa, planteó como objetivo, optimizar las condiciones de extracción de hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* por expresión mecánica mediante reducción del tamaño las partículas y rotura de las matrices celulares, así como determinar el comportamiento reológico y actividad antioxidante.

2. Material y métodos

El trabajo comprendió dos etapas, en la primera, se extrajo los hidrocoloides a partir de las hojas de *Malva sylvestris*, donde los datos experimentales tratados estadísticamente, permitieron optimizar las condiciones de hidratación y solubilidad para alcanzar un máximo de rendimiento, y en la segunda, se determinó el comportamiento reológico y actividad antioxidante en función de la variación del contenido de sólidos y temperatura de la dispersión de hidrocoloides.

2.1 Extracción de hidrocoloides

Se realizó modificando el método propuesto por Samavati y Manoochehrizade (2013), consistió en:

Recolección y lavado: Las hojas en muestras de 5 kg fueron recolectadas manualmente de plantas en floración en las tres primeras semanas de mayo del 2019, bajo condiciones ambientales de $29\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 98% de humedad relativa. De las plantas, ubicadas Neshuya, Ucayali, Perú, con criterio de homogeneidad de tamaño y color, se seleccionaron y en inmersión con agua potable fueron lavadas y caracterizadas física y morfológicamente.

Secado: Las hojas, se secaron en campo bajo sombra a temperatura de $27\text{ a }29\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa del 90% por 4 horas, hasta humedad del 18%, luego embaladas mediante papel aluminio y transportadas a laboratorio para ser deshidratadas mediante secador de bandejas a $50\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1\text{ m/s}$ de velocidad de aire por 5 horas, hasta alcanzar humedad de 6,5 – 7,0% (Otazu, 2010).

Molienda: Las hojas deshidratadas, fueron trituradas mediante molino ultra centrifugo a 9000 rpm hasta tamaño de partículas en el rango de 90 - 250 μm (Retsch, 1985). En esta etapa, el polvo fino fue caracterizado mediante análisis químico proximal.

Hidratación: Se hidrataron las hojas en polvo, en volúmenes de 200 ml, en inmersión en agua destilada a pH de 6,8, en proporciones de 15, 20 y 25 (g de agua / g de hojas) y homogenizados mediante agitación mecánica por 1 minuto, luego dispuestos en reposo por tiempos de 30, 60 y 90 min, para ser evaluada mediante la densidad.

Con Statgraphics Centurión y el método de Super-

ficie de Respuesta, se calcularon 27 ensayos de hidratación, teniendo el rendimiento como respuesta se aplicó la prueba F (ANAVA), con 95% de confiabilidad, dicho rendimiento (%p/p) se calculó con la relación entre g de hidrocoloide obtenido por g de hojas en polvo empleado. Finalmente se determinó el modelo matemático que predice los parámetros óptimos de hidratación.

Solubilización: Las hojas en polvo hidratadas, se solubilizaron por expresión mecánica mediante un homogenizador (Stomacher – 400) de palas a presión de 53 db, con 592 movimientos/min por 180 segundos, velocidad establecida mediante las gomas (g) extraídas a partir de la hidratación de 20 g. de agua/g. de hojas en polvo por 60 min y sometidos a presión mecánica de 53 db con 424, 508 y 592 movimientos/min por 60, 120 y 180 segundos (Retsch, 1985).

Centrifugación: Para separar los hidrocoloides en solución de los residuos sólidos insolubles, se centrifugó a 4000 rpm, 10 min y a 15 °C.

Concentración: Los hidrocoloides en solución dispuestos en 400 ml, mediante rotavapor (Modelo IKA HB 10) a -120 mBar y 60 °C, por 130 min, se concentraron hasta la mitad de su volumen.

Deshidratación: Los hidrocoloides en dispersiones concentradas fueron liofilizadas, bajo congelación a -40 °C por 5 h y luego secado a -5 °C x 18 h bajo presión de 0,014 mbar.

Trituración y envasado: Mediante mortero, se trituraron los hidrocoloides hasta tamaño de 2 mm de diámetro y envasados en bolsas de polietileno de alta densidad.

Almacenaje: El producto envasado fue almacenado en lugar oscuro a temperatura ambiente.

2.2 Comportamiento reológico

Se prepararon muestras de dispersiones homogéneas de hidrocoloides al 0,7; 1,4 y 2,1% (p/v) en 100 ml. Mediante el Software Rheo3000 del reómetro, se programaron rampas de ida y vuelta con 20 puntos, y velocidades de corte de 40 a 100 s⁻¹ a temperaturas de 20, 30 y 40 °C. Como resultados se obtuvo el esfuerzo de corte (σ) y las ecuaciones ajustadas a un modelo, conteniendo el índice de comportamiento de flujo (n) e índice consistencia (k).

2.3 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* L se realizó aplicando el método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracil), adaptado de la metodología original propuesto por Plank *et al.* (2012) y por cuantificación de Polifenoles Totales usando el método Folin-Ciocalteu, siguiendo el

procedimiento propuesto por Kurabachew *et al.* (2015). Con la finalidad de evaluar el efecto de la temperatura, los hidrocoloides fueron acondicionados por baño maría a 20, 40, 60 y 80 °C.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de hojas

Las plantas de *Malva* perteneciente al orden malvales, conforme afirma Gómez *et al.* (2015), se encontraron en los caminos y baldosas, sin manejo tecnificado, se recolectaron hojas de aquellas plantas en periodo de floración y que por efecto de factores ambientales conforme sustentan Sánchez *et al.* (2007), presentaron hojas pequeñas, medianas y grandes. De los tres tamaños, por contener más nutrientes (polisacáridos, proteínas y minerales) según afirma Garay (2017), se emplearon las hojas medianas (Tabla 1), con peso fresco promedio de 2,457 g y dimensiones que variaron de 112,8 a 150,14 mm.

Tabla 1
Caracterización de hojas de *Malva sylvestris*

Característica	pequeña	mediana	grande
Peso hoja (g)	1,215 ± 0,16	2,457 ± 0,24	3,116 ± 0,62
Dimensiones			
Longitudinal (mm)	97,15 ± 2,64	112,80 ± 3,11	117,67 ± 2,23
Transversal (mm)	145,14 ± 3,51	150,14 ± 3,72	155,33 ± 2,31
Diagonal (mm)	133,2 ± 2,84	144,75 ± 3,8	154,28 ± 3,52

3.2 Análisis químico proximal de hojas

Las hojas de *Malva sylvestris* en polvo según la Tabla 2, presentaron altos contenido de carbohidratos (60,52%), comparado con las proteínas (15,5%), grasas (2,20%) y cenizas (12,05%), estos valores expresados en base húmeda de las hojas en polvo, se diferencian a lo reportado por Reza *et al.* (2012), debido a que sus resultados corresponden a las hojas frescas y no en polvo, es decir, que el alto contenido de humedad (82,8 – 86,23%) y bajos contenidos de grasa (0,16 – 0,30%), fibra (2,9 – 5,0%), proteína (2,49 – 3,22%) y ceniza (0,16 – 0,30%), se debe principalmente al agua presente en las hojas frescas.

Tabla 2
Composición química proximal por 100 g de hojas en polvo

Característica	% bh	%bs
Humedad	9,73 ± 0,33	10,8 ± 0,24
Proteínas	15,50 ± 0,15	17,23 ± 0,12
Grasa	2,20 ± 0,08	2,440 ± 0,04
Cenizas	12,05 ± 0,43	13,33 ± 0,21
Carbohidratos	60,52 ± 0,45	67,04 ± 0,42

3.3 Hidratación de hidrocoloides

En sistemas sólido-líquido (coloidales), Ibarz y Barboza-Canovas (2005) afirman que la hidratación se produce por difusión del agua debido a la diferencia de concentración o presiones, fenómeno de transporte gobernado por la Ley de Fick, asimismo, los coloides poseen cargas eléctricas negativas que producen fuerzas de repulsión con otros coloides que se van acercando con la misma carga, a ello, se suma los puentes de hidrogeno y la electronegatividad que poseen las moléculas de agua, que le permiten fijarse a los coloides (Zeta-Meter, 2010), dando como resultado la hidratación. En las Figuras 1 y 2 se observa que en estado reposo o sin agitación, conforme sustenta Macías (2013), el agua se va fijando el agua en los espacios intra o intermoleculares (Capitani, 2013), sin dificultad alguna. A través de la densidad de la suspensión a los 30, 60 y 90 min, se observó que la densidad (g/ml) de la dispersión de 15 g agua/g de hojas, tuvo mayor variación ascendente, seguido la de 20 y 25 sin variación.

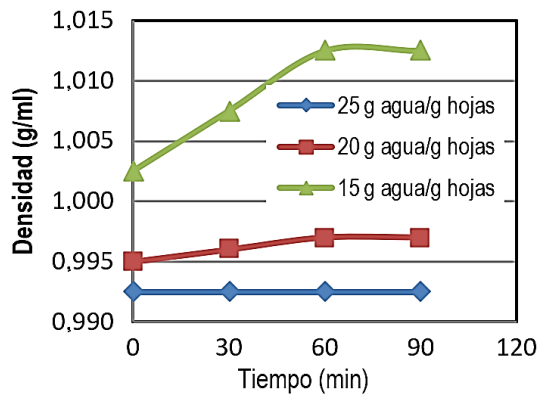


Figura 1. Densidad en la hidratación de hidrocoloides.

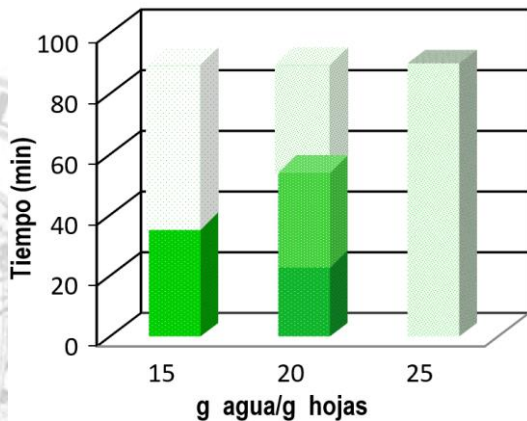


Figura 2. Fases durante la hidratación (solvente/soluto).

3.4 Solubilización de hidrocoloides

Los hidrocoloides naturales se encuentran como mezclas de polisacáridos en las diferentes estruc-

turas de las plantas (Marín et al., 2008). Para su separación luego de ser hidratados, la agitación mecánica es una de las técnicas más usadas. En el presente estudio, se aplicó la expresión mecánica recomendado por Retsch (1985), como nueva alternativa, consistente en ejercer presión (53 db) mediante paletas planas metálicas a las partículas hidratadas, para así, romper las matrices celulares (Marin et al., 2008). La Figura 3 muestra que a 592, 508 y 424 mov/min se extrajeron entre 150 – 190 g, 140 – 160 g y 125 – 135 g, respectivamente, donde se observa que a medida que aumentó la velocidad de las paletas y el tiempo de expresión, se extrajo mayor cantidad de gomas, determinándose así, realizar la solubilización a 592 mov/min durante 180s. Cabe mencionar, que otro factor importante para solubilizar a los hidrocoloides es el nivel de temperatura de la suspensión, sin embargo conforme afirma Martínez (2004), además de solubilizar las gomas, también los pigmentos se solubilizan y esto conllevaría aplicar otros procesos con gasto de materiales y de energía.

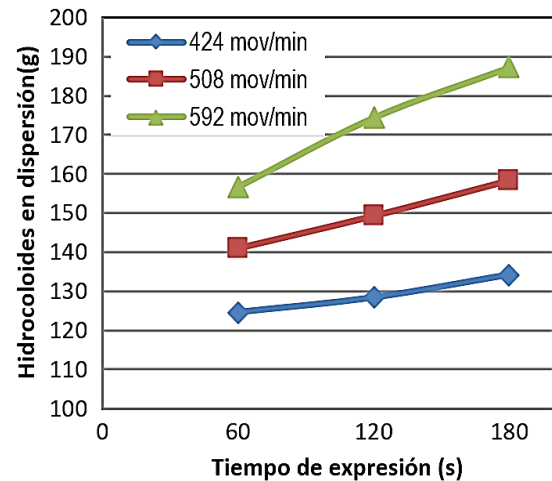


Figura 3. Hidrocoloides solubilizados.

3.5 Evaluación del rendimiento

El análisis de varianza con 95% de confianza y un coeficiente de variabilidad de 22,62%, mostrado en la Tabla 3, permitió afirmar que estadísticamente tanto la hidratación (15, 20 y 25 g de agua/g de hojas molidas) y tiempo de hidratación (30, 60 y 90 min) con valores de P menores a 0,05, tuvieron efecto altamente significativo en el rendimiento (%p/p) de hidrocoloides durante su extracción, es decir, que los incrementos de 5g agua / g de hojas en polvo, así como la variación del tiempo influyen en el rendimiento (%), resultados que confirman a lo obtenido desde 7,00% (Velásquez, 2014) hasta 15,1% (Marin et al., 2008) a diferentes condiciones de hidratación.

Tabla 3

ANAVA para rendimiento (%) en extracción según hidratación de hidrocoloides

Fuente	∑Cuadrado	Cuadrado Medio	Razón F	Valor p
A: Hidratación	103,105	103,105	7,68	0,012
B: Tiempo hidratación	1868,23	1868,23	139,15	0,000
AA	1008,98	1008,98	75,15	0,000
AB	56,85	56,8545	4,23	0,053
BB	1,103	1,10367	0,08	0,777
Bloques	6,527	3,26363	0,24	0,786
Error total	255,099	13,4263		
Total	3299,9			
C.V.	22,62%			

3.6 Optimización de la hidratación

Con 27 ensayos realizados se optimizaron los parámetros de hidratación, el rendimiento más alto (19,21% p/p) se logró con hidratación de 25 g agua / g hojas y tiempo de hidratación de 30 min. Estas condiciones experimentales, sometidos a análisis de regresión múltiple, revelaron un modelo polinomial de segundo orden con R² de 0,965 y CV de 12,14%, similar a lo reportado por Samavati y Manoochehrizade (2013) y Golalikhani y Khosravi (2014). La ecuación ajustada y que describe la superficie de respuesta mostrada en la Figura 4, para predecir el máximo rendimiento de extracción de hidrocoloides, fue la siguiente:

$$Y = -35,103 + 4,652331X_1 - 0,179304X_2 - 0,0891244X_1^2 - 0,00190556X_1X_2 + 0,000571358X_2^2$$

Dónde X₁ es solvente/sólido (g agua / g hojas) y X₂ es tiempo de hidratación (min).

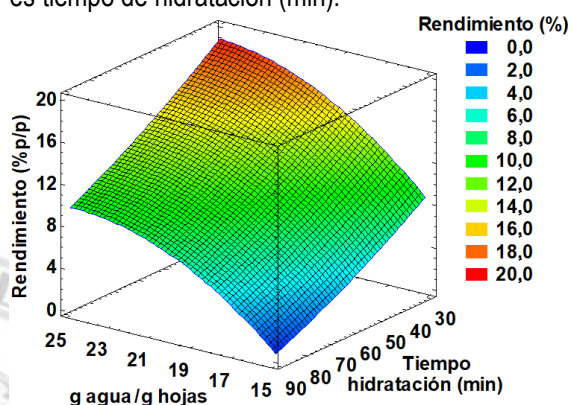


Figura 4. Rendimiento (%p/p) de hidrocoloides según relación solvente/soluto y tiempo de hidratación durante la extracción.

3.7 Validación del modelo

La validación del modelo matemático, se realizó a través de ensayos experimentales bajo las condiciones óptimas de 25 g agua / g hojas (X₁) por tiempo de 30 min (X₂), con tres repeticiones, los resultados mostraron una desviación estándar de 0,40, entre el rendimiento experimental (18,64%) y

el predicho (19,21%), es decir, que necesariamente la hidratación requiere de un tiempo, para que las moléculas de agua interaccionen y se enlacen a la estructura del hidrocoloide mediante fuerzas de atracción por puentes de hidrógeno y electrostáticas conforme sustentan Capitani (2013) y Zeta-Meter (2010) y así faciliten la solubilidad.

3.8 Comportamiento reológico

La Tabla 4 muestra que las dispersiones de hidrocoloides de *Malva sylvestris* dispuestos a concentraciones de 0,7, 1,4 y 2,1% (p/v) y a temperaturas de 20, 30 y 40 °C, presentaron índices de comportamiento de flujo (n) menor a 1, indicador que los hidrocoloides naturales extraídos de hojas, semillas y algas, tienen un comportamiento no newtoniano, de tipo pseudoplástico, reafirmando lo reportado por Roldan (2015), Hasanpour et al. (2018) y lo manifestado por Ibarz et al. (2005). Asimismo, esfuerzos de corte (Pa) en relación con velocidades de corte (s⁻¹) fueron bien ajustados al modelo de Ostwald o Ley de Potencia, resultados que corroboran lo manifestado por Arias et al. (2018) e Ibarz et al. (2005).

Tabla 4

Parámetros reológicos de hidrocoloides

T (°C)	0,7%			1,4%			2,1%		
	n	k	r ²	n	k	r ²	n	k	r ²
20	-0,176	0,008	0,95	-0,004	0,015	0,97	0,162	0,029	0,99
30	-0,165	0,007	0,95	-0,043	0,012	0,97	0,109	0,024	0,99
40	-0,145	0,006	0,95	-0,087	0,009	0,98	0,075	0,018	0,99

3.9 Actividad antioxidante de hidrocoloides

3.9.1 Polifenoles Totales

La Figura 5 muestra el contenido de Polifenoles Totales, cuantificado por el método de Folin-Ciocalteu, expresados en mgAGE/100g en los hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris*. Estos con 78,87, se encontraron por arriba a lo determinado por Gracia (2007) en 21,094 y por Reza et al. (2012) de 11,82 a 15,11. Asimismo León y Pérez (2018) manifiestan que los fenoles son metabolitos secundarios y están distribuidos en el reino vegetal, y su contenido es variable en todo el periodo vegetativo y se encuentran en todas las partes de las plantas. Sin embargo, el contenido de fenoles en los hidrocoloides dispuestos a diferentes temperaturas fue disminuyendo a medida que la temperatura aumentó desde 20, 40, 60 y 80 °C, llegándose a determinar que el mayor contenido de polifenoles totales (131,17) se presentó a 20 °C, es decir, que el aumento de la temperatura afectó negativamente a los polifenoles, reduciéndose

hasta el 60%, desde 131,17 (20 °C) hasta 78,87 (80 °C). Esta reducción según Baas (2014), podría deberse a la participación de los polifenoles en las reacciones de Maillard, caramelización y oxidaciones químicas, que son favorecidas por aumento de la temperatura, así como, por volatilidad de las sustancias, conforme afirman Petrucci *et al.* (2003).

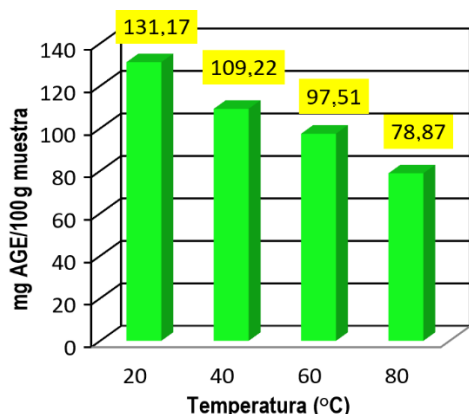


Figura 5. Polifenoles Totales en hidrocoloides de *Malva sylvestris* según temperatura.

3.9.2 Captación de Radicales DPPH

En la Figura 6 se observa la capacidad de captación de radicales DPPH que tienen los hidrocoloides de hojas de *Malva sylvestris* expresados en mM Trolox/g muestra.

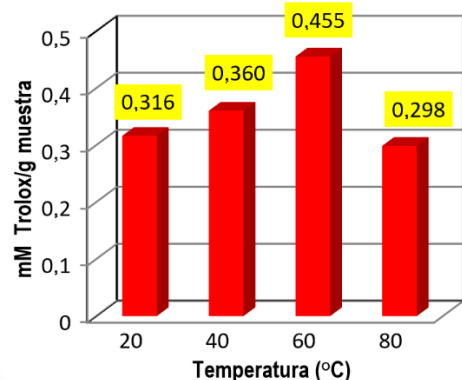


Figura 6. Captación de radicales DPPH según temperatura.

El ensayo que presentó valores más altos de captación del radical DPPH fue a 60 °C, con 0,455 mM Trolox/g de hidrocoloide, le siguen los ensayos a 40 y 20 °C con 0,360; 0,316 y 0,298 mM Trolox/g, es decir, que por debajo y por arriba de 60 °C, se manifestó una reducción en captación de dichos radicales. Los resultados, están muy cercano a 0,46 mM Trolox/g muestra, cuantificado por Gómez *et al.* (2015) en extracto de hojas de *Malva sylvestris*, asimismo, se aproximan a lo reportado por Reza *et al.* (2012), que cuantificaron de 0,0527 a 0,0287 mM Trolox/g de muestra fresca de las mismas hojas, por otro lado, Boutennouni *et*

al. (2019), con 76,11% de captación de radicales libres de DPPH, demostraron que dichas hojas, tienen alta capacidad antioxidante.

4. Conclusiones

Las condiciones óptimas de hidratación para extraer mecánicamente hidrocoloides a partir de las hojas de *Malva sylvestris* fueron 25 g agua / g hojas durante 30 min, complementado con solubilidad a 592 mov/min por 180 s. Los hidrocoloides en dispersión al 0,7; 1,4 y 2,1% (p/v) y a 20, 30 y 40 °C modelaron comportamiento reológico representado por la ecuación $\sigma = k\gamma^n$, con "n" menores a 1, mostrando ser fluidos pseudoplásticos. Por el contenido de polifenoles totales y la capacidad de captación de radicales libres DPPH, los hidrocoloides naturales extraídos poseen actividad antioxidante.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional del Santa (UNS) por la contribución a través de los laboratorios de Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial y del Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial, donde se realizaron los ensayos experimentales y mediciones analíticas.

ORCID

G. Rodríguez-Paucar  <https://orcid.org/0000-0003-2981-1213>

Referencias bibliográficas

- Angiolini, A. 2013. Los hidrocoloides, aditivos de alta funcionalidad. Tecnifood. La revista de la tecnología alimentaria. Valencia. España. pp. 97-99.
- Arias, J.; Delgado, M. 2016. Efecto de tres condiciones de extracción en las propiedades fisicoquímicas de mucilago de chíá (*Salvia hispánica* L.). Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la UDLA. Ecuador. 67 pp.
- Baas, D. 2014. Obtención de extractos polifenólicos con actividad biológica a partir de harinas elaboradas con subproductos de limon italiano. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco, A.C. pp. 29-30.
- Boutennouni, H.; Boussoufe, L.; Kebieche, M.; Al-Qaoud, K.; Madani, K. 2019. Phenolics Content, Antiproliferative and Antioxidant Activities of Algerian *Malva sylvestris*. Eur. J. Biol. Res. 9(1): 10-19.
- Capitani, M. 2013. Caracterización y funcionalidad de subproductos de chíá (*Salvia hispánica* L. aplicación en tecnología de alimentos. Universidad Nacional de la Plata. Argentina. pp.20.
- Dipak, P. 2016. A review on biological activities of common mallow (*Malva sylvestris* L.). Innovare Journal of Life Science 4(5): 1-5.
- Garay, S.A. 2017. Senescencia vegetal. Fisiología Vegetal. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú.
- Gimeno, G. 2000. Fitoterapia. Medicina Naturista 2: 109-111.
- Golalikhani, M.; Khodaiyan, F.; Khosravi, A. 2014. Response surface optimization of mucilage aqueous extraction from flaxseed (*Descurainia sophia*) seeds. International Journal of Biological Macromolecules 70: 444-449.
- Gómez, Y.; Bautista, R.; Franco, H. 2015. Evaluación antioxidante e hipoglucemiante de *Malva sylvestris*. XII encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. 4 pp.
- Gracia, N.M.A. 2007. Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. Memorias del Programa Verano de la Ciencia 2007. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

- Hasanpour, A.; Jooyandeh, H.; Hojjati, M.; Nasehi, B. 2018. Physicochemical and Rheological Properties of Malva Leaves Gum (*Malva neglecta*). Food Technology & Nutrition 15(2): 19-30.
- Ibarz, V.; Babosa-Canovas. 2005. Tecnología de alimentos. Operaciones Unitarias en la ingeniería de alimentos, Madrid. España. pp.129-177.
- Kaewmanee, T.; Bagnasco, L.; Benjakul, S.; Lanteri, S.; Morelli, C.F.; Speranza, G.; Cosulich, M.E. 2014. Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax. Food Chemistry 148: 60-69.
- León, D.; Pérez, I. 2018. Efecto de la pasteurización en el contenido de antocianinas y fenoles totales en el jugo de uva (*Vitis vinifera* L.) variedad Red Globe. Universidad Señor de Sipán. Pimentel. Perú. pp. 15-89.
- Macías, A. 2013. Propiedades del comportamiento de hidrocoloides en harina nativa y harina extrusionada de trigo. Universidad de Valladolid. España. 25 pp.
- Marin, J.; Tamez, M.; Nevero, J.; Garay, L. 2008. Proceso de Obtención del mucilago de Salvia hispánica L. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey Nuevo León México. 28 pp.
- Martínez, R.J. 2004. Extracción de goma de la semilla de tara (*Caesalpinia tinctoria*). Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Química y Textil. Lima. Perú. 164 pp.
- Nenen, H. 2017. Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de *Malva sylvestris*. Facultad de Medicina. Escuela de Odontología. Universidad Austral de Chile. 8 pp.
- Otazu, I. 2010. Influencia de la temperatura y tiempo de secado en la calidad de las hojas de *Cymbopogon citratus* D.C. STAF. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. Brasil. 22 pp.
- Plank, D.; Sapirstein, H.; Woollard, D.; Zapf, Ch.; Lee, V.; Chen, C., Hai, R.; Tsao, R.; Dusterloh, A.; Baugu, S. 2012. Determination of antioxidant activity in food and beverages by reaction with 2,2'-diphenil-1-picrylhydrazyl (DPPH). Journal of AOAC International 95(6): 1562-1569.
- Petrucci, R.; Harwood, W.; Herring, F.G. 2003. Química General. 8th Edición. Pearson educación S.A., Madrid, España.
- Retsch. 1985. Operation Manual Paddle Blender. Typ PB100. Retsch GmbH, 42781 Haan, Rheinische Strasse 36, (pp. 1-31), Germany.
- Reza; Zeynab; Asadi. 2012. Chemical Composition and Antioxidant properties of *Malva sylvestris* L. Journal of Research in Agricultural Science 8(14): 59-68.
- Roldan, C. 2015. Caracterización y cuantificación del comportamiento reológico del hidrocoloide proveniente del nostoc (*Nostoc sphaericum* V.). Tesis Máster, UNALM. Lima. Perú.
- Samavati, V.; Manoochehrizade, A. 2013. Polysaccharide extraction from *Malva sylvestris* and its anti-oxidant activity. International journal of biological macromolecules 60: 427-436.
- Sánchez, P.; García, R.; Quiroz, K.; Verdugo, G.; Vogel, H. 2007. Efecto de las condiciones medioambientales sobre la anatomía de la epidermis foliar de *Chloraea crispata* Lindl. (Orchidaceae). Agro Sur 35(2): 45-47.
- Velásquez, S. 2014. Estudio térmico y termodinámico del mucilago extraído de la semilla de chia (*Salvia hispánica* L.) para establecer condiciones de estabilidad y funcionalidad. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Zeta-Meter, Inc. 2010. Potencial Zeta: Un curso completo en 5 minutos. PO Box 3008. Staunton, VA 24402. USA.

