Artículo Original / Original Article

Efecto gelificante del agar de *Gracilaria debilis* en la elaboración de una compota de níspero (*Manilkara zapota*)

Gelling effect of *Gracilaria debilis* agar in the elaboration of a sapodilla (*Manilkara zapota*) compote

Maribel Quintero Ramírez^{1*}. <https://orcid.org/0000-0003-3589-1336>

Anyi Mujica Niño¹. <https://orcid.org/0000-0002-8624-5249>

Maria Linarez Arellano². <https://orcid.org/0000-0001-6205-4045>

Mitchell Toyo Díaz¹. <https://orcid.org/0000-0001-7203-3723>

Yudith Acosta González³. <https://orcid.org/0000-0002-1464-702X>

1. Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" (UNEFM),
Área de Tecnología, Punto Fijo, Venezuela.

2. Centro de Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda".
Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela.

3. Universidad del Zulia (LUZ), Laboratorio de Investigaciones y Servicios Ambientales,
Núcleo Punto Fijo, Venezuela.

*Dirigir correspondencia: Maribel Quintero Ramirez.

Grupo de investigación Biotecnología y Química de los Productos Naturales, Area de Tecnología,
Universidad Nacional "Experimental Francisco de Miranda" (UNEFM). Punto Fijo, Venezuela.

E-mail: mquintero05@gmail.com

Este trabajo fue recibido el 31 de agosto de 2020.

Aceptado con modificaciones: 16 de noviembre de 2020.

Aceptado para ser publicado: 20 de diciembre de 2020.

RESUMEN

El agar se emplea en la industria alimenticia por su característica de estabilización y gelificación y el níspero es una fruta de sabor agradable, de fácil consumo y además tiene excelentes propiedades nutricionales. En este estudio se evaluó el efecto gelificante del agar extraído de *Gracilaria debilis* en la elaboración de una compota de níspero (*Manilkara zapota*). A las algas recolectadas se les extrajo agar mediante tratamiento alcalino con NaOH 0,04 M. Para la obtención de la compota se elaboraron tres fórmulas base, seleccionándose la que contenía 0,05% de ácido cítrico, 56,4% de agua, 6,0% de azúcar y 37,6% de puré de níspero; sirviendo de base para tres muestras (M1, M2, y M3) al 0,4%; 0,6% y 0,8% p/p de agar, respectivamente. El análisis sensorial indicó que la compota M2 fue la más aceptable, con valores de cenizas= $0,85 \pm 0,08\%$; cloruros= $0,085 \pm 0,014\%$; $18,0 \pm 0,4$; y °Brix grasa= $0,50 \pm 0,01$ g/100g; humedad= $64,0 \pm 3,0\%$; pH= $4,32 \pm 0,03$; proteínas= $0,42 \pm 0,01$ g/100g y sólidos totales= $35,9 \pm 3,0\%$. La viscosidad (-554 ± 10 g·s) estuvo cercana al valor de una compota comercial (-430 ± 4 g·s). M2 demostró estabilidad durante un mes ante aerobios mesófilos, con valores menores de 10 UFC/mL. Las concentraciones de agar influyeron únicamente en la viscosidad, ajustándose a una ecuación lineal con $R^2 = 0,986$. En alimentos que requieren en su preparación ser sometidos a altas temperaturas, como es el caso de las compotas, el agar presenta propiedades y comportamiento adecuado como gelificante.

Palabras clave: Agar; Compota de níspero; Gelificante; Tratamiento alcalino; Viscosidad.

ABSTRACT

Agar is a used in the food industry for its stabilization and gelation characteristics and the medlar is a fruit with a pleasant taste, easy to consume where it provides excellent nutritional properties. In this study the effect of gelling extracted *Gracilaria debilis* agar was evaluated in the formulating a sapodilla (*Manilkara zapota*) compote. Agar was extracted from the collected algae by alkaline treatment with 0.04 M NaOH. To obtain compote, three base formulas were prepared, selected which containing 0.05% citric acid, 56.4% water, 6.0% sugar and 37.6% sapodilla puree; providing the basis for three samples (M1, M2 and M3) at the following concentrations: 0.4%; 0.6% and 0.8% w/w of agar, respectively. Sensory analysis indicated that the compote M2 had the most acceptable values, with ash content= $0.85 \pm 0.08\%$; chloride= $0.085 \pm 0.014\%$; 18.0 ± 0.4 °Brix; fat= 0.50 ± 0.01 g/100 g; humidity= $64.0 \pm 3.0\%$; pH= 4.32 ± 0.03 ; protein= 0.42 ± 0.01 g/100 g and total solids= $35.9 \pm 3.0\%$. The viscosity (-554 ± 10 g.s) was close to the value of a commercial compote (-430 ± 4 g.s). M2 showed stability for one month, against the aerobic mesophilic bacteria, with values less than 10 CFU/mL. It was observed that agar concentrations had influenced only in the viscosity by adjusting to a linear equation with $R^2 = 0.986$. In foods that require high temperatures in their preparation, such as compotes, agar has properties as well as the adequate behavior as a gelling agent. Key words: Agar; Alkaline treatment; Sapodilla compote; Viscosity.

INTRODUCCIÓN

Gran parte de la materia prima empleada en la industria alimenticia son los aditivos químicos, tales como, acidificantes, conservantes, colorantes, saborizantes, aromatizantes entre los cuales son relevantes los gelificantes¹, como es el caso del agar². Este es una mezcla de polisacáridos, se compone de unidades alternadas de D y L-galactopiranosas³, es extraído de las paredes de las algas Rhodophytas de los géneros *Gelidium*, *Pterocladia*, *Gelidiella* y *Gracilaria*⁴. En Venezuela, en el Cabo San Román de la Península de Paraguaná, existen varios géneros de algas agarofitas, siendo el género *Gracilaria* el que predomina. La especie *G. debilis* es una de las más abundantes en la zona, por lo que es una buena alternativa como materia prima para la producción de agar.

El agar forma una gelatina vegetal transparente, ideal para gelificar o espesar alimentos, su uso se debe a sus propiedades específicas tales como: alto poder gelificante, resistencia al tratamiento térmico, no altera los sabores y es muy estable. En la industria alimentaria el agar se usa principalmente en las áreas como la panadería, confitería, carne, pescado y productos avícolas, productos lácteos, helados, mantequilla de maní y bebidas⁵. Para aportar volumen y fibra en alimentos saludables; como agente de clarificación para clarificar vino, jugo y vinagre; además es posible utilizar agar para postres con piña u otras frutas que contienen enzimas que degradan las proteínas⁶. Otro uso importante del agar es como ingrediente en glaseados en dulces y tortas, para evitar la formación de hielo durante la conservación^{5,6}.

Las compotas son productos muy utilizados en la alimentación infantil ya que son de muy fácil digestión y de agradables sabores, aportan a los bebés y niños vitaminas y carbohidratos necesarios para su crecimiento. La calidad en la fabricación de la compota se ve influenciada tanto por la cantidad de nutrientes que contiene el producto final como sus propiedades, es por eso, que conocer cada uno de sus ingredientes es de gran importancia, sobre todo la fruta que es la que le otorga el aporte nutricional⁷.

Una de las frutas que no ha sido empleada a nivel industrial en la fabricación de una compota, es el níspero (*Manilkara*.

zapota). Los mayores productores de níspero del mundo son India, México, Guatemala y Venezuela⁸, y está compuesto por un pericarpio delgado y frágil, un mesocarpio carnoso que es la parte comestible, además de ser muy agradable para el paladar del consumidor⁹, es una fruta muy nutritiva ya que contiene altas concentraciones de minerales como potasio, calcio, hierro, cobre y zinc y componentes fenólicos, además de componentes beneficiosos como fibra dietética, fructosa, glucosa, sacarosa y vitaminas^{8,9,10,11}.

Venezuela tiene grandes riquezas tanto marítimas como agrícolas las cuales por diversas razones no han sido consideradas en la industria alimenticia, por lo que en la presente investigación se evaluó el efecto gelificante del agar de *G. debilis* en la elaboración de una compota de níspero, determinando la concentración óptima de agar en su obtención.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

La especie *Gracilaria debilis* (Forsskål) Børgesen, fue colectada mediante un muestro no probabilístico intencional en las costas de la Península de Paraguaná, específicamente en el Cabo de San Román. Para la extracción del agar, las algas fueron lavadas con agua dulce, secadas sobre una superficie lisa expuestas al sol y pesadas, luego se siguió la metodología con modificaciones descrita por Meena et al.¹², remojando 25 g de alga seca en un 1 L de agua destilada por 12 h, seguidamente se realizó la extracción por triplicado a 90.0 ± 0.1 °C por 2 h empleando hidróxido de sodio 0,04 M. Luego con la ayuda de un trozo de tela se filtró, el extracto obtenido se dejó en reposo a 23 ± 1 °C hasta que gelificó. Después se congeló a 10.0 ± 0.1 °C y se descongeló para filtrarlo en frío con una tela. Se retiró con la ayuda de una espátula y se llevó a calentamiento con 250,0 mL de agua hasta ebullición por 15 min. Después se filtró al vacío, secó, pesó y se le calculó el rendimiento.

Los frutos de níspero *Manilkara zapota* van Royen (Sapotaceae) se seleccionaron bajo criterio de maduración comercial, los cuales fueron pelados, cortados y triturados de forma manual, obteniéndose un puré fino y uniforme.

Análisis fisicoquímico del agar y puré de níspero

Al agar extraído de *G. debilis* se le determinó: punto de gelificación, fusión y fuerza de gel siguiendo las metodologías descritas por Freile-Pelegrin et al.¹³, utilizando soluciones de agar al 1,5% (p/v). Para la fuerza de gel se preparó una solución de agar al 1,5% (p/v) y se determinó utilizando un analizador de textura (TA-TX Plus, Stable Micro Systems Ltd.) equipado con un émbolo cilíndrico de 10 mm de diámetro, operado con una velocidad de penetración de 1 mm/s, se calculó y expresó en g/cm². Mientras que al puré de níspero se le determinaron los °Brix (COVENIN 924-83)¹⁴ y el pH (COVENIN 1315-79)¹⁵ como lo señala la norma sobre consideraciones generales en pulpa de fruta (COVENIN 977-83)¹⁶. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y se expresaron como $\pm$ desviación estándar.

Formulación y preparación de las compotas

Se elaboraron tres formulaciones (F1, F2 y F3) variando las concentraciones de agua, azúcar, ácido cítrico y puré de níspero (Tabla 1), bajo los requerimientos de las normas COVENIN 2005:1994¹⁷ y CODEX STAN 79-1981¹⁸.

A las tres formulaciones F1-F3, se les aplicó calentamiento térmico a 95 °C y se les determinaron los indicadores °Brix y pH; y en base a estos se seleccionó F2 como la óptima para preparar 200,0 gramos de muestras de tres compotas (M1, M2 y M3) con agar. Para M1 (0,4% de agar) se emplearon 0,8 g de agar, para M2 (0,6% de agar) 1,2 g de agar y para M3 (0,8% de agar) 1,6 g de agar, ya que entre 0,5 a 1 % de agar es lo preferido en productos ácidos pues gelifica independientemente del contenido de azúcar y acidez¹⁹. Esto se llevó a cabo a 80 $\pm$ 1 °C con agitación constante hasta que el agar se disolvió completamente, luego rápidamente se envasaron en frascos de vidrio previamente esterilizados de 250,0 mL con tapa de plástico.

Análisis fisicoquímico microbiológico y determinación de la vida útil de las compotas

Para conocer la calidad de las compotas con respecto a los valores exigidos por la norma COVENIN 2005:94¹⁷, se les realizaron análisis fisicoquímicos: cenizas, grasa, humedad, proteínas y sólidos totales (AOAC, 2005)²⁰, cloruros (COVENIN 1193-81)²¹, °Brix (COVENIN 924-83)¹⁴ y

pH (COVENIN 1315-79)¹⁵. A las muestras y a una compota comercial se les determinó el índice de viscosidad con el ensayo de extrusión inversa con un Texturómetro TA.TX Plus Texture Analyser de Stable Micro System a 23 $\pm$ 1 °C. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y se expresaron como $\pm$ desviación estándar.

A las compotas se les determinaron los análisis microbiológicos: recuento de hongos y levaduras²², recuento de coliformes²³, recuento de aerobios mesófilos y la determinación de la vida útil²⁴, la cual se hizo tomando muestras al azar a los 7, 21 y 35 días luego de ser envasadas y almacenadas a 4 $\pm$ 1 °C.

Análisis sensorial de las compotas

El análisis sensorial de las compotas se llevó a cabo aplicando pruebas de aceptabilidad mediante dos escalas hedónicas (facial y verbal)²⁵. La encuesta con escala facial se aplicó a consumidores infantiles puesto que la compota va dirigida a ese tipo de consumidor y a los cuales se les dificulta la comprensión de escala verbal; dándoles a probar las tres muestras a un grupo de 20 niños, en edades comprendidas entre los 3 y 5 años. Se midió el nivel de aceptación por medio de la presentación de dibujos de caras con diferentes expresiones faciales, marcando con una X la cara que pondrían al consumir el producto. Los padres de los niños, llenaron un formulario y dieron consentimiento escrito para que estos participaran en la evaluación sensorial.

La encuesta con escala verbal se aplicó a un grupo de 100 panelistas adultos no entrenados, escogidos mediante muestreo probabilístico casual, porque tienen la capacidad de describir el atributo consistencia además del color, sabor y olor; mientras que la población infantil no es capaz de distinguir niveles de consistencia del producto. Se les dio a probar y evaluar sensorialmente las compotas, para medir el nivel de aceptación, sobre las características de olor, color, sabor y consistencia, utilizando una encuesta de escala hedónica de 5 puntos con los siguientes descriptores: desagradable= 1, poco agradable= 2, regular= 3, agradable= 4 y excelente= 5. Las compotas fueron servidas en vasos de plástico de 10 mL a 24 $\pm$ 1 °C. Los panelistas en forma voluntaria e informada, completaron un formulario de consentimiento.

Análisis de datos

A los valores de la prueba hedónica verbal empleando el paquete estadístico STATPOINT TECHNOLOGIES. STARGRAPHICS Centurion XV1.0.2.1. 2012, se les realizó un análisis de varianza de un factor, para determinar si el porcentaje de agar tiene influencia en el nivel de aceptación de las compotas. A los valores de los parámetros fisicoquímicos de la compota, se les realizó un análisis de varianza de un factor para determinar si las concentraciones de agar influyeron sobre las propiedades fisicoquímicas de las compotas y luego a los valores de viscosidad en función de las concentraciones de agar se les realizó una regresión simple.

Tabla 1. Porcentajes de ingredientes utilizados en las formulaciones.

Ingrediente	F1	F2	F3
Agua (%)	46,7	56,4	61,7
Azúcar (%)	6,54	6,01	7,40
Ácido cítrico (%)	0,065	0,052	0,043
Puré de níspero (%)	46,7	37,6	30,9

Consideraciones Éticas

Los protocolos de ambas pruebas sensoriales (pruebas hedónicas facial y verbal) fueron revisados y aprobados por el Comité de Ética de Evaluación de Proyectos de Investigación del Centro de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (aprobación abril del 2017). Los panelistas adultos, estos participaron en forma voluntaria, informada y completaron un formulario de consentimiento. En el caso de la prueba aplicada a los niños, a sus padres se les informó no sólo la composición del alimento a ingerir por los niños, sino además de que el agar, es un aditivo alimentario aprobado por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA)¹⁸, por lo cual los padres dieron consentimiento escrito para que los niños participaran.

RESULTADOS

Caracterización fisicoquímica del agar de *G. debilis* y de puré de níspero

El peso seco del agar fue de $758,0 \pm 0,1$ g y el peso del agar obtenido de una porción de $25,0 \pm 0,1$ g de agar fue de $0,6 \pm 0,1$ g. El rendimiento de agar del proceso de extracción fue de $2,3 \pm 0,4\%$. Los valores de punto de fusión ($78,3 \pm 0,6$ °C), punto de gelificación ($38,7 \pm 0,6$ °C) y fuerza de gel ($251,7 \pm 1,4$ g/cm²) se encuentran en los intervalos de calidad de agar reportados por la FAO/WHO de 76-92 °C, 29-42 °C y 50-300 g/cm² respectivamente²⁶. El puré de níspero reportó un valor de $18,7 \pm 0,6$ °Brix, cercano al intervalo de 19,2-20,7 °Brix, reportado por Alborno et al.²⁷, en pulpas de tres variedades de níspero cultivadas en el estado Zulia en Venezuela, y un valor de pH de $5,48 \pm 0,58$ a 25 °C, cercano a los intervalos de 5,06-5,39 y 5,5-5,6 reportados por Alborno et al.²⁷ y Jadhav et al.²⁸ respectivamente.

Selección de la formulación adecuada

Según la norma NMX-F-460-1986²⁹ los valores de 18,7-19,2 °Brix para todas las formulaciones están dentro de los límites establecidos entre 14 y 20 °Brix. Según COVENIN 2005:1994¹⁷, los valores de pH (4,27-4,32) están por debajo del valor máximo (4,5) que exige la norma. Al aplicarle calentamiento térmico a 95 ± 1 °C a F1-F3, se observó la formación de coágulos de látex de color amarillo intenso, adquiriendo una textura grumosa. Los frutos de níspero al cosecharse en estado fisiológicamente maduro emiten una sustancia lechosa (látex), que causa un quemado en la cáscara desmejorando la calidad del producto³⁰. Según Peiris (2007)³¹, una mermelada fina a partir de níspero se logra quitando una espuma verde que sube a la superficie, el cual parece ser látex disuelto, además la única manera de evitar la gomosidad es desnatar hasta que se acabe toda la espuma de látex. En F1 se produjo una difícil extracción del látex debido a que la cantidad de agua añadida no fue suficiente. Para F3 una mayor cantidad de agua facilitó la extracción del látex, pero produjo como consecuencia una base muy diluida y según la especificación B de la norma CODEX STAN 79-1981¹⁸, la compota deberá contener como mínimo 33 partes en peso del ingrediente de fruta original. Mientras que F2 contenía la cantidad de agua necesaria para extraer todo el látex. Sobre la base de lo anteriormente expuesto se seleccionó F2 como fórmula base en la elaboración de las compotas.

Caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de las compotas

En la tabla 2 se muestran los valores promedios ($\pm$ desviación estándar) de las características fisicoquímicas de las compotas y estas cumplen con los límites permisibles establecidos en la norma venezolana COVENIN 2005:1994¹⁷.

Tabla 2. Análisis fisicoquímico de las compotas ($\pm$ desviación estándar).

Compota	Cenizas (%)	Cloruros (%)	°Brix	Grasa (g/100g)	Humedad (%)
M1	$0,84 \pm 0,05$	$0,086 \pm 0,007$	$17,5 \pm 0,6$	$0,45 \pm 0,04$	$62,2 \pm 2,6$
M2	$0,85 \pm 0,08$	$0,085 \pm 0,014$	$18,0 \pm 0,4$	$0,50 \pm 0,01$	$64,0 \pm 3,0$
M3	$0,81 \pm 0,11$	$0,081 \pm 0,007$	$16,9 \pm 0,3$	$0,48 \pm 0,05$	$66,1 \pm 2,2$
Compota	pH	Proteínas (g/100g)	Sólidos totales (g/100g)	Viscosidad (g-s)	
M1	$4,28 \pm 0,05$	$0,39 \pm 0,02$	$37,7 \pm 2,6$	$-263,2 \pm 11,4$	
M2	$4,32 \pm 0,03$	$0,42 \pm 0,01$	$35,9 \pm 3,0$	$-554,5 \pm 10,5$	
M3	$4,31 \pm 0,02$	$0,40 \pm 0,02$	$33,9 \pm 2,2$	$-745,9 \pm 6,3$	

M1:0,4% de agar, M2: 0,6% de agar, M3: 0,8% de agar.

Análisis microbiológico y vida útil

La cantidad de aerobios mesófilos y mohos se encuentran por debajo de 10 UFC/mL, los coliformes por debajo de 3 NMP/mL y los coliformes fecales y *Escherichia coli* están ausentes, cumpliendo con lo establecido en la norma COVENIN 2005:1994¹⁷. Todas las muestras a los 7, 21 y 35 días presentaron valores menores de 10 UFC/mL, lo cual es indicativo de la ausencia de aerobios mesófilos. Esto pudiese ser consecuencia de agregarles ácido cítrico como conservante; aunado a un buen envasado a 80±1 °C y a la previa esterilización del envase a utilizar, lo cual probablemente disminuyó la reproducción del microorganismo, aumentando la vida útil de las compotas, confirmando buenas condiciones higiénicas y sanitarias.

Evaluación sensorial

Escala hedónica facial: en la prueba aplicada, M2 fue la más aceptada por los consumidores infantiles, con porcentajes de 30 y 40% para las caritas 1 y 2, respectivamente (Tabla 3, Figura 1).

Escala hedónica verbal: para M1 los atributos con mayor porcentaje de agrado fueron olor y sabor en el nivel “agradable”, con porcentaje mayor o igual al 50% para ambos atributos; mientras que para los atributos color y consistencia se observan porcentajes por debajo del 50% de agrado en el nivel “regular”. Sobre el nivel de agrado por los panelistas a M2, en todos los atributos evaluados se obtuvieron los porcentajes más altos en los niveles “agradable” a “excelente”. Para M3 los atributos color y olor obtuvieron los porcentajes más altos en el nivel “regular” (40% para ambas) y el atributo sabor muestra un porcentaje de 40% para el nivel “agradable”, sin embargo el atributo consistencia obtuvo un valor menor al 40% en el nivel “poco agradable” (Figura 2).

Al comparar los resultados del análisis sensorial de las tres muestras, M2 fue la más aceptada de acuerdo con el gusto de los panelistas, mostrando los porcentajes más altos en todos los atributos evaluados. El atributo consistencia fue el determinante en la selección de M2, para el que se obtuvo un porcentaje de agrado de 56% en el nivel “excelente”.

Tabla 3. Porcentajes asociados al nivel de aceptación de la prueba hedónica facial.

Compota	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
M1	10	20	40	20	10
M2	30	40	10	10	10
M3	0	30	40	10	20

M1:0,4% de agar, M2: 0,6% de agar, M3: 0,8% de agar.

Análisis estadístico del comportamiento de las propiedades sensoriales y fisicoquímicas en función de la concentración de agar

El análisis de varianza ANOVA de un factor indicó que no existe diferencia significativa entre los pares de media de los atributos: color; olor y sabor, con respecto a las concentraciones de agar. Sin embargo, para el atributo consistencia se evidenció una diferencia significativa para la concentración de agar, lo cual indica que la mayoría de los panelistas manifestaron un mayor nivel de aceptación sobre la consistencia de M2.

Al comparar las medias de los indicadores fisicoquímicos mediante un análisis de varianza ANOVA de un factor, se encontró que no existen diferencias significativas para los valores de cenizas, cloruros, °Brix, grasa, humedad, pH, proteínas y sólidos totales para las diferentes muestras estudiadas. Mientras que para el parámetro índice de viscosidad si existen diferencias significativas. Esto demuestra que la cantidad de agar añadido para cada concentración influyó sobre la viscosidad.

Considerando que de los indicadores determinados a las compotas, el único análisis afectado por la concentración de agar es el índice de viscosidad, se realizó una regresión, ajustándose dichos valores a un modelo lineal (ecuación 1) con R²= 0,986, esto demuestra la relación entre la cantidad de agar añadido para cada compota y el índice de viscosidad.

$$\text{Viscosidad [g.s]} = -1206,8 (\% \text{Agar}) + 202,84 \tag{1}$$

Figura 1: Evaluación sensorial para determinar el nivel de aceptación de la prueba hedónica facial por las compotas

Figura 2: Evaluación sensorial para determinar el nivel de aceptación de la prueba hedónica verbal para las compotas.

DISCUSIÓN

En general, las compotas son alimentos destinados al consumo infantil, básicamente elaborados con pulpa de fruta(s) [sin concentrar], mezclados con azúcares y/o otros edulcorantes carbohidratos, como miel; con o sin agua y con pectina o almidones modificados como agente espesantes^{17,18}, los cuales deben cumplir con unos mínimos requerimientos fisicoquímicos.

En las compotas M1, M2 y M3, las cenizas variaron entre 0,81% y 0,85%, este intervalo se encuentra entre los valores reportados por Camayo et al.³² para una compota de zapallo (*Cucurbita máxima* Dutch.) con 0,15% de goma xantana y por Parra³³ para una compota de gulupa (*Passiflora edulis*) con 1% de almidón. Con respecto a los valores de cloruros, la norma COVENIN 2005:1994¹⁷ no establece valores límites, y señala que “no está permitido la adición de sal a los alimentos colados y picados a base de frutas”; sin embargo, Meza et al.⁹ señalan que el níspero contiene 12 mg/100g de cloruro, por lo cual se determinó en este estudio.

Los valores de °Brix: variaron entre 16,9 y 18,0 °Brix, estos se encuentran dentro del intervalo de 14-20 °Brix establecido en la norma NMX-F-460-86²⁹, y son cercanos a los reportados por Marrugo et al. para una compota de mango con 3% de almidón del frijol (*Phaseolus lunatus*)³⁴, por Parra para una compota de gulupa con 1% de almidón³³ y por Camayo et al.³² para una compota de zapallo con 0,15% de goma xantana. Los valores de pH (4,28-4,32) están cercanos a los reportados por Parra³³ y Marrugo et al.³⁴. La humedad varió entre 62,2% y 66,1%, lo que demuestra que el níspero es rico en agua. Los sólidos totales oscilaron entre 33,9 y 37,7 g/100g, valores cercanos al reportado por Fuenmayor para una compota con jugo de manzana³⁵.

Para los indicadores grasa y proteínas, la norma COVENIN 2005:1994¹⁷ no establece valores límites, pero éstos se determinaron debido a que los reportan en la tabla de valor nutricional de algunas marcas comerciales. Los valores de grasa (0,45-0,50 g/100g) se encuentran cercanos a los reportados por Camayo et al.³². Mientras que los valores de proteínas (0,39-0,42 g/100g) se encuentran por debajo a los reportado por Camayo et al.³² y por Pérez et al.³⁶ para compotas preparadas a base de quinua, leche de soya y pulpas de mango y durazno. Esto posiblemente se deba a que en las compotas M1, M2 y M3, el níspero es la única fuente de proteínas, según Madani et al.⁸ y Peiris³¹ éste contiene 0,44% y entre 0,4 y 0,7% de proteínas respetivamente.

Con respecto a la viscosidad, Camayo et al.³² demostraron una disminución de la viscosidad con el aumento de la temperatura al evaluar el efecto de la temperatura sobre las propiedades reológicas cuando se incorporó goma xantana a las concentraciones de 0,10, 0,15 y 0,20% en una compota de zapallo para infantes. Marrugo et al.³⁴ demostraron que el porcentaje de almidón utilizado fue un factor determinante en la consistencia de un producto alimenticio tipo compota al utilizar almidón del frijol al 1, 3 y 6%, como espesante y Fuenmayor³⁵ encontró que la formulación con la combinación de 0,5% de almidón modificado de yuca y 0,75% de goma xantana como gelificantes en una compota para infantes con saborizante de frutas y proteínas, producía un gel de excelente textura, con una viscosidad sensorial parecida a una compota comercial.

La proporción de agar utilizada en las muestras (M1, M2 y M3) evaluadas en esta investigación, es un factor determinante para la consistencia del producto. Comparando los valores de viscosidad de las compotas con un valor determinado para una compota comercial (-429,7±4,3 g·s), M2 es la que reporta el valor de viscosidad (-554,5±10,5 g·s) más cercano al valor de la compota comercial.

En cuanto al análisis sensorial mediante la escala hedónica verbal, la sustitución de la pectina no amidada por el agar al 0,6% en el atributo consistencia en la compota M2, resultó ser un adecuado ingrediente en la elaboración de la compota de níspero. Es de resaltar que no se observa preferencias de “excelente” para las muestras, respecto a color, olor y sabor esto posiblemente a que las frutas criollas tradicionales, entre las que se incluye el níspero, son desplazadas por otras frutas como pera y manzana en alimentos procesados³⁷.

El comportamiento lineal de los datos obtenidos de la viscosidad en función de la concentración de agar corrobora los resultados obtenidos por Camayo et al.³² quienes observaron que la concentración de goma xantana empleada como espesante en la formulación de una compota con zapallo, tuvo un efecto notorio sobre la viscosidad, indicando que a mayor concentración de goma, se generaron soluciones más viscosas. Similar

comportamiento fue reportado por Ospina et al.³⁸, quienes evaluaron la influencia de la goma xantana y goma guar sobre las propiedades reológicas de leche saborizada con cacao.

CONCLUSIÓN

El efecto gelificante del agar de *G. debilis* en la elaboración de una compota de níspero se verificó en las tres muestras evaluadas, siendo la compota con 0,6% de agar la que mostró mayor nivel de aceptación para los atributos considerados: color, olor, sabor y consistencia; y el análisis estadístico del comportamiento fisicoquímico de las compotas elaboradas en función de las concentraciones de agar indicó que estas influyen únicamente en la viscosidad de forma directamente proporcional, ajustándose a una ecuación lineal con $R^2=0,986$.

La compota con fruta de níspero y con agar como gelificante, además de ser un producto innovador, puede ser una alternativa en la industria alimentaria.

Financiamiento. Financiado por el Centro de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda”, proyecto de Investigaciones CITEC-CPR-16-004.

Agradecimientos. Los autores agradecen al CIEZA-UNEFM por el apoyo en la etapa de digestión para el análisis de proteínas, al Laboratorio de Análisis Químico de la UNEFM por el apoyo en el análisis de grasa y a la Dra. Aura Coba del Laboratorio de Alimentos de la Universidad Simón Bolívar por el apoyo en el ensayo de extrusión inversa.

REFERENCIAS

- COVENIN 910. Venezuelan standard. Food additives. Ministry of development, Caracas, Venezuela, 2000. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/910-00.pdf>
- Saha D, Bhattacharya S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food a critical review. *J Food Sci Technol*. 2010; 47: 587-597.
- Barsanti L, Gualtieri P. Algae, anatomy, biochemistry, and biotechnology. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA, 2006.
- Armisen R, Galatas F. Agar. In: Phillips G, Williams P, editors. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton FL, USA, Wood Head Publishing Limited, 2000, pp. 82-105.
- Stephen A, Phillips G, Williams P. Food polysaccharides and their applications. 2a ed., CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 2006.
- Imeson A. Food stabilizers, thickeners and gelling agents. Blackwell-Publishing Ltd., United Kingdom, 2010.
- Suárez D. Process guide for the production of flours, starches, dehydrated flakes and compotes, Convenio Andrés Bello, Bogotá, 2003.
- Madani B, Mirshekari A, Yahia E, Golding J. Sapota (*Manilkara achras* Forb.): Factors influencing fresh and processed fruit quality. *Hortic Rev*. 2018; 45: 105-42.
- Meza N, Bautista D, Morales, V. The sapota, biology and cultivation techniques. Ministerio del poder Popular para la Agricultura y Tierras, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela, 2013. <https://docplayer.es/78489012-El>

- nispero-biologia-y-tecnicas-de-cultivo-norkys-meza-damaso-bautista-victoria-morales-publicacion-divulgativa-inia.html
- Kulkarni A, Policegoudra R, Aradhya S. Chemical composition and antioxidant activity of sapota (*Achras sapota* Linn.) fruit. *J Food Biochem*. 2007; 31: 399-414.
- Yahia E, Gutierrez-Orozco F. Sapodilla (*Manilkara achras* (Mill) Fosb., syn *Achras sapota* L.). Elhadi M. Yahia, Ed. In: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2011, pp. 351-363.
- Meena R, Prasad K, Ganesan M, Siddhanta A. Superior quality agar from *Gracilaria* species (*Gracilariales*, *Rhodophyta*) collected from the Gulf of Mannar, India. *J Appl Phycol*. 2008; 20: 397-402.
- Freile-Pelegrín Y, Robledo D. Influence of alkali treatment on agar from *Gracilaria* cornea from Yucatán, México. *J Appl Phycol*. 1997; 9: 533-539.
- COVENIN 924. Venezuelan standard. Fruits and derived products. Determination of soluble solids by refractometry. Ministry of development, Caracas, Venezuela, 1983. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/924-83.pdf>
- COVENIN 1315. Venezuelan standard. Alimentos. Determination of pH (ionic acidity). Ministry of development, Caracas, Venezuela, 1979. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1315-79.pdf>
- COVENIN 977. Venezuelan standard. Fruit pulp. General considerations. Ministry of development, Caracas, Venezuela, 1983. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/977-83.pdf>
- COVENIN 2005. Venezuelan standard. Strained and chopped foods, packaged for infants. Ministry of development, Caracas, Venezuela, 1994. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2005-94.pdf>
- Codex Alimentarius CODEX STAN 79. Codex standard for compotes, jellies and jams. Washington, DC, USA, 1981. http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCPFV/ccpfv22/pf22_07s.pdf
- Schmidt-Hebbel, H. Advances in food additives and food regulation: chemical and technological applications and comments. Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990. p. 55. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121409>
- Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 16 th Ed. Association of official analytical chemists. Washington DC, USA. 1995.
- COVENIN 1193. Venezuelan standard Alimentos. Determination of chlorides. Ministry of development, Caracas, Venezuela, 1981. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1193-81.pdf>
- COVENIN 1337. Venezuelan standard. Method for counting molds and yeasts. Ministry of development, Caracas, Venezuela, 1990.25. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1337-1990.pdf>
- COVENIN 1086. Venezuelan Standard. Method for counting coliform bacteria in Petri dishes. Ministry of development, Caracas, Venezuela, 1984. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1086-84.pdf>
- COVENIN 902 Venezuelan Standard. Method for counting colonies of aerobic bacteria in Petri dishes. Ministerio de Fomento, Caracas, Venezuela, 1987. <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/902-87.pdf>
- Espinosa, J. Sensory evaluation of food. Editorial Universita, La Habana, Cuba, 2007.
- FAO/WHO. Properties, manufacture and application of

- seaweed polysaccharides - agar, carrageenan and algin. Food and Agriculture Organization of the United Nations- World Health Organization, China, 1990. <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab730e/AB730E03.htm>
27. Alborno Y, Sulbarán B, Ojeda G, Nava R, Fernández Y, Delgado J et al. Physicochemical characterization and mineral content of sapota (*Achras sapota* L.) pulp. *Bol Cen Invest Biol.* 2008; 42: 229-242.
 28. Jadhav S, Swami S, Pujari K. Study the physico-chemical properties of sapota (*Achras sapota* L.). *Trends Tech Sci Res.* 2018; 3: 555-605.
 29. NMX-F-460-1986 30. Mexican standard. Food for infants and young children. Strained and chopped fruits, Dirección general de normas, México, 1986 <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-460-1986.PDF>
 30. Perozo R, Ramírez-Villalobos M, Ballesteros A, Rivero G. Soaking time and planting depth of seeding criollo sapodilla rootstock (*Manilkara zapota* (Van Royen) (Jacq) Gill) Sapotaceae. *Rev Fac Agron.* 2003; 20: 10-20.
 31. Peiris K. Sapodilla *Manilkara zapota* L. van Royen. In: Pushpakumara DK, Gunasena HP, Singh VP, editors. Underutilized fruit trees in Sri Lanka. World Agroforestry Centre, New Delhi, India, 2007, p. 191. https://www.researchgate.net/publication/261707049_CHAPTER_6_SAPODILLA_Manilkara_zapota_L_van_Royen/link/0f31753519cfa3f2fa000000/download
 32. Camayo-Lapa B, Quispe-Solano M, De La Cruz-Porta E, Manyari-Cervantes G, Espinoza-Silva C, Huamán-De La Cruz A. Pumpkin (*Cucurbita maximum* Dutch.) compote for infants, functional, low cost, preservative-free and of considerable shelf life: rheological, sensory, physicochemical, nutritional, and microbiological characteristics. *Sci Agropecu.* 2020; 11: 203-212.
 33. Parra-Huertas, R. Physical-chemical and sensory characterization of compote from gulupa (*Passiflora edulis*), starch sag (*Canna edulis*) and stevia. *Vitae.* 2012; 19: 219-221.
 34. Marrugo Y, Rios-Dominguez I, Martínez C, Severiche-Sierra C, Jaimes J. Elaboration of a compote using as thickener the starch of the Zaragoza bean (*Phaseolus lunatus*). *RIAA.* 2017; 8: 119-125.
 35. Fuenmayor R. Developing of a fruit type baby food rich in proteins. *Rev Cien Tech Agrollania.* 2009; 6: 25-32.
 36. Pérez M, Ferradas A, Rodríguez F. Effect of the formula of compote for infants based on quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), soy milk (*Glycine max*), mango (*Mangifera indica* L.) and peach (*Prunus persica* L.) on the physicochemical and sensory properties. *Pueblo Cont.* 2016; 27: 409-417.
 37. Calanche J. Cultural influences on the Venezuelan diet. *An Venez Nutr.* 2009; 22: 32-40.
 38. Ospina M, Sepulveda J, Restrepo D, Cabrera K, Suárez H. Influence of gum xanthan and guar on the rheological properties of cocoa- flavored milk beverage. *Rev Bio Agro.* 2012; 10: 51-59.