

INFLUENCIA DEL MUCÍLAGO DE SEMILLAS DE LLANTÉN (*PLANTAGO MAYOR*) EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE HELADO SABOR A MORA (*RUBUS GLAUCUS*)

INFLUENCE OF *PLANTAGO MAJOR* SEED MUCILAGE ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF BLACKBERRY-FLAVORED ICE CREAM (*RUBUS GLAUCUS*)

Ana Campuzano¹, Leonela Vera Intriago², Julio Palmay Paredes³, Carolina Paz Yépez⁴

{acampuzano@uagraria.edu.ec¹, leonela.vera.intriago@uagraria.edu.ec², jpalmay@uagraria.edu.ec³,
cpaz@uagraria.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 04/02/2026 / Fecha de aceptación: 12/02/2026 / Fecha de publicación: 13/02/2026

RESUMEN: La innovación en la Agroindustria está en aumento, con tendencia hacia el reemplazo de estabilizantes sintéticos por naturales para la obtención de diferentes productos. La presente investigación plantea al mucílago de semillas de psyllium (*Plantago major*) como una alternativa evaluando el impacto en las propiedades físicas del helado sabor a mora. Se procedió a establecer las variables (temperatura y tiempo) que permiten obtener mayor cantidad de mucílago, destacándose la extracción a 80°C por 2.5 horas con 29.10% de rendimiento, demostrando que al incrementar la temperatura y tiempo se favorece la extracción del mucílago. Con el mucílago obtenido con estos parámetros se formularon helados variando la concentración de mucílago y crema de leche, analizando posteriormente de cada tratamiento las propiedades físicas por triplicado y aplicando la prueba de comparación de Duncan. Se evidenció diferencia significativa ($p < 0.05$) en la viscosidad de todas las muestras, presentando en el helado con 5% de mucílago de semillas de llantén y 28% de crema de leche, el valor más alto (7666.67 cP). El mismo tratamiento presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el tiempo de caída de primera gota a temperatura ambiente (27°C) con una duración de 19 minutos, y en el porcentaje de derretimiento con 6.44% en 10 minutos. Por consiguiente, en todas las pruebas destacó el helado con 5% de mucílago y 28% de crema, seguido del helado con 3% de mucílago y 30% de crema, y por último el helado con 1% de mucílago y 32% de crema. Se demostró que ha mayor porcentaje de mucílago de semillas de llantén

¹Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador - Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0010-4267>; +593987860647

²Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador - Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-4953-9133>; +593999859312

³Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Instituto Superior Tecnológico Superarse - Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-7546-5211>; +593984794451

⁴Instituto de Investigación, Universidad Agraria del Ecuador - Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-9547-2817>; +59395700068

en la formulación de helados es posible obtener mejores propiedades físicas y mayor estabilidad a temperatura ambiente.

Palabras clave: *Estabilizante, helado, llantén, mucílago, propiedades físicas, viscosidad*

ABSTRACT: Innovation in the agro-industry is on the rise, with a trend toward replacing synthetic stabilizers with natural ones for the production of various products. This research proposes psyllium seed mucilage (*Plantago major*) as an alternative, evaluating its impact on the physical properties of blackberry-flavored ice cream. The variables (temperature and time) that yield the greatest amount of mucilage were established, with extraction at 80°C for 2.5 hours yielding 29.10%, demonstrating that increasing the temperature and time favors mucilage extraction. Ice creams were formulated using the mucilage obtained under these parameters, varying the concentration of mucilage and cream. The physical properties of each treatment were then analyzed in triplicate, and Duncan's multiple range test was applied. A significant difference ($p<0.05$) was observed in the viscosity of all samples, with the ice cream containing 5% plantain seed mucilage and 28% cream exhibiting the highest value (7666.67 cP). The same treatment also showed a significant difference ($p<0.05$) in the time to first drop at room temperature (27°C), with a duration of 19 minutes, and in the percentage of melting, reaching 6.44% in 10 minutes. Consequently, in all tests, the ice cream with 5% mucilage and 28% cream stood out, followed by the ice cream with 3% mucilage and 30% cream, and finally the ice cream with 1% mucilage and 32% cream. This demonstrates that a higher percentage of plantain seed mucilage in ice cream formulations can result in improved physical properties and greater stability at room temperature.

Keywords: *Ice cream, mucilage, physical properties, plantain, stabilizer, viscosity*

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de productos alimentarios que adicional al aporte de valor nutricional, presenten características funcionales como la capacidad de los compuestos bioactivos de generar efectos beneficiosos para la salud, ha sido impulsado por el crecimiento sostenido de la población y la demanda de alimentos. Este escenario ha incrementado el interés por el uso de ingredientes de origen natural que permitan mejorar la calidad tecnológica y funcional de los alimentos.

Plantago major, comúnmente conocido como llantén, es una planta ampliamente valorada por sus propiedades medicinales, las cuales se atribuyen a la presencia de diversos compuestos químicos y nutrientes bioactivos (1). Las semillas de esta especie han sido clasificadas como mucilaginosas, ya que, al hidratarse, forman una capa altamente viscosa con características similares a una goma o gel, conocida como mucílago (2). Este tipo de sustancias puede obtenerse a partir de fuentes vegetales, animales, procesadas o

sintéticas, y posee diversas aplicaciones en la industria agroalimentaria como agentes emulsificantes, estabilizantes, suspensores y aglutinantes, debido principalmente a su elevada capacidad de retención de agua (3).

Los mucílagos extraídos de semillas vegetales corresponden a polisacáridos de naturaleza hidrocoloide, los cuales presentan propiedades funcionales y potenciales beneficios para la salud asociados a su estructura fisicoquímica (4). En el caso específico de *Plantago mayor*, el mucílago está compuesto por monosacáridos como glucosa, xilosa, ramnosa, galactosa, arabinosa y ácido glucurónico, lo que le confiere propiedades espesantes, estabilizantes y capacidad para la formación de espuma (2). A pesar de que su uso ha sido ampliamente documentado en la industria farmacéutica, su empleo en matrices alimentarias aún es limitada, a pesar de su potencial desde el punto de vista tecnológico.

El helado presenta un proceso de elaboración sencillo, sin embargo, es considerado como un sistema alimentario complejo a nivel fisicoquímico y estructural. Por consiguiente, como formular y procesar este producto ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, con el objetivo de mejorar atributos como textura, estabilidad, suavidad y resistencia al derretimiento (5). En este contexto, los agentes estabilizantes y emulsificantes desempeñan un papel fundamental, ya que permiten incrementar la viscosidad de la mezcla, controlar la formación de cristales de hielo y mantener una distribución homogénea de los componentes no miscibles del sistema (6); (7).

Actualmente, los estabilizantes más utilizados en la elaboración de helados son de origen sintético o derivados de gomas vegetales como pectinas, carboximetilcelulosa y hemicelulosas (8). Sin embargo, las tendencias de consumo actuales priorizan alimentos mínimamente procesados, con ingredientes naturales y de fácil acceso, lo que ha motivado la búsqueda de alternativas funcionales de origen vegetal (9).

Se ha evaluado una amplia variedad de mucílagos vegetales por su capacidad para mejorar la viscosidad, la retención de agua y la estabilidad frente a la recrystalización en hielo, en la búsqueda de estabilizantes para helados (10); (11). Entre los más estudiados se encuentran los mucílagos de chía (*Salvia hispanica* L.) y linaza (*Linum usitatissimum* L.), que han demostrado efectos positivos en la estabilidad y la reducción de la velocidad de fusión en helados. Sin embargo, su uso puede presentar limitaciones tecnológicas, como aumentos excesivos de la viscosidad, interferencia con la aireación y alteraciones sensoriales cuando se utilizan en concentraciones relativamente bajas (11); (12). Por otro lado, el mucílago de llantén (*Plantago spp.*) se caracteriza por su alto contenido de arabinoxilanos altamente ramificados, lo que le confiere una alta capacidad de retención de agua, un comportamiento reológico pseudoplástico y una mayor estabilidad frente a los ciclos de congelación y descongelación (13). Estas propiedades favorecen la formación de matrices más homogéneas y estables, con un menor impacto negativo en la textura y la aceptabilidad sensorial del producto final, lo que lo posiciona como una alternativa diferenciada a otros mucílagos vegetales tradicionalmente utilizados en la elaboración de helados.

Por lo antes mencionado, el mucílago de semillas de llantén representa una opción prometedora, debido a sus propiedades hidrocoloides y a la escasa información disponible sobre su aplicación en alimentos en comparación con el ámbito farmacéutico (14).

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto estabilizante del mucílago de semillas de llantén (*Plantago major*) sobre las propiedades físicas del helado sabor a mora (*Rubus glaucus*), con la finalidad de sustituir un estabilizante comercial y promover el uso de este mucílago como un aditivo funcional de origen natural en la industria alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Las semillas de llantén (*Plantago major*) fueron usadas para la extracción del mucílago y pulpa de mora (*Rubus glaucus*) para la elaboración del helado. Los demás ingredientes empleados fueron leche entera, crema de leche, leche en polvo y azúcar, todos de grado alimentario adquiridos de supermercados locales. Se usó la balanza analítica marca Mettler Toledo con capacidad de 120 g (precisión de 0,0001 g).

Diseño experimental

La presente investigación presenta un diseño completamente al azar, para la extracción del mucílago se evaluaron 3 tratamientos considerando diferentes parámetros (temperatura y tiempo) en el proceso. En la formulación de helado de mora se elaboraron 3 tratamientos con diferentes concentraciones de mucílago de semillas de llantén y crema de leche.

Extracción del mucílago de semillas de llantén

Para la extracción del mucílago se procedió según lo indicado por (15), con ligeras modificaciones basadas en (14) y (16). Los tratamientos establecidos fueron T1 (50 °C durante 1.5 h), T2 (75 °C durante 2 h) y T3 (80 °C durante 2.5 h). El mucílago fue precipitado con alcohol etílico al 80 % en una relación 1:3 (muestra: alcohol), filtrado y almacenado a 4 °C hasta su uso para la obtención del helado.

Determinación del rendimiento del mucílago

El rendimiento del mucílago se determinó mediante un método gravimétrico, calculando el porcentaje en función del peso inicial de las semillas y el peso del mucílago obtenido, de acuerdo con el método descrito por (17).

Formulación y elaboración del helado

Se elaboraron 3 tratamientos variando la concentración de mucílago (1 %, 3 % y 5 %) y concentración de crema de leche (32 %, 30 % y 28 %). El mucílago usado para los diferentes tratamientos de helado correspondió al tratamiento de extracción con mayor rendimiento.

El proceso de elaboración incluyó mezclado, pasteurización (85 °C durante 5 min), homogenización, maduración (5 h), batido, envasado y almacenamiento a -18 °C, conforme a lo estipulado en la normativa (18), como se observa en la tabla 1.

Ingredientes	T1	T2	T3
Crema de leche (%)	32	30	28
Leche entera (%)	20	20	20
Mucílago de llantén (%)	1	3	5
Azúcar (%)	12	12	12
Pulpa de mora (%)	25	25	25
Leche en polvo (%)	10	10	10
Total (%)	100	100	100

Tabla 1. Formulación de helado sabor a mora usando mucílago de semillas de llantén.

Determinación de viscosidad

La viscosidad de las mezclas de helado se determinó mediante el Reómetro marca Brookfield (modelo DV-II, spindle #3) a 60 rpm a 4°C, siguiendo el procedimiento descrito por (5).

Determinación del porcentaje de derretimiento

El porcentaje de derretimiento se evaluó por drenaje gravitacional, determinando la relación entre la masa de helado derretida y la masa inicial de la muestra, de acuerdo con la metodología descrita por (19).

Determinación del tiempo de caída de la primera gota

El tiempo de caída de la primera gota se determinó a temperatura ambiente, midiendo el tiempo transcurrido desde la exposición del helado hasta la aparición de la primera gota de derretimiento, según (5).

Análisis fisicoquímicos

El contenido de grasa total se determinó mediante el método gravimétrico de Weibull-Berntrop, de acuerdo con (20). La relación peso/volumen se determinó mediante el método del picnómetro según AOAC 986.14. El contenido de sólidos totales se determinó conforme a (21). El contenido de proteína láctea se determinó mediante el método Kjeldahl, según (22). El contenido de colesterol se determinó conforme a (23).

Análisis microbiológico

Se realizaron análisis microbiológicos para la detección de microorganismos indicadores y patógenos, incluyendo recuento de aerobios mesófilos, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes*, siguiendo las normas (24), (25) e (26), según correspondió.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente al azar. La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad

RESULTADOS

Determinación del mejor proceso de extracción de mucílago de semillas de llantén según rendimiento variando tiempo y temperatura para su posterior uso en la elaboración de helado sabor a mora.

Para la obtención del mucílago se receptaron las semillas de llantén eliminando la presencia de ramas, impurezas y materiales extraños. A continuación, se secaron las semillas durante 2 horas a 100°C, para reducir o eliminar microorganismos, además de facilitar el proceso de hidratación de las semillas. Con agua destilada se hidrataron las semillas, aplicando diferentes parámetros (temperatura y tiempo) por cada tratamiento, con agitación constante. Para el Tratamiento 1 se aplicó una temperatura de 50 °C por 1.5 horas, el Tratamiento 2 a 75°C por 2 horas y finalmente el Tratamiento 3 a 80°C por 2.5 horas. Para la extracción del mucílago se utilizó alcohol etílico al 80%, en relación 1:3

(muestra/alcohol) en cada tratamiento, finalmente se utilizó papel filtro con ayuda de una malla (2mm) para separar las semillas del mucílago.

El porcentaje de rendimiento de mucílago de semillas de llantén fue calculado con la Ec.1 ($\% \text{Rendimiento} = W1 * W2 / 100$) para cada tratamiento, los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 2. La prueba de DUNCAN al 5% de probabilidad mostró que, de acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$). El tratamiento 3 presentó mayor porcentaje de rendimiento (29.10%), seguido del tratamiento 2 (22.35%), demostrando que a medida que aumentó el tiempo y temperatura durante el proceso de extracción de mucílago de semillas de llantén, mayor fue el rendimiento.

Tabla 2. Porcentaje de rendimiento de la extracción de mucílago de las semillas de llantén variando tiempo y temperatura.

Tratamiento	Medias (%)
T1	8.40 ^a
T2	22.35 ^b
T3	29.10 ^c
E.E	2.40
C.V	28.04
Significancia	***

Medias con una letra distinta indican diferencia significativa ($p < 0.05$). E.E= Error estándar
C.V= Coeficiente de variación

*= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$ y ns= no significativo

Evaluación de las propiedades físicas (viscosidad, tiempo de caída de la primera gota y porcentaje de derretimiento) en el helado sabor a mora con la adición de diferentes concentraciones de mucílago de semillas de llantén con mejor rendimiento.

En la Tabla 3 se evidencia que existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras de helados sabor a mora con mucílago de semillas de llantén en relación al parámetro viscosidad. El helado 3 (5% de mucílago de semillas de llantén y 28% de crema de leche) presentó la media más alta de viscosidad (7666.67 cP), seguido del helado 2 (3% de mucílago de semillas de llantén y 30% de crema de leche) (4583.33 cP). Por consiguiente, el porcentaje de mucílago de semillas de llantén incorporado, al igual que el porcentaje de crema de leche influye en el resultado de viscosidad obtenido en cada tratamiento. De acuerdo con la formulación empleada en el proceso de helados, mientras mayor era el

porcentaje de mucílago de semillas de llantén y de crema de leche incorporado en la mezcla, mayor fue el resultado de viscosidad en la muestra de helado.

Tabla 3. Viscosidad de helados sabor a mora con mucílago de semillas de llantén.

Muestras	Medias (cP)
H1	3766.66 ^a
H2	4583.33 ^b
H3	7666.67 ^c
E.E	556.03
CV (%)	7.28
Significancia	***

Medias con una letra distinta indican diferencia significativa ($p < 0.05$). E.E= Error estándar
C.V.= Coeficiente de variación.

*= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$ y ns= no significativo

La Tabla 4 se evidencia la diferencia significativa ($p < 0.05$) entre medias donde se compara como influyó el porcentaje de mucílago de semillas de llantén y el porcentaje de crema de leche adicionado a la mezcla de helado con relación al tiempo de caída de primera gota en las muestras de helado. El Helado 3 (5% de mucílago de semillas de llantén y 28% de crema de leche) presentó mayor estabilidad al exponerlo a temperatura ambiente (27°C), empezando a derretirse a los 19 minutos. Mientras que, el Helado 2 (3% de mucílago de semillas de llantén y 30% de crema de leche), se mostró relativamente estable a temperatura ambiente (27°C) se derritió en 13 minutos. Sin embargo, el Helado 1 (1% de mucílago de semillas de llantén y 32 % de crema de leche), fue poco estable al estar expuesto en temperatura ambiente (27°C), empezando a derretirse en un tiempo de 8 minutos. Entonces, mientras mayor fue el porcentaje de mucílago empleado en las muestras de helado, mayor era la estabilidad que presentaba al estar expuesto a temperatura ambiente.

Tabla 4. Tiempo de caída de primera gota en helados sabor a mora con mucílago de semillas de llantén.

Muestras	Medias
H1	8.83 ^a
H2	13.76 ^b

H3	19.17 ^c
E.E	1.04
C.V	4.75
Significancia	***

Medias con una letra distinta indican diferencia significativa ($p < 0.05$). E.E= Error estándar. C.V= Coeficiente de variación

*= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$ y ns= no significativo

Para evidenciar la diferencia entre medias del porcentaje de derretimiento, se usó un gráfico de dispersión que muestra el comportamiento del porcentaje de derretimiento de acuerdo con el tiempo, esto se obtuvo pesando la cantidad de helado derretido (en gramos) cada 10 minutos.

La figura 1 expone el valor promedio de cada tratamiento en base al porcentaje de derretimiento del helado en relación con la cantidad de crema de leche y de mucílago de semillas de llantén. La muestra de Helado 3 (H3) (5% de mucílago de semillas de llantén y 28% de crema de leche) registró un porcentaje de derretimiento de 6.44% en 10 minutos, comportamiento que se mantuvo constante hasta los 60 minutos que se expuso la muestra a temperatura ambiente (27°C). Seguido del Helado 2 (H2) (3% de mucílago de semillas de llantén y 30% de crema de leche) con un porcentaje de derretimiento de 7.44 % en 10 minutos, demostrando que, mientras mayor es la cantidad de mucílago aplicada, menor será el porcentaje de derretimiento a temperatura ambiente.

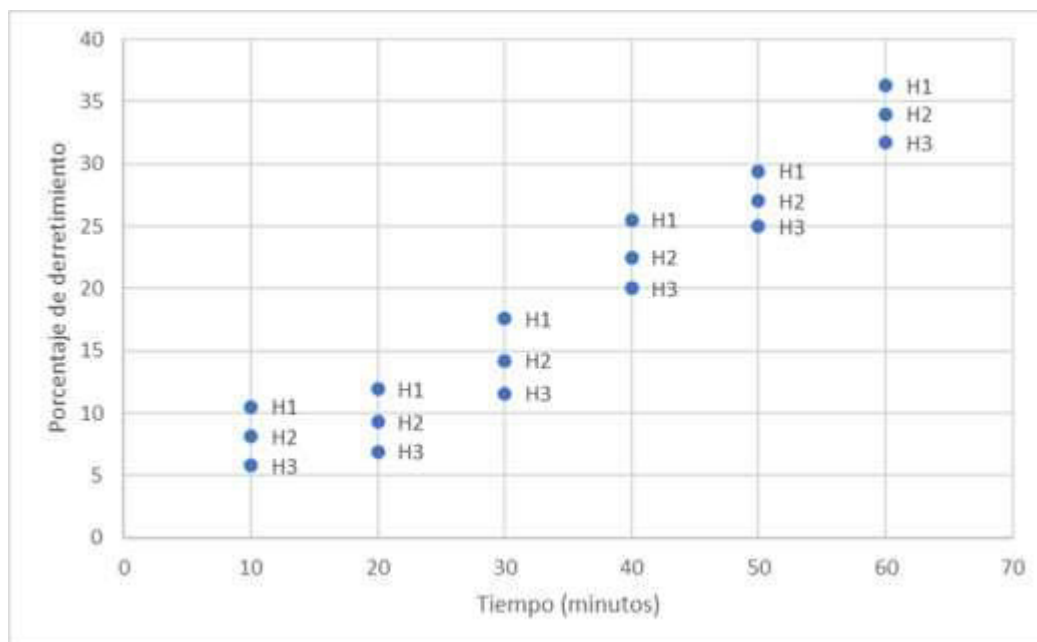


Figura 1. Diagrama de dispersión entre medias muestras de helado con relación al porcentaje de derretimiento. Donde: H1: Helado 1, H2: Helado 2, H3: Helado 3.

Análisis de parámetros fisicoquímicos (grasa total, peso/volumen, proteína láctea, sólidos totales y colesterol), y parámetros microbiológicos (mesófilos, coliformes, *E. coli*, *Staphylococcus*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*), en base a la NTE INEN 706:2013 de requisitos para helados al tratamiento con mejor resultado sobre la propiedad de viscosidad.

Análisis de parámetros fisicoquímicos

La tabla 5 muestra el resultado de análisis fisicoquímicos realizados a la muestra de helado en base a (18), donde se aprecian los resultados obtenidos. Se observa que el tratamiento de helado 3 cumple con los requerimientos establecidos por la norma en cada parámetro analizado. Con respecto a la proteína láctea, grasa y sólidos totales, los valores fueron cercanos al límite establecido, mientras que, para el parámetro de colesterol los análisis, reflejan el límite establecido con un valor de 0.09 mg/kg de muestra, mientras que lo estipulado por la norma es de 0.10 mg/ kg de muestra, en relación a Peso/Volumen expresado en g/L de muestra se reflejó un valor de 470 g/L.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos de muestra de helado sabor a mora con mucílago de semillas de llantén y lo establecido por normativa NTE INEN 706:2013.

Parámetros	Unidad	Resultados	Requisito
Proteína láctea	%	2.27	2.50
Grasa Total	%	7.32	8
Sólidos Totales	%	28.55	32
Colesterol	mg/Kg	0.09	0.10
Peso/Volumen	g/L	470	475

Análisis de parámetros microbiológicos

En la tabla 6 se muestra que de acuerdo con la normativa (18) el helado 3 cumple con los requisitos estipulados y vigentes en la legislación ecuatoriana. Por lo tanto, se observa ausencia de microorganismos patógenos como *Salmonella sp* y *Listeria monocytogenes*. Los recuentos de los microorganismos indicadores se encuentran por debajo del límite permitido en la norma.

Tabla 6. Parámetros microbiológicos de muestra de helado sabor a mora con mucílago de semillas de llantén y lo establecido por normativa INEN 706:2013.

Parámetros	Unidad	Resultados	Requisito		
			n	m	M
Recuento de m.o mesófilos	ufc/g	$1 \cdot 10^2$	5	10 000	100 000
Recuento de coliformes	ufc/g	$1 \cdot 10^2$	5	100	200
Recuento de <i>E. coli</i>	ufc/g	<10	5	<10	<10
Recuento de <i>Staphylococcus</i>	ufc/g	<10	5	<10	<10
Detección de <i>Salmonella</i>	/25g	Ausencia	5	Ausencia	Ausencia
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i>	/25g	Ausencia	5	Ausencia	Ausencia

DISCUSIÓN

Para obtener mucílago a partir de semillas de llantén (*Plantago major*), se utilizó un método de extracción asistido por calor con la adición de alcohol etílico como disolvente, siguiendo el procedimiento descrito por (27). La eficiencia del proceso se evaluó en función del rendimiento de mucílago obtenido, considerando la influencia del tiempo y la temperatura de extracción. En este sentido, se establecieron tres tratamientos con diferentes combinaciones de estos factores, lo que permitió analizar la variabilidad en el porcentaje de mucílago extraído.

Los resultados mostraron que el aumento del tiempo y la temperatura de extracción incrementa significativamente el rendimiento de mucílago, un comportamiento que coincide con lo reportado por (14), quienes indicaron que condiciones térmicas cercanas a 80 °C y tiempos de extracción prolongados facilitan la solubilización de los polisacáridos mucilaginosos presentes en la semilla. Sin embargo, a diferencia de estos autores, quienes utilizaron agua destilada como disolvente y obtuvieron un rendimiento de aproximadamente 45 g de mucílago, en el presente estudio el uso de alcohol etílico bajo los mismos parámetros de temperatura (80 °C) y tiempo (2.5 h) permitió alcanzar un mayor rendimiento (75 g). Este resultado destaca la influencia del tipo de disolvente en la eficiencia del proceso de extracción, de acuerdo con lo señalado por (9), quien enfatiza que variables como la temperatura, el tiempo, la relación semilla/disolvente y la naturaleza del disolvente determinan el rendimiento de mucílago. El efecto positivo del

aumento de la temperatura y el tiempo de extracción en el rendimiento del mucílago se puede explicar por los cambios fisicoquímicos observados en la matriz de polisacáridos de la semilla. A temperaturas cercanas a 80 °C, la energía térmica favorece la ruptura de enlaces de hidrógeno intra e intermoleculares, que estabilizan las cadenas de polisacáridos, aumentando su solubilidad y facilitando la difusión de macromoléculas de alto peso molecular en el medio de extracción (28). Además, la polaridad y la constante dieléctrica del sistema se modifican mediante el uso de alcohol etílico como disolvente, en contraste con el agua destilada, lo que favorece una precipitación más eficiente de los polisacáridos mucilaginosos y reduce la coextracción de compuestos de bajo peso molecular, lo que resulta en un mayor rendimiento general del proceso (29); (30). Además, la mayor concentración de mucílago en la formulación del helado permitió reducir el contenido de crema sin afectar negativamente la percepción sensorial, ya que los polisacáridos con alta capacidad de retención de agua contribuyen a la formación de una matriz continua y viscosa que imita las funciones reológicas asociadas con la fase grasa, como la lubricación oral, la cremosidad y la sensación en boca (31). Este comportamiento se ha descrito ampliamente en hidrocoloides naturales utilizados como miméticos de grasa en sistemas congelados, donde la interacción agua-aire-grasa es crucial para la estabilidad estructural y la aceptación sensorial del producto final.

En cuanto a la aplicación de mucílago en la formulación de helados, los resultados obtenidos confirman que al aumentar la concentración de mucílago se genera un incremento significativo en la viscosidad del sistema. Este comportamiento ha sido descrito previamente por (32), donde evaluaron el uso de mucílago de hojas y semillas de nopal a concentraciones de 3%, 5% y 7%, identificando un incremento progresivo en la viscosidad a medida que aumentaba el contenido de hidrocoloide. En el presente estudio, el tratamiento con la mayor proporción de mucílago de semilla de llantén (5%) mostró los valores de viscosidad más altos, confirmando el efecto espesante y estabilizante de este biopolímero. Asimismo, el comportamiento reológico observado es característico de sistemas pseudoplásticos, en los cuales la viscosidad aumenta con la concentración del agente estabilizante.

(5) señalan que los agentes emulsionantes y espesantes utilizados en la producción de helado afectan directamente la calidad del producto final al limitar la formación de cristales de hielo, mejorar la estabilidad estructural y proporcionar una textura más suave y homogénea. Acorde a lo mencionado, los resultados obtenidos demuestran que con el uso del mucílago de semillas de llantén es posible lograr funciones similares a estabilizantes comerciales, sin llegar a afectar de forma negativa las propiedades físicas del producto, como la viscosidad, el tiempo de caída de la primera gota y el porcentaje de derretimiento.

Por otro lado, la obtención de texturas excesivamente viscosas o gelatinosas ha sido advertido en diversos estudios, mencionando que las altas concentraciones de mucílago sería la causa, dando como resultado una afectación negativa en la aceptabilidad sensorial del helado. (32) informó que, aunque el tratamiento con 7% de mucílago de nopal mostró

mayor viscosidad, no fue el más aceptado en términos de evaluación sensorial, siendo el tratamiento con 5% el más aceptado. Se observó un comportamiento similar en este estudio, donde las formulaciones con mayor contenido de mucílago mostraron una textura menos característica del helado convencional, mientras que las formulaciones con 3% de mucílago presentaron valores de viscosidad y estabilidad comparables a los reportados para los helados comerciales.

Con respecto a la estabilidad térmica, (33) reportó tiempos de fusión superiores a 70 minutos en helados formulados con 0.8% de mucílago de ñame, mientras que concentraciones menores mostraron tiempos de fusión más cortos. En el presente estudio, los helados formulados con mucílago de semilla de llantén mostraron tiempos de primera gota y de fusión dentro de los rangos establecidos para helados convencionales. En particular, el tratamiento con 3% de mucílago tuvo tiempos de primera gota entre 12 y 17 minutos y un tiempo de fusión completo de menos de 35 minutos, valores cercanos a los reportados por (5), quienes indican que un helado de calidad presenta un tiempo de primera gota entre 12 y 15 minutos, y un tiempo de fusión aproximado de 30 minutos.

Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos evidenciaron el cumplimiento de los límites establecidos por (18). Los valores de proteína de la leche, grasa total, sólidos totales y colesterol se registraron dentro de los rangos permitidos, y los análisis microbiológicos confirmaron la ausencia de *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes*. Estos resultados respaldan la inocuidad del producto y evidencian que la incorporación de mucílago de semilla de llantén como estabilizante natural no compromete la calidad ni la seguridad del helado.

CONCLUSIONES

El mucílago obtenido de las semillas de llantén (*Plantago major*) mediante extracción asistida por calor mostró rendimientos significativamente influenciados por el tiempo y la temperatura del proceso. Los resultados confirmaron que las condiciones de extracción más severas favorecen la liberación de polisacáridos mucilaginosos, lo que permite la identificación de parámetros óptimos para maximizar el rendimiento de mucílago, reforzando la importancia del control de parámetros en el proceso.

El mucílago de semilla de llantén influyó en las propiedades físicas del helado con sabor a mora de manera significativamente ($p < 0.05$) ya que al aumentar la concentración de mucílago se evidenció mayor valor de viscosidad, disminución en el porcentaje de fusión y tiempo más prolongado para la caída de la primera gota, confirmando que el mucílago presenta un comportamiento de hidrocoloide funcional, y su potencial uso en la industria.

Desde un punto de vista tecnológico, se observó que las formulaciones con concentraciones intermedias de mucílago mostraron un equilibrio adecuado entre la estabilidad física y las características inherentes del helado, evitando texturas

excesivamente viscosas o gelificadas. Esto es importante para el desarrollo del producto, ya que resalta la necesidad de optimizar la concentración del estabilizador natural según la calidad final deseada y la aceptación del consumidor.

El helado con sabor a mora al adicionar mucílago de semillas de llantén cumplió con los análisis fisicoquímicos como proteínas, grasa total, sólidos totales y colesterol indicados en la normativa ecuatoriana vigente. Además, los análisis microbiológicos confirmaron la inocuidad del producto al declarar ausencia de microorganismos patógenos y recuentos de microorganismos indicadores por debajo del límite establecido. Estos resultados respaldan la viabilidad del uso de mucílago de semilla de llantén desde una perspectiva regulatoria y de seguridad alimentaria.

La presente investigación manifiesta que el mucílago de semillas de llantén es una alternativa viable como estabilizador natural en la producción de helados, y su potencial uso en el desarrollo de alimentos que requieren ingredientes de origen vegetal y una menor dependencia de aditivos sintéticos, contribuyendo a la innovación y sostenibilidad en la industria alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adom B, Taher , Mutalabisin , Amri , Abdul Kudos , Wan Sulaiman WA, et al. Chemical constituents and medical benefits of Plantago major. Biomedicine and Pharmacotherapy. 2017 Mar; 86: p. 348-360.
2. Niknam R, Ghanbarzadeh , Ayaseh , Fatemeh R. The hydrocolloid extracted from Plantago major seed: Effects on emulsifying and foaming properties. Journal of Dispersion Science and Technology. 2020 Feb; 41(5).
3. Dugarte , Molina , García. Aplicaciones de los mucílago en el sector agro-alimentario. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2020 Feb; 30(1): p. 71-76.
4. Soukoulis , Gaiani , Hoffmann. Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. Current Opinion in Food Science. 2018 Feb; 22: p. 28-42.
5. Ramírez-Navas , Rengifo Velásquez , Rubiano A. Quality Parameters of Ice Cream. Revista Reciteia. 2015 Feb.
6. Jaimes Duque , Ramírez Navas , Stouvenel. Estabilizantes más utilizados en helados. Heladería Panadería Latinoamericana. 2017 Feb; 251(1): p. 66-75.
7. posada david , Sepúlveda Valencia , Restrepo Molina. Selection and evaluation of a stabilizer composed of rubbers on quality properties in mixtures for hard ice cream. Vitae. 2012 Feb; 19(2): p. 166-177.

8. Pérez Navarro O, Ley Chong N, González Suarez E, Valdés Valmaseda C. Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados. Afinidad. 2017 Feb; 74.
9. Villa Uvidia , Osorio Rivera , Villacis Venegas. Extraction, properties and benefits of mucilages. Revista Ciencias y Técnicas Aplicadas. 2020; 6: p. 503-524.
10. Capitani, M. I., Corzo-Rios, L. J., Chel-Guerrero, L. A., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. Journal of food engineering, 2015; 149, 70-77.
11. Campos, B. E., Ruivo, T. D., da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S., & Bergamasco, R. D. C. Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. Lwt, 2016; 65, 874-883.
12. Cui, W., & Mazza, G. Physicochemical characteristics of flaxseed gum. Food Research International, 1996; 29(3-4), 397-402.
13. Fischer, M. H., Yu, N., Gray, G. R., Ralph, J., Anderson, L., & Marlett, J. A. The gel-forming polysaccharide of psyllium husk (*Plantago ovata* Forsk). Carbohydrate research, 2004; 339(11), 2009-2017.
14. Choque Quispe , Choque Quispe , Solano Reynoso , Ramos Pacheco. Capacity flocculant of natural coagulants in water treatment. Tecnología Química. 2018 Feb; 38(2): p. 298-309.
15. Noshad , Behbahani , Jooyandeh , Rahmati Joneidabad , Hemmati Kaykha , Sheikhjan. Utilization of *Plantago major* seed mucilage containing Citrus limon essential oil as an edible coating to improve shelf-life of buffalo meat under refrigeration conditions. Food Science and Nutrition. 2021 Aug; 9(3).
16. Zarei , Abbasi F, Jalili , Talebi P. Effectiveness of *Plantago major* extract as a natural coagulant in removal of Reactive Blue 19 dye from wastewater. International Journal of Environmental Science and Technology. 2019 Jul; 16(12): p. 7893–7900.
17. Ticona Mamani C. Modelacion hidrológica de escenarios futuros de caudales medios con la aplicacion del modelo hidrológico WEAP en la cuenca del río llave - Puno. Universidad Nacional del Altiplano. 2020 Apr; 1(1).
18. INEN. Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 706 : Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos. Normativa Técnica. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización, Normalización; 2013. Report No.: INEN 706.
19. Abrate Deco. Evaluación de la estabilidad en helados de crema utilizando diferentes tipos de proteínas. 1st ed. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba; 2017.

20. ISO. NTE INEN-ISO 8262-2 Productos lácteos y alimentos a base de leche. Determinación del contenido de grasa por el método gravimétrico weibull-berntrop y preparados para helados. Técnico. Ginebra: International Standardization Organization, Normalizacion; 2005. Report No.: ISO 8262-2.
21. ISO. NTE INEN-ISO 3728- Helado de crema de leche y helado de leche. Determinación del contenido de sólidos totales. Tecnico. Ginebra: International Standardization Organization, Normalizacion; 2015. Report No.: ISO 3728.
22. INEN. NTE INEN 16- Norma Técnica Ecuatoriana- Leche y productos lácteos. Determinación del contenido de nitrógeno, mediante el método de Kjeldahl. Tecnico. Quito: Inbstituto Ecuatoriano de Normalizacion, Normalizacion; 2015. Report No.: INEN 16.
23. INEN. INEN 729 Norma Técnica Ecuatoriana - Leche y productos lácteos. Determinación del colesterol.. Tecnico. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, Normalizacion; 1984. Report No.: INEN 729.
24. INEN. INEN 1529 Control microbiológico de los alimentos. Tecnico. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, Normalizacion; 2013. Report No.: INEN 1529.
25. INEN. INEN 720 Norma Técnica Ecuatoriana - Leche y productos lácteos. Tecnico. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, Normalizacion; 1984. Report No.: INEN 720.
26. ISO. ISO 11290-2. Microbiology of the food chain - horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* and of *listeria* spp part 2: enumeration method. Tecnico. Ginebra: International Organization for Standardization, Normalizacion; 2017. Report No.: ISO 11290-2.
27. Gallegos , Palomino. Evaluación de la influencia de las proporciones de hoja de cedrón (*Aloysia citriodora*), toronjil (*Melissa officinalis*) y estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) para la aceptabilidad de un filtrante mix. 1st ed. Acobamba: Universidad Nacional de Huancavelica; 2018.
28. Mirhosseini, H., & Amid, B. T. Influence of chemical extraction conditions on the physicochemical and functional properties of polysaccharide gum from durian (*Durio zibethinus*) seed. *Molecules*, 2012; 17(6), 6465-6480.
29. Saha, D., & Bhattacharya, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of food science and technology*, 2010; 47(6), 587-597.
30. Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. Guar gum: processing, properties and food applications—a review. *Journal of food science and technology*, 2014; 51(3), 409-418.

31. Dickinson, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food hydrocolloids, 2003; 17(1), 25-39.
32. Vega Licta R. Elaboración de Helado con Mucílago de la Cáscara y Hojas de Tuna opuntia ficus-indica. 1st ed. UTC , editor. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi; 2019.
33. Lozano E, Padilla K, Salcedo J, Arrieta A, Andrade Pizarro R. Effects of yam (*Dioscorea rotundata*) mucilage on the physical, rheological and stability characteristics of ice cream. Polymers. 2020 Feb; 14(15).