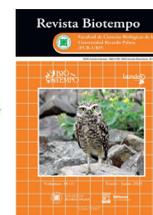


Biotempo (Lima)

latindex  
catálogo



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

## PHYSICOCHEMICAL RHEOLOGY OF FRUIT SYRUP (HONEY) FOR NOUGAT

## REOLOGÍA FÍSICOQUÍMICA DEL JARABE DE FRUTA (MIEL) PARA TURRÓN

Olegario Marín-Machuca<sup>1,2\*</sup>; José Iannacone<sup>3,4</sup>; Fredy Aníbal Alvarado-Zambrano<sup>5</sup>; Ahuber Omar Vásquez-Aranda<sup>6</sup>; José Eduardo Candela-Díaz<sup>7</sup> & Alexander Quispe-Quispe<sup>8</sup>

- <sup>1</sup> Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura. Grupo de Investigación Sostenibilidad Ambiental (GISA). Escuela Universitaria de Posgrado. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú.
  - <sup>2</sup> Escuela Profesional de Ingeniería de los Alimentos, Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos (FIPA), Universidad Nacional del Callao (UNAC), Lima, Perú.
  - <sup>3</sup> Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela de posgrado (EPG). Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.
  - <sup>4</sup> Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA), Escuela Universitaria de Posgrado. Universidad Nacional Federico Villarreal (EUPG –UNFV), Lima, Perú.
  - <sup>5</sup> Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Huaraz, Perú.
  - <sup>6</sup> Laboratorio de Geografía y Medio Ambiente. Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo. Universidad Nacional Federico Villarreal UNFV. Lima, Perú.
  - <sup>7</sup> Laboratorio de Tecnología de Alimentos. Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Lima, Perú.
  - <sup>8</sup> Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Ica, Perú.
- \* Corresponding author: [omarin@unfv.edu.pe](mailto:omarin@unfv.edu.pe)

Olegario Marín-Machuca: <https://orcid.org/0000-0001-7615-0986>

José Iannacone: <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

Fredy Aníbal Alvarado-Zambrano: <https://orcid.org/0000-0002-7213-656x>

Ahuber Omar Vásquez-Aranda: <https://orcid.org/0000-0002-2873-6752>

José Eduardo Candela-Díaz: <https://orcid.org/0000-0002-4198-5745>

Alexander Quispe-Quispe: <https://orcid.org/0000-0002-3822-6959>

### ABSTRACT

The rheological properties of different liquid foods and especially of fruit-based syrups depend on different aspects, among which are composition and temperature. One of the most influential aspects is the water content of the syrup and, in general, when the moisture content increases, the viscosity of the fruit syrup decreases. The objective of this work was to determine the physicochemical rheology of the fruit syrup (honey) for the Peruvian nougat “Doña pepa”, to ob-

tain the best percentage of synergism of the xanthan and tara gums, and the most suitable formulation for the fruit syrup. Six concentrations of 0.60 %, 0.80 %, 1.00 %, 1.20 %, 1.20 %, 1.40 % and 1.60 % were determined for the two gums. At each of these percentages the apparent viscosity was determined, thus characterizing the flow behavior of the product. The results of pH, soluble solids, and dynamic viscosity of the continuous phase for the temperature concentration (TZ) treatment are shown in tabular form. The most suitable viscosity of the fruit syrup for Doña pepa nougat at different percentages of gums (xanthan and tara) was determined at a temperature of 22°C and a concentration of 84°Brix. It was concluded that xanthan and tara gums are excellent thickeners for this type of product.

**Keywords:** tara gum – xanthan gums – syrup – percentage – rheology – rheology

## RESUMEN

Las propiedades reológicas de los distintos alimentos líquidos y especialmente de los jarabes a base de frutas dependen de distintos aspectos, dentro de los cuales están la composición y la temperatura. Uno de los aspectos que influyen en mayor grado es el contenido de agua del jarabe y, en general cuando el contenido de humedad se incrementa la viscosidad del jarabe de frutas disminuye. El objetivo de este trabajo fue determinar la reología fisicoquímica del jarabe de fruta (miel) para el turrón peruano de “doña pepa”, para así obtener el mejor porcentaje de sinergismo de las gomas de xantan y de tara, y la más adecuada formulación para el jarabe de frutas. Para las dos gomas fueron determinadas seis concentraciones de 0,60 %, 0,80 %, 1,00 %, 1,20%, 1,40 % y 1,60%. En cada uno de estos porcentajes se determinó la viscosidad aparente, llegando a caracterizar el comportamiento de flujo del producto. Los resultados de pH, sólidos solubles y viscosidad dinámica de la fase continua para el tratamiento temperatura concentración (TZ), son mostrados tabulados. La viscosidad más idónea del jarabe de fruta para el turrón de Doña pepa a diferentes porcentajes de goma (xantan y tara) fue determinado a una temperatura de 22°C y a una concentración de 84°Brix. Se ha concluye que las gomas xantan y tara son excelente espesantes para este tipo de productos.

**Palabras clave:** goma de tara – gomas xantan – jarabe – porcentaje – reología

## INTRODUCCIÓN

La reología se define como el estudio de la deformación y flujo de materia; pero esta definición se puede expresar también como el estudio de la relación entre el esfuerzo aplicado a un material y la deformación que sufre dicho material (Orellana-Palma *et al.*, 2020). Basado en esto, si un material se deforma, pero no fluye cuando se aplica un esfuerzo, se tiene un material sólido; si el material fluye cuando se aplica un esfuerzo muy pequeño (en términos matemáticos: un diferencial de esfuerzo), entonces se trata de un fluido (Abdullah *et al.*, 2020).

Los materiales más utilizados en las películas biodegradables son los polisacáridos proteicos y lípidos, incluyendo almidón, celulosa, alginato, gomas, quitosano, pectina, caseína, zeína, gluten, queratina, albúmina, ceras y aceites minerales (Cortez-Vega *et al.*, 2014; Diéguez *et al.*, 2015 De Morais *et al.*, 2017).

Uno de los modelos más comúnmente usados y de aplicación general para ajustar a los datos experimentales y expresar cuantitativamente el comportamiento de flujo

de los fluidos inelásticos independientes del tiempo es el modelo propuesto por Herschel Buckley (Dogan & Kokini, 2012), dado por la expresión:

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n + \tau_0$$

Los resultados de diversas investigaciones sugieren que algunas propiedades fisicoquímicas, factores reológicos como el índice de fluencia y factor de consistencia de los zumos de frutas, néctares y jarabes pueden estar fuertemente relacionadas entre sí (Constenla *et al.*, 1989; Wilczyński *et al.*, 2019; Rydzak *et al.*, 2020).

El orden de magnitud de la viscosidad dinámica es de  $10^{-3}$  Pl para la leche y de  $10^{-2}$  Pl para los zumos y otros productos a base frutas; y las ecuaciones de determinación de la viscosidad se pueden representar, dependiendo de los valores que tomen las constantes, comportamientos newtonianos, plásticos de Bingham, pseudoplásticos o dilatantes (Roudot, 2004). La pectina es el componente que ocasiona el efecto de espesamiento en los componentes líquidos o en las sustancias que se requieren manejar su reología, es de esta manera que el contenido de pectina en la fruta

oscila entre el 0,5 y el 4% del peso de la fruta y cuando se extrae el zumo de frutas ricas en pectina por cualquier método tradicional la pectina y la celulosa permanecen unidas entre sí, lo que dificulta la extracción del zumo, resultando, esencial un método de extracción alternativo para aumentar la recuperación de zumo con una calidad nutricional adecuada; llegando a determinar que la extracción de zumos de fruta asistida por enzimas está ganando popularidad entre las industrias de alimentos, debido a que puede ser un posible método alternativo para conseguir una mejor recuperación del zumo (Abdullah *et al.*, 2020).

Si imaginamos una situación en la cual en un extremo situamos el sólido ideal (aquel que sigue la ley de Hooke) y en el extremo opuesto situamos el fluido ideal (aquel que sigue la ley de Newton de los fluidos), entonces podemos clasificar los sólidos y los fluidos de acuerdo con su cercanía o lejanía de lo ideal (González *et al.*, 2017). Una manera de lograr esta clasificación es mediante el uso de un número adimensional denominado número de Déborah. Para efectos prácticos, si el número de Deborah es mucho menor que uno se habla de un fluido, y si el número de Déborah es mucho mayor que uno se habla de un sólido (Khan & Tlili, 2020). Entre el sólido y el fluido ideal existe una región intermedia en la cual algunos materiales bajo ciertas condiciones se comportan como sólidos, y en otras se comportan como fluidos (en iguales condiciones de presión y temperatura), lo único que varía es el tiempo en el cual ocurre el proceso. Dichos materiales se clasifican como viscoelásticos (viscoso-elásticos), y presentan un número de Deborah del orden de 0,6 (Andía, 2019).

Actualmente, existen tres procedimientos de crioconcentración (CC) a nivel industrial, semiindustrial y de laboratorio: (i) suspensión (SCC), (ii) progresiva (PCC), y (iii) crioconcentración en bloque (BCC); en la cual la BCC, la solución líquida se congela por completo; a continuación, el bloque se descongela y, finalmente, el crio concentrado se separa de la fracción de hielo y la BCC utiliza tres pasos: congelación completa, descongelación y separación, que precisamente, la etapa final en la BCC se ha llevado a cabo mediante descongelación pasiva o con la ayuda de técnicas asistidas acopladas al sistema BCC para mejorar algunos parámetros del proceso como la eficiencia, el rendimiento del soluto y/o el porcentaje de concentrado (Orellana-Palma *et al.*, 2020).

Kobus *et al.* (2019) mencionan que el comportamiento de flujo no newtoniano, independiente del tiempo se puede ajustar mejor a un fluido plástico de Bingham y el carácter reológico de los alimentos líquidos depende de muchos parámetros como la claridad, el contenido de

sólidos solubles y método de extracción y conservación; además de que los alimentos líquidos clarificados se comportan como fluidos newtonianos tanto a temperaturas positivas como a temperaturas bajo cero y que los alimentos líquidos turbios cambian su comportamiento reológico con la concentración, presentando comportamiento newtoniano con un contenido de sólidos solubles inferior a 10°Brix mientras que hasta los 50°Brix se comporta como un fluido no newtoniano.

Algunos autores han determinado la existencia de un esfuerzo mínimo de deformación inicial, con lo cual el comportamiento reológico puede asimilarse a los modelos de Herschel-Buckley, Mizhari-Berk, o a un modelo modificado de Casson. En la mayoría de los casos este parámetro resulta tener valores pequeños de difícil medición, siendo más simple a los efectos de cálculos de ingeniería asimilar al comportamiento de un fluido pseudoplástico, a pesar de que exista de hecho un finito (Barreiro *et al.*, 2016).

La determinación total del comportamiento viscoso de los fluidos no newtonianos de manera experimental es complicada, puesto que es necesario hacer mediciones en un amplio intervalo de valores de rapidez de deformación (o de esfuerzo de corte); que usualmente se utilizan diferentes equipos (viscosímetros de cono y plato, plato y plato, cilindros concéntricos o de capilar), los cuales hoy en día están diseñadas para abarcar un intervalo muy amplio de mediciones (Méndez-Sánchez *et al.*, 2017).

Existe un efecto cuantitativo considerable de la temperatura y concentración de sólidos solubles en la viscosidad de soluciones de sacarosa, estudio que se analizó a siete temperaturas (5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C, 55 °C y 65 °C) y cuatro concentraciones en sólidos solubles (35 ° Brix, 45 ° Brix, 55 ° Brix y 65 ° Brix), sobre la viscosidad de soluciones de sacarosa, determinada en un reómetro de cilindros concéntricos (Andía, 2019).

Méndez *et al.* (2017) mencionan que el comportamiento viscoso de los fluidos no newtonianos es mucho más complejo de lo que se ha descrito hasta ahora. En mención a esto se pueden encontrar fluidos cuya viscosidad a valores de rapidez de deformación relativamente bajas (en algunos casos  $\tau \leq 1$ ), puede considerarse constante e independiente de la rapidez de deformación, es decir, muestra un comportamiento newtoniano. Para valores de rapidez de corte de intermedios ( $1 \leq \tau$ ), presentan un comportamiento altamente no newtoniano caracterizado por el modelo de ley de potencias (o algún otro modelo). Para valores de rapidez de deformación relativamente altos ( $1 \ll \tau$ ), el comportamiento vuelve a ser newtoniano.

Mora *et al.* (2013) mencionan que el conocimiento de las propiedades reológicas de alimentos fluidos como los jarabes, semisólidos y de las salsas es de especial interés en la industria alimenticia, y las diferentes formulaciones específicas del jarabe pueden ser influenciadas por la adición de diferentes coloides, que al adicionar estos últimos modifican la textura y brindan características específicas en diversas formulaciones alimenticias; dando lugar a altas viscosidades a bajas concentraciones ( $\leq 1\%$ ) y son de estudio complejo, lo que hace que su descripción a través de correlaciones matemáticas sea de gran interés.

Las determinaciones reológicas pueden efectuarse en la zona elástica, por debajo del valor de deformación elástica, o por encima de éste, en la zona plástica; además se pueden señalar cuatro razones fundamentales que justifican el estudio del comportamiento de los alimentos, los que se pueden resumir en: 1) contribuye al conocimiento de su estructura, 2) la medida reológica de materias primas y de productos en elaboración es de gran utilidad para el control de los procesos, 3) el conocimiento de las características y parámetros reológicos de los productos es necesario en la ingeniería de los procesos para el diseño o selección de equipos, y 4) las características reológicas influyen de forma muy considerable en el grado de aceptación del producto (Chiralt *et al.*, 2012). Los estudios del primer tipo son escasos, porque, en esta región, las medidas ofrecen poco interés tecnológico y porque son pocos los productos reales que se comportan, en esta región, como un cuerpo elástico ideal. A veces pueden utilizarse técnicas idénticas a las empleadas para el estudio reológico de productos sólidos, pero es evidente que deben utilizarse tensiones muy bajas, inferiores al valor de  $\sigma$ ; para el estudio del comportamiento elástico puede usarse el viscosímetro cilíndrico concéntrico, que permite obtener los módulos elásticos y valores altos de viscosidad (Méndez-Sánchez *et al.*, 2017).

El turrón de Doña pepa es un tradicional dulce limeño, turrón de miel y caramelo que consiste en una masa de harina crocante en forma de barras cilíndricas cubiertas de miel y caramelo, que se acostumbra a preparar en ocasión de la procesión del señor de los milagros. En cuanto al jarabe, se puede decir que no es nada más que el azúcar disuelto en agua, más o menos denso según la cantidad de agua añadida al azúcar. El jarabe está compuesto, además, por jugo de fruta o infusión de hierba o perfumes diversos de donde toma el nombre (Bourdon, 2014).

Se analizó el efecto de las dos gomas (xantán y tara) y se observó que la goma xantán induce un mayor efecto de espesamiento en comparación con la goma de tara en todas las concentraciones del estudio. Además, la

temperatura presenta un efecto relevante en el flujo del jarabe, y la concentración del azúcar es el factor más influyente en el comportamiento reológico del jarabe (Ahmada *et al.*, 2020).

La goma xantán es un polímero de origen natural producido por fermentación aeróbica sumergida de un cultivo puro de *Xanthomonas campestris* (Pammel, 1895) Dowson, 1939 básicamente, formado por unidades repetidas de pentasacáridos  $\beta$ -D-glucosa con un enlace 1 a 4, formando la cadena principal. La cadena lateral está compuesta por ácido  $\beta$ -D-manosa-(1,4)- $\beta$ -D-glucurónica y (1,2)- $\alpha$ -D-manosa (Fitzpatrick *et al.*, 2013).

El propósito del estudio fue determinar la reología fisicoquímica del jarabe de fruta (miel) para el turrón peruano de "doña pepa", para así obtener el mejor porcentaje de sinergismo, entre las composiciones de las gomas xantán y de tara, y determinar, de forma cuantitativa, la mejor formulación para el jarabe y usarla en la preparación del turrón de Doña Pepa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Materiales:** En la optimización del jarabe de frutas para turrón los materiales fueron básicamente, la goma xantán (GX) y goma de tara (GT) en porcentajes de 0,60 %, 0,80 %, 1,00 %, 1,20%, 1,40 % y 1,60%). Estos porcentajes se utilizaron en las diferentes formulaciones del jarabe, analizando la viscosidad aparente en función de la velocidad de deformación y del esfuerzo de corte. El grado de dulzura del jarabe de fruta para turrón de "Doña pepa" se ha medido de acuerdo con los °Brix (que es una medida de la cantidad de sólidos disueltos que hay en un líquido, que se usa sobre todo para medir la azúcar disuelta). Se llegó por esta relación a caracterizar el comportamiento de flujo del producto y la determinación del umbral de fluencia. Fueron necesarios los siguientes materiales: azúcar blanca refinada, marca Paramonga, jugo de frutas mixtas (durazno, variedad Carson; membrillo, variedad Común y piña, variedad Sativus), gomas de xantán (CAS:11138-66-2N) y de tara (CAS:39300-88-4), ácido tartárico (CAS:87-69-4), color amarillo huevo (CAS:1934-21-0), y color rojo (CAS:3567-69-9).

**Procedimiento.** Se formuló un diseño experimental para obtener el mejor porcentaje de gomas en la elaboración del jarabe de fruta para turrón, para la cual se realizaron seis formulaciones de 0,60 %, 0,80 %, 1,00 %, 1,20%, 1,40 % y 1,60%, respectivamente. Se realizaron los análisis fisicoquímicos para la determinación del pH,

de los sólidos solubles, de azúcar invertida. Los análisis reológicos (índice de fluencia, de consistencia y viscosidad dinámica) y principalmente el tratamiento estadístico de los datos experimentales. Entre los quipos que se utilizaron, podemos citar: reómetro Brookfield modelo DV Ultra, potenciómetro con electrodo de vidrio, refractómetro marca Zeiss, y balanza analítica marca OHAUS, entre otros de laboratorio.

**Bases del diseño.** El diseño experimental se basó en obtener el mejor porcentaje de sinergismo (es decir el efecto total de las gomas es mayor que la suma de sus efectos individuales) entre GX(Goma xantán) y GT(Goma tara), la mejor formulación para el jarabe (dado en porcentaje) y para el análisis reológico. El sinergismo entre las GX y GT fue medido por el índice de consistencia de dichas gomas. El diseño para obtener el mayor porcentaje de sinergismo entre las GX y de GT se muestra a continuación,

- $T_1: GX = 100; GT = 0$
- $T_2: GX = 70; GT = 30$
- $T_3: GX = 60; GT = 40$
- $T_4: GX = 50; GT = 50$
- $T_5: GX = 40; GT = 60$
- $T_6: GX = 30; GT = 70$
- $T_7: GX = 0; GT = 100$

Diseño para obtener el mejor porcentaje total GX y de GT, en la elaboración del jarabe.

- $TY_1: GX + GT = 0,6\%$
- $TY_2: GX + GT = 0,8\%$
- $TY_3: GX + GT = 1\%$
- $TY_4: GX + GT = 1,2\%$
- $TY_5: GX + GT = 1,4\%$
- $TY_6: GX + GT = 1,6\%$

**Aspectos éticos:** Los autores señalan que se cumplieron todos los aspectos éticos a nivel nacional e internacional.

## RESULTADOS

Los resultados de pH y sólidos solubles, de la fase continua, para la muestra representativa de gomas xantán y tara (TZ); siendo TZ, el tratamiento T6 mostrado en la tabla 1. El tratamiento temperatura concentración (T6), con 30% de GX y 70% GT resultó ser la mas apropiada; en virtud que tiene mayor viscosidad dinámica y al mismo tiempo se prevé el mayor índice de consistencia. El tratamiento T6 fue complementado en su composición, en la cual la formulación que se llegó a determinar para obtener el jarabe de fruta para el turrón fue de: azúcar 66,60 %, jugo de fruta 33,30% y goma (xantán y tara) 0,08%.

**Tabla1.** Datos de pH y sólidos solubles para el tratamiento T6.

Análisis	TZ
pH	4,12
Sólidos solubles (°Brix)	84,00

La viscosidad aparente del jarabe de fruta a diferentes combinaciones de porcentajes de GX y GT, a 22°C y 84°Brix se muestran en la tabla 2.

A temperatura de 22 °C y 30 °Brix, las viscosidades de las GX y GT fueron de 54 y 65 Pa. s; respectivamente;

mientras que la viscosidad de la mezcla de dichas gomas resultó ser de 185 Pa.s., estableciendo el concepto de sinergismo.

**Tabla 2.** Datos de viscosidad del jarabe de fruta a diferentes porcentajes de gomas, xantan y tara, y a 22°C y 84°Brix. T= tratamiento.

Muestra	% de gomas	Viscosidad aparente (Pa. s)
T1	100% GX	233,33
T2	70%GX-30%GT	309,50
T3	60%GX-40%GT	281,83
T4	50%GX-50%GT	192,46
T5	40%GX-60%GT	316,50
T6	30%GX-70%GT	456,50
T7	100%GT	200,17

Las anotaciones de T1 A T7; son los tratamientos del diseño experimental; mostrados en la tabla 2.

pepa a diferentes porcentajes de goma a 22°C y 84°Brix, se muestran en la tabla 3.

La viscosidad del jarabe de fruta para el turrón de doña

**Tabla 3.** Datos de viscosidad dinámica del jarabe para turrón de doña pepa a 22°C y 84°Brix; en función del % total de gomas.

Muestra	% total de goma	Viscosidad Pa. s
TY1	0,6	273,17
TY2	0,8	332,50
TY3	1,0	328,00
TY4	1,2	341,67
TY5	1,4	348,63
TY6	1,6	281,17

Las anotaciones de TY1 a TY6; son los tratamientos realizados para T6; mostrados en la tabla 3.

la GT, la cual se comporta como un aditivo natural, resaltando su alta fuerza de adhesividad; coincidiendo con lo reportado por Andia (2019).

Los porcentajes de la formulación óptima que se determinó para obtener las características reológicas para el jarabe de fruta para el turrón de "Doña pepa" es, esencialmente, azúcar 66,60 %, jugo de fruta 33,30% y goma (xantan y tara) 0,08%.

La obtención de productos y subproductos a base de diferentes frutas, bien por medios mecánico o por enzimas, está ganando popularidad y aplicación entre las industrias de alimentos líquidos, debido a que pueden ser posibles métodos alternativos para conseguir una mejor recuperación de néctares, zumos y jugos; coincidiendo, en gran medida, con lo mencionado (Abdullah *et al.*, 2020).

## DISCUSIÓN

El sinergismo (que se presenta cuando el efecto total de las dos gomas es mayor que la suma de sus efectos individuales) entre los tratamientos T1 a T7 con diferentes concentraciones de GX y GT, muestran que el tratamiento T6 tiene los valores más altos de viscosidad dinámica, coincidiendo con el efecto viscoso que aporta

Sobre alimentos líquidos, y específicamente el jarabe a base de frutas, se puede decir que no es nada más que el azúcar disuelto en agua, más o menos denso según la cantidad de agua añadida al azúcar con el porcentaje de goma óptimo, tanto para GX y GT, para una concentración del 84°Brix entre concentraciones totales de 0,6% a 1,6% resultó ser de mayor viscosidad dinámica que las

concentraciones de 1,2% y 1,4%; afirmando lo que menciona Bourdon (2014). Así mismo, el análisis viscosimétrico de TZ da un comportamiento no newtoniano e independiente del tiempo, ajustándose mejor a la ecuación de Bingham y por lo tanto el jarabe para turrón de Doña pepa es un fluido plástico de Bingham, coincidiendo con lo registrado por Dogan & Kokini (2012) y, el análisis del umbral de fluencia al tratamiento TZ tiene un valor relativamente alto; siguiendo regularmente lo señalado por Méndez-Sánchez *et al.* (2017).

La temperatura juega un papel importante en los aspectos y cuantificaciones reológicas de los alimentos líquidos como lo hace en el jarabe de frutas para turrón, presentando un efecto relevante en el flujo del jarabe; dentro de intervalos cortos de temperatura. La concentración del azúcar es el factor más influyente en el comportamiento reológico de los alimentos líquidos, coincidiendo con lo registrado por Ahmada *et al.* (2020). Del estudio realizado, se puede concluir que llegó a determinar la reología fisicoquímica del jarabe para turrón de "Doña pepa", que la formulación óptima, con mejores características reológicas para el jarabe de fruta para el turrón de Doña pepa es azúcar 66,60%, jugo de fruta 33,30% y goma (xantán y tara) 0,08%; que la goma de tara no gelifica por sí misma, sólo presenta propiedades espesantes y que a su vez una combinación de las dos gomas (xantán y tara) produce por calefacción y enfriamiento un gel muy elástico, obteniendo en el T6, los valores más altos en viscosidad.

El análisis de viscosidad dinámica nos refleja que la fórmula con cantidad de goma (xantán y tara) presentó mejores características en el jarabe de fruta para turrón de doña pepa, dándole mejor textura y estabilidad; que el comportamiento de flujo del tratamiento TZ corresponde a un tratamiento no newtoniano, independiente del tiempo y ajustándose mejor a un fluido plástico de Bingham, y que en el análisis de umbral de fluencia al tratamiento TZ tiene un valor considerable y dentro lo esperado, la cual confirma que es un flujo plástico. Así mismo, podemos recomendar realizar estudios reológicos más profundos sobre productos similares y evaluar objetivamente otros parámetros reológicos, realizar otras investigaciones sobre estabilidad y tiempo de vida útil del producto final, y realizar en el turrón de Doña pepa estudios más profundos sobre el sinergismo de este tipo de productos y precisar, con más decimales, las concentraciones de las formulaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, S.; Pradhan, R.C.; Pradhan, D. & Mishra, S. 2020. Modeling and optimization of pectinase-assisted low-temperature extraction of cashew apple juice using artificial neural network coupled with genetic algorithm. *Food Chemistry*, 339: 127862.
- Ahmada, S.; Marson, G.V.; Zeba, W.; Rehman, W.U.; Younas, M.; Farrukh, S. & Rezakazemi, M. 2020. Mass transfer modelling of hollow fiber membrane contactor for apple juice concentration using osmotic membrane distillation. *Separation and Purification Technology*, 250: 117209.
- Andia, C.L. 2019. *Caracterización reológica y modelamiento matemático del jarabe de Stevia (Stevia rebaudiana bertonii)*. Tesis para optar el grado académico de maestra en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Barreiro, J.; Sandoval, A.; Guédez, A. & Luciani, Y. 2016. Comportamiento reológico de concentrados de tomate: efecto de la temperatura y la concentración. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 46: 224-229.
- Bourdon, J. 2014. *Los mejores métodos para fabricar jarabes, bebidas y gaseosas, vinos y sidra*. Ed. Barcelona.
- Constenla, D.T.; Lozano, J.E. & Crapiste, G.H. 1989. Thermophysical properties of clarified apple juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Science*, 54: 663-668.
- Cortez-Vega, W.R.; Pizato, S.; Souza, J.T.A. & Prentice, C. 2014. Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut *Formosa papaya*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22: 197-202.
- Chiralt, A.; Martínez, N.; Gonzales, Ch.; Talens, P. & Moraga, G. 2012. *Propiedades físicas de los alimentos*. Editorial Universitaria Politécnica de Valencia.
- De Morais, L.M.; Carneiro, L.C.; Bianchini, D.; Guerra-Días, R.; da Rosa-Zavareze, E.; Prentice, C. & da

- Silveira-Moreira, A. 2017. Structural, thermal, physical, mechanical, and barrier properties of chitosan films with the addition of xanthan gum. *Journal of Food Science*, 82: 698-705.
- Diéguez, M.C.V.; Pelissari, F.P.; Sobral, P.A. & Menegalli, F.C. 2015. Effect of process conditions on the production of nanocomposite films based on amaranth flour and montmorillonite. *LWT - Food Science and Technology*, 61: 70-79.
- Dogan, H. & Kokini, J.L. 2012. *Rheological properties of foods*. pp. 1-124. En: *Handbook of food engineering*. Ed.: Heldman, D.R. & Lund, D.B. (Ed.). 2<sup>nd</sup> CRC Press. Taylor and Francis Group.
- González, Y.S.; Dunia-Amair, E. R. & Pérez-Rodríguez, J. A. 2017. Prototipo didáctico para el aprendizaje de la mecánica en los laboratorios de física universitaria mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos. *Revista Educación en Ingeniería*, 12: 9-14.
- Khan, S.U. & Tlili, I, 2020. Significance of activation energy and effective Prandtl number in accelerated flow of jeffrey nanoparticles with gyrotactic microorganisms. *Journal of energy resources technology*, 142: 112101.
- Kobus, Z.; Nadulski, R.; Wilczyński, K.; Starek, A.; Zawisłak, K.; Rydzak, L. & Andrejko, D. 2019. Modeling of rheological properties of cloudy apple juice using master curve. *CYTA – journal of food*, 17: 648–655.
- Méndez-Sánchez, A.; Pérez-Trejo, L. & Paniagua, A. 2017 Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette). *Latin-American Journal of Physics Education*, 4: 237- 253.
- Mora, F; Barraza, G. & Obregón, J. 2013. Sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara scolymus* L.). *Scientia Agropecuaria*, 4: 163-172
- Orellana-Palma, P; Lazo-Mercado, V; Gianelli, M.P; Hernández, E.; Rommy N. Zúñiga, R.N. & Petzold, G. 2020. Influence of Cry concentration on quality attributes of apple juice (*Malus domestica* cv. Red Fuji). *Applied Sciences*, 10: 959.
- Roudot, C.A. 2004. *Reología y análisis de la textura de los alimentos*. Ed. Acribia, S.A.
- Rydzak, L.; Kobus, Z.; Nadulski, R.; Wilczynski, K.; Pecyna, A.; Santoro, F; Sagan, A.; Starek-Wójcicka, A. & Krzywicka, M. 2020. Analysis of selected physicochemical properties of commercial apple juices. *Processes*, 8: 1457.
- Wilczyński, K.; Kobus, Z. & Dzik, D. 2019. Effect of press construction on yield and quality of apple juice. *Sustainability*, 11: 3630.

Received March 21, 2021.

Accepted May 27, 2021.