

## **EMPLEO DE MUCÍLAGO DE MELLOCO (*ULLUCUS TUBEROSUS* LOZ.) EN LA CLARIFICACIÓN DE NÉCTAR DE NARANJILLA (*SOLANUM QUITOENSE* LAM.)**

*Jaime O. Rojas\**, Alex S. Nicolalde, Sandra M. Iza, Franklin A. Molina y Mario A. García  
*Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi.*  
*Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido, Sector San Felipe, Latacunga, Ecuador.*  
*E-mail: jaime.rojas@utc.edu.ec*

*Recibido: 14-05-2019 / Revisado: 29-05-2019 / Aceptado: 08-06-2019 / Publicado: 23-08-2019*

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se evaluó la influencia del mucílago de melloco (*Ullucus tuberosus* C.) en la clarificación de un néctar de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) en relación a la concentración de mucílago, velocidad y tiempo de agitación mediante el método de optimización numérica a través de un diseño de superficie de respuesta IV Óptimo, de forma tal que el néctar presentara la menor turbidez y mayor índice de sabor. La clarificación del néctar de naranjilla con el empleo del mucílago redujo la turbidez desde 3254 hasta 1398 NTU. Tanto la velocidad de agitación como la concentración de mucílago incidieron ( $p \leq 0,05$ ) sobre la turbidez del néctar, mientras que solo el tiempo de clarificación influyó ( $p \leq 0,05$ ) en el índice de sabor.

**Palabras clave:** *Ullucus tuberosus*, *Solanum quitoense*, néctar, mucílago, clarificación.

### **ABSTRACT**

**Use of melloco (*Ullucus tuberosus* C.) mucilage in the naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) nectar clarification**

In the present work, the influence of the melloco (*Ullucus tuberosus* C.) mucilage in the clarification of a naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) nectar in relation to the mucilage concentration, speed and time of agitation was evaluated by the numerical optimization method through an optimal IV response surface design, in such a way that the nectar will have the lowest turbidity and highest flavor index. The clarification of the naranjilla nectar with the use of the mucilage reduced the turbidity from 3254 to 1398 NTU. Both the speed of agitation and mucilage concentration affected ( $p \leq 0.05$ ) on the turbidity of the nectar, while only the clarification time influenced ( $p \leq 0.05$ ) on the flavor index.

**Keywords:** *Ullucus tuberosus*, *Solanum quitoense*, nectar, mucilage, clarification.

### **INTRODUCCIÓN**

La naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.), fruta climatérica andina, es una de las más apetecidas en Ecuador, debido a su sabor y color, además de su valor nutritivo y capacidad antioxidante (1), que la hacen atractiva en comparación con otros productos. Se consume en forma fresca y en helados, mermeladas, conservas en general y una variedad de postres y confites. Su pulpa representa el 90,5 % (m/m) de la masa del fruto, lo que determina su potencial industrial para la elaboración de bebidas (2).

---

**\*Jaime O. Rojas-Molina:** Químico de Alimentos (Universidad Central del Ecuador, 2007). Magister en Sistemas de Gestión de Calidad (Universidad Central del Ecuador, 2015). Docente en la carrera Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Actualmente se encuentra matriculado en el programa de Doctorado en Ciencias de los Alimentos del Instituto de Farmacia y Alimentos de la Universidad de La Habana.

Los mucílago obtenidos a partir de fuentes vegetales se han empleado en varias aplicaciones en el sector agro-alimentario entre las que se incluye su función como clarificante (3). En este sentido, la presencia de mucílago en el melloco (*Ullucus tuberosus* Loz.), segundo tubérculo de importancia en Ecuador después de la papa (4), ha sido reportada en varios trabajos (5-7). Este mucílago presenta acción espesante (8) y su alta solubilidad en agua le confiere una potencial aplicabilidad industrial, debido a que se considera que las gomas y mucílagos con mayor solubilidad son de mayor calidad (9).

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente trabajo se evaluó la influencia del mucílago de melloco (*U. tuberosus*) en la clarificación de un néctar de naranjilla (*S. quitoense*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la aceptación sensorial de los néctares de naranjilla (*S. quitoense*) en función del porcentaje de pulpa utilizado (40; 50 y 60 % m/m, 18 °Brix y 0,5 % m/m de acidez) en su formulación, se aplicó una prueba sensorial afectiva de nivel de agrado con una escala hedónica verbal de siete puntos desde -me gusta extremadamente- hasta -me disgusta extremadamente-, con la participación de 60 consumidores, entre 19 y 30 años de edad, en cada una de las evaluaciones (10, 11). Cada néctar fue evaluado en sesiones independientes para evitar comparaciones por parte de los participantes.

Los resultados de la evaluación sensorial se sometieron a un análisis de varianza mediante el programa STATISTICA (ver. 7, 2004, StatSoft. Inc., Tulsa, EE.UU.). Cuando se detectó una diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan para comparar las diferencias entre las medias. Además, se determinaron los parámetros de la regresión lineal de aceptación sensorial de los néctares en relación a su porcentaje de pulpa.

Para la extracción del mucílago del melloco (*U. tuberosus*) var. INIAP-Quillu, se realizó el lavado y desinfección del tubérculo previo a su cortado en rodajas de aproximadamente 3 mm para facilitar la liberación del mucílago durante la maceración a 25 °C durante 12 h con una relación melloco/agua de 1 kg por 0,5 L. Posteriormente, se filtró para separar las rodajas del tubérculo de la disolución mucilaginoso, la que presentó un valor de pH de 3,4; 2,9 °Brix y una viscosidad de 20 mPa.s.

Para la optimización del proceso de clarificación del néctar de naranjilla con mucílago de melloco, mediante la prueba de jarras, se empleó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) para el diseño experimental y procesamiento de los resultados, de forma tal que el néctar de naranjilla presentara la menor turbidez y mayor índice de sabor (relación sólidos solubles/acidez valorable). Se utilizó el método de optimización numérica a través de un diseño de superficie de respuesta IV Óptimo, para generar un modelo matemático que describiera el comportamiento de las variables de respuesta.

Los factores evaluados fueron velocidad de agitación (A), concentración de mucílago de melloco (B) y tiempo de proceso (C), mientras que la turbidez e índice de sabor fueron las variables de respuesta. El número total de combinaciones definidas fue 20 corridas, entre las que se incluyeron cinco réplicas. La Tabla 1 muestra el intervalo evaluado para cada uno de los factores y la Tabla 2, la matriz del diseño experimental.

Para la optimización numérica se establecieron restricciones de las variables de respuesta en base a los criterios mencionados anteriormente. Finalmente, se seleccionó una de las soluciones sugeridas, la cual se consideró como las condiciones de clarificación optimizadas. Para comprobar la validez de la optimización, se determinaron la turbidez e índice de sabor del néctar clarificado en las condiciones optimizadas y los resultados se compararon con los valores predichos por la optimización numérica del diseño.

**Tabla 1. Condiciones experimentales seleccionadas para el diseño de experimentos**

Factor	Nomenclatura	Unidad	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Velocidad de agitación	A	min <sup>-1</sup>	Numérica	Discreta	20	50
Concentración de mucílago	B	%	Numérica	Discreta	5	10
Tiempo de proceso	C	min	Numérica	Discreta	30	60

**Tabla 2. Matriz del diseño experimental**

Corrida	Velocidad agitación (min <sup>-1</sup> )	Mucílago (%)	Tiempo (min)
1	50	8	45
2	50	10	30
3	35	8	60
4	20	8	45
5	20	8	45
6	50	5	60
7	35	8	30
8	35	8	45
9	35	10	45
10	20	5	60
11	20	5	30
12	50	10	60
13	50	5	30
14	20	10	60
15	35	5	45
16	35	8	60
17	35	8	45
18	35	8	30
19	35	5	45
20	20	10	30

El néctar clarificado mediante las condiciones optimizadas se envasó en botellas de vidrio ámbar de 300 mL de capacidad, previamente lavadas y esterilizadas, con chapas tipo corona. Por último, el producto se pasteurizó a 80 °C durante 5 min en un baño de agua (Scientz SC-15, China).

Para la evaluación del néctar clarificado, además de la turbidez e índice de sabor determinados como parte de la comprobación de la optimización del proceso de clarificación, se determinaron los contenidos de sólidos totales por gravimetría con una termobalanza (Sartorius MA-40, Alemania) (12), sólidos solubles refractométricos (13), acidez valorable (14), pH (15), proteínas (12), grasas (12), fibras (12), carbohidratos totales (12), sodio (12), azúcares totales (16) y vitamina C (17).

Las coordenadas cromáticas L\*, a\* y b\*, así como la cromaticidad (C\*) y ángulo de tono (h<sub>0</sub>) se determinaron mediante el método espectrofotométrico (18). Para ello, el néctar se centrifugó (Eppendorf 5804 R,

Alemania) a 5 000 min<sup>-1</sup> durante 10 min. El sobrenadante se transfirió a cubetas de cuarzo y se le determinó la absorbancia en el espectro de radiación electromagnética visible (400 a 700 nm) a intervalos de 10 nm con un espectrofotómetro Ray-Leigh UV-1601 (China).

Además, se realizaron conteos de microorganismos aerobios mesófilos (19), mohos y levaduras (20), coliformes totales (21), coliformes fecales (22) y bacterias acidúricas (23). También se evaluó la aceptación sensorial del néctar clarificado como se describió anteriormente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 3 muestra la influencia del porcentaje de pulpa en la aceptación sensorial de néctar de naranjilla. Se observa que al incrementarse el porcentaje de pulpa, disminuyó la aceptación sensorial. La variación de la aceptación sensorial en función del porcentaje de pulpa en la formulación del néctar de naranjilla pudo

ser descrita mediante un modelo lineal ( $p \leq 0,05$ ) que presentó altos valores de los coeficientes de regresión y correlación, respectivamente (Tabla 4).

El néctar sin clarificar presentó una turbidez de 3254 NTU y un índice de sabor igual a 36. En todas las corridas del diseño, la turbidez de los néctares disminuyó, mientras que las variaciones en el índice de sabor se debieron principalmente a la disminución del porcentaje de acidez de los productos luego de realizar la clarificación.

La Tabla 5 muestra la significación del análisis de varianza de la regresión y de los coeficientes estimados para las variables de respuesta turbidez e índice de sabor de los néctares. Se observa que en ambos casos, el modelo lineal resultó significativo con un nivel de confianza del 95 %. El estadígrafo  $R^2$  indicó que los modelos ajustados explicaron el 96,8 y 85,8 % de la variabilidad en la turbidez e índice de sabor de los néctares, respectivamente. Se observa que tanto la velocidad de agitación (A) como la concentración de mucílago (B) incidieron ( $p \leq 0,05$ ) sobre la turbidez de los néctares, mientras que solo el tiempo de clarificación

**Tabla 3. Influencia del porcentaje de pulpa en la aceptación sensorial de néctar de naranjilla**

Pulpa (%)	Aceptación sensorial
40	5,87 (0,8) a
50	5,45 (0,4) b
60	5,03 (0,3) c

Media (Desviación estándar); n = 60.

Letras diferentes indican diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 4. Análisis de regresión lineal para la aceptación sensorial de néctar de naranjilla en función del porcentaje de pulpa**

Modelo	R	$R^2$	$R^2$ ajustado	Valor de p
$y = -0,0435x + 7,635$	0,999	0,999	0,999	0,013

y: aceptación sensorial (escala de siete puntos); x: porcentaje de pulpa (40 a 60 % m/m).

**Tabla 5. Análisis de varianza para la turbidez e índice de sabor de los néctares de naranjilla**

Fuente	Valor p	
	Turbidez	Índice de sabor
Modelo	0,042	0,050
A	0,032	0,562
B	0,043	0,743
C	0,829	0,009
Falta de ajuste	0,809	0,167
$R^2$	96,76	85,76

A: velocidad de agitación; B: concentración de mucílago de melloco; C: tiempo de proceso.

(C) influyó ( $p \leq 0,05$ ) en el índice de sabor. Las ecuaciones de los modelos para cada una de las variables de respuesta son:

$$T = 1671,499 - 156,519 A - 122,726 B + 32,167 C \quad (\text{Ec. 1})$$

$$IS = 38,635 - 0,629 A - 0,348 B - 3,017 C \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

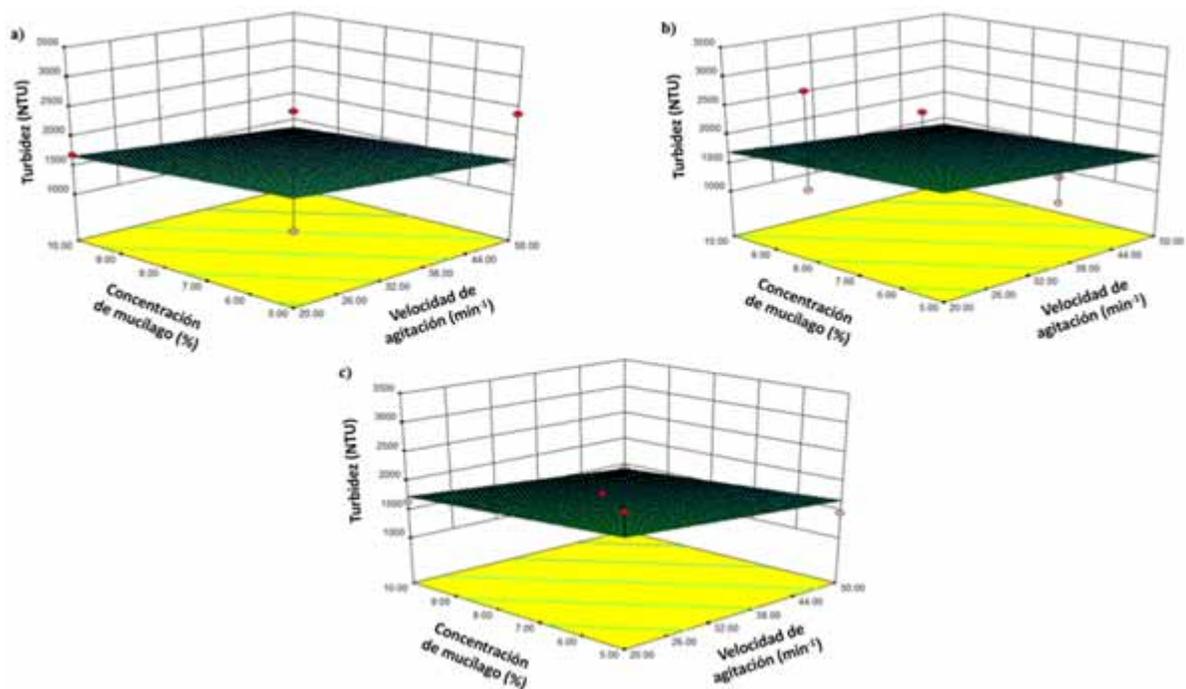
T: Turbidez (NTU), IS: Índice de sabor, A: velocidad de agitación ( $\text{min}^{-1}$ ), B: concentración de mucílago de melloco (%), C: tiempo de proceso (min).

Al analizar los coeficientes de la Ec. 1 se observa que el término de la velocidad de agitación (A) tuvo mayor influencia sobre la turbidez, seguido por el término de la concentración de mucílago (B). En el caso de la Ec. 2, se observa que el término del tiempo de clarificación (C) tuvo la mayor influencia sobre el índice de sabor; así, en la medida en que se incrementó el tiempo del proceso, disminuyó el índice de sabor del producto. Las Fig. 1 y 2 muestran la influencia de estos factores sobre la turbidez e índice de sabor de los néctares.

La comprobación de la suposición de normalidad se realizó analizando la probabilidad normal de los residuos mediante un análisis de varianza (Fig. 3). Se observa en ambos casos, que los valores de los residuos estudentizados internamente se ajustaron a una recta como resultado de la distribución normal de los errores, por lo que se cumplió la hipótesis de normalidad.

De las 38 soluciones optimizadas propuestas para el proceso de clarificación de los néctares, se seleccionó la de mayor conveniencia estadística (0,7122), con velocidad de agitación de  $20 \text{ min}^{-1}$ , concentración de mucílago igual a 5 % y tiempo de proceso de 30 min, que se correspondió con una turbidez de 1 360,09 NTU e índice de sabor de 40,67.

Para comprobar la validez de la optimización del diseño, se evaluó el néctar clarificado según las variables dependientes del diseño experimental. Se observa que el producto presentó valores de turbidez e índice de sabor (Tabla 6), similares a los obtenidos a través de la optimización numérica, lo que confirmó la validez de los modelos obtenidos para el proceso de clarificación.



**Fig. 1. Influencia de la concentración de mucílago de melloco, velocidad y tiempo de agitación en la turbidez de néctares de naranjilla clarificados con mucílago de melloco. a) 30 min; b) 45 min; c) 60 min.**

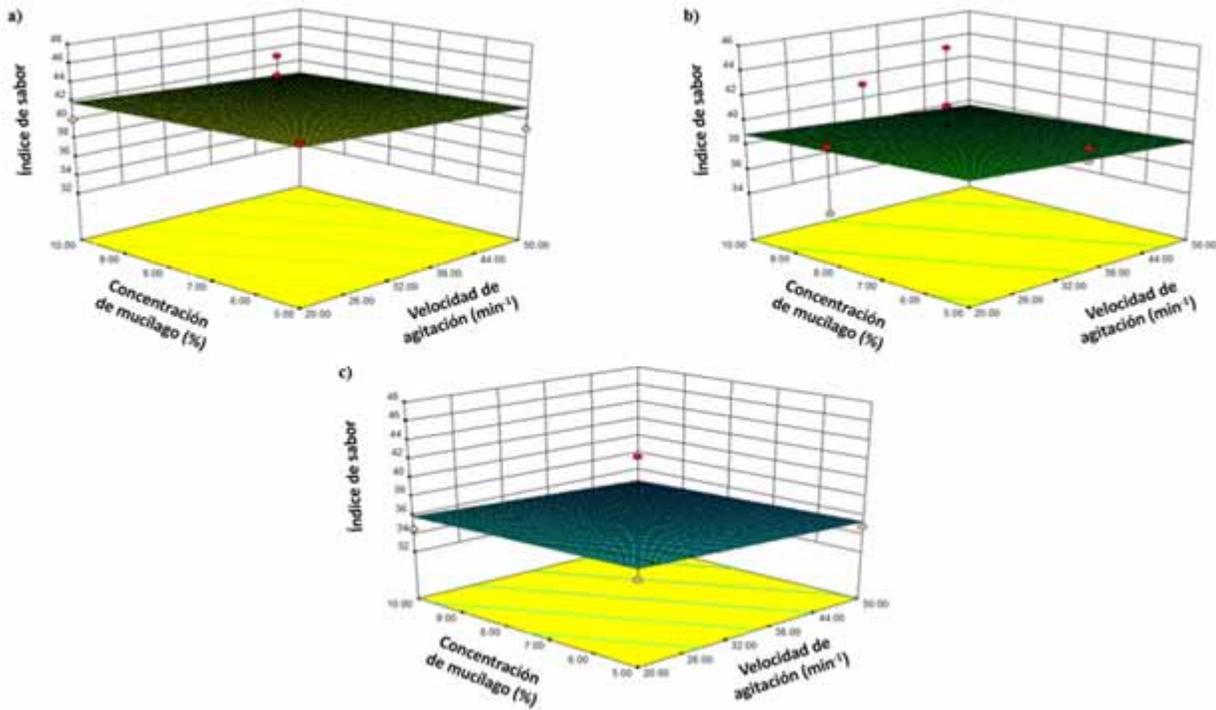


Fig. 2. Influencia de la concentración de mucílago de meloco, velocidad y tiempo de agitación en el índice de sabor de néctares de naranjilla clarificados con mucílago de meloco. a) 30 min; b) 45 min; c) 60 min.

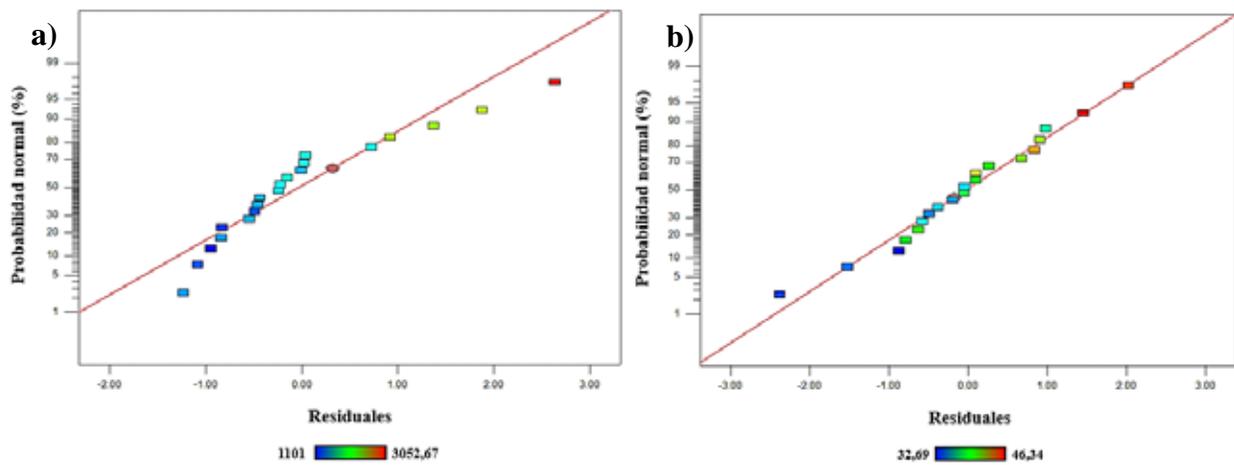


Fig. 3. Probabilidad normal de los residuos estudentizados internamente para el análisis de varianza de la turbidez (a) e índice de sabor (b) de los néctares de naranjilla.

**Tabla 6. Caracterización física y química del néctar de naranjilla clarificado**

Parámetro	Media (Desviación estándar)	Pulpa de naranjilla (27)	Néctar de naranjilla (26)
Turbidez (NTU)	1398 (3)	-	-
Índice de sabor	43 (1)	-	-
Sólidos totales (%)	18,4 (0,6)	-	-
Acidez (% m/m de ácido cítrico)	0,50 (0,04)	-	0,51
Sólidos solubles (°Brix)	17,4 (0,5)	-	13,0
pH	3,8 (0,3)	-	3,14
Proteínas (%)	0,0 (0,0)	0,7	-
Grasas (%)	0,0 (0,0)	0,1	-
Fibras (%)	0,10 (0,07)	0,4	-
Carbohidratos totales (%)	18,21 (0,08)	6,8	-
Sodio (mg/100 g)	18,0 (0,2)	-	-
Azúcares totales (%)	16,08 (0,06)	-	-
Vitamina C (mg/100 mL)	0,58 (0,8)	65	40,6
L*	13,5 (0,5)	-	46,03
a*	4,8 (0,9)	-	-0,274
b*	8,3 (0,4)	-	23,23
C*	9,6 (0,5)	-	-
h <sub>0</sub>	1,06 (0,08)	-	-

El proceso de clarificación disminuyó no solo la turbidez del producto, sino también su acidez y contenido de sólidos solubles con respecto al néctar sin clarificar de la misma fruta (0,5 % m/m de ácido cítrico y 18 °Brix). Además, el producto envasado y pasteurizado, cumplió con las especificaciones químicas y microbiológicas (24), donde se plantea que un néctar de esta fruta debe tener un pH menor a 4,5 y una acidez mínima de 0,5 % (como ácido cítrico). El resto de los resultados para cada uno de los parámetros, se correspondió con los reportados para este tipo de producto y fruta (25).

Las diferencias en las coordenadas cromáticas entre los néctares pudieron deberse a las diferencias intrínsecas de las frutas en función, por ejemplo, de su variedad y a los porcentajes de fruta utilizados en la formulación de cada uno de los productos. Además, en el menor valor de la luminosidad pudo incidir la ocurrencia de reacciones de pardeamiento enzimático (26) y no enzimático (18) durante el proceso de clarificación.

Los resultados de la evaluación sensorial (Fig. 4) mostraron que aproximadamente el 85 % de los criterios se correspondió con las categorías desde -Me gusta

extremadamente- hasta -Me gusta ligeramente-, independientemente del sexo de los encuestados, lo que confirma la posibilidad del empleo del mucílago del melloco en la clarificación del néctar de naranjilla.

## CONCLUSIONES

La clarificación del néctar de naranjilla con el empleo del mucílago de melloco redujo la turbidez desde 3 254 hasta 1 398 NTU. Tanto la velocidad de agitación como la concentración de mucílago incidieron ( $p \leq 0,05$ ) sobre la turbidez de los néctares, mientras que solo el tiempo de clarificación influyó ( $p \leq 0,05$ ) en el índice de sabor.

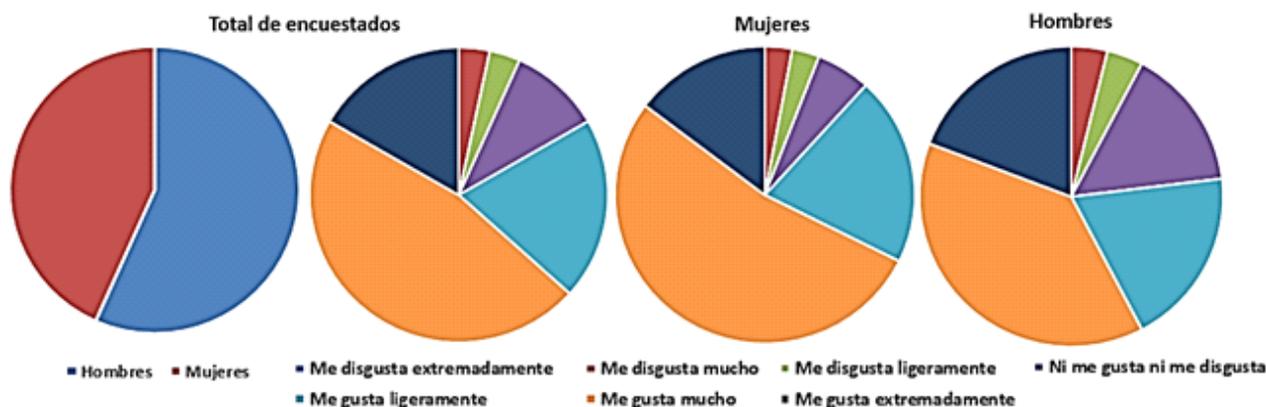


Fig. 4. Aceptación sensorial del néctar de naranjilla clarificado.

## REFERENCIAS

- Viteri P, Vásquez P, León J, Viera W, Posso M, Hinojosa M, Revelo J, Ochoa J. Naranjilla de jugo (*Solanum quitoense* Lam.) injerta en patrones de solanáceas silvestres resistentes a *Fusarium oxysporum* y a *Meloidogyne incognita*. INIAP-Programa Nacional de Fruticultura Generando Tecnología para el Producto Ecuatoriano. Boletín Divulgativo No. 354; 2009.
- Andrade-Cuvi MJ, Moreno-Guerrero C, Guijarro-Fuertes M, Concellón A. Caracterización de la naranjilla (*Solanum quitoense*) común en tres estados de madurez. Rev Iber Tecnol Postcosecha 2015; 16(2):215-21.
- Dugarte NY, Molina FA, García MA. Aplicaciones de los mucílagos en el sector agroalimentario. Cienc Tecnol Aliment 2019; 29 (Aceptada).
- Vimos N, Nieto C, Rivera M. (1993). El melloco, características técnicas de cultivo y potencial en el Ecuador. Programa de Cultivos Andinos. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina; 1993. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2693>. Acceso 10 enero 2019.
- Sperling CR, King SR. Andean Tuber Crops: Worldwide Potential. En: Janick J, Simon JE, Eds. Advances in New Crops. First National Symposium new crops: research developments, economics. Portland: Timber Press; 1990. pp. 425-35.
- Busch JM, Savage GP. Nutritional composition of ulluco (*Ullucus tuberosus*) tubers. Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand 2000; 25:55-65.
- Campos D, Chirinos R, Gálvez-Ranilla L, Pedreschi R. Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. En: Adv Food Nutr Res, Ed. Toldrá F, 1<sup>st</sup> ed. San Diego: Academic Press; 2018. pp. 287-343.
- Sánchez AE. Efecto de la adición de harina de melloco (*Ullucus tuberosus*) variedad amarillo (INIAP-Quillu) en las propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt bajo en grasa (tesis de maestría). Ambato: Universidad Técnica de Ambato; 2018.
- Mhinzi G, Mrosso H. Studies on Tanzanian Acacia gums. Some properties of gum exudates from the series Vulgares and Gummiferae. Food Chem 1995; 54:261-64.
- NC-ISO 6658. Análisis sensorial. Metodología. Guía general. Cuba; 2002.
- Duarte C. Modelo de evaluación de la calidad sensorial para la industria alimentaria (tesis doctoral). La Habana: Universidad de La Habana; 2017.
- AOAC. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland, USA; 2000.
- NTE INEN-ISO 2173. Productos vegetales y de frutas determinación de sólidos solubles método refractométrico. Ecuador; 2013.
- NTE INEN-ISO 750. Productos vegetales y de frutas. Determinación de la acidez titulable. Ecuador; 2013.
- NTE INEN-ISO 1842. Productos vegetales y de frutas. Determinación de pH. Ecuador; 2013.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers P, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal Chem 1956; 28(3):350-56.
- NTE INEN-ISO 6557-2. Frutas, hortalizas y productos derivados. Determinación del contenido de ácido ascórbico. Parte 2: Métodos de rutina. Ecuador; 2013.

18. Ruiz Y, García MA, Rodríguez D. Efecto del extracto hidroalcohólico de cúrcuma en la inhibición del pardeamiento no enzimático en néctar de mango. *Cienc Tecnol Alim* 2017; 27(2):39-44.
19. NTE INEN-ISO 4833. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30 °C. Ecuador; 2014.
20. NTE INEN-ISO 21527-1. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras. Parte 1: técnica de recuento de colonias en productos con actividad acuosa ( $a_w$ ) superior a 0,95. Ecuador; 2013.
21. NTE INEN-ISO 4831. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del número más probable. Ecuador; 2013.
22. NTE INEN 1529-8. Control microbiológico de los alimentos. Detección y recuento de *Escherichia coli* presuntiva por la técnica del número más probable. Ecuador; 2016.
23. COVENIN 3123. Alimentos. Recuento de microorganismos acidúricos. Venezuela; 1994.
24. NTE INEN 2337. Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Requisitos. Ecuador; 2008.
25. Vilcaguano SI. Estudio del efecto de la aplicación de pulsos eléctricos de alta intensidad de campo sobre la actividad enzimática del néctar de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam) (tesis de grado). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Ecuador; 2013.
26. Ocampo OP. Elaboración y conservación de néctares a partir del lulo variedad «La selva» (tesis de grado). Manizales: Universidad Nacional de Colombia; 2000.
27. Proyecto Red de Innovación Agrícola. Cultivos de diversificación para pequeños productores de frijol y maíz en América Central. Guía práctica de manejo agronómico, cosecha, poscosecha y procesamiento de naranjilla (Internet). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Managua, 2007. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B3198e/B3198e.pdf>. Acceso 10 enero 2019.