

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE SEMILLAS DE (*Moringa Oleífera lam.*) COMO COAGULANTE NATURAL EN LA CIUDAD DE PASTO - COLOMBIA

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF SEEDS (*Moringa Oleífera lam.*) AS NATURAL COAGULANT IN PASTO - COLOMBIA

Fabio GÓMEZ M^{1*}; Lorena SALAZAR G²

RESUMEN

Antecedentes: En la potabilización de agua se utilizan coagulantes sintéticos que están relacionados con problemas como el Alzheimer y la alta producción de lodos tóxicos (1), siendo necesario evaluar coagulantes naturales como una alternativa para la remoción de turbidez (2), que sean menos perjudiciales para la salud y el ambiente (3). **Objetivo:** Evaluar la eficiencia de coagulación de las semillas de *moringa oleífera lam.* **Métodos:** Esta investigación se llevó en dos fases: La primera evaluó cuatro extractos de *Moringa oleífera lam.*, con el objetivo de encontrar el mejor método de extracción, utilizando un diseño unifactorial de efectos fijos equilibrado completamente al azar, mediante jartest bajo la NTC 3903, trabajando como factor de confusión la dosis de coagulante, en la segunda fase se evaluó mediante un diseño factorial 2² la eficiencia de las semillas de *Moringa oleífera lam.* como coagulante, **Resultados:** Se determinó que el mejor método es realizar la extracción en solución salina con un (p<0,05); y la variable de respuesta encontrada fue la remoción de turbiedad y los factores óptimos para una remoción del 97% son: dosis de 274,9 mg/l de extracto coagulante y 7,1 de pH con una confianza de 95% (p<0,05); **Conclusión:** adicional a esta evaluación se determinó el mecanismo de coagulación del extracto de semillas de *Moringa oleífera lam.* a través de la velocidad de sedimentación, la cual permitió representar el comportamiento dinámico de la remoción de turbiedad mediante un modelo matemático basado en ecuaciones diferenciales de primer orden, encontrando que el tiempo máximo de remoción es 20 minutos y la velocidad

de sedimentación de 0,003 cm/s y el mecanismo de coagulación es adsorción y neutralización de cargas.

Palabras clave: Coagulación, *Moringa oleífera lam.*, Turbiedad.

ABSTRACT

Background: In water purification are used synthetic coagulants that are related problems such as Alzheimer's and high toxic sludge production (1), being necessary assess natural coagulants as an alternative to the removal of turbidity (2) that are less harmful to health and the environment (3). **Objective:** Evaluate the efficiency of coagulation moringa oleifera seeds lam. **Methods:** This research was conducted in two phases: The first evaluated four extracts of Moringa oleifera Lam, in order to find the best extraction method using a fixed effect unifactorial design completely randomized balanced by jartest under the NTC 3903, working confusing factor dose of coagulant, in the second stage it was evaluated using a factorial design 2² efficiency seed coagulant Moringa oleifera lam. **Results:** determining that the best method is the extraction to use saline (p<0.05); as the response variable was found turbidity removal and the optimum factors for a 97% removal are: dose 274.9 mg/l coagulant extract and pH 7.1 with a 95% confidence (p <0.05); **Conclusions:** Further to this evaluation the clotting mechanism of seed extract Moringa oleifera Lam was determined by sedimentation rate , which allowed to represent the dynamic behavior of turbidity removal by a mathematical model based on differential equations of the first order , finding the maximum removal time is 20 minutes

¹ M.Sc., Universidad Mariana, San Juan de Pasto, Colombia.

² Ph.D., Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: fabiocamilo24@hotmail.com

and the sedimentation rate of 0.003 cm/ s clotting mechanism is charge neutralization and adsorption.

Keywords: Coagulation, *Moringa oleífera lam*, Turbidity.

INTRODUCCIÓN

La coagulación es un proceso común en el tratamiento de aguas aplicado para la remoción de impurezas coloidales y disueltas, generando flóculos grandes que luego son ser removidos por procesos de sedimentación y filtración (4). Este proceso se lleva a cabo agregando coagulantes inorgánicos, polímeros orgánicos sintéticos y naturales originados de diferentes plantas (5).

Sin embargo, estudios realizados por Muyibi (6), reportan que el aluminio residual presente en el agua está relacionado con problemas en la salud como el Alzheimer, además de generar problemas ambientales como la producción de grandes volúmenes de lodo, la afectación en la alcalinidad y la baja eficiencia de remoción de turbiedad en aguas frías (7).

En función de lo señalado, se hace necesario evaluar coagulantes más efectivos, menos perjudiciales y ambientalmente inocuos para remover la turbidez de las aguas como son las semillas de *Moringa oleífera lam*, como una alternativa viable por ser seguro para la salud como lo plantean Katayon (8); Ndabigengesere, (2), quienes demuestran que la semilla es eficiente para la remoción de turbidez (6, 9) y color (10).

Esta investigación evalúa la eficiencia en la remoción de turbiedad de semillas de *Moringa oleífera lam*, a través de un diseño de experimentos unifactorial y factorial determinando las variables óptimas de dosis y pH, y la comparación frente a coagulantes como el Policloruro de Aluminio y Sulfato de Aluminio, encontrando que la *Moringa oleífera lam* presenta remociones de turbiedad superiores al 90% de la turbiedad inicial del agua como las investigaciones de Ghebremichael (11); Muyibi (6); Okuda (5) y Ndabigengesere (12).

MATERIALES Y METODOS

Materiales y equipos

Semilla de *Moringa Oleífera* pulverizada con cascara; Cloruro de sodio (NaCl); JARTEST marca

Phipps & Bird serie # 206051548; Turbidímetro marca Hach modelo 2100p.

Para la primera parte se determinó el mejor extracto coagulante de la semilla de *Moringa oleífera lam*, mediante una comparación de extractos bajo un diseño de experimentos unifactorial de efectos fijos equilibrado completamente al azar, mediante jarrest NTC 3903 (Tabla 1), trabajando como factor de confusión la dosis de coagulante. El factor fijo fue el tipo de extracto de *Moringa oleífera lam* y la dosis se varió con el fin de producir confusión o error en los tratamientos determinando el mejor método de extracción, las dosis utilizadas fueron 175 mg/l, 250 mg/l y 375 mg/l, los resultados y análisis e interpretación de datos por triplicado, se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 1. Condiciones de JAR TEST

Fase	Proceso	Tiempo (minutos)	Revolución de mezcla (rpm)
Mezcla rápida	coagulación	1	100
Mezcla lenta	Floculación	20	40
Reposo	Sedimentación	10	0

Método de extracción

Los métodos empleados fueron tomados de autores como Katayon (8); Pritchard (13) y Poumayea (14).

Para la preparación de los extractos se tomaron 300 g de semilla de *Moringa oleífera lam* con cascara y sin cascara, se procedió a molerla y se preparó soluciones al 2,5% peso volumen de las semillas por litro de solución como se propone en el Tabla 2.

Para la segunda parte de la investigación se realizó un diseño de experimentos factorial 2² más puntos estrella, como lo propone Montgomery (15), en diseño y análisis de experimentos, para identificar los factores óptimos que generan la mejor remoción y obtener las curvas de coagulación de la *Moringa oleífera lam*, las variables que se trabajaron fueron: variable de respuesta porcentaje de remoción de turbiedad y los factores pH y dosis de coagulante, los niveles fueron 200 mg/l y 350 mg/l para dosis; 5 y 9 para pH, las pruebas realizadas se presentan en el Tabla 3 y el análisis e interpretación de los datos por triplicado se realizó mediante un análisis de varianza.

Tabla 2. Proceso de extracción del coagulante

	Coagulante	Medio de extracción	Procedimiento
Extracto 1	Semillas de <i>Moringa oleífera lam</i> con cáscara	agua destilada	Se preparó 1 L de solución coagulante, tomando 25 g de semilla, se mezcló durante una hora, decantación 15 horas a 4°C y finalmente se filtró bomba de vacío y papel de filtro de 0,45 µm.
Extracto 2	<i>Moringa oleífera lam</i> pulverizadas sin cáscara	agua destilada	Se realizó el procedimiento anterior con la característica que a las semillas antes de la maceración se les retiro las cáscaras.
Extracto 3	Semillas de <i>Moringa oleífera lam</i> pulverizadas con cáscara	Solución salina (agua destilada + NaCl)	Para preparar la solución salina al 5% se tomaron aproximadamente 50 gr de cloruro de sodio (NaCl) y se aforo a 1l, con agitación rápida durante 5 min para garantizar la homogenización Se preparó la solución coagulante con 25 gr de semilla y se aforo a 1l en solución salina, se decantó durante 15 horas a 4°C, y se filtró.
Extracto 4	Semillas de <i>Moringa oleífera lam</i> pulverizadas con cáscara	Solución salina (agua destilada + NaCl)	Para realizar esta solución se realizó el procedimiento anterior con la característica que a las semillas antes de la maceración se les retiro las cáscaras.

Tabla 3. Diseño factorial 2² para remoción de turbiedad

Nº de Prueba	Dosis mg/L	pH	Nº de Prueba	Dosis mg/L	pH
1	287,5	7,0	10	287,5	7,0
2	350,0	9,0	11	287,5	7,0
3	287,5	4,1	12	287,5	7,0
4	193,9	7,0	13	225,0	5,0
5	287,5	7,0	14	287,5	7,0
6	225,0	9,0	15	350,0	5,0
7	287,5	7,0	16	287,5	10,0
8	381,0	7,0	17	287,5	7,0
9	287,5	7,0	18	287,5	7,0

Una vez obtenidas las curvas de coagulación se realizó la identificación de los parámetros de velocidad de sedimentación y la identificación de la formación del floc en el agua.

Para el desarrollo de las gráficas de sedimentación e identificar los mecanismos de coagulación que realiza la *Moringa oleífera lam* en el agua se realizó el mismo procedimiento de la prueba de jarras con la diferencia que en la sedimentación se extrajo muestras a diferentes alturas y tiempos: t=5 min, t=10 min, t=15min, t=20 min, t=30 min, t=50 min y alturas de cada 5 cm. Y se identificó la dinámica de las partículas en la sedimentación (16),

determinando el mecanismo de coagulación que ejerce el extracto de semillas de *Moringa oleífera lam*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultado de prueba de jarras para los diferentes coagulantes

Se puede determinar que la mejor remoción de turbiedad se presenta cuando se utiliza el extracto de coagulante de *Moringa Oleífera* con y sin cáscara en solución salina a una dosis de 250 mg/l, concluyendo que la solución salina genera la mayor extracción del componente coagulante de las semillas de *Moringa Oleífera* como se presenta en la figura 1.

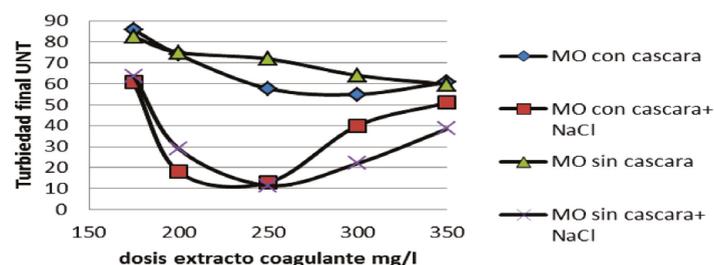
**Figura 1.** Turbiedad final utilizando cuatro coagulantes

Tabla 4. Prueba de Tukey para el tipo de coagulante

	Coagulante	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
DHS de Tukey	MO sin cascara	9	52,88			
	MO con cascara	9		56,29		
	MO sin cascara+ sln salina	9				74,44
	MO con cascara+ sln salina	9				74,88
	Significación		1,00	1,00		0,97

MO. *Moringa oleifera lam* Sln salina. Solución salina 5%

En el Tabla 4 se aprecia que trabajar con *Moringa Oleifera* con y sin cascara en solución salina no presentan diferencias significativas, además se identifica en la figura 2 la dosis óptima.

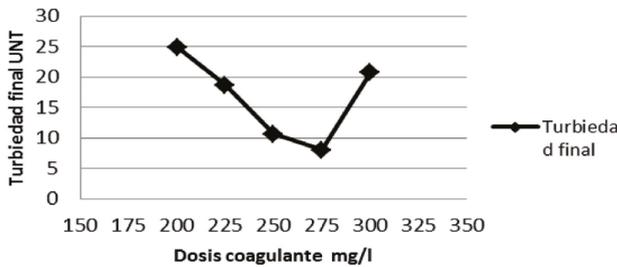


Figura 2. Obtención de la dosis óptima

Curvas de coagulación

Para el diseño experimental factorial 2², se encontró los siguientes resultados

Tabla 5. Valores óptimos de remoción de turbiedad

Factor	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor Optimo
dosis	193,90	381,09	274,91
pH	4,00	9,99	7,14

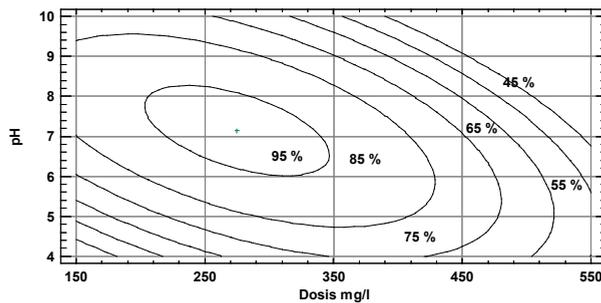


Figura 6. Diagrama de coagulación utilizando *Moringa oleifera lam*

Identificación de la velocidad de sedimentación

Se puede determinar que el comportamiento de las partículas al sedimentar con respecto al tiempo presenta un modelo de sistemas dinámicos

de primer orden (16), para el cual se ajusta bajo la siguiente expresión

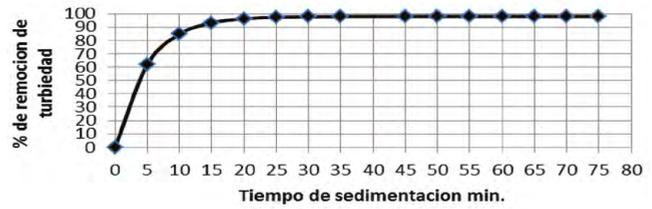


Figura 7. Curva de sedimentación de las partículas coaguladas

$$\% \text{ de remoción de turbiedad} = A \cdot (1 - e^{-(t/T)})$$

Donde: **A**= Valor máximo de remoción, **t**= tiempo al que se quiere conocer la remoción de turbiedad, **T**= constante de tiempo de estabilización de un sistema de primer orden que es igual a tiempo optimo donde se realiza la máxima remoción para cada dosis/ 5.

DISCUSIÓN

La coagulación con extracto de semillas de *Moringa oleifera lam* realizada en esta investigación demuestran que es eficiente en la remoción de turbiedad porque presenta remociones superiores al 97% (1), por lo cual puede compararse con coagulantes sintéticos y ser una alternativa natural (9). Al realizar las comparaciones entre los diferentes extractos se encuentra que existen diferencias significativas entre los tratamientos con diferentes tipos de extractos de semilla de *Moringa oleifera lam* con una significancia de varianza menor a 5% (p< 0.05) (5), donde cada método de extracción presenta diferentes remociones de turbiedad, además se identificó que el mejor método de extracción es la utilización de la solución salina (3) porque las cargas iónicas de la solución (1).

Teniendo en cuenta que la velocidad de sedimentación de las partículas coloidales es aproximadamente de 0,003 cm/s, indica que se presenta una sedimentación baja o zonal (17), llegando a una formación del floc lenta (18) demostrando que el mecanismo de coagulación es de adsorción y neutralización de cargas por la polaridad catiónica de los componentes de las semillas (19). Al igual se comprueba que la máxima remoción del coagulante natural como es la semilla de *moringa oleifera lam*. puede generarse hasta los 45 minutos de sedimentación por sus características de caída del floc (11).

CONCLUSIONES

El mejor método de extracción del componente activo, responsable de la coagulación de las sustancias coloidales para una muestra de agua, es la utilización de solución salina porque las semillas pulverizadas de *Moringa oleifera lam* con y sin cascara presentan remociones superiores a 90% de la turbiedad inicial con una significancia de $p=0,17$.

La velocidad de sedimentación de las partículas utilizando extracto de semillas de *Moringa oleifera lam* en una muestra de agua cruda es aproximadamente de 0,003 cm/s indicando una sedimentación baja porque le toma a la partícula bastante tiempo en precipitar al fondo de la jarra, concluyendo que el mecanismo predominante de coagulación es el de adsorción y neutralización de cargas, debido a esto las semillas de *Moringa oleifera lam* pueden ser recomendada en procesos no convencionales como la filtración directa

REFERENCIAS

- Gómez Karina. Eficiencia del coagulante de la semilla de *Moringa Oleifera lam* en el tratamiento de agua con baja turbidez. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Escuela Agrícola Panamericana: [Zamorano. Honduras]; 2010. 14p.
- Ndabigengesere A & Narasiah K. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Wat. Res.* Vol. 32, No. 3, (1998): 781-791.
- Mendoza I, Fernández N & Ettiene G. Use of *Moringa oleifera* as coagulant in the water treatment. *Rev. Scientific Journal from the Experimental Ciencia* 8, 8 August (2000). 235-242.
- Gao B, Hahn C & Hoffmann E. Evaluation of aluminum-silicate polymer composite as a coagulant for water treatment. *Water Research* 36 (2002): 3573-3581 DOI: 10.1016/S0043-1354(02)00054-4
- Okuda T, Baes A, & Okada M. Insolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water Research* 35 (2001): 405-410.
- Muyibi S. & Evison L. Floc settling characteristic of turbid water coagulated with *Moringa oleifera* seeds. *Intern. Journal Environ. Studies* No. 56, (1995): 483-495
- Bratby J. Coagulation and flocculation, with emphasis on water and wastewater treatment. Uplands Press Ltd., Croydon. (2006) : 345-349.
- Katayon S, Megat Mohd Noor M, Asma M. Effects of storage conditions of *Moringa oleifera* seeds on its performance in coagulation, *Bioresource Technology* 97 (2006) 1455-1460
- Gassenschmidt U, Jany K, Tauscher B & Niebergall H. Isolation and Characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera Lam*. En: *Biochemica et Biophysica Acta*. vol. 1243, (1995): 477-481.
- Campos J, Fernández G, Torres B & Ojeda G. Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de *Moringa oleifera* mediante HPLC. *Bol. Centro Invest. Biol.* 2003; 37:35-43.
- Ghebremichael K, Hutman B. Alum sludge dewatering using *Moringa oleifera* as a conditioner. *Water, Air and Soil Pollution*. 2004; 158:153-167.
- Ndabigengesere A, Narasiah S & Talbot B. Active agents and mechanism of coagulation of turbid water using *Moringa oleifera* seed. *Water Research*. 1995; 29: 703-710.
- Pritchard M, Craven T, Mkwandire T & O'Neill J. A comparison between *Moringa oleifera* and chemical coagulants in the purification of drinking water – An alternative sustainable solution for developing countries. *Physics and Chemistry of the Earth*. 2010; 35(13-14):798-805.
- Poumaye N, Mabingui J, Lutgen P & Bigan M. Contribution to the clarification of surface water from the *Moringa oleifera*: Case M'Poko River to Bangui, Central African Republic. *Chemical Engineering Research and Design*. 2012; 902346-2352. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cherd.2012.05.017>
- Montgomery D, Wiley J. Design and analysis of engineering experiments. John Wiley & Sons, New York: 2001. 745p
- Ogata K. Discrete-Time Control Systems. Prentice Hall: ISSN 0-13-216102-8. 1987; 994 p.
- Maldonado V. teoría de la sedimentación. Capítulo 7. Manual I para plantas potabilizadoras tomo II. OPS/CEPIS/PUB/04.109 (2009). 61 p.
- Reyes F, Pérez A, Sánchez T & Armengol, N.. Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. *Scielo* 2010; 33(4): 1-16.
- Sharma P, Kumari P, Srivastava M & Srivastava S. removal of cadmium from aqueous system by shelled *Moringa oleifera Lam*. seed powder, *Biores. Technol.* 2006; 97:299-305.

OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE UN AGUA SABORIZADA CON EXTRACTO DE MENTA *Coleus amboinicus* Lour

OBTAINING AND SENSORY EVALUATION OF A FLAVORED WATER WITH EXTRACT MINT *Coleus amboinicus* Lour

John Alexander VELÁSQUEZ T.^{1*}, Germán GIRALDO G.²

RESUMEN

Antecedentes: La tendencia actual en utilizar componentes naturales en la elaboración de diversos alimentos y la creciente demanda mundial de agua como bebida, hace necesario el desarrollo de productos que satisfagan las necesidades del consumidor con beneficios en la salud. **Objetivo:** En este trabajo se obtiene agua saborizada con extracto de Menta *Coleus amboinicus* Lour haciendo uso del análisis sensorial. **Métodos:** La bebida saborizada se desarrolla en dos etapas, inicialmente en equipo de destilación por arrastre con vapor, se realizó la extracción de las hojas frescas de Menta vs agua en proporciones 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 y 1:7 respectivamente, los hidrolatos obtenidos se evaluaron con una prueba sensorial tipo preferencia por ordenamiento y un análisis estadístico de datos categóricos con tabulación de único factor para identificar el hidrolato con los atributos sensoriales requeridos por el panel sensorial, posteriormente se evaluó la concentración de sacarosa y % de ácido cítrico en la bebida, con una prueba sensorial tipo satisfacción, funciones de decisión multicriterio (Funciones de utilidad) y metodología de superficie de respuesta con un diseño central compuesto rotatable 2² para determinar la formulación del agua saborizada con las mejores características organolépticas. **Resultados:** La prueba sensorial de preferencia reveló que el hidrolato de Menta de proporción 1:4 presentó la mayor aceptación con un valor del parámetro frecuencia relativa de 0,2857. En la prueba sensorial tipo satisfacción se estableció una buena correlación del modelo matemático con los resultados experi-

mentales (R^2 ajustado de 91.2659%), permitiendo la optimización de la respuesta del parámetro “función de utilidad” por el modelo estadístico, adicionalmente se estableció que la bebida de Menta debe tener una adición de 100,715 g/L de sacarosa y 0,155 % de ácido cítrico para favorecer la percepción sensorial. **Conclusiones:** El desarrollo del agua saborizada mediante análisis sensorial, permitió obtener la formulación de un nuevo producto, elaborado a partir de extracto de Menta *Coleus amboinicus* Lour y con la concentración adecuada en sus componentes, favoreciendo la percepción sensorial de los diferentes atributos en la bebida.

Palabras clave: Prueba organoléptica, agua saborizada, función de utilidad, menta *Coleus amboinicus* Lour, metodología de superficie de respuesta.

ABSTRACT

Background: The current trend in natural components used in the preparation of various foods and the growing global demand for water to drink, makes it necessary to develop products that meet consumer needs with health benefits. **Objective:** This paper is obtained flavored water with extract *Coleus amboinicus* Lour using sensory analysis.

Methods: The flavored beverage is developed in two stages, initially in team stripping steam, extraction of fresh mint leaves vs water in proportions 1 was accomplished: 1, 1: 2, 1: 3, 1: 4 1: 5, 1: 6 to 1: 7, respectively, the hydrosols obtained were evaluated by a sensory test type preference for order and a statistical analysis of categorical data

¹ Estudiante de maestría en Química. Universidad del Quindío. Calle 12 Norte Cra 15, Armenia, Colombia.

² Docente titular de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío. Integrante del Grupo de Investigación Procesos Agroindustriales. Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad del Quindío.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: johnalexvelasquez@gmail.com

tabulation only factor to identify the hydrolate with sensory attributes required by the sensory panel, then the concentration of sucrose and % citric acid in the beverage was evaluated by a sensory test such as satisfaction, multicriteria decision functions (utility Functions) and response surface methodology with a rotatable central composite design 22 to determine the formulation of flavored water with the best organoleptic characteristics. **Results:** Sensory preference test reveals that the Mint hydrolate 1: 4 had the highest acceptance with relative frequency parameter value of 0.2857. In the test satisfaction sensory type a good correlation of the mathematical model was established with the experimental results (adjusted R² of 91.2659%), allowing optimization response “utility function” parameter for the statistical model, further established that the beverage Mint should have an addition of 100.715 g / L of sucrose and 0.155% citric acid to promote sensory perception. **Conclusions:** The development of flavored water by sensory analysis, allows for the formulation of a new product, made from extract *Coleus amboinicus Lour* and the appropriate concentration in its components, encouraging the perception of different sensory attributes drink .

Keywords: Organoleptic test, Flavored water, Utility function, Mint *Coleus amboinicus Lour*, Response surface methodology.

INTRODUCCION

La Menta en estado fresco es muy popular en todo el mundo, es nativa de la región mediterránea (1). La destilación de Menta produce un aceite esencial que tiene aproximadamente 70 a 80% de mentol. Debido a sus propiedades organolépticas la Menta se ha utilizado para transferir a los alimentos y bebidas características sensoriales de frescura, haciendo más aceptable y agradable su percepción (2).

El análisis sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos de las personas hacia ciertas características intrínsecas de un producto. Actualmente la valoración sensorial ha demostrado ser un instrumento de gran eficacia para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento (3).

En objetivo de este trabajo es obtener un agua saborizada con extractos de Menta *Coleus amboinicus Lour* y evaluarla mediante análisis sensorial.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal

Las hojas frescas de material vegetal de Menta (*Coleus amboinicus Lour*) se adquirieron en el mercado local de la ciudad de Armenia (Quindío), conservando a 4°C hasta utilización.

Obtención de hidrolatos

En un equipo de destilación por arrastre con vapor, se realizó el proceso de extracción de material vegetal de hojas frescas de Menta *vs* agua en proporciones 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 y 1:7 respectivamente.

Análisis sensorial

Se empleó un panel sensorial de 15 jueces semientrenados para realizar el proceso de evaluación sensorial, inicialmente se evaluaron los hidrolatos de Menta obtenidos del proceso de extracción de material vegetal con una prueba sensorial tipo preferencia, para identificar el hidrolato con las características sensoriales requeridas por el panel sensorial. Posteriormente se evaluó la adición de sacarosa (80, 100 y 120 g/L) y ácido cítrico (0.1, 0.15 y 0.2%) en el agua saborizada, empleando una prueba sensorial tipo satisfacción con intervalos a 5 puntos para las percepciones sensoriales de primera impresión, aroma, sabor, retrogusto y producto final. El agua saborizada con aditivos, se preparó con el hidrolato que presentó la mayor calificación en la prueba tipo preferencia.

Análisis de datos

Los resultados de la prueba tipo preferencia por ordenamiento se analizaron mediante datos categóricos por tabulación de único factor de los dos primeros resultados de cada juez.

La prueba sensorial tipo satisfacción, evaluó la adición de sacarosa y ácido cítrico en el agua saborizada con Menta *Coleus amboinicus Lour*, utilizando un diseño central compuesto rotatable 2², las variables de concentración de sacarosa y % de ácido cítrico, se codificaron de acuerdo a la ecuación 1.

$$x_i = \frac{(X_i - X_{cp})}{\Delta X_i} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde = valor codificado de la variable independiente, = valor real de la variable independiente, = valor real de la variable independiente en el punto

central y = valor del paso de cambio. El comportamiento de la prueba sensorial tipo satisfacción, se explica con la ecuación 2.

Donde x_i = valor codificado de la variable independiente, X_i = valor real de la variable independiente, X_p = valor real de la variable independiente en el punto central y ΔX_i = valor del paso de cambio. El comportamiento de la prueba sensorial tipo satisfacción, se explica con la ecuación 2.

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_{ij} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde Y = valor de la respuesta predicha, b_0 = constante, b_i = efecto lineal, b_{ii} = efecto cuadrático, b_{ij} = efecto de interacción y x_i = variable independiente.

Los valores experimentales y codificados de los niveles de las variables concentración de sacarosa y % de ácido cítrico, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Valores reales y codificados de las variables en el diseño central compuesto.

Variables		Rango y niveles		
		-1	0	1
Sacarosa (g/L)	X1	80	100	120
% de Ácido Cítrico	X2	0,1	0,15	0,2

Los resultados del análisis sensorial mediante la prueba tipo satisfacción, se transformaron mediante funciones de utilidad con la finalidad de modular y puntuar las percepciones sensoriales y obtener el valor del parámetro “función de utilidad”, se utilizó la función logarítmica para el atributo aroma agradable y llamativo, sabor y retrogusto refrescante y producto final, la función normal para aroma fuerte, sabor y retrogusto dulce y ácido, la función inversa logarítmica para aroma desagradable y la función inversa lineal para los atributos de sabor y retrogusto cocido. Los atributos de primera impresión, aroma anormal, sabor y retrogusto amargo y picante no se tuvieron en cuenta para el cálculo de función de utilidad debido que presentaron valores constantes. En la tabla 2, se muestran las transformaciones de los diferentes atributos evaluados en el análisis sensorial tipo satisfacción.

Se empleó el programa DART 2.0 (4) para el tratamiento de los datos de la prueba sensorial tipo satisfacción, modulando la respuesta de cada atributo con respecto a las características esperadas del producto. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics centurión para el tratamiento de los datos obtenidos en las pruebas de evaluación sensorial.

Tabla 2. Tipos de transformación de respuestas sensoriales en la prueba tipo satisfacción.

Id.	Respuesta	Transformada	Optimalidad	Peso	Limite Inferior	Limite Superior
Y ₁	Aroma Agradable	Logarítmica	Alta	0,077	2,3	3,8
Y ₂	Aroma Fuerte	Normal	2,30	0,077	1,8	2,8
Y ₃	Aroma llamativo	Logarítmica	Alta	0,077	2,0	3,5
Y ₄	Aroma Desagradable	Inversa logarítmica	Baja	0,077	1,0	1,4
Y ₅	Sabor Dulce	Normal	3,55	0,077	2,6	4,5
Y ₆	Sabor Acido	Normal	2,90	0,077	2,0	3,8
Y ₇	Sabor Cocido	Inversa lineal	Baja	0,077	1,0	1,5
Y ₈	Sabor Refrescante	Logarítmica	Alta	0,077	1,8	3,3
Y ₉	Retrogusto Dulce	Normal	3,35	0,077	2,4	4,3
Y ₁₀	Retrogusto Acido	Normal	2,00	0,077	1,3	2,7
Y ₁₁	Retrogusto Cocido	Inversa lineal	Baja	0,077	1,0	1,8
Y ₁₂	Retrogusto Refrescante	Logarítmica	Alta	0,077	1,8	2,7
Y ₁₃	Producto Final	Logarítmica	Alta	0,077	2,7	3,8

RESULTADOS

Prueba sensorial tipo preferencia

En la figura 1, se muestra el diagrama de % de frecuencia relativa obtenido del análisis de datos categóricos de la prueba tipo preferencia realizada a los hidrolatos de Menta.

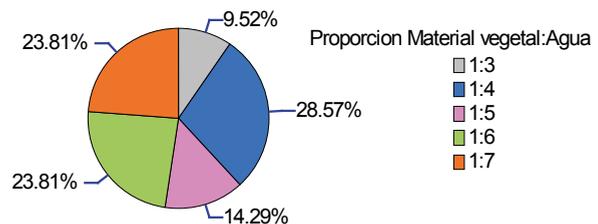


Figura 1. Diagrama de % de frecuencia relativa de los hidrolatos de Menta evaluados en la prueba tipo preferencia.

Prueba sensorial tipo satisfacción

El diseño central compuesto codificado, los resultados de función de utilidad experimentales y los obtenidos por el modelo, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Diseño central compuesto codificado, resultados función de utilidad experimental y del modelo.

Ensayo	X ₁	X ₂	Función de Utilidad Experimental	Función de Utilidad del Modelo
1	-1	-1	0.162	0.198
2	1	-1	0.428	0.390
3	-1	1	0.475	0.445
4	1	1	0.441	0.337
5	-1,41421	0	0.391	0.372
6	1,41421	0	0.344	0.431
7	0	-1,41421	0.228	0.215
8	0	1,41421	0.272	0.353
9	0	0	0.794	0.791
10	0	0	0.781	0.791
11	0	0	0.811	0.791
12	0	0	0.777	0.791

La ecuación 3, es obtenida del modelo de regresión del parámetro función de utilidad.

$$Y = -7,73143 + 0,109629X_1 + 38,8829X_2 - 0,000486721X_1^2 + 0,075X_1 X_2 - 101,375X_2^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde Y es la respuesta predicha de función de utilidad, X₁ y X₂ son las variables codificadas de concentración de sacarosa y % de ácido cítrico respectivamente. La ecuación 3, es utilizada para predecir la respuesta del modelo del parámetro función de utilidad (Tabla 3). En la tabla 4, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) del modelo cuadrático para el parámetro multicriterio función de utilidad en la prueba tipo satisfacción.

Tabla 4. Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro función de utilidad.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Sacarosa	0.00342467	1	0.00342467	0.69	0.4375
B:% Acido cítrico	0.0188404	1	0.0188404	3.80	0.0990
AA	0.24258	1	0.24258	48.98	0.0004
AB	0.0225	1	0.0225	4.54	0.0771
BB	0.411075	1	0.411075	83.00	0.0001
Error total	0.029718	6	0.004953		
Total (corr.)	0.623798	11			

Las figuras 2 y 3, muestran el contorno y la superficie de respuesta respectivamente para el parámetro multicriterio función de utilidad en los

rangos experimentales de concentración de sacarosa y % ácido cítrico.

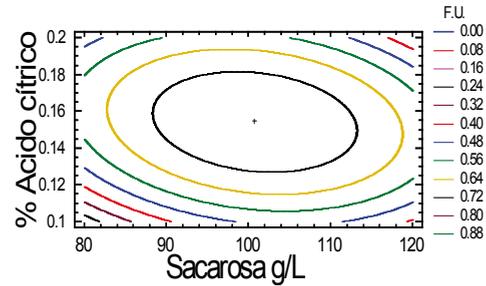


Figura 2. Contorno de respuesta para el parámetro función de utilidad.

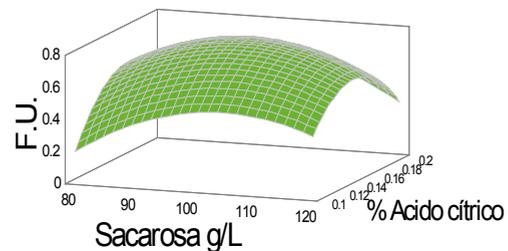


Figura 3. Superficie de respuesta para el parámetro función de utilidad.

DISCUSION

Prueba sensorial tipo preferencia

El grafico de % de frecuencia relativa de la prueba sensorial tipo preferencia (Figura 1), evidencia que el hidrolato de Menta obtenido de la extracción de material vegetal de proporción 1:4, presentó la mayor calificación y aceptación, al arrojar un valor de 28,57% del parámetro frecuencia relativa, indicando la mayor preferencia de esta proporción por parte del panel sensorial.

El hidrolato de Menta de proporción 1:4, se empleó como componente mayoritario para preparar las diferentes formulaciones de agua saborizada y evaluar la concentración de sacarosa y % de acido cítrico en la bebida de Menta, utilizando la prueba tipo satisfacción.

Prueba sensorial tipo satisfacción

En este trabajo se alcanzó una media máxima de 0,791 para la variable respuesta función de utilidad, indicando la máxima aceptación de la formulación de bebida de Menta por parte del panel sensorial, este resultado concuerda con lo afirmado por Rojas *et al.*, (2010), quienes manifiestan que valores cerca-

nos a cero del parámetro función de utilidad indican inaceptabilidad, mientras que valores cercanos a la unidad indican máxima aceptación (5).

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) del parámetro función de utilidad mostrados en la tabla 5, evidencian la significancia estadística de dos efectos ($p < 0.05$); el efecto cuadrático de concentración de sacarosa y % ácido cítrico, los términos lineal y de interacción no presentan efectos significativos. El valor de R^2 ajustado de 91,2659% demuestra la alta correlación estadística entre los valores experimentales del parámetro sensorial función de utilidad y las respuestas predichas por el modelo matemático.

Los gráficos de la figura 2 y 3 (contorno y superficie de respuesta respectivamente), muestran la interacción de las variables concentración de sacarosa y % de ácido cítrico, debido al aspecto elíptico del contorno y a la forma convexa, simétrica y plana de la superficie, evidenciando el efecto significativo que tienen ambos factores sobre la variable respuesta función de utilidad.

Para optimizar la percepción sensorial de la bebida saborizada de Menta, el modelo estadístico predice que la máxima respuesta del parámetro función de utilidad de 0.793, se logra con la bebida de Menta preparada a partir del hidrolato de proporción 1:4 con adición de 100.715 g/L de sacarosa y 0.155 % de ácido cítrico.

CONCLUSIONES

El resultado de evaluar los hidrolatos de Menta *Coleus amboinicus* Lour con la prueba sensorial tipo preferencia, reveló que la proporción 1:4 presentó la mayor calificación del panel sensorial.

Al evaluar la adición de sacarosa y ácido cítrico en el agua saborizada con Menta *Coleus amboinicus* Lour mediante la prueba sensorial tipo satisfacción y metodología de superficie de respuesta, se estableció una buena correlación estadística de la respuesta del parámetro sensorial “función de utilidad” de los valores experimentales y los predichos por el modelo matemático con un valor de R^2 ajustado de 91,2659%.

REFERENCIAS

1. Costa S S, Garipey Y, Rocha S C, Raghavan V. Microwave extraction of mint essential oil-Temperature calibration for the oven. *Journal of Food Engineering*. 2014; 126: 1-6.
2. Curutchet A, Dellacassa E, Ringuet J A, Chaves A R, Viña S Z. Nutritional and sensory quality during refrigerated storage of fresh-cut mints (*Mentha x piperita* and *M. spicata*). *Food Chemistry*. 2014; 143: 231-238.
3. Rojas C, Tripaldi P, Dután H. Desarrollo y optimización de una infusión aromática tipo tisana aplicando diseño de Plackett-Burman y optimización de máxima pendiente. *Revista de Ciencias*. 2010 Noviembre; 14: 103-115.
4. Talete srl. DART-Decision analysis by ranking techniques (Version 2.0). 2007.
5. Rojas C, Aguilar L, Tripaldi P. Desarrollo y optimización de un producto unttable a base de soya. *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*. 2010 Noviembre; 23(2): 33-40.

MEJORANDO LA SEGURIDAD ALIMENTARIA - APROVECHAMIENTO DE CARNE DE CARA DE RES PARA DESARROLLAR UN ALIMENTO EXTRUIDO PARA CANINOS

IMPROVING FOOD SECURITY – USING CATTLE FACE MEAT (A MEAT MEAL) TO
DEVELOP AN EXTRUDED DOG FEED

Paola A. ALMEIDA¹; Olga R. HENAO G.¹; Harold A. ACOSTA-ZULETA. Ph.D.^{1*}

RESUMEN

Los perros se han convertido prácticamente en miembros de la familia y por tanto, requieren de alimentos de alta calidad. Se desarrolló un alimento extruido usando harina de carne proveniente de la cara de res (subproducto cárnico); esta reemplazó parte de los ingredientes convencionales, torta de soya y harina de arroz. **Antecedentes:** Se han hecho estudios sobre la utilización de desechos del beneficio de animales en el país, pero específicamente en reses, desde 1986 no se ha trabajado harina bovina y en esa ocasión fue aplicada a cerdos. **Objetivos:** Desarrollar un alimento para perros con un alto contenido nutricional usando un subproducto del beneficio de bovinos, la harina de carne de cara de res. **Métodos:** Se aplicó un diseño de mezclas de vértices extremos con un factor a dos niveles y cinco repeticiones en el centro y tres variables de respuesta. Se estandarizó la metodología para extraer y convertir en harina, carne de la cara de res. Las harinas de carne, de arroz y torta de soya fueron combinadas para obtener un extruido estable, al cual se le determinó su composición y su digestibilidad. Igualmente, se evaluaron algunas de sus propiedades fisicoquímicas. **Resultados:** Las composiciones de las mezclas tuvieron efecto significativo ($p < 0,05$) en la fracturabilidad y la dureza. El extruido resultó en aumento en el porcentaje de proteína y en el de proteína digerible ($p = 0,001$) comparada con la aportada por un alimento convencional. Las mejores condiciones de composición fueron 60% de harina de carne, 30% de harina de arroz y 10% de Torta de Soya, y la operación del extrusor a 180°C y 190 rpm. **Conclusiones:** Se logró la conversión de un

subproducto cárnico con poco uso y de bajo costo, en un valioso producto de considerable valor nutricional para perros, que podría mejorar los alimentos concentrados para mascotas.

Palabras clave: subproductos cárnicos, alimentos para animales, nutrición, extrusión.

ABSTRACT

Dogs had become family members and as such they require high quality feed. An extruded dog feed was developed using a meat meal ('meat flour') from cattle face. Meat flour was combined with conventional ingredients (soy meal and rice flour). **Background:** Some works on adding value to meat industry residues had been done in Colombia. However, since 1986 little has been advanced on bovine remnant. **Objectives:** To develop a dog feed with increased nutritional value using a meat industry by-product. **Methods:** Formulations for proper mixes were done using an experiment design of vertices with one factor at two levels and five repetitions in the center, with three respond variables. The extreme vertices were proportions of each raw material used; temperature factors were 150°C and 180°C. **Results:** Mixture composition had a significant effect on fracturability and hardness. Physicochemical tests of extrudates, resulted in increased protein content and high protein digestibility ($p = 0,001$) compared with commercial dog feed. Optimal mix was that containing 60% meat flour, 30% rice flour and 10% soy meal; extruded at 180°C. **Conclusions:** An operative process was developed towards the conversion of a meat industry by-product of little value and low cost to

¹ Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: harold.acosta@correounivalle.edu.co

a valuable animal raw material of high nutritional content, which could generate improved pet feeds.

Keywords: meat by-products, meat meal, pet feed, animal nutrition, extrusion.

INTRODUCCIÓN

Hay subproductos cárnicos que poseen características para convertirse en alternativas reales para el mejoramiento en la nutrición animal, disminuyendo también la contaminación ambiental (1). Se ha evaluado el valor nutricional de diversas harinas de carne y su uso en alimentación animal (2), pero no en perros, cuyos alimento ha evolucionado hacia dietas cada vez más balanceadas. Esta debe considerarse el contenido de nutrientes, la digestibilidad y disponibilidad de los mismos (3). Por esto, se aborda la utilización de un subproducto (carne de cara) en formulaciones extruidas, bajo ciertas condiciones operacionales (4).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Las materias primas se consiguieron en el mercado local. Carne de cara de res (subproducto cárnico), PROASECAR, Cali; harina de arroz, Cereales Industriales, Candelaria, Valle y torta de soya, Solla, Buga, Valle.

Proceso de desarrollo de la harina de carne

Con base en protocolos estadounidenses (4) (5), se extrajo carne de cara de res, se cocinó (125°C; 18 psi; 1 h); se secó en horno de convección forzada (4 h; 75°C); se molió y se almacenó. Se determinaron propiedades fisicoquímicas de la harina de carne con normas estándar: humedad (NTC 4888), grasa (AOAC 920.39), cenizas (NTC 4648), proteína (ISO 1871:2009) y digestibilidad en pepsina (NTC 719). Luego, se usó un diseño experimental 2² con punto central para hallar las mezclas con harina de arroz y torta de soya para los ensayos preliminares.

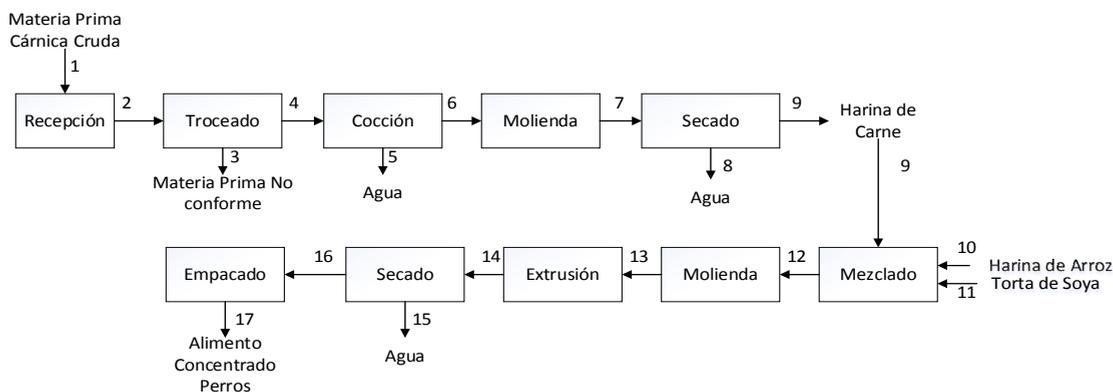


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso desarrollado para obtener un concentrado para perros.

Fuente: Autores.

Proceso de extrusión

Se usó un **extrusor de** doble tornillo, a 150 y 180°C; 194 rpm de los tornillos; materias primas acondicionadas a 15% y alimentación a 337 Kg/h. El extruido se secó por 24 h a 50°C y se almacenó en bolsas plásticas a temperatura ambiente para su caracterización. Se hicieron 4 repeticiones, cada una en triplicado.

Caracterización

Se calcularon %Finos (ecs. 1 y 2) (6) y %Fracturabilidad (ec. 3) (7). Dureza: se midió con un Texturómetro (Shimadzu Ez Test, con programa

Rheometer). Las pruebas fisicoquímicas usaron normas reconocidas: NTC 4888 (Humedad y Materia Volátil), ISO 1871 (Proteína Total; factor 6,25), AOAC 920.39 Ed. 19 (Grasa), NTC 4648 (Cenizas) y NTC 719 (Digestibilidad en Pepsina; 0,002%). Microbiología: NTC 4519 (recuento total de microorganismos; recuento de colonias a 35°C); NTC 4132:1992 (recuento de mohos y levaduras); NTC 4458:1998 (alimentos para animales, método horizontal para coliformes o *Escherichia coli* o ambos; recuento de colonias con medios fluorogénicos o cromogénicos) y NTC 4574 (alimentos para animales, detección de *Salmonella*).

$\% \text{ Residuos} = \frac{Pr}{Pm} \times 100$ (Ecuación 1) Porcentaje de residuos (6) [Pr =peso del residuo en g y Pm =peso de la muestra en g]

$\% \text{ Finos} = 100\% - \% \text{ Residuos}$ (Ecuación 2) Porcentaje de finos (6)

$$\text{Fracturabilidad} = \frac{\text{Muestra antes de la agitación} - \text{Muestra después de la agitación}}{\text{Muestra después de la agitación}} * 100$$

(Ecuación 3) Porcentaje de Fracturabilidad (7)

Diseño Experimental

La extrusión final aplicó un diseño de mezclas de vértices extremos con un factor a dos niveles y cinco repeticiones en el centro (8). Se compararon las medias usando el criterio MHD de Tukey. El diseño arrojó 7 mezclas que se ensayaron y sus resultados se analizaron mediante el paquete estadístico Minitab 16.

RESULTADOS

Finos y Fracturabilidad

La durabilidad de los extruidos se midió en función de estos dos factores. La composición y las variables operacionales del extrusor influenciaron la durabilidad ($p < 0.05$) y produjeron rangos, así: A 150°C: Finos: 1-2,3% y Fracturabilidad: 1,1-3,5%, y a 180°C: Finos: 0,3-1,3% y Fracturabilidad: 0,4-2,0%, o sea que hubo mayor estabilidad a la temperatura más alta. Fijando como criterio de durabilidad del extruido Fracturabilidad de 1%, se determinó que la mezcla óptima fue Harina de carne=56,6%, Harina de arroz=28,0%, Torta de soya=15,3%, extruida a 180°C.

Dureza

Se obtuvieron Durezas de 2 a 8 N/mm²; fijados 6 N/mm² como objetivo para extruidos con al menos 30% de proteína animal, la mezcla óptima fue aproximada a Harina de carne = 55,2%, Harina de arroz=29,6%, Torta de soya=15,2%, a 180°C.

Proteína y Digestibilidad

La digestibilidad en pepsina de mezclas extruidas a 180°C con contenidos de 57,0; 51,5 y 55,6% de proteína, dieron digestibilidades de 94,1; 90,7 y 95,4%, respectivamente. La digestibilidad más alta, definió la mezcla óptima y se fijó como Harina de carne=60,0%, Harina de arroz=30,0%, Torta de soya=10,0%, a 180°C. Esta mezcla se llamó 'mezcla 3' y se usó para análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Análisis Fisicoquímico y Microbiológico

El análisis bromatológico de la mezcla 3 arrojó: Humedad y Materia Volátil=6,2%; Proteína Total=55,5%; Grasa=9,2%; Cenizas=2,2%; Carbohidratos Totales=26,9% y Calorías Totales (Kcal/100 g)=432,0. Microbiológicamente el resultado fue: Recuento Total de Aerobios Mesófilos (UFC/g)=20 [Norma: <100.000]; Recuento de Coliformes Totales (UFC/g)=500 máx. [<10]; Recuento de Coliformes Fecales (UFC/g)=--- [<10]; *Escherichia coli* (UFC/g)= <10 [<10]; Recuento de Esporas *Clostridium* Sulfito Reductor (UFC/g)= 100 máx [<10]; Salmonella en 25 g=Ausencia [Ausencia]; *Estafilococo* coagulasa positiva (UFC/g)=< 100 [< 100].

DISCUSIÓN

Fracturabilidad y Finos

La fracturabilidad disminuyó a medida que aumentaron los % de harina de arroz y de torta de soya, al igual que cuando se incrementó la temperatura de extrusión (150 a 180°C). Igualmente, % Finos disminuyó al aumentar esta temperatura. Estos dos factores son fundamentales para la integridad del extruido para que no causen problemas como la silicosis al aspirarlo el animal (9). La integridad se altera por las fuerzas dinámicas que afectan al producto, que depende de los sistemas de transporte y las fuerzas estáticas debidas a su propio peso (5) (10).

Dureza

La dureza de extruidos a 180°C fue casi el doble que aquella a 150°C, esta es determinante en la preferencia de los animales (11) (Kenny *et al.*, 2007). La mayor dureza se obtuvo a 180°C, cuando la mezcla contenía más almidón y torta de soya, y menor harina de carne, concordante con un reporte previo (12) (Ding *et al.*, 2005). La Fracturabilidad, %Finos y Dureza, deben sus valores al poder aglutinante de los almidones gelatinizados que mantienen las partículas juntas (13) (Heffner, 1973). Los extruidos convencio-

nales tienen una dureza de 12 N/mm² y aquellos con al menos 30% de proteína animal, una de 3 a 8 N/mm² (4). Se fijó como objetivo 6 N/mm² cumpliendo así con el rango para este tipo de extruido. La mezcla óptima respecto a la dureza, correspondió a mezclas del centro del diseño experimental.

Proteína y Digestibilidad

La digestibilidad es uno de los criterios más usados para definir la calidad de las proteínas, puesto que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida (14). Los análisis de digestibilidad permiten estimar la proporción presente de nutrientes en una ración que puede ser absorbida por el aparato digestivo y disponible para el animal (15).

Durante la extrusión (tratamiento térmico de temperatura alta-corto tiempo o HT-ST), se gelatiniza el almidón, volviendo digeribles almidones amorfos y sus cristalitas (15). También, desnaturaliza las proteínas, lo cual disminuye la degradabilidad de las proteínas animales (17). Los alimentos para mascotas deben tener una digestibilidad igual o mejor que 80% y mínima de 75% (3). Los resultados de este trabajo superaron el porcentaje de proteína (55,5% total) y la digestibilidad (90,7 a 95,4%) comparada con productos comerciales.

Análisis Físicoquímico y Microbiológico

Los análisis físicoquímicos y los microbiológicos, cumplieron con las especificaciones. Los resultados bromatológicos mostraron un % de proteína muy por encima del mínimo recomendado, superando en contenido nutricional a los concentrados secos convencionales. Así se aseguró la obtención de un producto que mejora la nutrición y la absorción de ingredientes, y que es seguro microbiológicamente.

CONCLUSIONES

Se demostró la viabilidad de usar la carne de cara de res para aplicarla al desarrollo de un nuevo alimento para mascotas.

Se desarrolló un alimento para perros con características similares en presentación a los convencionales, pero con mejores propiedades nutricionales (proteína mayor al 50% y digestibilidad del 95%). También, tuvo un aroma agradable, característico de la carne.

El producto elaborado y su proceso de fabricación, tienen múltiples beneficios, mitigan la contaminación ambiental, presenta una mejora en las características organolépticas y nutricionales, y beneficia al animal por su fácil asimilación, evi-

tándole enfermedades derivadas del consumo de proteína vegetal.

Se espera que estos resultados sirvan para establecer la harina de carne, en especial de la cara de res, como una materia prima principal en alimentos extruidos para mascotas.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud hacia el Señor Alejandro Giraldo J. de PROASECAR, Cali.

REFERENCIAS

1. Falla L. Desechos de matadero como alimento animal en Colombia. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Capítulo 7. Frigorífico Guadalupe, Bogotá, Colombia. 2012.
2. Mosquera D. Evaluación de la calidad de extruidos elaborados con materias primas no convencionales para la alimentación de cerdos. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia. 2014.
3. Case L, Carey D, Hirakawa D. Nutrición Canina y Felina. 2ª ed. Ed. Harcourt Brace, España. 1997; 455p.
4. Martínez H, Espinal C, Pinzón N, Peña Y, Acevedo X, Beltrán L, González F, Gonzales D, Amézquita J. Agroindustria y competitividad, estructura dinámica en Colombia 1992-2005. Observatorio Agrocadenas. MinAgricultura y Desarrollo Rural. 2013.
5. AAFCO (Association of American Feed Control Officials). Methods for substantiating nutritional adequacy of dog and cat foods. Proposed Revision Edited for Official Publications. Model Pet Food and Specialty Pet Food Regulations, U.S.A. 2014.
6. Reyes A. Prácticas Profesionales. Alimentos Balanceados Balrosario S.A. 2006. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1/Practicas%20prof.pdf>. Consultado: 20 Septiembre 2015.
7. Acosta-Zuleta H. Processing and Physico-chemical Characterization of Steam-flaked Sorghum Hybrids. Ph.D. Dissertation. Texas A&M University. USA. 1997.
8. Montgomery D. Diseño y Análisis de Experimentos. Editorial Limusa Wiley. 2da Ed.. México. 2004.
9. Lehnebach G. Efecto de la utilización de distintas fuentes de almidón en alimento extruido para salmónidos. Trabajo de Grado. Universidad Austral de Chile. 2006. 85p.
10. Winowisky T. Extrudes quality in animal feeds. *American Soybean Association*. 1995;195(21):11-95.
11. Kenny M, Rollins D. La Calidad Física del Alimento. ROSS TECH, U.S.A. 2007; 13p.
12. Ding Q, Ainsworth P, Tucker G, Marson H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering*. 2005;66:283-289.
13. Heffner L. Gelatinization during extruding. *Feedstuff*. 1973;45:33-41.
14. FAO. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. 1994. Disponible en: <http://www.fao.org/3/content/d9dc8010-6d87>. Consultado: 15 Julio 2015.
15. Camire M. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. *Critical Review. Food Science Nutrition*. 29(1):35-57. 1990.
16. Church D, Pound W. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, México. 1994. 438 p.
17. Prestløkken E. *In situ* ruminal degradation and intestinal digestibility of dry matter and protein in an expanded feedstuff. *Animal Feed Science and Technology*. 1999;77:1-23.

MEJORANDO LA SEGURIDAD ALIMENTARIA - DESARROLLO Y EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE UNA HARINA COMPUESTA DE TRIGO, GARBANZO Y BRÓCOLI

IMPROVING FOOD SECURITY – DEVELOPMENT AND PHYSICOCHEMICAL
EVALUATION OF A WHEAT, CHICKPEA AND BROCCOLI COMPOSITE FLOUR

María Isabel PÁEZ-VALENCIA, Ing. Alimentos¹; Harold ACOSTA- ZULETA, Ph.D.^{1*}.

RESUMEN

Antecedentes: Es necesario desarrollar procesos en la industria alimentaria que utilicen fuentes alternas de alimentos para contrarrestar la dependencia de cereales como el trigo y elaborar productos alimenticios balanceados para complementar los alimentos tradicionales de origen animal (1). El uso de la harina compuesta va desde la industria de panificación hasta la producción de pastas, tortillas y alimentos suplementarios; como una alternativa para mejorar el valor nutritivo de los alimentos. **Objetivos:** El objetivo de este trabajo fue desarrollar una harina compuesta a base de trigo, garbanzo y brócoli para evaluar el comportamiento fisicoquímico en la variación de la composición de la mezcla obtenida. **Métodos:** Se realizó un diseño experimental factorial 2² por triplicado en bloques completamente al azar donde se estudió el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de garbanzo (15% y 20%) y polvo de brócoli (2.5% y 5%). Las variables de respuesta fueron índices de hidratación y de solubilidad (ISA&IAA), viscosidad aparente y curva de empastamiento y se realizó un análisis proximal a la harina compuesta escogida. Los resultados se evaluaron mediante Anova usando Minitab 16 y la prueba de Tukey de comparación de medias ($p < 0.05$). **Resultados:** La harinas con 20% garbanzo, 2.5% brócoli y 77.5% trigo, y la harina con 20% garbanzo, 5% brócoli y 75% trigo ($p < 0.05$), presentaron un mayor índice de solubilidad de agua. La harina con 20% garbanzo, 5% brócoli y 75% trigo ($p < 0.05$) ha presentado un mayor índice de absorción de agua. Las temperaturas de inicio de gelatinización para las harinas compuestas y para la harina de trigo, fueron semejantes. **Conclusiones:** La harina compuesta seleccionada por sus propiedades fisicoquímicas (20% garbanzo, 5% brócoli y

75% trigo) tuvo mayores contenidos de proteína, fibra, ceniza y grasa, y menor de carbohidratos, comparado con la harina de trigo. Estas mezclas compuestas cumplen con las características requeridas para ser utilizadas como harinas panarias, las cuales podrían reforzar la ingesta nutricional de poblaciones en necesidad.

Palabras clave: harina compuesta, índices de solubilidad y de absorción de agua, curva de empastamiento.

ABSTRACT

Background: There is a need for developing processes in the food industry to use alternative sources of food to counter the dependence of cereals such as wheat and produce balanced food to complement the traditional foods of animal origin. The use of composite flour goes from the bakery industry to the production of pasta, tortillas and supplementary food; as an alternative to improve the nutritional value of food. **Objectives:** The aim of this work was to develop a composite flour of chickpea, broccoli and wheat to evaluate the physicochemical behavior of the variation of the composition of the mixture obtained. **Methods:** A factorial experiment design 2² in triplicate was performed in randomized complete block wherein the effect of partial replacement of wheat flour by chickpea flour (15% and 20%) and broccoli powder flour (2.5% and 5%), was studied. The response variables were water solubility and water absorption index, apparent viscosity and pasting curve and the chosen composite flour a proximal analysis was performed. The results were evaluated by ANOVA using Minitab 16 and the Tukey test for comparison of means ($p < 0.05$). **Results:** Flours

¹ Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: harold.acosta@correounivalle.edu.co

of 20% chickpea, 2.5% broccoli and 77.5% wheat, and flours with 20% chickpea, 5% broccoli and 75% wheat ($p < 0.05$), showed a higher water solubility index. Flours of 20% chickpea, 5% broccoli and 75% wheat ($p < 0.05$), presented a higher water absorption index. The gelatinization onset temperatures were similar for wheat and for composite flours.

Conclusions: A composite flour selected due to its physical-chemical properties (20% chickpea, 5% broccoli and 75% wheat) had higher contents of protein, fiber, ash, and fat, and lower carbohydrate, compared to wheat flour. These composite flours comply with the required characteristics to be used as breading flours, which could enhance the nutritional intake of populations in need.

Keywords: Composite flour, water solubility and absorption indexes, pasting curve.

INTRODUCCIÓN

Colombia depende del trigo importado y se ha aumentado la demanda del cereal, poniendo en riesgo la industria panificadora nacional (1.715476 en el 2014) (3). Una solución a esta situación es sustituir parte de la harina de trigo con otras harinas (4).

Harinas compuestas son mezclas de cereales y vegetales diferentes al trigo, que buscan reemplazar el trigo y mejorar el valor nutricional con proteínas suplementarias (5). El garbanzo es una fuente rica de proteínas con casi tres veces más que los cereales (6) y rico en aminoácidos esenciales como la lisina, pero pobre en azufrados (metionina y cisteína) (7), los cuales están en el trigo y por lo tanto, se complementan en una harina compuesta, en la cual el brócoli aporta metabolitos secundarios, minerales y fibra. Este trabajo ha buscado desarrollar una harina compuesta a base de trigo, garbanzo y brócoli, con el objetivo de evaluar el comportamiento fisicoquímico de cereales, leguminosas y hortalizas importantes en la alimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Todos los materiales se compraron en el mercado local. Se obtuvieron harina de garbanzos secos (en molino de martillos) y una materia pulverulenta desde inflorescencias de brócoli secados en horno convencional y pasados por molinos de discos y de cuchillas (40°C; 70 h; rendimiento 10.7%). La humedad de las harinas se mantuvo a menos de 14%.

Caracterización granulométrica

Se hizo para cada harina usando un equipo Ro-Tap (Testing sieve shaker Model B serial No 11416 4-140 mm) empleando tamices de la serie Tyler.

Diseño experimental

Se desarrolló un diseño experimental factorial 2^2 por triplicado en bloques completamente al azar. Los factores fueron harina de garbanzo (a 15 y 20%) y harina de brócoli (2.5 y 5%) y como variables de respuesta índices de hidratación y de solubilidad (ISA&IAA).

Evaluación de las harinas compuestas

Determinación del índice de hidratación y de solubilidad (IAA&ISA). Se siguió el método modificado de Anderson *et al.*, 1969. Determinación de viscosidad aparente. Se utilizó un viscosímetro Brookfield modelo DV-III Ultra usando la aguja No. 29. Curva de empastamiento. Se usó un viscoamiloógrafo *Brabender* en una suspensión de harina compuesta al 12% (p/p) y la curva de viscosidad vs tiempo/temperatura mostró la temperatura de inicio de la gelatinización (T_{gel}) y la viscosidad máxima ($V_{máx}$). Análisis proximal. Se usaron normas para proteínas (AOAC 920,87), fibra (AOAC 985,29), cenizas (AOAC 942,05), grasa (AOAC 991,36) y humedad (NTC 287). Los resultados se evaluaron mediante Anova usando Minitab 16 y la prueba de Tukey de comparación de medias ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Caracterización granulométrica

En la figura 1 se puede observar la distribución granulométrica de cada harina compuesta elaborada de acuerdo con el diseño experimental.

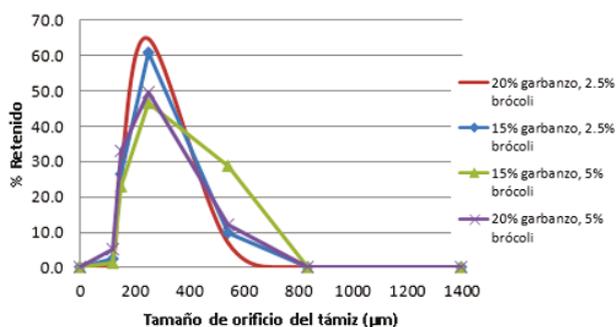


Figura 1. Distribución granulométrica de las harinas compuestas evaluadas.

Índices de absorción de agua (IAA) y de solubilidad (ISA)

A continuación se encuentra los resultados del índice de absorción e índice de solubilidad de las harinas que fueron parcialmente sustituidas por harina de garbanzo y polvo de brócoli.

Tabla 1. Efecto de la composición de las harinas compuestas de garbanzo, brócoli y trigo en los índices de absorción de agua (IAA) y de solubilidad (ISA)

Harina Compuesta	Media de los tratamientos ISA	Media de los tratamientos IAA
20% garbanzo, 5% brócoli	12.6 ^a	3.2 ^a
15% garbanzo, 2.5% brócoli	12.5 ^a	3.0 ^a
20% garbanzo, 2.5% brócoli	12.4 ^{a,b}	2.9 ^a
15% garbanzo, 5% brócoli	11.9 ^b	2.9 ^a

Letras superíndice diferentes dentro de la columna significa diferencias significativas ($p < 0,05$).

Comportamiento reológico

La figura 2 presenta la viscosidad aparente de las harinas compuestas.

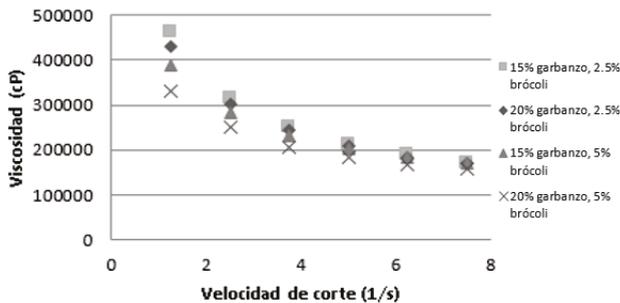


Figura 2. Viscosidad aparente de la harina compuesta de garbanzo, brócoli y trigo

La figura 3 muestra la curva de empastamiento donde se puede observar la temperatura inicial de gelatinización y la viscosidad máxima de cada harina compuesta.

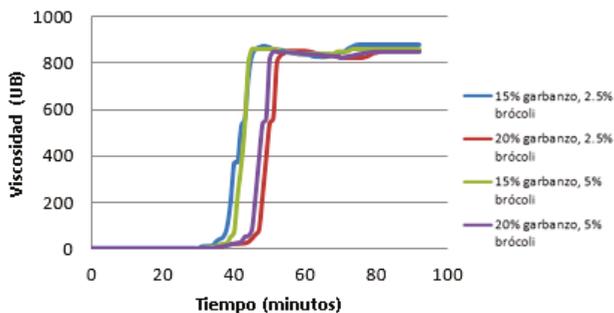


Figura 3. Viscoamilograma (UB) de la harina compuesta de garbanzo, brócoli y trigo

Análisis proximal

Luego de realizar el análisis estadístico se seleccionó la mejor harina compuesta y se le realizó el análisis proximal como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis físico-químico de la harina compuesta con 20% de harina de garbanzo, 5% de harina de brócoli

	Proteína (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)	Calorías Kcal/100g	Carbohidratos (%)	Grasa (%)
Harina Compuesta	16.10	0.88	1.68	9.21	365.44	69.66	2.47
Harina de trigo*	12.8	0.5	0.6	14.2	352.8	70.5	1.1

* Fuente: (FAO, 2014) (10)

DISCUSIÓN

Caracterización granulométrica

Harinas. La distribución granulométrica mostró retenciones de $\sim 60\%$ para trigo, para brócoli en la malla 100 ($147 \mu\text{m}$), y para garbanzo en la 60 ($250 \mu\text{m}$). Los resultados cumplieron con el *Codex Standard 152-1985* (tamaño de partícula $118-250 \mu\text{m}$).

Los módulos de fineza y el diámetro promedio (mm), respectivamente, para las harinas individuales fueron Garbanzo: 3.00 ± 0.42 y 0.35 ± 0.07 ; Trigo: 1.65 ± 0.07 y 0.10 ± 0.00 ; Brócoli: 1.70 ± 0.00 y 0.15 ± 0.07 . La harina de garbanzo mostró los mayores valores debido a su capacidad higroscópica, lo que aumenta su tendencia a aglomerarse (8).

Harinas compuestas. La distribución granulométrica mostró retenciones de $\sim 80\%$ para las harinas compuestas entre las mallas 100 ($147 \mu\text{m}$) y 60 ($250 \mu\text{m}$). Los resultados cumplieron con el *Codex Standard 152-1985* (tamaño de partícula $118-250 \mu\text{m}$). Por lo tanto, el tamaño de la partícula fue cercano a $250 \mu\text{m}$ y se puede corroborar por medio de la Figura 1.

Los módulos de fineza y el diámetro promedio (mm), respectivamente, para las harinas compuestas fueron: 15% garbanzo, 2.5% brócoli: 2.46 ± 0.37 y 320 ± 13.44 ; 20% garbanzo, 2.5% brócoli: 2.78 ± 0.00 y 318 ± 7.78 ; 15% garbanzo, 5% brócoli: 2.32 ± 0.36 y 251 ± 40.31 ; 20% garbanzo, 5% brócoli: 2.68 ± 0.07 y 304 ± 9.19 .

Pruebas de plataforma. Debido a la diversidad de tamaño de partícula, se temía que las partículas

más grandes afectaran la absorción de agua para la formación de masas, por lo que se realizaron pruebas de plataforma a la harina retenida en los tamices 30-60 y en los tamices 100-140-colector en donde se contabilizaba el porcentaje de agua necesario para que 0.5 gramos de harina se pudiera amasar. Se encontró que la cantidad de agua absorbida no varió significativamente y permitió que la partícula de mayor tamaño no influenciara negativamente en la formación de la masa, lo que quiere decir que la relación harina – agua no se afectó por el cambio en el tamaño de las partículas.

Índices de absorción de agua (IAA) y de solubilidad (ISA)

El valor de ISA (Tabla 1) tuvo diferencias significativas para al menos una de las harinas ($p=0,009$) que pudo ser causado por el tamaño del gránulo que facilita la entrada de agua a los espacios intermoleculares, además, el calor al que es sometida la disolución posibilita el aumento en la solubilidad de los polímeros.

El valor de IAA (Tabla 1) no difiere para las harinas ($p= 0,426$), sin embargo, las harinas se encuentran muy cercana al valor reportado para la harina de trigo (3,11).

Comportamiento reológico

Viscosidad aparente

En la Figura 2 muestra que las harinas compuestas presentaron un comportamiento de un fluido pseudoplástico que causó un adelgazamiento por corte debido a la degradación de fricción de la amilosa y amilopectina que posee el almidón, además, a mayor velocidad de deformación las partículas se reacomodan de tal modo que presentan una menor resistencia al flujo y por lo tanto presentan una menor viscosidad.

Además, el índice de comportamiento de flujo y el coeficiente de consistencia para las harinas compuestas fueron: 15% garbanzo, 2.5% brócoli: 0.4 y 524.6; 20% garbanzo, 2.5% brócoli: 0.4 y 487.2; 15% garbanzo, 5% brócoli: 0.5 y 429.5; 20% garbanzo, 5% brócoli: 0.5 y 365.8 de donde se puede observar que los valores más altos del coeficiente de consistencia fueron para las harinas con 15% de garbanzo y 2.5% de brócoli y 20% de garbanzo y 2.5% de brócoli lo que quiere decir que presentaron un mayor contenido de sólidos, por lo tanto mayor viscosidad aparente.

Curvas de empastamiento

Las curvas de empastamiento de las harinas compuestas se presentan en la Figura 3 donde se aprecia que la viscosidad máxima para las harinas estuvo entre 800 – 900 UB cercanas a la viscosidad máxima presentada por la harina de trigo (600 y 800 UB). Las temperaturas de inicio de gelatinización fueron: 15% garbanzo, 2.5% brócoli: 71.2°C; 20% garbanzo, 2.5% brócoli: 65.4°C; 15% garbanzo, 5% brócoli: 68.4°C; 20% garbanzo, 5% brócoli: 66.6°C. Se puede apreciar que se encuentran cercana a la temperatura de inicio de gelatinización de la harina de trigo, que es alrededor de 60°C (9).

Análisis proximal

Se seleccionó la harina con 20% de harina de garbanzo, 5% de harina de brócoli y 75% de harina de trigo, por su alto valor obtenido de ISA – IAA que presenta un alto rendimiento panadero. De acuerdo con el análisis proximal de la harina compuesta (Tabla 2) se puede observar que la harina compuesta presentó mayor contenido proteico y fibra debido a la incorporación de harina de brócoli y harina de garbanzo. El contenido de cenizas y grasa aumentó en la harina compuesta y el contenido de carbohidratos disminuyó en una pequeña proporción. Resultados similares se encontraron en trabajo anteriores donde se sustituyó 30% de harina de garbanzo a la harina de trigo, donde hubo un aumento en el contenido de proteínas, cenizas y lípidos totales, mientras que el contenido de carbohidratos presentó una reducción notable con respecto a la harina de trigo (6).

CONCLUSIONES

Se desarrollaron varias harinas compuestas a partir de mezclas de harinas de trigo, garbanzo y brócoli que ofrecieron características adecuadas para su uso en panificación o en otros productos. Las suspensiones de las harinas compuestas mostraron un comportamiento reológico propio de un fluido pseudoplástico y de una harina compuesta. Las temperaturas de inicio de gelatinización para las harinas compuestas estuvieron cercanas a la temperatura de gelatinización de la harina de trigo. La harina compuesta seleccionada G₂B₂T₄ (20%, 5%, 75%) presentó un contenido proteico, fibra, cenizas y grasa mayor en comparación a la harina de trigo. La harina compuesta de garbanzo, brócoli y trigo, es una buena fuente alterna de alimentación huma-

na, asequible y nutritiva y que puede disminuir la dependencia del trigo.

REFERENCIAS

1. Apro N J, Rodríguez J, Orbea M M, Puntieri MV. Desarrollo de harinas compuestas precocidas por extrusión y su aplicación en planes alimentarios. INTI-Cereales y Oleaginosas – Sede 9 de Julio. 5º Jornadas de Desarrollo e Innovación, 2004 Noviembre. Argentina.
2. Valenzuela P, Rangel M, Valdez J, Islas A, Heredia J. 2009. Elaboración de una barra nutritiva a base de garbanzo y trigo con relleno de mango. [Trabajo de Maestría]. [Culiacán, Sinaloa]. CIAD, AC.
3. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales. Resumen de importaciones. Cundinamarca, Colombia. FENALCE. [Internet]. 2014. [Citado 30 enero 2016]. Disponible en: http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/Impo2010-2014.pdf
4. Henao S, Aristizabal J. Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. Ingeniería e Investigación. Abril de 2009; 29(1): 39-46.
5. Elias G. Concepto y tecnología para la elaboración y uso de harinas compuestas. Boletín de la oficina sanitaria panamericana. [Internet]. 1996 (Citado:2014 Julio 15) 12(2): 179-182. Disponible en línea en: <http://hist.library.paho.org/Spanish/BOL/v121n2p179.pdf>
6. Hefnawy T E L, Shourbagy G, Ramadam M. Impact of adding chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour to wheat flour on the rheological properties of toast bread. International Food Research Journal. 2012. 19(2): 521-525.
7. Gutierrez R, Cardenas O, Alarcon C, Garzón J, Milan J, Armienta E, Reyes C. Alimento para niños preparado con harinas de maíz de calidad proteínica y garbanzo extruidos. INCI. [Internet]. 2008 (Citado: 2014 Julio 21) 33 (12):868-874. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001200004&lng=es&nrm=iso. ISSN 0378-1844.
8. Renjifo G. Factores que inciden en la conservación de los granos almacenados. En: Castillo, Alvaro. Almacenamiento de granos. Aspectos técnicos y económicos. 2ª. Ed. Bogotá, Colombia. Editorial Presencia. Mayo 1984; 103-133p.
9. Bernabé, C. Influencia de los componentes de la harina en la panificación. Panorama Panadero. Enero, 2009; (357): 16-19.
10. Salazar, Julio. Bases de datos para formulación de dietas. [Internet]. Valparaiso, Chile. FAO. [Internet]. 1993. [Citado 2016 enero 15]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S21.htm>

CONSERVACIÓN DE MORA DE CASTILLA (*Rubus glaucus* Benth) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

BLACKBERRY (*Rubus glaucus* Benth) PRESERVATION BY EDIBLE COATING APPLICATION

Camilo VILLEGAS Ing.^{1*}, William ALBARRACÍN Ph.D.², Oswaldo OSORIO Ph.D.³

RESUMEN

Antecedentes: En los últimos años la mora de castilla ha tomado gran importancia tanto para el Departamento de Nariño como para el País, es por eso que la industria alimentaria ha buscado la manera de conservar la fruta durante un mayor tiempo en condiciones óptimas de calidad. **Objetivos:** Se aplicaron recubrimientos comestibles formulados a base de Hidroxipropil Metilcelulosa y Cera de Abejas en mora de castilla en estado de madurez 5 y almacenadas durante 5 días a temperatura ambiente. **Métodos:** Se monitoreó la acidez titulable, pH, sólidos solubles totales, firmeza, tasa de transpiración e índice de respiración. **Resultados:** Los resultados indicaron que las moras con los recubrimientos comestibles tuvieron un mejor comportamiento en las propiedades analizadas con respecto a las moras testigo, sin embargo, la inclusión de cera de abeja a la matriz de el recubrimiento tuvo una mayor influencia sobre el control de los sólidos solubles totales, pH e índice de respiración. **Conclusión:** En general los recubrimientos comestibles tuvieron un efecto positivo en la conservación de la mora de castilla limitando los procesos fisiológicos y aumentando la vida útil.

Palabras clave: Procesos fisiológicos, recubrimiento comestible, vida útil.

ABSTRACT

Background: In the last years blackberry has become very important for both Department of Nariño and Country, that's why food industry has

sought ways to preserve this fruit during a long time in Quality optimum conditions. **Objectives:** Edible coatings based on Hydroxypropyl Methylcellulose and Beeswax are applied on blackberry fruits at maturity stage 5 which were stored during 5 days at room temperature. **Methods:** Titratable acidity, pH, soluble solids content, firmness, transpiration and respiration rates were monitored. **Results:** The results pointed out that blackberry with edible coatings had a better performance in analyzed properties regarding uncoated fruit, nevertheless, including beeswax coating matrix had a greater influence on control total soluble solids, pH and respiration index. **Conclusions:** In general edible coatings had a positive effect on blackberry preserving limiting physiological processes of blackberry fruits and increased its shelf-life.

Keywords: Edible coating, physiological processes, shelf-life.

INTRODUCCIÓN

La mora de castilla es una fruta de gran producción a nivel nacional (1), por otro lado, esta fruta es de gran importancia en el desarrollo hortofrutícola del Departamento de Nariño (2). La mora es una fruta no climatérica, de piel frágil lo cual causa pérdidas de peso y susceptibilidad a contaminación por microorganismos llevando su vida útil a cortos periodos de tiempo los cuales se encuentran entre 3 a 5 días (1, 3, 4). Sin embargo, es un fruto muy deseado en el mercado por su alto potencial en minerales, vitaminas y compuestos funcionales (4, 5). No obstante, las pérdidas poscosecha de esta fruta no son solo

¹ Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

² Docente Investigador, Universidad de Nariño.

³ Grupo de Investigación GAIDA, Universidad de Nariño.

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia: cvillegasy@unal.edu.co

aquellas asociadas a los procesos fisiológicos de la fruta sino también al manejo poscosecha realizado, por tal razón, este trabajo tiene como objeto aplicar un recubrimiento comestible a base de Hidroxipropil Metilcelulosa (HPMC) y la inclusión de Cera de Abejas (CA) en mora de castilla y evaluar su efecto en los procesos fisiológicos y fisicoquímicos de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth).

MATERIALES Y MÉTODOS

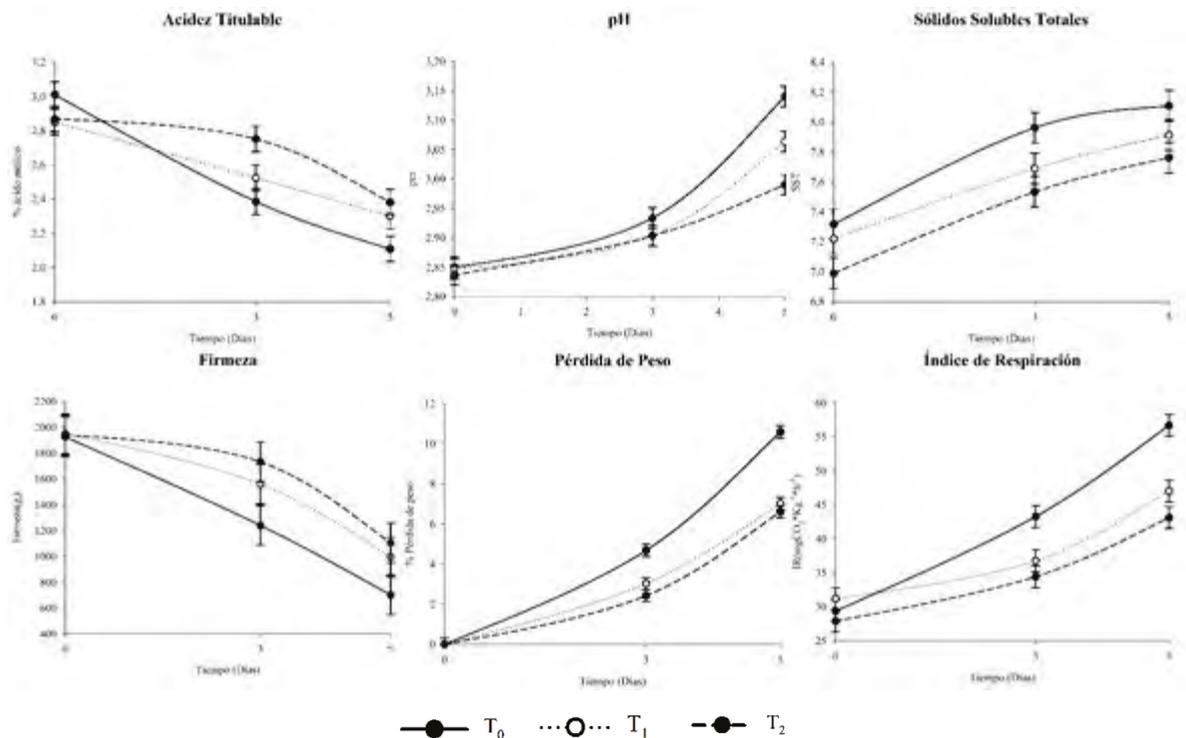
Los frutos recolectados en la vereda San José del municipio de Pasto, en estado de madurez 5 (6), fueron sometidos a lavado, desinfección con agua clorada (0,25g/L) (7). Los recubrimientos se formularon a partir de HPMC, cera de abeja, glicerol, ácido esteárico (8), la aplicación se realizó por inmersión (30s) y un secado (45-50°C) (1). Los frutos tratados y frutos control dispuestos en cajas termoformadas se almacenaron (16°C) durante 5 días.

Variables analizadas

Parámetros fisicoquímicos: Acidez titulable (9) expresada en ácido málico, pH (10), Sólidos solubles totales (6) y firmeza (1) expresada en gf. Parámetros fisiológicos: Índice de respiración (1) expresada en $\text{mgCO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ e Índice de transpiración (4, 11) expresada en %Pérdida de peso. La información obtenida por triplicado fue analizada por el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI. II, y las gráficas fueron diseñadas en el programa SigmaPlot 10.0.

RESULTADOS

En la figura 1 se observa el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas tales como acidez titulable, pH, sólidos solubles totales, firmeza y las propiedades fisiológicas como el índice de transpiración y respiración.



T₀: Fruta sin recubrimiento comestible, T₁: Fruta con recubrimiento de HPMC, T₂: Fruta con recubrimiento de HPMC y CA.

Figura 1. Comportamiento de las variables analizadas en mora de castilla.

La acidez titulable (figura 1) tuvo un comportamiento descendente durante el tiempo de almacenamiento, en el tratamiento T_0 se presentó un mayor descenso de este parámetro, evidenciando que la aplicación de los recubrimientos comestibles aplicados en la fruta retardan los cambios presentes en la mora. En general el ANOVA estableció que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las frutas testigo y las frutas con recubrimiento, sin embargo, entre T_1 y T_2 no existen diferencias significativas ($P > 0,05$). Los valores de pH en T_1 y T_2 indican que los recubrimientos limitaron los procesos degradativos durante el tiempo de almacenamiento, por otro lado, la inclusión de CA al recubrimiento tiene un mayor efecto en la limitación de los procesos degradativos de dicho parámetro. El pH mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P < 0,05$). Los sólidos solubles totales incrementaron con el transcurso del periodo de almacenamiento debido probablemente a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares, presentando diferencias estadísticamente significativas entre las frutas testigo y las frutas con recubrimiento, no obstante, entre el T_1 y T_2 no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$). La firmeza disminuyó en todos los tratamientos evaluados, el ANOVA demostró que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$) entre T_0 y T_1 , sin embargo la inclusión de CA al recubrimiento tuvo mayor efecto en los procesos degradativos de la fruta presentando diferencias significativas ($P < 0,05$) con respecto a los otros tratamientos evaluados, esto posiblemente se presenta debido a que la CA al ser un compuesto hidrofóbico genera una barrera más estable a la emisión de vapor de agua.

Los procesos fisiológicos de la mora tales como tasa de transpiración e índice de respiración tuvieron un comportamiento creciente con el transcurso del periodo de almacenamiento. En el caso de la tasa de transpiración se presentaron diferencias significativas entre las frutas sin recubrimiento y las frutas con recubrimiento ($P < 0,05$), sin embargo, entre T_1 y T_2 no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), en el caso del índice de respiración la inclusión de CA tuvo un mayor efecto sobre el control de los procesos fisiológicos de la mora presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto a T_0 y T_1 . Esto posiblemente se debe a la aplicación de recubrimientos comestibles a la mora ya que estos actúan como barrera a la emisión de vapor de agua y gases de respiración.

DISCUSIÓN

La reducción de la acidez posiblemente se debe a los procesos fisiológicos de la mora especialmente la respiración puesto que durante este proceso los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos (1, 12, 13, 14). El pH tuvo una relación directa con la acidez de la fruta incrementando los valores durante el tiempo de almacenamiento, este incremento posiblemente se atribuye a la unión de fragmentos de pectina libres en la pared celular con los polifenoles durante los procesos de maduración y senescencia de la fruta (9, 15). Por otro lado, el incremento de los sólidos solubles totales puede atribuirse a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares durante los procesos fisiológicos de la fruta (3), además, la pérdida posiblemente concentra los sólidos solubles de la fruta (1). Los recubrimientos aplicados actuaron como una barrera capaz de retardar la degradación de las protopectinas insolubles a ácidos pécticos y pectinas más solubles, además, dicha barrera evitó la pérdida de turgencia celular y la pérdida de aire extracelular y vascular evitando el ablandamiento de los tejidos de la mora (1, 9, 16)

El aumento en el índice de transpiración y respiración se debe a los procesos degradativos que se llevan a cabo en la mora de castilla, en el caso de la transpiración los recubrimientos aplicados regularon la difusión del vapor de agua (9, 14), sin embargo, algunos autores indican que la adición de una base lipídica forma una barrera más estable a la emisión de vapor de agua al ambiente (8). Al igual que la transpiración, la inclusión de cera de abeja forma una barrera capaz de disminuir el intercambio gaseoso modificando la atmósfera interna entre la mora y el recubrimiento disminuyendo la respiración (11, 17, 18, 19).

CONCLUSIONES

La aplicación de recubrimientos comestibles a base de Hidroxipropil Metilcelulosa y Cera de Abejas funciona como barrera a la degradación fisicoquímica y a los procesos fisiológicos de la mora de castilla durante 5 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación CEIBA, Gobernación de Nariño y al Laboratorio de Conservación y Calidad de Alimentos de la Universidad de Nariño.

REFERENCIAS

- Ramírez J, Aristizábal I, Restrepo J. Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Vitae*. 2013; 20(3):172-83.
- Siembra. Agenda nacional de investigación, desarrollo tecnológico e innovación I+D+I. [Internet]. Bogotá, Colombia. 2014. [18 Agosto de 2015]. Disponible en: <http://www.siembra.gov.co/siembra/main.aspx>
- Sora A, Fischer G, Flórez R. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) en empaques con atmósfera modificada. *Fisiología y Tecnología Poscosecha*. 2006; 24(2):306-16.
- Ayala L, Valenzuela C, Bohorquez Y. Efecto de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio y iones de calcio sobre la calidad de mora castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Vitae*. 2012; 19:S129-S131.
- Alzate-Quintero A, Mayor-Marin N, Montoya-Barreto S. Influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas sobre las propiedades físicoquímicas y fisiológicas de la mora (*Rubus glaucus* Benth) en dos zonas de la región centro sur del departamento de caldas. *Agronomía*. 2010; 18(2):37-46.
- Norma Técnica Colombiana. NTC 4106: Frutas Frescas. Mora de castilla. Especificaciones. 1997.
- García M, Martino M, Zaritzky N. Starch-Based Coatings : Effect on Refrigerated Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1998; 76:411-20.
- Navarro-Tarazaga M, Massa A, Pérez-Gago M. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (*Cv. Angeleno*). *LWT - Food Science and Technology*. 2011; 44(10):2328-34.
- Joo M, Lewandowski N, Auras R, Harte J, Almenar E. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food chemistry*. 2011; 126(4):1734-40.
- Reina C. Manejo Postcosecha y Evaluación de la Calidad para la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) que se Comercializa en la Ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombiana; 1998. 148p.
- Restrepo J, Aristizábal I. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch *cv. Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnaúba. *Vitae*. 2010; 17:252-63.
- Han C, Zhao Y, Leonard S., Traber M. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*. 2004 Jul;33(1):67-78.
- Tanada-Palmu P, Grosso C. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*. 2005;36(2):199-208.
- Yaman Ö, Bayındırlı L. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT - Food Science and Technology*. 2002;35(2):146-50.
- González Cabrera MV. Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). [Tesis pregrado]. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2010. 165p.
- Del-Valle V, Hernández-Muñoz P, Guarda A, Galotto MJ. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*. 2005;91(4):751-6.
- Miller KS, Krochta JM. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 1997;81:228-37.
- Hong S, Krochta J. Oxygen barrier performance of whey-protein-coated plastic films as affected by temperature, relative humidity, base film and protein type. *Journal of Food Engineering*. 2006;77(3):739-45.
- Ribeiro C, Vicente A, Teixeira J, Miranda C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*. 2007;44(1):63-70.

ANÁLISIS SENSORIAL DEL COLOR EN LA MADURACIÓN DE CARNE DE CORDEROS DE PELO

HAIR SHEEP LAMB MEAT AGEING-A SENSORY COLOR ANALYSIS

William ALBARRACÍN Ph.D.^{1*}, Ivan SÁNCHEZ M. Sc.², Luz RESTREPO M. Sc.³

ABSTRACT

Background: The color of meat may be modified by physiological or process factors such as species, gender, the amount of muscle fibers, genetic characteristics and age, producing differences that can be observed by the consumer. **Objective:** This work was aimed at evaluating the effect of a feeding system in sensory color analysis for hair sheep lambs crossed with Colombian breeds in sensory analysis response. **Methods:** Fifty-four 10-week-old Dorper X Colombian lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot (n=27). Samples were analyzed in 3 ageing conditions (0, 7 and 15 days), The sensory analysis panel evaluated the color attribute of raw meat samples compared with a normalized Pantone scale as their guiding color chart. **Results:** The results showed that the tri-stimulus response given by the panel members using the Pantone scale can be comparable with instrumentally obtained values which were also related to the interpretation of the ΔE value regarding the degree of being “noticeable” or “light”. **Conclusions:** The tri-stimulus response given by the panel members using the Pantone scale may have a comparable tendency to those values obtained instrumentally and related to ΔE value interpretation regarding the degree of being “noticeable” or “light” which implies that ageing time and feeding system may affect the sensory color response.

Keywords: Sensorial color, lamb meat, sensorial scores, slaughter conditions.

RESUMEN

Antecedentes: El color de la carne puede ser modificado por procesos fisiológicos o de proceso, tales como especie, género, la cantidad de fibra muscular, las características genéticas y la edad, generando diferencias que pueden ser percibidas por el consumidor. **Objetivo:** Este trabajo pretendía evaluar el efecto del tipo de alimentación en corderos de pelo cruzados con razas colombianas sobre la respuesta del análisis sensorial. **Métodos:** Se emplearon cincuenta y cuatro corderos de 10 semanas de edad (Dorper X Razas colombianas), alimentados con dos métodos (pastoreo y semi estabulado). Las muestras fueron analizadas a 3 condiciones de maduración (0, 7 y 15 días), el panel de análisis sensorial evaluó los atributos de color de las muestras, mediante la comparación con la escala normalizada Pantone como su carta guía de color. **Resultados:** Los resultados mostraron que la respuesta al triestímulo dada por los miembros del panel sensorial empleando la escala Pantone puede ser comparable a los resultados encontrados en el análisis instrumental, obteniendo diferencias de color que se pueden considerar apreciables o ligeras. **Conclusión:** La respuesta triestímulo obtenida por los miembros del panel sensorial, presentó una tendencia comparable con la obtenida para el análisis instrumental, siendo el tipo de alimentación responsable de estas diferencias.

Palabras clave: Color sensorial; Carne de cordero; escalas de color; condiciones de sacrificio

¹ Docente Investigador, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño.

² Docente Catedrático, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, Bogotá

³ Docente Investigador, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia walbarracinh@udenar.edu.co.

INTRODUCTION

The main compound responsible for fresh meat color is myoglobin which is the intracellular pigment synthesized in mitochondria (1) where the haemo group is responsible for myoglobin's intense dark-red color and for the pigment's different states in meat (2). Still, it should be pointed out that enzymatic type compounds (whose co-enzymes or prosthetic groups have chromophore properties) also impart a reddish color and that intramuscular fat percentage, cytochromes and flavonoids also have an effect on color (3). Color is the first sensory sensation perceived by a consumer when purchasing meat and is related to the degree of freshness (4); if meat is redder, it is considered that it is fresher. Some authors have established that breed, diet, storage and ageing are the most variable factors regarding lamb meat color (5); others have stated that different reactions between myoglobin and available oxygen are the factors producing the most changes in visual stimuli when evaluating color (6). Color can be determined by sensory methods but these are generally subjective due to variability in individual judgment (7), most trained people being able to predict favorable acceptance up to 14 days ageing (8). Different hedonic scales have been used for defining color. Authors found positive correlation between in panel members' evaluations with instrumental measurements in individual colorimetry studies when evaluating the degree of red or brown intensity, luminosity, tones of blue, green and yellow, emphasizing panel members' prior training (9). By contrast, when evaluating hedonic measurements from 1 to 4 regarding the intensity of redness, instrumental-sensory correlation only achieved 65% positive color discrimination, 33% luminosity and 36% a^* (10). The aim of this work was to evaluate the effect of feeding systems on Dorper X Colombian hair lambs slaughtered in sensory evaluation by trained panel.

MATERIALS AND METHODS

Experimental management and meat samples

Fifty-four 10-week-old Dorper X Colombian lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot ($n=27$); each feeding group was divided into 3 fasting groups (6, 12 and 18 hours) prior to slaughter. 5 animals were stunned elec-

trically in each fasting group and the remaining 4 were stunned with a penetrating captive bolt in accordance with the Food Science and Technology Institute's (ICTA) testing meat plant slaughter protocol. The right longissimus dorsi muscle was taken from each animal 24 hours after having been slaughtered, vacuum-packed and stored at 4°C for 0, 7 and 15 days.

The right longissimus dorsi muscle was taken from each animal 24 hours after having been slaughtered, vacuum-packed and stored at 4°C for 0, 7 and 15 days.

Sensory analysis

A panel of testers was used; it consisted of 8 people from the Universidad Nacional de Colombia's Chemistry department who had been trained in detecting meat defects (11). The testers evaluated the color attribute by evaluating raw meat samples compared with a normalized Pantone scale as their guiding color chart.

Statistical analysis

The data was statistically analyzed by multifactor variance analysis (ANOVA) using a Statgraphics Centurion XV (Statistical Graphics Corp., U.S.A.) statistics pack, performing a multiple range test through Fisher's least significant difference (LSD) procedure and multiple interactions having one level of significance ($p<0.05$).

RESULTS

Table 1. Comparative ΔE values and degree of sensorial differentiation.

	Grazing ^a	Semi-feedlot ^a
	ΔE^b Differentiation	ΔE^b Differentiation
06 - 12 hours fasting	2.059 noticeable	1.240 noticeable
12 - 18 hours fasting	1.083 noticeable	1.177 noticeable
06 - 18 hours fasting	2.727 noticeable	0.671 light
0 - 07 days ageing ^x	2.073 noticeable	2.291 noticeable
07 - 15 days ageing ^x	1.064 noticeable	2.962 noticeable
0 - 15 days ageing ^x	2.890 noticeable	4.977 noticeable

X, a and b showed statistical differences at $p<0.05$

Table 1 gives the ΔE values for coordinates L^* , a^* , and b^* for instrumental analysis regarding contrasts between fasting times and ageing.

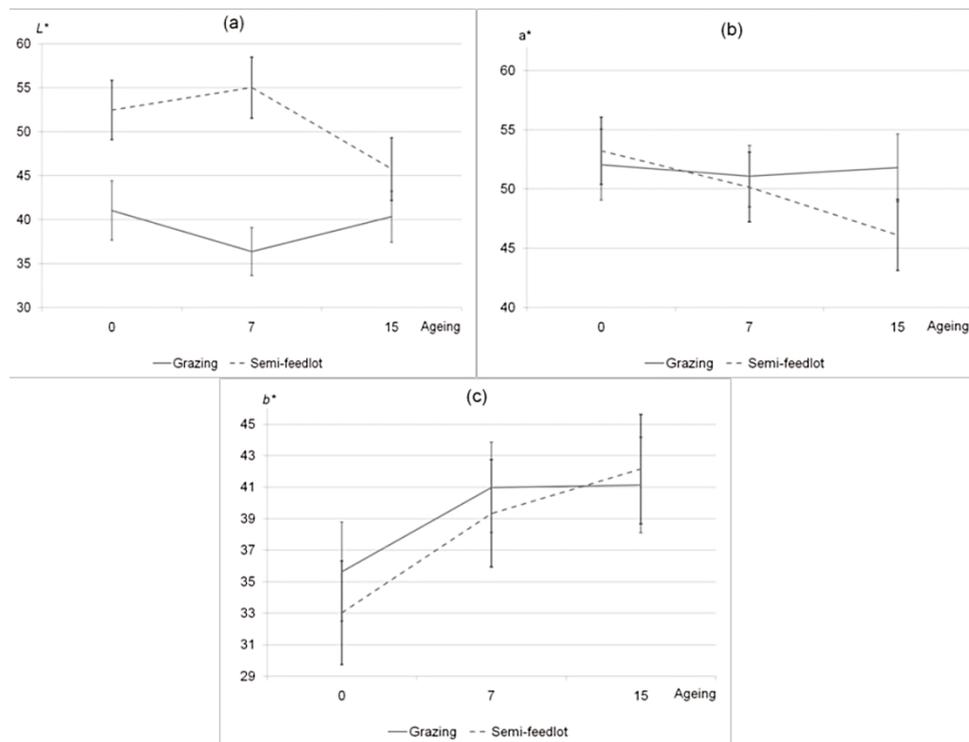


Figure 1. Sensory L^* variation (a), sensory a^* (b), sensory b^* (c) for feeding systems during ageing.

The results obtained from the Pantone scale were transformed to tri-stimulus coordinates L^* , a^* and b^* by using Adobe Photoshop CS5® graphics pack for statistical analysis and comparison with tendencies shown by the instruments and presented in Figure 1. Figure 1a gives sensory L^* value variation regarding ageing and feeding system which displayed significant differences ($p < 0.05$). Changes in luminosity due to feeding system were not statistically significant except during days 0 and 7 of ageing ($p < 0.05$), the semi-feedlot system samples being the most luminous ones. There were no statistical differences due to ageing for the grazing system ($p > 0.05$) while differences were found for the semi-feedlot system after 15 days ageing ($p < 0.05$). The sensory differentiation presented in Table 1 (where the degree may have been “noticeable”) was comparable to the tri-stimulus results shown in Figures 1a, 1b and 1c.

DISCUSSION

Regarding sensory luminosity L^* , variation due to ageing shown in Figure 1a showed that this trend was not significant and was not stable; compared

to Figure 1a, the differences were explained because of the instrumental measurements’ short range, despite presenting significant instrumental differences. However, significant variation due to feeding system during the first 7 days ageing was only evident by ΔE but not by instrumental L^* . Figure 1b shows variations in sensory a^* values regarding ageing and feeding system factors. No differences were presented between feeding systems and different ageing periods ($p > 0.05$). There was no difference by grazing system due to ageing ($p > 0.05$) while there was a decrease with ageing for the semi-feedlot system, this being significant between days 0 and 15 ($p < 0.05$). Figure 1c shows variation in b^* sensory value regarding ageing factors and feeding system. A general increase in b^* values was observed according to ageing time. There were no differences between feeding systems at different ageing periods ($p > 0.05$); there were no differences for grazing system on account of ageing ($p > 0.05$), while the semi-feedlot system showed differences between days 0 and 15 of ageing ($p < 0.05$). The a^* values obtained by sensory analysis were very far from those presented in instrumental measurement; this was possibly due to numerical

conversions from the Pantone scale to a L^* , a^* , b^* system, without considering the observer and the instrumentally-managed illuminant in conversions; however, tendencies regarding analysis factors may be comparable. The a^* variations did not present significant differences, having the same behavior as those shown instrumentally for longer than 7 day ageing periods. Likewise, sensory b^* values were not comparable with instrumental b^* , but the tendency to increase due to ageing agreed with that presented in Figure 1c where the panel members were able to discriminate between 0 and 15 days ageing by the color of b^* values.

CONCLUSIONS

The tri-stimulus response given by the panel members using the Pantone scale may have a comparable tendency to those values obtained instrumentally and related to ΔE value interpretation regarding the degree of being “noticeable” or “light” which implies that ageing time and feeding system may affect the sensory color response, which is in concordance with instrumental analysis results

REFERENCES

1. Bianchi G, Garibotto G, Franco J, Ballesteros F, Feed O, Bentancur O. Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. In G. Bianchi, *Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles*. Montevideo: Editorial Hemisferio Sur. 2005. 278p.
2. Dosi R, Di Maro A, Chamberry A, Colonna G, Costantini S, Geraci G, Parente A. Characterization and kinetics studies of water buffalo (*Bubalus bubalis*) myoglobin. *Comparative Biochem Phys*. 2006; 145: 230-238.
3. Lucciano G, Monahan FJ, Vasta V, Biondi L, Lanza M, Priolo A. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sci*. 2009; 81: 120-125.
4. Sanchez IC, Albarracin W. Análisis sensorial en carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2010; 23: 227-239.
5. Sañudo C, Sanchez A, Alfonso M. Small Ruminant Production Systems and Factors Affecting Lamb Meat Quality. *Meat Sci*. 1998; 49: 29-64.
6. Mancini RA, Hunt MC. Current research in meat colour. *Meat Sci*. 2005; 71: 100-121.
7. Garcia R. Efecto de las enzimas endogenas sobre las propiedades fisicoquímicas y estructurales de carne de bovino durante la maduración. [Tesis doctorado] Universidad Autónoma Metropolitana. 2001.
8. Goñi MV, Beriain MJ, Indurain G, Insausti K. Predicting longissimus dorsi texture characteristics in beef based on early post-mortem colour measurements. *Meat Sci*. 2007; 76: 38-45.
9. O'Sullivan MG, Byrne DV, Martens M. Evaluation of pork colour: sensory colour assessment using trained and untrained sensory panellists. *Meat Sci*. 2003; 63: 119-129.
10. Toohey ES, Hopkins DL, Stanley DF, Nielsen SG. The impact of new generation pre-dressing medium-voltage electrical stimulation on tenderness and colour stability in lamb meat. *Meat Sci*. 2008; 79: 683-691.
11. Prieto LM. Análisis de la evolución sensorial de carne bovina proveniente de la raza cebú brahman, para diferentes tiempos de maduración. [Monografía] Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 2009.

EFECTO DEL PROCESO DE FRITURA PLANA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MECÁNICAS DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.)

EFFECT OF PAN-FRYING PROCESS ON THE PHYSICOCHEMICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PEA (*Pisum sativum* L.)

Oswaldo OSORIO M. PhD.¹ Andrea MOLINA C. MSc.², Andrés CERÓN C. MSc (c)^{1*}

RESUMEN

Antecedentes: La arveja en Nariño-Colombia se ha convertido en una de las principales fuentes de ingresos para los agricultores de la zona sur del Departamento, llegando al primer lugar de producción nacional con el 55.2%. Sin embargo, dicha producción no ha sido vista como una opción de industrias en la región, dejando la comercialización de este producto en manos de intermediarios y cadenas comerciales que han sido los recaudadores de las ganancias percibidas por el producto. Siendo necesarias alternativas agroindustriales que confieran al material vegetal otras características deseables como las organolépticas. **Objetivos:** Evaluar el efecto de la fritura plana sobre las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Obonuco Andina. **Métodos:** se utilizó un diseño experimental completamente al azar mediante el cual se evaluaron nueve tratamientos: T1 (185 °C x 2 min), T2 (185 °C x 4 min), T3 (185 °C x 6 min), T4 (195 °C x 2 min), T5 (195 °C x 4 min), T6 (195 °C x 6 min), T7 (205 °C x 2 min), T8 (205 °C x 4 min), T9 (205 °C x 6 min). Las variables de respuesta fueron: contenido de humedad, contenido de aceite, características proximales (proteína, ceniza, carbohidratos) y fuerza máxima de ruptura. **Resultados:** se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p-valor <0.05). A mayor temperatura y tiempo los valores de humedad de las semillas son más bajos; mientras que la absorción de aceite aumento significativamente. Los valores de proteína oscilaron entre 12 y 17 %, superior a los valores de arveja

fresca 8%. Y la fuerza máxima de ruptura tiende a la baja aproximadamente un 90% de valor inicial de la arveja fresca. **Conclusiones:** la temperatura y el tiempo presentaron efecto significativo sobre las variables de respuesta fisicoquímicas durante la fritura de arveja variedad Obonuco Andina. No obstante, la fritura plana de la arveja aun es una metodología nueva siendo necesario mayor investigación y desarrollo para lograr un producto de calidad comercial.

Palabras clave: *Pisum sativum*, fritura plana, textura, humedad, cinética.

ABSTRACT

Background: peas in Nariño-Colombia has become one of the main sources of income for farmers in the south of the department, reaching the top of national production with 55.2%. However, this production has not been seen as a choice of industries in the region, leaving the marketing of this product in the hands of intermediaries and retail chains that have been collectors of profits received by the product. Agroindustrial alternatives being necessary to plant material conferring desirable organoleptic characteristics. **Objectives:** To evaluate the effect of flat frying on the physicochemical and mechanical properties of pea (*Pisum sativum* L.) variety Obonuco Andina. **Methods:** We used a completely randomized experimental design in which nine treatment were evaluated: T1 (185 °C x 2 min), T2 (185 °C x 4 min), T3 (185 °C x 6 min), T4 (195 °C x 2 min), T5 (195 °C x 4 min), T6 (195 °C x 6 min), T7 (205 °C x 2 min), T8 (205 °C x 4 min), T9 (205 °C x 6 min).

¹ Universidad de Nariño, Grupo de Investigación GAIDA.

² Universidad de San Buenaventura Cali. Grupo de Investigación en Biotecnología.

* Autor de correspondencia: andre0555@hotmail.com

min), T8 (205 °C x 4 min), T7 (205 °C x 6 min). The response variables were: moisture content, oil content, proximal characteristics (protein, ash, carbohydrates) and maximum breaking strength. **Results:** Statistically significant were found in differences between treatments (p-value <0.05). The higher the temperature and time values seed moisture are lower; while oil absorption increased significantly. Protein values ranged between 12 and 17%, higher than the values of fresh peas 8%. While the maximum breaking strength is falling about 90% of the initial value of fresh peas. **Conclusions:** The temperature and time have significant effect on the physical and chemical variables of response during fry pea variety Obonuco Andina. However pan-frying of peas is still a new methodology and even more research and development is a requirement for a commercial grade product.

Keywords: *Pisum sativum*, pan-frying, texture, moisture, kinetics.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la arveja (*Pisum sativum* L.) en Colombia ha sido una de las fuentes económicas de mayor importancia para pequeños y medianos agricultores de la zona andina, concentrando la producción en Cundinamarca, Boyacá y Nariño (1). Para el 2012 el área cultivada se estimó en 34.869 ha cuya producción total ascendió a 87.485 ton, siendo Nariño el principal productor con 48.264 ton que representaron el 55.2% del total. El número de familias beneficiadas por este cultivo puede ascender a 30.000 y lo representativo es que se lleva a cabo por pequeños y medianos agricultores, generando un factor estabilizador en la economía del campesino y la seguridad alimentaria (2). Sin embargo, en dicha región aún se evidencia un insipiente nivel de transformación agroindustrial. Sumado a ello el hecho de que la arveja es un producto muy perecedero en estado fresco (3). Son necesarias alternativas que redirijan el material vegetal hacia procesos que permitan obtener productos con características organolépticas deseables. Entre los procesos destacados se encuentra la fritura. Esta ha sido uno de los procedimientos más populares para preparar alimentos (4) y se puede definir como la cocción en aceite caliente a temperaturas elevadas, donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme en el alimento (5). No obstante, dicho proceso conlleva reacciones

complejas como: oxidaciones, hidrólisis, isomerizaciones y polimerizaciones y todas ellas influyen la calidad final del producto. Por ello autores citan (6) la necesidad de determinar y estandarizar los factores que influyen en el proceso. Respecto de la fritura plana o superficial, se suele realizar solo a algunos productos como cárnicos o similares. Ha sido reportada por Hernández y cols. (7) mencionando que el uso de esta técnica en productos vegetales no ha sido muy estudiada. A diferencia de la fritura por inmersión, es necesario asegurar que el producto reciba el mismo tratamiento térmico, debido a que este no está inmerso en el aceite. El objetivo general de este estudio fue evaluar el efecto de la fritura plana sobre las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de arveja (*Pisum sativum* L.) variedad Obonuco Andina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se utilizaron 20 kg de arveja fresca variedad Obonuco Andina (*Pisum sativum* L.) cosechada en un periodo no superior a 24 horas, antes de la experimentación.

Proceso de fritura

Cada unidad experimental se constituyó por 10 g de arveja fresca. El proceso se llevó a cabo en lotes, en un recipiente cóncavo de capacidad 100 g para fritura ubicado en Planta Piloto Agroindustrial Multipropósito de la Universidad de San Buenaventura. El control de la temperatura se realizó con un termómetro infrarrojo compact IR, ref Dt 8802, previamente calibrado, y para el tiempo, un cronómetro. Se utilizó una relación semillas: aceite 1:1 (p/v). El inicio de la operación se consideró 10 s después de depositar las semillas en el recipiente caliente, debido a que el medio calefactor sufre de una caída de la temperatura, 10 s son necesarios para retornar a la temperatura objeto de estudio.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) mediante el cual se evaluaron nueve tratamientos: T1 (185 °C x 2 min), T2 (185 °C x 4 min), T3 (185 °C x 6 min), T4 (195 °C x 2 min), T5 (195 °C x 4 min), T6 (195 °C x 6 min), T7 (205 °C x 2 min), T8 (205 °C x 4 min), T7 (205 °C x 6 min). Para un total de 27 corridas experimentales. Las variables

de respuesta fueron: contenido de humedad, contenido de aceite, características proximales (proteína, ceniza, carbohidratos) y fuerza máxima de ruptura. El diseño experimental y el análisis de resultados fue realizado con ayuda del programa Statgraphics centurión © Plus versión XV.II mediante el cual se realizó el análisis de varianza y prueba LSD de Fisher a un 95% de nivel de confianza.

Determinación contenido de aceite

Se procesaron 5.00 ± 0.01 gramos de cada tratamiento. Se utilizó un Extractor Soxhlet empleando la metodología descrita por Bernal (8) con reflujo de 8 horas. El solvente utilizado fue Bencina de petróleo al 99.8%. Posteriormente el extracto se secó por 60 minutos a 60 ± 2 °C, hasta eliminar el solvente residual, en una estufa marca MEMMERT, se enfrió se pesó; la cantidad se expresó en base húmeda.

Determinación contenido de humedad

Se determinó según la metodología descrita por Bernal (8). Se pesaron 2.00 ± 0.01 g de cada tratamiento, aparte de ello se pesó una capsula de porcelana previamente seca al calor. Se calentó a 105 ± 0.1 °C en un horno eléctrico, por un tiempo de 24 horas hasta lograr un peso constante. Se enfrió y se pesó; los resultados se expresaron en base húmeda.

Fuerza máxima de ruptura

Se utilizó un texturómetro marca Shimadzu EZ-LX con una punta Uper compression plate de 30 mm. La celda de carga fue de 500N. La velocidad de carga de 6 mm/min. Se utilizó el software Trapezium Z mediante el cual se realizaron tres medias por cada tratamiento. Se midió el primer pico que indicaba la fractura inicial y se dejó hasta por lo menos 5 fracturas posteriores.

Evaluación proximal

Se utilizó el método de análisis de alimentos propuesto por Bernal (8) mediante el cual se determinó: proteína (método kjeldahl N*6.25), carbohidratos (cálculo matemático) y ceniza (incineración mufla).

RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p -valor < 0.05). A mayor temperatura se obtienen contenidos de hu-

medad más bajos. Temperaturas de 205 °C x 2 min reducen el contenido de agua en mayor porcentaje en comparación con el tratamiento a 185 °C x 4 min. No obstante, se evidencio equivalencia con un tratamiento a 195 °C x 4 min donde se redujo la humedad en un 86.52%. Sin embargo, condiciones de 205 °C x 4 y 6 min generan cambios poco deseables en las características organolépticas del producto.

Respecto del contenido de aceite, se observó que a medida que la temperatura y el tiempo aumentaron el contenido de aceite en la matriz aumento. Bajo la condición más extrema 205°C x 6 min el contenido graso de las semillas aumento 14.32 veces el valor de grasa de la arveja en estado fresco.

Tabla 1. Valores de contenido de humedad, aceite y fuerza máxima ruptura.

Tratamientos	Humedad (%)	Aceite (%)	Fuerza máx. ruptura (N)
Arvejas frescas	58.14 ± 1.27^g	1.92 ± 1.25^a	51.51 ± 2.55^d
T1	34.97 ± 3.17^f	8.96 ± 1.45^b	10.6 ± 0.32^b
T2	14.87 ± 2.32^d	13.95 ± 0.31^c	9.97 ± 0.66^b
T3	4.89 ± 0.93^b	19.60 ± 1.35^d	9.016 ± 1.07^b
T4	17.45 ± 0.83^c	9.53 ± 1.01^b	27.07 ± 3.57^c
T5	7.84 ± 0.30^c	18.66 ± 1.07^d	28.89 ± 2.19^c
T6	0.78 ± 0.09^a	22.48 ± 1.98^e	27.88 ± 1.19^c
T7	10.19 ± 0.76^c	17.69 ± 0.41^d	4.14 ± 0.60^a
T8	0.87 ± 0.10^a	26.52 ± 0.47^f	8.89 ± 0.51^b
T9	0.59 ± 0.05^a	29.48 ± 1.55^g	5.95 ± 1.15^a

*Valores promedio $n=3 \pm$ desviación estándar. Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

Por otra parte, se observó disminución significativa de la $F_{máx}$ de las muestras freídas en comparación con la arveja fresca ($p < 0.05$). Esta reducción ocurrió durante los primeros 2 min de procesamiento y se mantuvo ligeramente estable hasta el final de los experimentos. Ahora bien, en la tabla 1 se evidencia que los tratamientos a 185 y 205°C no son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$) y que presentan los valores de $F_{máx}$ más bajos, es decir que las muestras freídas a estas temperaturas requirieron una menor fuerza para que se produjera la fractura en comparación con las tratadas a 195°C donde se observaron los mayores valores de $F_{máx}$, siendo este el único tratamiento con diferencias estadísticamente representativas en comparación a los otros dos ($p < 0.05$);

Evaluación proximal

En la tabla 2 se muestra los resultados obtenidos. Se evidenciaron diferencias significativas (p -valor <0.05) entre la composición de la arveja fresca versus los tratamientos. Posteriormente pese a que aumentan, la temperatura y el tiempo los valores en la composición de las semillas se mantiene constante al llegar al equilibrio. Los valores de proteína oscilaron entre 12 y 17 % inferior a los valores de la arveja en estado seco 24%.

Tabla 2. Composición arveja en fresco y procesada bajo diferentes condiciones de fritura. En base húmeda.

Tratamientos	Proteína (%)	Carbohidratos (%)	Ceniza (%)
Arvejas frescas	8.70 ± 0.43 ^a	26.20 ± 1.60 ^a	1.10 ± 0.07 ^a
T1	12.18 ± 1.61 ^b	36.78 ± 2.10 ^b	1.40 ± 0.10 ^b
T2	15.38 ± 1.24 ^c	46.69 ± 3.23 ^c	1.78 ± 0.13 ^c
T3	16.61 ± 1.55 ^c	49.53 ± 4.23 ^c	1.89 ± 0.11 ^c
T4	15.60 ± 1.31 ^c	47.90 ± 3.87 ^c	1.82 ± 0.06 ^c
T5	16.33 ± 1.37 ^c	48.22 ± 5.12 ^c	1.84 ± 0.13 ^c
T6	16.77 ± 1.06 ^c	50.34 ± 4.43 ^c	1.92 ± 0.17 ^c
T7	15.76 ± 1.35 ^c	47.31 ± 3.96 ^c	1.80 ± 0.11 ^c
T8	15.82 ± 1.15 ^c	47.63 ± 2.45 ^c	1.81 ± 0.15 ^c
T9	15.20 ± 1.64 ^c	45.87 ± 6.10 ^c	1.75 ± 0.16 ^c

*Valores promedio $n=3 \pm$ desviación estándar. Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de LSD de Fisher a un 95% de confianza.

DISCUSIÓN

Contenido de humedad y aceite

Debnath et al., (9) concluyeron que a mayor temperatura la humedad en equilibrio se alcanza más rápido. Respecto del contenido de aceite Barrios, Osorio y Cerón (10) reportan que a mayor temperatura menor es la absorción de aceite contrario a lo reportado en esta investigación. Sin embargo, Troncoso y Pedreschi (11) afirman que a pesar de la existencia de estudios enfocados en determinar el efecto de la temperatura, aun no hay acuerdo completo de dicho fenómeno. Budzaki y Seruga (12) mencionan que cuanto más alta es la temperatura más rápida es la pérdida de agua, siendo el contenido residual de agua menor en el producto, por ello, se dispone de más espacio intercelular que pasa a ser ocupado por el aceite.

Fuerza máxima de ruptura

El fenómeno observado de reducción de la $F_{máx}$, se explica a través de la estructura de la semilla de arveja y la variación de su contenido de agua durante la fritura. Las muestras sometidas al tratamiento de 185°C presentan el mayor contenido de humedad, así mismo, éstas conservan la estructura de la semilla más intacta, ya que los cotiledones están más unidos y la testa se mantiene presente, lo que hace que la fuerza necesaria para romper este tejido sea más baja. Por su parte, en las arvejas sometidas a 205°C ocurre una rápida y profunda pérdida de agua que quema la fase sólida de las muestras; esto produce la desintegración de la testa y una ligera separación de los cotiledones, haciendo que el producto sea más frágil ante la ruptura. No obstante, el tratamiento a 195 °C se explica a través del mecanismo de transferencia de masa del producto. Como se observó la pérdida de humedad y ganancia de aceite no fueran tan súbitas como en otros tratamientos, promoviendo en el producto la formación de una costra superficial (13), que afecta no solo la textura sino que crea una barrera que impide la salida del agua desde el punto más interno del producto, por lo que éste queda más plástico en el centro haciendo que se requiera de una mayor fuerza para lograr su ruptura. Resultados similares fueron reportados por Heredia *et al* (13) en procesos de fritura desarrollados en tiempos cortos (menores a 10 minutos).

Evaluación proximal

Los valores de proteína encontrados son inferiores a los de la arveja en estado seco (24%) debido a que simultáneamente los espacios que deja el agua evaporada son ocupados por el aceite (14) ocasionando un aumento en el contenido graso de las semillas, lo cual modifica nuevamente la base de cálculo de los solutos, ocasionado que a pesar de aumentar la temperatura y el tiempo los tratamientos en el equilibrio no presenten cambios significativos. Fenómeno similar reportaron Villamizar et al., (15).

CONCLUSIONES

La temperatura y el tiempo presentaron efecto significativo sobre las variables de respuesta fisicoquímicas durante la fritura de arveja variedad Obonuco Andina. No obstante, la fritura plana de la arveja aun es una metodología nueva siendo necesario mayor investigación y desarrollo para lograr un producto de calidad comercial.

AGRADECIMIENTOS

Al Sistema General de Regalías por el aporte de los recursos en el proyecto BPIN 2012000100188 con el cual se realizaron parte de los estudios. Universidad de San Buenaventura Cali. Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de Nariño por el apoyo económico en la financiación al Banco proyectos docentes de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico, Innovación y Creación Artística, 2014.

REFERENCIAS

1. Cerón A, Latorre L, Bucheli M, Osorio O, Mejía D, Garcés L. Determinación de constantes de velocidad de rehidratación y cambios sobre algunas propiedades físicas en semillas de arveja (*Pisum sativum* L.). Rev Lasallista Investig. 2015;12(1):21-32.
2. Pabón, J., y J. Castaño, Manejo de La pudrición radical de la arveja (*Pisum Sativum* Linneo) causada por *Fusarium oxysporu*. Revista de agronomía. 2012; 20(2):37-44.
3. Garg M, Sharma S, Varmani S, Sadhu S. Drying kinetics of thin layer pea pods using tray drying. International Journal of Food and Nutritional Science. 2014; 3(3): 61-66.
4. Alvis A, Villada H, Villada D. Efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre las características sensoriales del Ñame (*Dioscorea alata*). Información tecnológica. 2008; 19 (5): 19-26.
5. Kochhar S y Gertz G. New theoretical and practical aspects of the frying process. European Journal of Lipid Science and Technology. 2004; 106: 722-727.
6. Alvis A y Vélez C. Modelado del proceso de fritura del Ñame (*Dioscorea alata*) mediante mediciones reológicas usando la metodología de superficie de respuesta. Información tecnológica. 2008; 19 (5): 11-18.
7. Hernández O, Mariela A, Yoicelin C. Efecto del tiempo de fritura en superficie sobre el contenido de grasa y humedad de una carne para hamburguesa comercial. Alimentech Ciencia y Tecnología Alimentaria. 2012; 10 (1): 38-45.
8. Bernal I. Análisis de alimentos. 3rd ed. LTDA G, editor. Bogota; 1998. 58-60 p.
9. Debnath S, Bhat K y Rastogi N. Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 2003; 36: 91-98.
10. Barrios L, Osorio O, Cerón A. Estudio de las cinéticas de pérdida de agua y absorción de aceite durante la fritura de arveja (*Pisum sativum* L.). Acta Agronómica. 2015;65(3):1-16.
11. Troncoso E y Predreschi F. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. LWT - Food Science and Technology. 2009; 42: 1164-1173.
12. Budzaki S y Seruga B. Moisture loss and oil uptake during deep fat frying of "krostula" dough. European Food Research and Technology. 2005; 220: 90-95.
13. Heredia A, Casatelló M, Argüelles A, Andrés A. Evolution of mechanical and optical properties of french fries obtained by hot air-frying. LWT - Food Science and Technology. 2014; 57: 755-760.
14. Rodríguez G, Zuluaga C, Puerta L, Ruiz L. Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano osmodeshidratado. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2013; 11 (1): 123-129.
15. Villamizar R, Quiceno M, Giraldo G. Comparación de la fritura al vacío y atmosférica en la obtención de pasabocas de mango (*Manguijera indica* L.). Temas agrarios. 2011; 16(1): 64-74.

ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE LA TEXTURA EN LA MADURACIÓN DE CARNE DE CORDEROS DE PELO

HAIR SHEEP LAMB MEAT AGEING AN INSTRUMENTAL TEXTURE ANALYSIS

William ALBARRACÍN Ph.D.^{1*}, Ivan SÁNCHEZ M. Sc.², Camilo VILLEGAS Ing.³

ABSTRACT

Background: The shortening produced during rigor-mortis is an important meat problem due to variation in ageing conditions as a consequence of isometric tension induced by storage conditions which could be improved by processing conditions. Texture is a variety of sensations given by hardness and softness related to mastication, cut and penetration which are related to water holding capacity, pH, connective tissue and muscle fibers state. **Objective:** The aim of this work was to evaluate the effect of feeding system, fasting period and ageing times on instrumental texture behavior. **Methods:** Fifty-four 10-week-old Dorper X Colombian lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot (n=27). Samples were analyzed in 3 ageing conditions (0, 7 and 15 days). Each feeding group was divided into 3 fasting groups (6, 12 and 18 hours) prior to slaughter. Meat samples were cooked in a preheated oven at 170°C until reaching an internal 72°C temperature. Samples were subjected to Warner Bratzler shear force and texture profile analysis (TPA). **Results:** Warner Bratzler results shown that the feeding system and time of ageing were the factors that presented statistical differences. Similar results were obtained from TPA analysis describing that both feeding system and ageing time played a significant role on almost every TPA parameters. **Conclusion:** Grazing and semi feedlot feeding systems have an important influence in lamb meat texture behavior parameters being grazing system which offer a best instrumental texture meat quality, if this quality means softer meat.

Keywords: Lamb meat, Texture, Slaughter conditions, TPA, Warner Bratzler.

RESUMEN

Antecedentes: El acortamiento producido durante el rigor mortis es un problema de importancia en la carne, debido a la variación de las condiciones de maduración como consecuencia de la tensión isométrica inducida por las condiciones de almacenamiento el cual se puede mejorar con las condiciones de procesamiento. La textura es un tipo de sensación dado por la dureza y la blandura relacionadas con la masticación, corte y penetración de la carne, las cuales están relacionadas a la Capacidad de Retención de Agua, pH, tejido conectivo y al estado de las fibras musculares. **Objetivo:** el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del sistema de alimentación, el periodo de ayuno y el tiempo de maduración sobre el comportamiento de la textura instrumental. **Metodos:** Se emplearon cincuenta y cuatro corderos de 10 semanas de edad (Dorper X Razas colombianas), alimentados con dos métodos (pastoreo y semi estabulado), separándolos por tres tiempos de ayuno (6, 12, y 18 horas) antes del sacrificio. Las muestras fueron analizadas a 3 condiciones de maduración (0, 7 y 15 días). Las muestras de carne fueron cocinadas en un horno a 170°C hasta alcanzar una temperatura en el interior de 72°C. Las muestras fueron sometidas a la prueba de fuerza de corte de Warner Bratzler y al Análisis de Perfil de Textura TPA. **Resultados:** Los resultados de las pruebas de textura, Warner Bratzler y TPA mostraron que el sistema de alimentación y el tiempo de maduración fueron los factores que presentaron diferencias estadísticamente significativas en casi todos los parámetros analizados. **Conclusión:** Los sistemas de pastoreo y semiestabulado tienen una importante influencia en el comportamiento de la

¹ Docente Investigador, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño.

² Docente Catedrático, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, Bogotá

³ Estudiante de Maestría, Universidad Nacional de Colombia

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia walbarracinh@udenar.edu.co.

textura en carne de cordero, siendo el sistema de pastoreo el que ofrece una mejor calidad instrumental de la textura de la carne, si esta "calidad" significa una carne mas suave.

Palabras clave: Carne de cordero, Textura, condiciones de sacrificio, TPA, Warner Bratzler

INTRODUCTION

The shortening produced during rigor-mortis is an important problem due to variation in ageing conditions (1) as a consequence of isometric tension induced by storage temperature; if temperature decrease is fast and its value reaches 10°C before rigor-mortis take place, then there is a flux of calcium through the sarcoplasmic reticulum and the mitochondria, producing cold shortening. Electrical stimulation is an alternative which should only be used in the case of rapid temperature drop (2). Likewise, increased age leads to higher collagen production, associated with an increase in texture (3). The instrumental methods used for measuring the mechanical properties of meat are classified as cutting, penetration, compression and tension analysis. The most widely used methods are the Warner-Bratzler method (4) for determining cutting and texture profile analysis (TPA) (5) by evaluating parameters like hardness, adhesiveness, springiness, chewiness and cohesiveness. TPA analysis is based on the degree of meat sample compression depending on the effect of the different proteins present in the sample; the effect of myofibril proteins is evaluated at lower compression levels and the effect of connective tissue is evaluated at higher compression levels close to 80% or higher (6). The aim of this work was to evaluate the effect of Dorper X Colombian breed lambs' feeding system on longissimus dorsi in vacuum-packed and cold storage (4°C) through Warner Bratzler shear force analysis and TPA.

MATERIAL AND METHODS

Fifty four 10-week-old Dorper X Colombian breed lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot (n=27). Each feeding group was divided into 3 fasting groups (6, 12 and 18 hours) prior to slaughter. The right *Longissimus dorsi* muscle was taken from each animal 24 hours after sacrifice, vacuum packed and stored at 4°C for 0, 7 and 15 days.

Texture determination

The stored samples were unpacked and half the muscle was taken and re-packed in a vacuum and cooked in water until reaching 72°C internal temperature. The samples were then refrigerated for 24 hours at 4°C and 1.27cm diameter, 3cm-long cylinders were extracted. Analysis was made with 3 repeats. Texture analysis was carried out on TATX2 equipment (7). TPA was performed with 50% deformation using 2 x 2 x 2 meat cubes (5).

Statistical analysis

Statgraphics Centurion XV was used to analyze data obtained by multifactorial variance analysis (ANOVA).

RESULTS

Figure 1 shows Warner Bratzler Shear force test results presented by periods of fasting, feeding system and ageing. Statistical analysis shows that the feeding system and time of ageing were the factors that presented statistical differences ($p < 0.05$). There were significant statistically differences between 0 and 15 days of ageing ($p < 0.05$) while there were no significant differences ($p > 0.05$) between 7 and 15 days. The differences between feeding systems were not significant for 15 days ageing regardless of the fact that average values in the semi-feedlot system were higher than those for the grazing system.

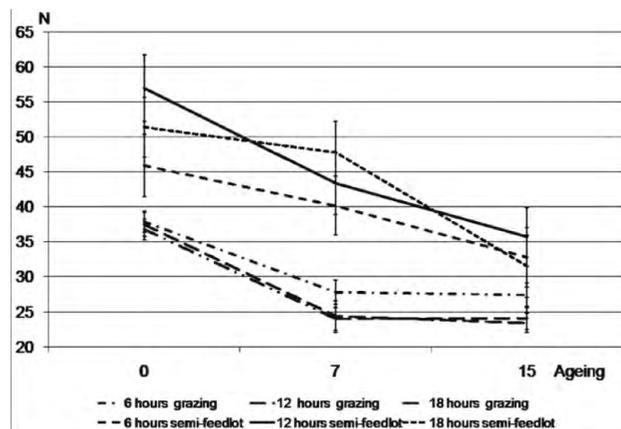


Figure 1. Warner Bratzler shear force due to feeding system, fasting and days of ageing.

On the other hand, Figure 1 shows that shear energy presented significant differences between ageing time and feeding system; additionally, an effect can be observed in Figure 2 for animals feed by semi-feedlot system, due to fasting time at day

0 of ageing, having significant differences between 6 and 12 hours of fasting ($p < 0.05$) and between 6 and 18 hours of fasting ($p < 0.05$). There were no significant differences between the factors analyzed for the 15 days of ageing ($p > 0.05$).

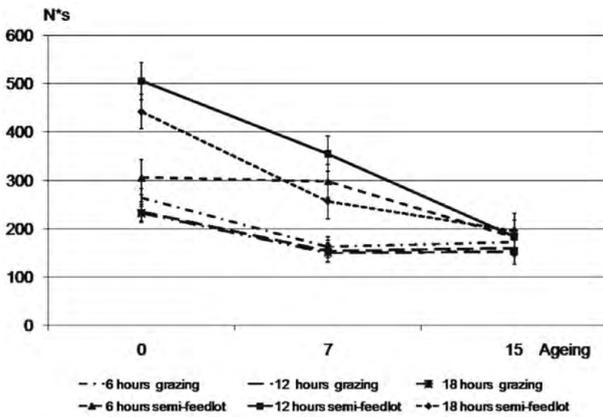


Figure 2. Warner Bratzler shear energy regarding feeding system, fasting and days of ageing.

Results for hardness from TPA are shown in Figure 3; both feeding system and ageing played a significant role on such values. In much the same way as in Figures 1 and 2, grazing animals presented decreased hardness with ageing, and significant differences between days 0 and 15 ($p < 0.05$).

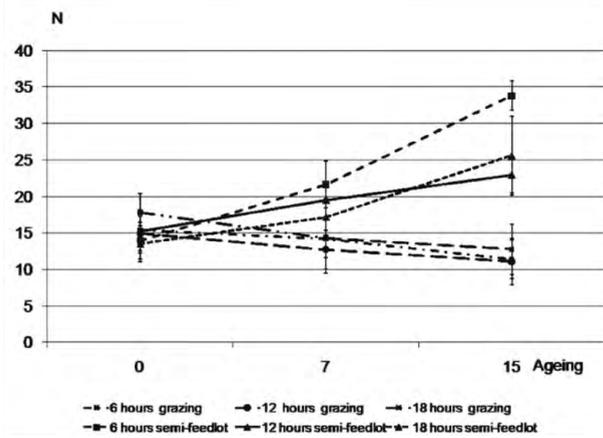


Figure 3. TPA: hardness as a function of feeding system, ageing, and fasting.

Animals in semi-feedlots had different results to those from grazing animals and Warner-Bratzler analysis trend (Figures 1 and 2) having increased hardness, with statistically significant differences between ageing days 0 and 15 ($p > 0.05$). Day 0 showed no difference between both feeding systems. By contrast, semi-feedlot animals displayed a difference in fasting effect by day 15 of between

6 and 12 hours ($p < 0.05$) and between 6 and 18 hours ($p < 0.05$).

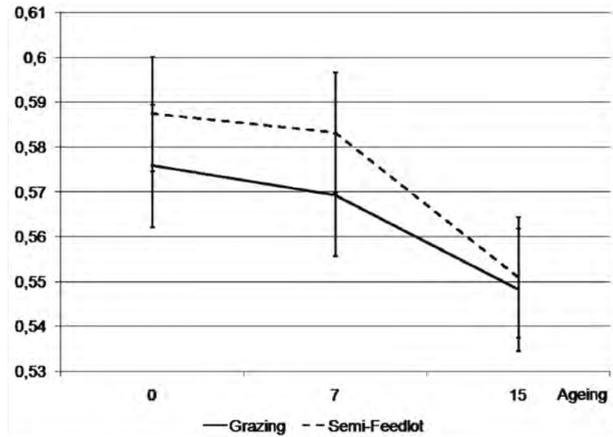


Figure 4. TPA: springiness as a function of feeding system and ageing.

Figure 4 shows springiness results from TPA values. Springiness decreased as ageing increased, with statistically significant differences between days 0 and 15 for grazing animals and between days 7 and 15 for semi-feedlot ($p < 0.05$). Even though no significant differences were found between both feeding systems, all mean values for grazing animals were lower than those for feedlot animals for days 0–15 ($p > 0.05$).

TPA cohesiveness results are shown in Figure 5; they are presented for feeding systems during ageing. Cohesiveness increased with an increase in ageing time. Significant differences were found between days 0 and 7 ($p < 0.05$) and days 0 and 15 ($p < 0.05$). Grazing animals showed higher cohesiveness values than feed-lot animals for feeding systems, significantly between 0 and 15 days of ageing ($p < 0.05$).

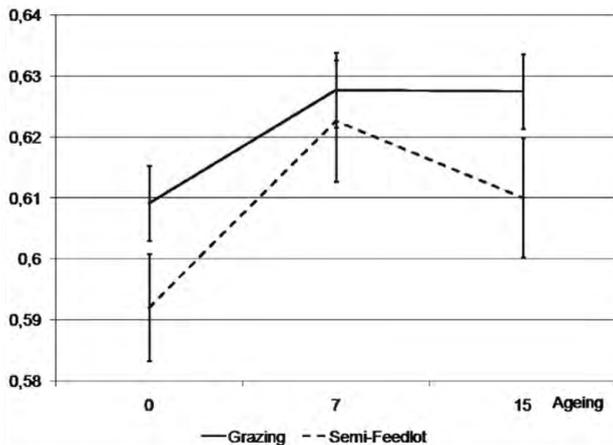


Figure 5. Cohesiveness as a function of feeding system and ageing.

DISCUSSION

The relationship between ageing and shear force has been studied by different authors (8, 9, 10, 11) finding an inverse relationship between the variables. Nevertheless, it would be expected that WB shear force would be affected because of stress factors (fasting time in this case) resulting in higher forces during ageing (12), but no significant differences were evidenced in descending tendencies due to this factor. Furthermore, the difference was given by the feeding system where animals raised by grazing presented lower shear forces. This behavior could be attributed to the low fat and connective tissue which would be present compared to the semi-feedlot system with supplements (9). Variation in shear force found in this study (Figure 1) was not significant at times beyond 7 days of ageing, similar to that found in Awassi lambs with ageing over 7 days being unnecessary for achieving low shear forces (11). WB shear force trend was related to the energy needed for cutting fibrillar proteins. The results presented in Figure 3 shows this similarity, corroborating the fact that the direct relationship between shear energy and WB shear force depend on connective tissue fat content (13). Vitamin D supplement use in feeding has also been presented by some research where the slow decrease in cutting energy regarding ageing time for animals bred by semi-feedlot system (10).

The hardness values obtained with 50% compression are shown in Figure 4; both fibrillar and connective tissue effects should be noted. An increase in meat hardness due to animal feeding in semi-feedlots could be attributed to the greater presence of connective tissue. The ageing effect on meat hardness becomes significant between days 0 and 15, mainly being due to muscular degradation with an interfering effect of connective tissue (14). Comparing different TPA variables from other authors is difficult to analyze because such authors use different speed tests and compression percentages (15). Nevertheless, there is a clear relationship between WB shear force test and TPA tenderness (5). Depending on compression gradients, hardness can be attributed to the proteolysis effect on fibrillar proteins with a 20% compression gradient while 80% is used for evaluating the effect on connective tissue (13).

Springiness is related to tissue responsiveness after a certain force has been applied; here both connective tissue and fat help muscle recover more quickly, thus improving meat elasticity. According to the results shown in Figure 5, feedlot animals (known to display higher percentages of connective tissue and fat) had higher springiness values; nevertheless, no statistically significant differences were found when comparing them to grazing animal. This phenomenon can be attributed to the age of the animals studied as the entire lot had not reached physiological maturity and had not developed enough fat and connective tissue. Springiness variation has been analyzed as a function of connective tissue in a comparative study between bovines and ovines (14). The general view was that intermediate compression percentages should be used in future analysis for studying the effects on myofibrillar and connective tissue simultaneously, as analyzed in this study.

Cohesiveness in TPA was related to the degree of myofibril deformation before snapping or tearing. This would suggest that meat having more fat tissue exhibits less cohesiveness (13). This effect is clearly shown in Figure 6 where grazing animals displayed greater cohesiveness. As concluded by some rabbit meat ageing studies (16), it was evident that cohesiveness was not affected by proteolysis in prolonged periods of ageing by contrast with the phenomenon exhibited by some other breeds such as *Charoles* and *Serrana Soriana* where cohesiveness behaves much like hardness (17).

When compared to Figure 3, chewiness results for semi-feedlot animals displayed similar trend to those displayed for hardness while ageing time increased. Chewiness in TPA was related to the number of times that the product had to be chewed to reach an optimum state for swallowing. It consists of a combination of hardness, cohesiveness and springiness (14). Figure 6 shows the effect of ageing time on chewiness due to the moment where the stunning method could affect meat texture. Even though hardness, cohesiveness and springiness did not constitute a significant effect by the stunning system, indirect electrical stimulation used in electrical stunning may change meat pH. Although hardness in TPA tended to be the same as chewiness in feed-lot animals in TPA, this variable could be considered to be a combination of other variables.

CONCLUSIONS

Grazing and semi feedlot feeding systems have an important influence in lamb meat texture behavior parameters being grazing system which offer a best instrumental texture meat quality, if this quality means softer meat.

REFERENCES

- Lopez R, Vanaclocha A. Tecnología de mataderos. Primera edición, Mexico: Mundiprensa; 2004.
- Devine CE, Payne SR, Wells RW. Effect of muscle restraint on sheep meat tenderness with rigor mortis at 18C. *Meat Sci.* 2002; 60: 155-159.
- Indurain G, Insausti K, Beriain MJ, Sarriés V. Analisis sensorial de tres tipos de carne de ovino por un panel de consumidores. [Tesis de doctorado]: Universidad de Navarra: 2009.
- Wheeler TS, Shackelford SD, Koohmaraie M. Shear force procedures for meat tenderness measurement. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. 2005.
- Ruiz de Huidobro F, Blázquez M, Onega E. A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Sci.* 2005; 69: 527-536.
- Bianchi G. Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. In G. Bianchi: *Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles*. Montevideo: Hemisferio Sur. 2005; 278p.
- Destefanis G, Brugiapaqlia A, Barge MT, Dal Molin E. Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Sci.* 2008; 78; 153-156.
- Bianchi G, Bentancur O, Sañudo C. La maduración de la carne de cordero como una herramienta para mejorar su terneza y calidad sensorial. *Rev Arg Prod Anim.* 2006; 26: 39-55.
- Dighiero A, Montossi F, Brito G, Bonilla O, Rovira P, Castro L. Caracterización de la calidad de la canal y la carne de Corderos Pesados y Super Pesados Romney Marsh en el sistema arroz-pasturas de la UPAG-INIA Treinta y Tres. *Sitio Arg Prod Anim.* 2010; 1-8p.
- Boleman CT, McKenna DR, Ramsey WS, Peel RK, Savell JW. Influence of feeding vitamin D3 and ageing on the tenderness of four lamb muscles. *Meat Sci.* 2004; 67: 185-190.
- Abdullah AY, Qudsier RA. Effect of slaughter weight and ageing time on the quality of meat from Awassi ram lambs. *Meat Sci.* 2009; 82: 309-316.
- Kadim IT, Mahgoub O, Al-Marzooqi W, Khalaf S, AL-Sinawi SSH, Al-Amri IS. Effects of transportation during the hot season and low voltage electrical stimulation on histochemical and meat quality characteristics of sheep longissimus muscle. *Livestock Sci.* 2009; 126: 154-161.
- Franco D. Acabado de vacas de desecho holstein frisian: efecto duracion del acabado y tiempo de maduracion sobre la textura de la carne . In *Jornadas sobre Producción Animal*, 12., Zaragoza (España). 2007.
- Onega ME. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. [Tesis de doctorado]. España. Universidad complutense de madrid. 2003.
- Franco D, Bispo E, González L, Vázquez JA, Moreno T. Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein–Fresian cull cows. *Meat Sci.* 2009; 83: 484-491.
- Gil M, Ramírez JA, Pla M, Ariño B, Hernández P, Pascual M, Blasco A, Guerrero L, Hajos G, Szerdahelyi EN, Oliver MA. Effect of selection for growth rate on the ageing of myofibrils, meat texture properties and the muscle proteolytic potential of m. longissimus in rabbits. *Meat Sci.* 2006; 72: 121-129.
- Asenjo B. Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de canal y de carne en añojos de razas charlores y serrana soriana. [Tesis de doctorado]. España. Universidad de Valladolid. 1999.

ANÁLISIS SENSORIAL DE LA TEXTURA EN LA MADURACIÓN DE CARNE DE CORDEROS DE PELO

HAIR SHEEP LAMB MEAT AGEING A SENSORY TEXTURE ANALYSIS

William ALBARRACÍN Ph.D.^{1*}, Ivan SÁNCHEZ M. Sc.², Luz RESTREPO M. Sc.³

ABSTRACT

Background: Texture is a variety of sensations given by hardness and softness related to mastication, cut and penetration which are related to water holding capacity, pH, connective tissue and muscle fibers state. **Objective:** The aim of this work was to evaluate the effect of feeding system, fasting period and ageing times on sensory texture response. **Methods:** Fifty-four 10-week-old Dorper X Colombian lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot (n=27). Samples were analyzed in 3 ageing conditions (0, 7 and 15 days). Each feeding group was divided into 3 fasting groups (6, 12 and 18 hours) prior to slaughter. Meat samples were cooked in a preheated oven at 170°C until reaching an internal 72°C temperature. These were then cut into 2cm square cubes and covered in aluminum foil again being evaluated by trained sensory panel. **Results:** The obtained results showed that lamb meat analyzed exhibits a tender texture that depends on ageing that was significant at 7 days of ageing; later times showed worst sensorial scores. **Conclusions:** The trend in the texture of lamb generates an undesirable change in the valuations of this parameter, which is affected by the preferences of the panelists who consider soft lamb meat as a defect

Keywords: Lamb meat, Texture, Sensorial scores, Slaughter conditions.

RESUMEN

Antecedentes: La textura es un tipo de sensación dado por la dureza y la blandura relacionadas con la masticación, corte y penetración de la carne, las cuales están relacionadas a la Capacidad de Retención de Agua, pH, tejido conectivo y al

estado de las fibras musculares. **Objetivo:** el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del sistema de alimentación, el periodo de ayuno y el tiempo de maduración sobre la respuesta sensorial de la textura. **Metodos:** Se emplearon cincuenta y cuatro corderos de 10 semanas de edad (Dorper X Razas colombianas), alimentados con dos métodos (pastoreo y semi estabulado), separándolos por tres tiempos de ayuno (6, 12, y 18 horas) antes del sacrificio. Las muestras fueron analizadas a 3 condiciones de maduración (0, 7 y 15 días). Las muestras de carne fueron cocinadas en un horno a 170°C hasta alcanzar una temperatura en el interior de 72°C, estas muestras fueron cortadas en cubos de 2 cm de lado y fueron analizadas por el panel sensorial entrenado. **Resultados:** Los resultados obtenidos mostraron que la carne de cordero analizada presenta una tendencia que depende de la maduración, siendo significativa a los 7 días de este proceso, para tiempos mayores de maduración se presentaron malas valoraciones sensoriales. **Conclusión:** la tendencia en la textura de la carne de cordero genera un cambio indeseable en las valoraciones de la textura, lo cual está afectado por las preferencias de los panelistas quienes consideran la carne de cordero blanda como un defecto.

Palabras clave: Carne de cordero, textura, valoración sensorial, condiciones de sacrificio.

INTRODUCTION

Texture is a variety of sensations given by hardness and softness related to mastication, cut and penetration which are related to water holding capacity, pH, connective tissue and muscle fibers (1), making texture being the parameter held in the highest regard by consumers (2). A variable ageing period is used for obtaining optimum tenderness

¹ Docente Investigador, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño.

² Docente Catedrático, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, Bogotá

³ Docente Investigador, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia walbarracinh@udenar.edu.co.

(3); nevertheless, the degree of tenderness has been related to two muscle components: myofibril structure and connective tissue (mainly collagen, elastin and reticulin). This is due to their intertwining with myofibril proteins (4) and other factors, such as age (5), gender (3), muscle type (6), the conditions in which ageing is carried out (4, 7) and the size of the muscle bundle and its degree of degradation (8). The effect of genetics is being debated because of the other factors' high variability (9). Sensory evaluation may recognize differences between the selected muscle, the weight of the live animal, and to a smaller extent, the ageing of meat and race, but the best evaluations are obtained in young animals (10) related to appreciation of flavor and acceptance in general (11). The aim of this work was to evaluate the effect of Dorper X Colombian breed lambs' feeding system on longissimus dorsi in vacuum-packed and cold storage (4°C) through Sensory evaluation by trained panel.

MATERIAL AND METHODS

Fifty four 10-week-old Dorper X Colombian breed lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot (n=27). Each feeding group was divided into 3 fasting groups (6, 12 and 18 hours) prior to slaughter. In each fasting group, 5 animals were stunned by electrical stunning and the remaining 4 were stunned with a penetrating captive bolt in accordance with the Food Science and Technology Institute's (ICTA) meat plant testing slaughter protocol.

Meat samples

The right *longissimus dorsi* muscle was taken from each animal 24 hours after sacrifice, vacuum packed and stored at 4°C for 0, 7 and 15 days.

pH

The pH was measured in the selected muscle with portable Hanna® puncture probe equipment. The measurement was performed immediately after washing the carcasses, after 24 hours and at the moment of being used for texture determination after 0, 7 and 15 days storage.

Sensory analysis

The second halves of the selected muscles were frozen for 2 weeks at -20°C and unfrozen for one day at 4°C. Each muscle was wrapped in aluminum

foil and coded with 3 random numbers for identification. The samples were cooked in a preheated oven at 170°C until reaching 72°C internal temperature. These muscles were subsequently cut into 2x2x2 cm³ cubes and covered in aluminum foil again until being evaluated. A panel of testers was used, consisting of 8 people from the Colombian's University National Chemistry department who had been trained in meat defects (Prieto, 2009). The testers evaluated texture by using a 10 cm-long scale describing items as being "juicy, tender, chewable" (7-10), "too juicy, not juicy, rubbery" (4-6), "dry, hard, not chewable, fibrous, presence of exudates" (0-3) (12).

Statistical analysis.

The data so obtained was statistically analyzed by multifactorial variance analysis (ANOVA), using Statgraphics Centurion XV (Statistical Graphics Corp., U.S.A.) statistics software, a multiple range test using Fisher's least significant difference (LSD) and one level of significance for multiple interactions (p<0.05).

RESULTS

Figure 1 shows the results for Δ pH 2 to 24 hours after slaughter, presented for periods of fasting and feeding system. Stunning type and fasting time had a significant effect on pH decrease since, in the case of electrically-stunned animals, no differences were seen regardless of fasting period (p>0.05), 0.66 pH unit variation. pH decreased for captive bolt stunning while fasting time increased. Differences were seen after 6 to 18 hours fasting (p<0.05) in animals stunned by captive bolt method. The decreased pH values for animals who underwent 12 to 18 hours fasting, stunned with captive bolt, presented no differences from the values recorded for electrically-stunned animals (p>0.05).

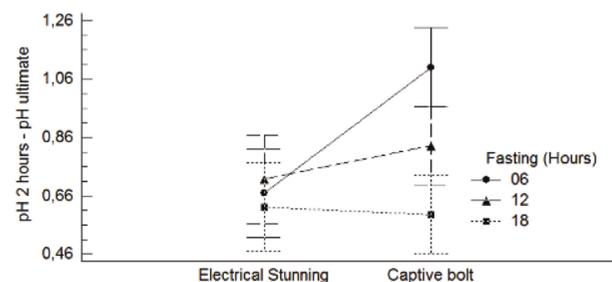


Figure 1. Decreased pH given as Δ pH 2 to 24 hours after slaughter

Table 1 shows the mean values for the panel of testers' sensory evaluation of texture in meat samples with the combined effects of feeding system, animal fasting time and ageing. Sensory analysis did not show significant results when comparing feeding systems and ageing ($p>0.05$).

Table 1. Texture sensory evaluation

Fasting (hours)	Grazing			Semi-feedlot		
	6	12	18	6	12	18
Ageing (days)						
0	7.202	6.300	6.166	6.430	6.050	6.109
7	7.477	6.355	6.250	6.350	6.333	5.933
15	5.750	6.486	6.333	6.400	5.011	6.211

DISCUSSION

The results presented in figure 1 established that there was a more significant decrease in pH values depending on fasting. A smaller decrease was observed with prolonged fasting periods in animals stunned by captive bolt, possibly due to stress generated by prolonged fasting where energy reserves in glycogen molecules were reduced, thereby affecting water holding capacity (WHC) (13). Nevertheless, following a short rest, the last pH would present values of around 5.8 to 6.0 where the worst conditions for obtaining low shear force and hardness were generated (14); however, texture became reduced with values above or below this range, due to the curve-line relationship between pH and texture (15). For electrically-stunned animals, assuming that there was an electrical stimulation effect, normalization in decreased pH was observed in 0.66 units; this change in pH values was found in some research (16), but direct or indirect electrical stimulation may cause problems during the ageing of meat, thereby accelerating proteolytic processes, and may lead to having meat which is too soft with long periods of ageing (17, 18).

There was a negative effect on sensory interpretation as ageing increased. In fact, evaluations on day 15 were worse than those from day 0 for both types of feeding systems and all fasting periods. Texture sensation was directly linked to water holding capacity where defects may have occurred when some meats may have been extremely exudative. The young age of the animals used in this study could have inferred tenderness and juiciness without ageing. This view is shared by some authors

who noted better sensory acceptance without ageing (5). However, odor and flavor could have affected texture sensory interpretation with prolonged ageing (6). Acceptance can also be attributed to sensory memory. Lamb in Colombia is not consumed regularly and, whenever it is, it is usually not as tender as other species. When tasters evaluated meat as being soft this may have been erroneous because the tasters considered soft meat to be a defect. Authors pointed out that ageing brought about an increase in sensory interpretation (19). This is debatable on account of the different regional perceptions regarding meat consumption. The evaluation panel analyzed samples on days 0 and 7 and considered grazing to be marginally superior to semi-feedlot. Sensory acceptance in this study suggested that grazing animals were marginally better semi-feedlot ones, although this conclusion was not statistically significant. These observations clearly contrasted with some research where concluded that feedlot animals displayed better results for cattle (20).

CONCLUSION

The trend in the texture of lamb generates an undesirable change in the valuations of this parameter, which is affected by the preferences of the panelists who consider soft lamb meat as a defect

REFERENCES

1. Osório JC, Osorio MT, Sañudo C. Características sensoriais da carne ovina. *Revista brasileira de zootecnia*. 2009; 38: 292-300.
2. Bianchi G. Aprendamos a consumir carne ovina. *Revista del plan agropecuario*. 2004; 31-33.
3. Bianchi G, Garibotto G, Bentancur O, Forichi S, Ballesteros F, Franco J, Feed O. Efecto del sistema de refrigeración sobre la calidad de la carne de corderos pesados Dohne Merino X Corriedale. *Revista argentina de producción animal*. 2006b; 26: 217-224.
4. Garcia R. Efecto de las enzimas endogenas sobre las propiedades fisicoquímicas y estructurales de carne de bovino durante la maduración. [Tesis de maestría]. México, Universidad autonoma metropolitana. 2001.
5. Indurain G. Analisis sensorial de tres tipos de carne de ovino por un panel de consumidores. [Tesis de doctorado]. Universidad de Navarra. 2007.
6. Bianchi G, Bentancur O, Sañudo C. La maduración de la carne de cordero como una herramienta para mejorar su ternera y calidad sensorial. *Revista argentina de producción animal*. 2006; 26: 39-55.
7. Chavez J. La maduración o añejamiento de las carnes. CORFO-GA. 2010.
8. Carvajal LM, Ospina N, Martínez O, Ramírez L, Restrepo C, Adarve S, Restrepo S. Evaluación de textura a cinco cortes de carne de res conservados por esterilización en envases de hojalata. *Vitae*. 2008; 15: 232-243.

9. Bianchi G, Bentancur O, Sañudo C. Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la terneza de la carne de corderos pesados. *Agrociencia*. 2004; 8: 41-50.
10. Sañudo C. Calidad de la canal y de la carne ovina y caprina y los gustos de los consumidores. *Rev Bras Zootecn*. 2008; 37: 143-160.
11. Bianchi G, Garibotto G, Bentancur O, Forichi S, Ballesteros F, Franco J, Feed O. Efecto del tiempo de maduración postmortem sobre la calidad sensorial de la carne de corderos corriedale y cruza. *Agrociencia*. 2006a; 10: 81-87.
12. Sanchez IC, Albarracin H. analisis sensorial en carne. *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2010; 23: 227-239.
13. Jacob RH, Pethick DW, Chapman HM. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairage periods. *Aust J Exp Agr*. 2005; 45: 543-552.
14. Okudo NJ, Moss BW. Interrelationships amongst carcass and meat quality characteristics of sheep. *Meat Sci*. 2005; 69: 1-8.
15. Hoffman LC, Muller M, Cloete SWP, Schmidt D. Comparison of six crossbred lamb types: sensory, physical and nutritional meat quality characteristics. *Meat Sci*. 2003; 65: 1265-1274.
16. Dighiero A, Montossi F, Brito G, Bonilla O, Rovira P, Castro L. Caracterización de la calidad de la canal y la carne de Corderos Pesados y Super Pesados Romney Marsh en el sistema arroz-pasturas de la UPAG-INIA Treinta y Tres. *Sitio argentino de producción animal*. 2010; 1-8.
17. Devine CE, Payne SR., Wells RW. Effect of muscle restraint on sheep meat tenderness with rigor mortis at 18C. *Meat Sci*. 2002; 60: 155-159.
18. Devine CE, Lowe TE, Wells RW, Edwards NJ, Hocking Edwards JE, Starbuck TJ, Speck PA. Pre-slaughter stress arising from on-farm handling and its interactions with electrical stimulation on tenderness of lambs. *Meat Sci*. 2006; 73: 304-312.
19. Martinez-Cerezo S, Sañudo C, Medel I, Olleta JL. Breed, slaughter weight and ageing time effects on sensory characteristics of lamb. *Meat Sci*. 2004; 69: 571-578.
20. Velasco S, Silva MT, Jimenez M, Tejerina JI, Cuevas FJ, Docho J, Urquía JJ. Calidad sensorial e instrumental de la carne de terneros cebados con diferentes sistemas de alimentación ecológica. *ITEA*. 2007; 28: 783-785.

PROPIEDADES POSCOSECHA DEL BANANO GROSS MICHEL RECUBIERTO CON PROTEÍNA DE LACTOSUERO Y QUITOSANO

POSTHARVEST PROPERTIES OF BANANA GROSS MICHEL COATED WITH WHEY PROTEIN AND CHITOSAN

Kadaffi León ARCE ORTIZ, M.Sc., Karen Johana ORTEGA VILLALBA, M.Sc.¹, Claudia Isabel OCHOA-MARTINEZ, Ph.D.^{1*} y Carlos VÉLEZ PASOS, Ph.D.¹

RESUMEN

Antecedentes: Los recubrimientos y películas elaborados con proteína aislada de lactosuero (WPI) y quitosano (CHI) se caracterizan por sus propiedades antifúngicas y de barrera a la transferencia de vapor de agua, logrando un efecto en la conservación de frutas. La vida útil del banano es corta debido el proceso de maduración y respiración y al ataque microorganismos. **Objetivos:** El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de un recubrimiento elaborado con una mezcla de WPI y CHI sobre las propiedades fisicoquímicas durante la maduración del banano almacenado a condiciones ambientales ($25\pm 3^\circ\text{C}$ y $75\pm 5\%$ HR). **Métodos:** Para la elaboración del recubrimiento se emplearon diferentes concentraciones de CHI (1.2%, 1.5% y 1.8% p/v) y WPI (3% y 4% p/v). Se evaluó la pérdida de peso de la fruta, el cambio en la humedad de la pulpa y la variación de color de la cáscara durante la maduración. **Resultados:** Los bananos presentaron pérdida permanente de peso destacándose el tratamiento CHI 1.2%-WPI 4% con la menor pérdida y los tratamientos con 1.5% de CHI que tuvieron comportamiento similar a la muestra patrón. En cuanto a la humedad de la pulpa, se presentó una rápida pérdida en los primeros 3 días y un incremento a partir del día 4, posiblemente por los procesos fisicoquímicos en la fruta. Las muestras recubiertas con CHI 1.5%-WPI 3% presentaron menor pérdida de humedad en la pulpa favoreciendo los procesos fisiológicos de maduración de la fruta. De forma similar, el recubrimiento CHI 1.5%-WPI 3% mantuvo por más tiempo el color amarillo y permitió una alta luminosidad en las muestras. **Conclusiones:** El producto recubierto con CHI

1.5%-WPI 3% presentó los mejores resultados, con menor pérdida de peso, regulación de la pérdida de humedad en la pulpa y prolongación la coloración amarilla de la cáscara durante la poscosecha, características importantes que reflejan la calidad del banano y agradan al consumidor.

Palabras clave: Recubrimiento, película comestible, biodegradable, humedad.

ABSTRACT

Background: The coatings and films made with whey protein isolate (WPI) and chitosan (CHI) are characterized by their antifungal properties and barrier to water vapor transmission, making an effect on the preservation of fruits. The shelf life of the banana is short due the ripening and respiration processes and the attack of microorganisms. **Objectives:** The aim of this study was to determine the effect of WPI and CHI coatings on the physicochemical properties during ripening banana storage under ambient conditions ($25\pm 3^\circ\text{C}$ and $75\pm 5\%$ RH). **Methods:** To prepare the coating, CHI (1.2%, 1.5% and 1.8% w/v) and WPI (3% and 4% w/v) were used. The mass loss of the fruit, changes in moisture pulp and peel color variation during ripening in banana storage were evaluated. **Results:** It was found that bananas had permanent weight loss. The treatment CHI 1.2%-WPI 4% had the least loss and treatments with 1.5% CHI showed similar behavior to the control sample. Regarding moisture of the pulp, it was found a fast loss in first three days of ripening and increased from day 4. This is perhaps due the physicochemical processes inside the fruit. The samples coating with CHI 1.5%-WPI 3% had a lower moisture loss in the pulp; this

¹ Universidad del Valle, Cali, Colombia

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: claudia.ochoa@correounivalle.edu.co

promoting the physiological processes of ripening into the fruit. Similarly, the coating CHI 1.5 % -WPI 3% kept longer yellow color and maintained a high brightness in the samples. **Conclusions:** The product coated with CHI 1.5 % -WPI 3% showed the best results: samples had less weight loss, the moisture loss in the pulp was regulated and the yellow color of the skin was kept for more time during postharvest. These are important features for banana quality and pleasing to the consumer.

Keywords: coating, edible film, biodegradable, moisture.

INTRODUCCIÓN

El banano es una de las frutas más consumidas en el mundo, pero su vida útil es corta debido al proceso de maduración y respiración y al ataque de microorganismos, particularmente en la variedad Gross Michel, por lo que ha sido relegada a un segundo plano en Colombia. El uso de recubrimientos en alimentos es una de las formas más rentables de incrementar su vida útil durante el almacenamiento (1). Dentro de los ingredientes más empleados en películas comestibles están la proteína aislada de lactosuero (WPI) que se distingue por sus propiedades de barrera a la transferencia de vapor de agua y de gases, y el quitosano (CHI) que es reconocido por tener propiedades antifúngicas y antimicrobiales. El objetivo en este trabajo fue evaluar el efecto del uso de recubrimientos con componentes bioactivos (quitosano y proteína de suero lácteo), sobre las propiedades fisicoquímicas del banano Gross Michel durante la poscosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las soluciones de proteína de suero lácteo (WPI) se prepararon a concentraciones de 3 y 4% p/v. El WPI se disolvió en agua destilada en un baño maría a 80°C con agitación manual durante 20 minutos y posteriormente se homogenizó en un Ultra-Turrax T 18 Basic durante 5 minutos a 9000 rpm. Para la preparación del quitosano (CHI) se hizo la disolución en concentraciones de 1.2, 1.5 y 1.8% p/ven ácido acético glacial al 1% con agitación manual du-

rante 40 minutos a temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$). Posteriormente se realizó la homogenización de la solución utilizando el Ultra-Turrax a 9000 rpm durante 5 minutos. Se adicionó la solución de WPI a la de CHI y se homogenizó en Ultra-Turrax a 9000 durante 25 minutos.

Para la selección de los bananos, se usó la escala 1 de coloración establecida por (2). Las muestras fueron de tamaño similar y sin daños ocasionados por microorganismos o golpes. Cada banano se sumergió durante 1 minuto en la solución. Se suspendieron los bananos en una estructura metálica de tal manera que no estuvieran contacto con superficies y se almacenaron a temperatura aproximada de $25\pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $75\pm 2\%$.

Se realizó un diseño factorial 2×3 . Los factores fueron la concentración de WPI (3 y 4% p/v) y la concentración de CHI (1.2, 1.5 y 1.8% p/v). Las variables de respuesta evaluadas fueron pérdida de peso, contenido de humedad de la pulpa y cambio de color de la cáscara. La unidad experimental fueron 15 bananos. Cada tratamiento se hizo por triplicado. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias de Tukey con el programa estadístico SAS 9.2, con una confiabilidad del 95%.

Los cambios de peso de la fruta entera se realizaron en una balanza (METTLER TOLEDO AB204-S/FACT), con una precisión de 0.1 mg. La pérdida de peso se reporta como porcentaje respecto al peso inicial. Para la prueba de contenido de humedad se empleó el método de secado en estufa a 85°C durante 24 h. El color de la cáscara se midió utilizando un colorímetro (COLORFLEX HUNTERLAB). Se tomaron tres medidas en la parte central del banano con cáscara y se registraron los parámetros L (luminosidad), a (verde-rojo) y b (azul-amarillo).

RESULTADOS

En la figura 1 se presenta el efecto del recubrimiento sobre la pérdida de peso de las muestras. La mayor pérdida de peso ($21\pm 4\%$) se observó en el tratamiento CHI 1.8%-WPI 3%, mientras que los recubrimientos CHI 1.2%-WPI 4% y CHI 1.8%-WPI 4% presentaron las menores pérdidas.

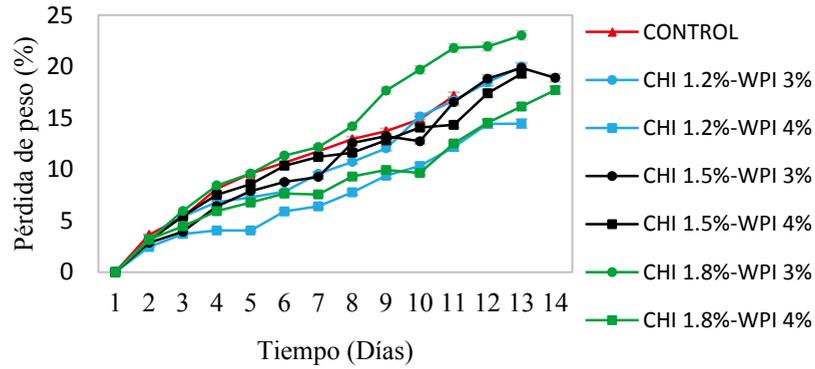


Figura 1. Efecto del recubrimiento (CHI-WPI) sobre la pérdida de peso

En la figura 2 se observa que las muestras con 1.5% y 1.8% de CHI pierden humedad en los primeros 5 días de almacenamiento, este valor disminuye entre los días 6 y 7 (aumento de humedad) y a partir del día 8 se estabiliza hasta el final del almacenamiento. Por el contrario, las muestras con 1.2% de

CHI pierden humedad rápidamente (hasta 25%) en los dos primeros días y a partir de allí se estabiliza. Después de dos semanas de almacenamiento, los bananos recubiertos con 1.5% y 1.8% de CHI presentaron un contenido de humedad similar al de la muestra control.

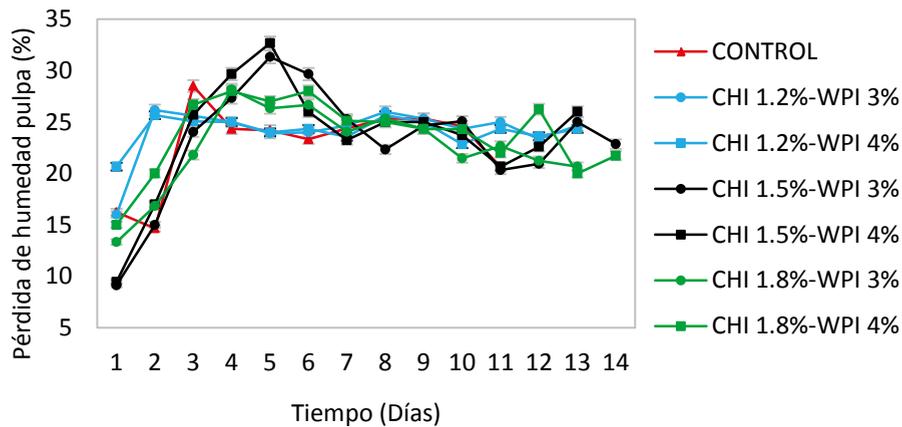


Figura 2. Efecto del recubrimiento sobre la pérdida de humedad en la pulpa

En la figura 3 se presenta el efecto de los recubrimientos sobre los parámetros de color. En el parámetro L se observa una disminución pronunciada en el recubrimiento CHI 1.2%-WPI 3%; un aumento con posterior disminución en el control y en el recubrimiento CHI 1.5%-WPI 3% y una disminución leve en los demás recubrimientos. En los primeros 6 días se observa pérdida de luminosidad en los recubrimientos CHI 1.2%-WPI 3%, CHI

1.2%-WPI 4% y CHI 1.8%-WPI 4%. En cuanto al parámetro a, se presenta un aumento en todos los tratamientos, sólo el recubrimiento CHI 1.5%-WPI 4% tiene un decrecimiento a partir del día 11 de almacenamiento. En el parámetro b se presenta un comportamiento similar entre tratamientos, sin cambio considerable en los recubrimientos CHI 1.2%-WPI 4% y CHI 1.5%-WPI 3%. El tratamiento más similar al control fue CHI 1.5%-WPI 4%.

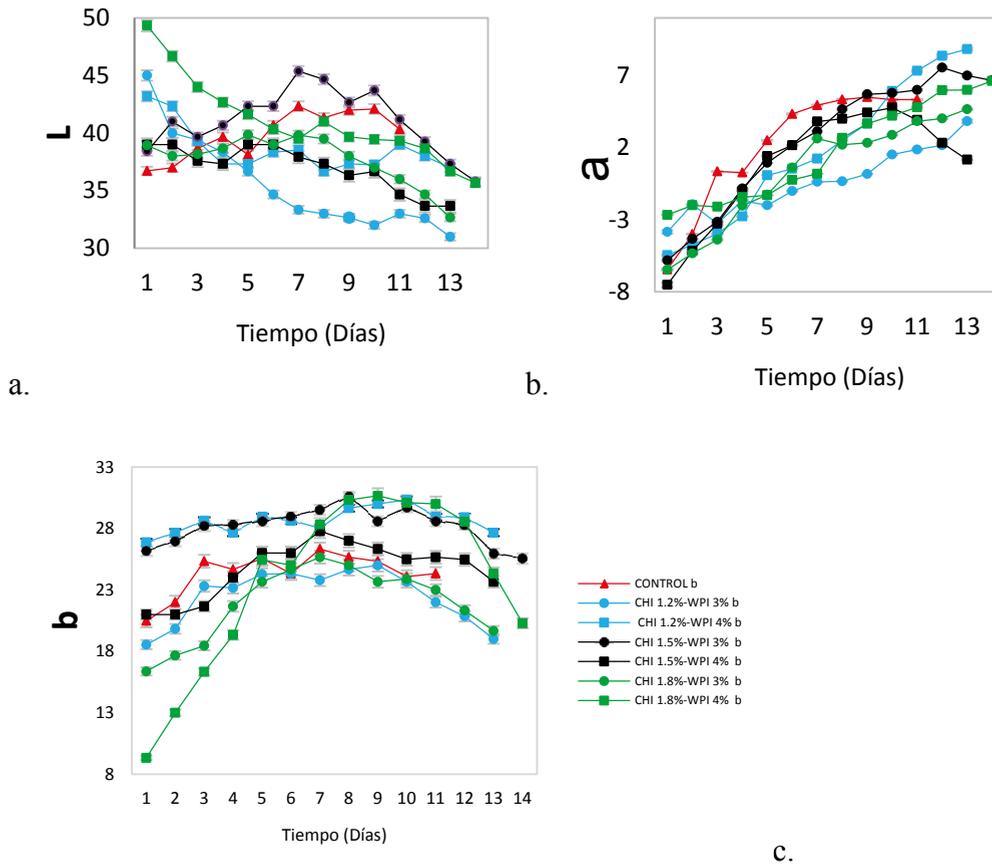


Figura 3. Efecto del recubrimiento sobre los parámetros de color

DISCUSIÓN

La pérdida de peso continua que se observa en la figura 1, se debe principalmente a los fenómenos de respiración y transpiración. El ANOVA realizado para cada día de almacenamiento, mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en los días 6 y 7. Al comparar los tratamientos con igual concentración de CHI, se observa que en general, los recubrimientos con mayor concentración de WPI presentan menor pérdida de peso. Algunos autores (3, 4) determinaron que cuando hay mayor concentración de quitosano, se disminuye la barrera a la humedad. Por otra parte, Khwaldia et al. (5) reportaron que una mayor concentración de WPI mejora la barrera de las películas. Esto explica la mayor pérdida de peso del tratamiento CHI 1.8%-WPI 3% (mayor concentración de CHI y menor concentración de WPI).

Para el contenido de humedad de la pulpa, el ANOVA para cada día mostró diferencias significativas hasta el día 8; el tratamiento CHI 1.5%-WPI 4% es el que muestra mayores diferencias.

La humedad en la pulpa del banano es importante porque es la sustancia en la cual se disuelven los carbohidratos de la fruta (6). La rápida disminución en el contenido de humedad de la pulpa entre los días 1 y 5 coincide con el incremento de la actividad respiratoria en el banano, lo que significa que en el interior de la pulpa suceden reacciones importantes que hacen que el contenido de humedad de la pulpa disminuya y posteriormente se estabilice. Es posible que la pulpa pierda inicialmente una gran cantidad de agua hasta llegar a un equilibrio con la cáscara; posteriormente la pulpa deja de perder agua debido al efecto de barrera de la cáscara y el recubrimiento. La pérdida de peso que se observó en la Figura 1 estaría principalmente causada por estas pérdidas de agua en la pulpa (inicialmente) y en la cáscara. El contenido de humedad en la pulpa no se ha reportado como una característica importante que afecte la calidad del banano, sin embargo una pulpa muy seca o muy húmeda es característica de una fruta que está en proceso de descomposición.

El ANOVA realizado para cada día de cada coordenada de color mostró que los recubrimientos

sólo presentaron efecto significativo ($p < 0.05$) en el parámetro **L** por efectos de CHI y de las interacciones CHI-WPI. Los parámetros **a** (Figura 3b) y **b** (Figura 3c) no presentaron efectos significativos.

El recubrimiento CHI 1.2%-WPI 3% alcanzó el menor valor de los tratamientos para L debido a que este es uno de los recubrimientos que menos protege la fruta de hongos (manchas negras) por la baja concentración de CHI. El comportamiento descendente de este parámetro indica que la intensidad del color disminuyó con el tiempo. Por otro lado cuando el parámetro **a** es negativo, indica el comportamiento del color verde; se observa que el control perdió la coloración verde al día 2, comparado con demás tratamientos, los cuales tuvieron la coloración verde hasta el día 5. Finalmente los valores del parámetro **b** indican el comportamiento de la coloración amarilla mostrando que los tratamientos CHI 1.5%-WPI 3% y CHI 1.2%-WPI 4% conservaron la coloración amarilla mayor tiempo. Los valores de coloración hallados en esta investigación tienen el mismo comportamiento que los reportados por otros investigadores (7, 8) aunque los valores pueden variar según las escalas de cada equipo.

CONCLUSIONES

Se observó un efecto significativo del recubrimiento de CHI/WPI sobre la pérdida de peso en almacenamiento. Se demuestra que los tratamientos con mayor concentración de WPI reducen la pérdida de peso. En cuanto al contenido de humedad de la pulpa, el recubrimiento que formó mejor barrera al agua fue CHI 1.5%-WPI 3% ya que, en general, presentó la menor pérdida de humedad. En cuanto al color en la cáscara de banano se destacó el recu-

brimiento CHI 1.5%-WPI 3% porque permitió a los bananos conservar la coloración amarilla mayor tiempo. Se determinó que el recubrimiento CHI 1.5%-WPI 3% ofreció las mejores características permitiendo que los bananos realicen de manera controlada el intercambio de humedad con el ambiente expresado en una menor pérdida de peso; regulando la pérdida de humedad en la pulpa; e incidiendo en la prolongación la coloración amarilla de la cáscara durante la poscosecha, tres características importantes que reflejan la calidad del banano y que agradan al consumidor.

REFERENCIAS

1. Maqbool M, Ramachandran S, Smith DR, Alderson P, Ali A. Control of postharvest anthracnose of banana using a new edible composite coating. *Crop Protection*. 2010; 29 (10): 1136-1141.
2. Piña G, Laborem G, Surga J, Marín C, Rangel L, Espinoza M, Delgado A. Atributos de calidad en frutos de híbridos FHIA (Musa) para tres ciclos de cosecha. *Rev. Fac. de Agronomía de La Universidad de Zulia (LUZ)*. 2006; 23(1): 425-442.
3. Kurek M, Galus S, Debeaufort F. Surface, mechanical and barrier properties of bio-based composite films based on chitosan and whey protein. *Food Packaging and Shelf Life*. 2014; 1(1): 56-67.
4. Osés J, Fabregat-Vázquez M, Pedroza-Islas R, Tomás SA, Cruz-Orea A, Maté JI. Development and characterization of composite edible films based on whey protein isolate and mesquite gum. *J. of Food Eng.* 2009; 92(1): 56-62.
5. Khwaldia K, Perez C, Banon S, Desobry S, Hardy J. Milk proteins for edible films and coatings. *Critical Rev. in Food Sci. and Nutrition*. 2004; 44(4): 239-251.
6. Buitrago J, Escobar AM. Aplicación de levadura candida spp. como una alternativa viable para la retardación en la pudrición del banano (*musa acuminata*). [Trabajo de pregrado]. [Bogotá, Colombia]: Pontificia Universidad Javeriana: 2009. 81 p.
7. Mendes J. Tecnologia pós-colheita para conservação de bananas da cultivar tropical. [Trabajo de posgrado]. [Janauba, Brasil]: Universidade Estadual de Montes Claros: 2009. 68 p.
8. Gounga ME., Xu SY, Wang Z. Whey protein isolate-based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan addition in film formation. *J. of Food Eng.* 2007; 83(4): 521-530.

EFFECTO DEL ULTRASONIDO EN LA PROPIEDADES TÉRMICAS DE ALMIDÓN DE TRIGO.

EFFECT OF ULTRASOUND IN THE THERMAL PROPERTIES OF WHEAT STARCH.

V.M. GELVEZ. Ph. D.^{1*}, J. LUNA. M.Sc.², Y. CAMPO, M.Sc.³

RESUMEN

Antecedentes: El uso del ultrasonido (US) tanto en la industria alimentaria como en otras áreas ha sido un tema de investigación y desarrollo durante muchos años. Los rangos empleados pueden dividirse básicamente en alta frecuencia y baja energía, ultrasonido diagnóstico en el rango MHz y baja frecuencia y alta energía, los ultrasonidos de potencia en el rango de kHz. Hasta hace unos años la mayoría de las aplicaciones y desarrollos involucraron análisis no invasivo con especial referencia a la evaluación de calidad de los alimentos. En la actualidad se ha demostrado que con la ayuda del ultrasonido pretratamiento se logran desarrollar procesos seguros, eficientes, económicos que impactan positivamente las propiedades de los alimentos, comparadas con los métodos tradicionales. **Objetivos:** Evaluar el efecto del US sobre las propiedades térmicas de almidón de trigo. **Métodos:** Se suspendió la harina de trigo en agua y se sometió a termosonicación (40 KHz) a temperaturas de 40, 50 y 60°C durante 15 y 30 min. Se determinó mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) el efecto del tratamiento con US. **Resultados:** Los termogramas de los almidones indicaron un pico endotérmico inicial (To) entre 62 y 70°C y un segundo (Tp) entre 68,19 -74,79°C registrando los valores más altos de absorción de calor; al finalizar el proceso el sistema llegó a la línea base alcanzando una temperatura final (Te) de 75,94 a 84,81°C. Así mismo, se encontró que las muestras tratadas con US a 40KHz/50°C/30 min alcanzaron un valor de 8,47 Jul/g en entalpía de gelatinización (ΔH_p) que resultó ser mayor frente a las determinaciones de todas las muestras. **Conclusiones:** El efecto del US mejora la estabilidad térmica de la harina, caracte-

rísticas que permiten reducir los costos energéticos en diferentes procesos agroindustriales, por alcanzar rápidamente la gelatinización a temperaturas más baja, fácil cocción y menores requerimientos energéticos.

Palabras clave: Ultrasonido, almidón de trigo, DSC, gelatinización.

ABSTRACT

Background: The use of ultrasound (US) in both the food industry and in other areas has been a subject of research and development for many years. Sound ranges employees can basically be divided into high and low frequency energy, ultrasound diagnosis in the MHz and low frequency and high energy ultrasound power in the range of kHz range. Until recently most of the applications and developments involving noninvasive with special reference to the evaluation of food quality analysis. Currently it has been shown that with the help of ultrasound fail to develop safe, efficient, economic process that positively impact the properties of food, compared to traditional methods. **Objectives:** To evaluate the effect of the US on the thermal properties of wheat starch. **Methods:** wheat flour was suspended in water and subjected to termosonication (40 KHz) at temperatures of 40, 50 and 60 ° C for 15 to 30 minutes. The US treatment effect was determined by differential scanning calorimetry (DSC). **Results:** starches thermograms showed an initial endothermic peak (To) between 62 and 70 ° C and a second (Tp) between 68.19 -74.79 ° C showing the largest heat absorption values; at the end of the process the system reached the baseline reaching a final temperature (Te) of 75.94 to 84.81 ° C. Also, it was found that the samples treated with US 40KHz

¹ Programa Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Sede Villa de Rosario.

² Programa Nutrición y Dietética. Facultad de Salud, Universidad de Pamplona, Instituto Superior de Educación Rural, Pamplona. Colombia.

³ Unidad de Ingeniería e informática. Tecnología Agroindustrial. Pamplona, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: vmgelvez@unipamplona.edu.co

/ 50 ° C / 30 min reached a value of 8.47 Jul / g in gelatinization enthalpy (ΔH_p) that was greater from the determinations of all samples. **Conclusions:** The effect of the US improves the thermal stability of flour, features that reduce energy costs in different agro-industrial processes, gelatinization reached quickly at lower temperatures, easy cooking and lower energy requirements

Keywords: Ultrasound, wheat starch, DSC, gelatinization.

INTRODUCCIÓN

Las harinas y los almidones, son fuentes alimenticias importantes en África, Centro y Suramérica (1, 2). El almidón natural, no tiene las propiedades físicas y químicas adecuadas para el procesamiento industrial directo, se considera un ingrediente principal para el procesamiento de alimentos. Este debe ser combinado con otros ingredientes, lo cual causa cambios en su estructura y puede aumentar las propiedades funcionales del alimento (3). Los almidones son modificados por métodos físicos, químicos, y los procesos enzimáticos para promover características específicas. Una ventaja importante de la modificación física es que el almidón se considera natural y un ingrediente seguro (4, 5).

Los almidones son compuestos utilizados como aditivos para mejorar las propiedades tecnológicas que caracterizan a muchos de los alimentos procesados, debido a que tienen la capacidad de retener agua, y por tanto provocan cambios en la reología del producto final, dependiendo de las características físicas y químicas de los gránulos de almidón (1, 6, 7). Las principales aplicaciones de las harinas y almidón están en sopas, salsas, panadería y productos lácteos como agentes viscosificador y texturizador (6, 8, 9).

Las fuentes convencionales importantes para la obtención de harina y almidón son cereales como maíz, trigo, arroz y sorgo y tubérculos como papa y yuca; también se utilizan hojas y semillas de leguminosas. Actualmente se exploran otras fuentes no convencionales que presentan características fisicoquímicas, estructurales y funcionales de uso en la industria (10), como materiales para empaques biodegradables (11) producción de almidones resistentes (12), elaboración de productos alimentarios y como sustitutos de almidones de trigo y maíz en panadería (1, 8).

Las características funcionales de los almidones nativo o modificado pueden ser afectadas por procesos térmicos, ácidos y de altas presiones y cizalladura, que alteran su estructura molecular (9, 13, 14). La modificación física del almidón por ultrasonido, ha tomado importancia en la industria alimentaria; en la actualidad las tecnologías emergentes como el US ha tomado importancia en el procesamiento de alimentos, esta técnica aplica ondas sonoras que están sobre el nivel del oído humano (20-100 KHz) y puede ser aplicado para homogeneizar, emulsionar, mezclar, extracción, secado, desgasificación y ruptura celular. Además de ser una técnica de bajo costo, eficiente y disminuye tiempos de producción (15, 16).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la termosonicación (40 KHz) a temperaturas de 40, 50 y 60°C durante 15 y 30 min sobre las propiedades térmicas de almidón de trigo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se utilizó harina de Trigo (con gluten de forma natural en su composición), adquirida en presentación de harina básica sin marca comercial.

Preparación de las muestras

La reconstitución del harina se realizó mezclándola con agua a temperatura de 25°C (50 % en base al peso seco de la muestras) y agitación constante hasta obtener una mezcla homogénea evitando la formación de grumos (17), posteriormente se envasó 50 mL de las muestras en bolsas de polietileno de baja densidad, realizado un empaque a un vacío del 90%, previamente rotuladas.

Tratamiento con ultrasonido

Se empleó un equipo Branson 1510 (40 KHz) y como medio de transmisión agua desionizada, el tratamiento de US se llevó a cabo a 40, 50 y 60°C, durante 15 y 30 min, dando lugar a seis tratamientos diferentes con US. Se dejaron muestras necesarias sin tratamiento como control.

Determinación de las propiedades térmicas (Calorimetría Diferencial de Barrido- DSC)

De cada tratamiento realizado se tomó 3mg en base seca y se utilizó agua desionizada como medio plastificante en una relación (1: 3, w/w%)

(Harina de trigo: agua desionizada). Las muestras se colocaron dentro de cápsulas herméticas de aluminio, y se dejaron reposar durante una hora para que el almidón se pueda hidratar. Las muestras se calentaron a una tasa de 10°C/min de 0 a 140°C. Temperatura de inicio (To), temperatura pico (Tp), temperatura final (Te) y entalpía de gelatinización (ΔH) se calculó utilizando el software suministrado por el fabricante, se utilizó un DSC (TA Instruments Q100, USA (9)).

Análisis estadístico

Se analizaron las diferencias significativas entre los resultados obtenidos con cada tratamiento, mediante prueba de análisis de varianza (ANOVA) y prueba *post hoc* de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) del 5% ($p < 0,05$) usando el programa SPSS versión 19.0. Todos los experimentos se hicieron por triplicado.

RESULTADOS

En la tabla 1, se presenta la transición térmica de las muestras de harina de trigo tratadas con US, se observa que todos los tratamientos mostraron un pico endotérmico sobre la línea base del termograma que comienza en un rango de 62 a 70°C (temperatura inicial-To). El valor de la temperatura de pico (Tp) estuvo entre 68,19 a 74,79°C; a medida que el proceso finaliza, el sistema regresa a un estado en el cual no hay cambios en la fase ni en la composición de la muestra, tal como se refleja en el termograma cuando el pico endotérmico se retrae hasta llegar a la línea base alcanzando una temperatura final (Te) en un rango de 75,94 a 84,81°C, en la cual se registran los valores más altos de absorción de calor. El tratamiento de US a 40KHz/50°C/30 min mostró un mayor valor en la entalpía de gelatinización (ΔH_p) (8,47 Jul/g), mientras que las muestras tratadas a 40KHz/60°C durante 15 y 30 min presentaron valores de 3,91 y 3,15 Jul/g respectivamente en la entalpía de gelatinización. Presentando diferencias significativas ($p < 0,05$) en todos los tratamientos.

Los resultados del efecto del US sobre las entalpías de gelatinización en la harina de trigo indican que las muestras tratadas con US a 40KHz a una temperatura de 40 y 50°C durante 15 y 30 min no tienen diferencias mínimas significativas (DMS- $p > 0,05$) frente a la muestra control; a mayor temperatura y tiempo de tratamiento (60°C) mostro existe una disminución significativa ($p < 0,05$) de

la entalpía en comparación con los demás muestras tratadas y no tratadas.

Los análisis estadísticos realizados indicaron que se presentaron diferencias significativas al 95% entre todos los tratamientos examinados y con la prueba de DMS se pueden asociar dos grupos homogéneos.

Tabla 1. Propiedades térmicas de las muestras de harina de trigo tratadas con US a diferentes tiempos y temperaturas de exposición.

TRATAMIENTOS	Propiedades térmicas de la harinas de trigo			
	To (°C)	Tp (°C)	Te (°C)	ΔH (Jul/g)
40KHz/40°C/15 min	62,21±2,11 ^a	68,38±2,01 ^b	76,36±2,65 ^c	7,70±0,75 ^a
40KHz/40°C/30 min	63,15±3,24 ^a	68,51±1,87 ^b	76,10±2,56 ^c	7,76±0,68 ^a
40KHz/50°C/15 min	64,22±2,09 ^a	68,42±2,43 ^b	77,04±1,68 ^c	7,57±0,86 ^a
40KHz/50°C/30 min	69,38±2,33 ^b	74,79±3,05 ^c	84,81±2,48 ^d	8,47±0,68 ^a
40KHz/60°C/15 min	68,67±1,56 ^b	72,04±2,67 ^c	78,37±3,27 ^c	3,91±0,15 ^b
40KHz/60°C/30 min	70,13±2,09 ^b	73,69±1,46 ^c	79,55±2,83 ^c	3,15±0,85 ^b
Muestra control	62,09±3,21 ^a	68,19±2,21 ^b	75,94±3,81 ^c	8,74±0,45 ^a

*Letras Iguales entre columnas no hay diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0,05$) entre tratamientos, \pm Desviación estándar.

DISCUSIÓN

Todos los tratamientos realizados mostraron que la línea base del termograma aumenta por que el sistema no requiere de mayor flujo de calor o energía con el fin de garantizar el proceso de gelatinización. Resultados similares fueron reportados en temperaturas de gelatinización del almidón en diferentes variedades de maíz, iniciando con un rango de To de 65 a 69 °C, el valor de Tp estuvo entre 69-74°C y Te en un rango de 75-80°C (18).

Las muestras tratadas a 40KHz /60 °C durante 15 y 30 min presentaron las menores entalpías del proceso de 3,91 y 3,15 Jul/g respectivamente (tabla 1), resultados similares se presentaron en diferentes variedades de maíz con entalpías de 4.6 a 6.9 J/g; esto puede ser atribuido a una débil cristalización del almidón (19). En muestras de proteína de suero de leche tratadas con US (24 KHz/300 W/cm²/2078J/mL) se observó una reducción significativa en las entalpías; las variaciones en las entalpías se pueden deber a la distorsión del gránulo de almidón, por la deformación de las regiones cristalinas y la des-

trucción de las interacciones entre la hélice son las principales razones para la reducción de la entalpía (20, 21).

En suspensión de almidón de trigo (20% w/v) expuestas a US (240W/35KHz/20, 40 y 60 min) se obtuvo un aumento progresivo en la solubilidad y la fuerza del gel; debido posiblemente al proceso de despolimerización que se produce por efectos de la cavitación y puede implicar dos posibles mecanismos: la degradación mecánica del polímero a partir del colapsado de las burbujas y la degradación como resultado de la reacción química entre el polímeros y moléculas por la formación de OH radicales (20, 22); lo que promueve la capacidad de absorción de agua, mayor potencia hinchazón y mayor solubilidad. Resultados similares se han reportado en estudios en almidones de maíz, la papa y el trigo (17, 18, 20, 23).

El US produce cambios en la estructura molecular de almidón, seguida por las variaciones en las propiedades fisicoquímicas y funcionalidad, las fuerzas de cizalla cavitacional violenta distorsiona la región cristalina en gránulos de almidón y las cadenas del polímero se rompen en los enlaces C-C macromoleculares, dando formación a radicales de cadena larga (21). La cavitación causa orificios cónicos en la superficie de los gránulos de almidón de patata y arroz integral, formando una estructura porosa y adhesiva, que causa una reducción en el tiempo de cocción (17, 24).

Los resultados mostraron alta temperatura de gelatinización, lo que indica una organización cristalina más estable (20) y un incremento de la viscosidad en el medio; este proceso es endotérmico y se requiere de aproximadamente de 10J/g de almidón para llevarlo a cabo, como lo han demostrado estudios de calorimetría diferencial de barrido DSC en harina y almidón de frutos de banano (1, 4).

La temperatura final (T_e) de todos los tratamientos alcanzo un intervalo entre 77,52 y 86,66°C, esto podría darse en base a la longitud de la cadena de amilopectina, que representa un papel muy importante en la gelatinización. Los gránulos que presentan una cadena de amilopectina más larga podrían tener una temperatura de gelatinización mayor lo que ocasiona que ésta transición se prolongue, concluyendo éste evento a mayor temperatura (20).

CONCLUSIONES

Los valores de estabilidad térmica en las muestras de harina de trigo tratadas con US (40KHz/50°C/30min) presentaron aumento significativo en las temperaturas en cada fase y una disminución en las entalpías respecto a la muestra control, características que permiten reducir los costos energéticos en diferentes procesos agroindustriales, ya que la fase de gelatinización se realiza a una temperatura relativamente baja y el pico máximo se alcanza rápidamente, por tanto son de fácil cocción y requieren menos energía que otros tipos de almidón; demostrando que el US en las harinas retrasa la transición de fase de gelatinización del almidón y mejora la estabilidad térmica, puesto que aumenta la temperatura de degradación de la misma.

REFERENCIAS

1. Montoya-López J, Quintero-Castaño VD, Lucas-Aguirre JC. Caracterización de harina y almidón de frutos de banano Gros Michel (*Musa acuminata* AAA). *Acta Agronómica. Universidad Nacional de Colombia*. 2015; 64(1): 11-21.
2. Xu X, Visser RGF, Trindade LM. Starch Modification by Biotechnology: State of Art and Perspectives. *Starch Polym From Genet Eng to Green Appl. Elsevier BV*. 2014: 79-104.
3. Rodríguez Sandoval E, Fernández Quintero A, Ayala Aponte A. Reología y textura de masas: Aplicaciones en trigo y maíz. *Ing e Investig*. 2005; 25(57): 72-78.
4. Da Rosa Zavareze E, Dias ARG. Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review. *Carbohydr Polym. Elsevier*. 2011; 83(2):317-28.
5. Majzoubi M, Hedayati S, Farahnaky A. Changes in the physicochemical properties of wheat starch as affected by power ultrasound. *Food Bioscience*. 2015; 11(1): 79-84.
6. Singh J, Kaur L, McCarthy OJ. Factors influencing the physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food Hydrocoll. Elsevier*. 2007; 21(1): 1-22.
7. de la Torre-Gutiérrez L, Chel-Guerrero LA, Betancur-Ancona D. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food Chem. Elsevier*. 2008; 106(3):1138-44.
8. Kaur B, Ariffin F, Bhat R, Karim AA. Progress in starch modification in the last decade. *Food Hydrocoll. Elsevier*. 2012; 26(2): 398-404.
9. Koo SH, Lee KY, Lee HG. Effect of cross-linking on the physicochemical and physiological properties of corn starch. *Food Hydrocoll. Elsevier*. 2010; 24(6): 619-25.
10. Shrestha AK, Halley PJ. Starch Modification to develop novel starch-biopolymer blends: state of art and perspectives. *Elsevier*. 2014.
11. Pelissari FM, Andrade-Mahecha MM, do Amaral Sobral PJ, Menegalli FC. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). *Food Hydrocoll. Elsevier*. 2013; 30(2): 681-90.

12. Zhang P, Hamaker BR. Banana starch structure and digestibility. *Carbohydr Polym.* Elsevier. 2012; 87(2): 1552-8.
13. Altskär A, Andersson R, Boldizar A, Koch K, Stading M, Rigdahl M, et al. Some effects of processing on the molecular structure and morphology of thermoplastic starch. *Carbohydr Polym.* Elsevier. 2008; 71(4): 591-7.
14. Htoon AK, Uthayakumaran S, Piyasiri U, Appelqvist IAM, López-Rubio A, Gilbert EP, et al. The effect of acid dextrinisation on enzyme-resistant starch content in extruded maize starch. *Food Chem.* Elsevier. 2010;120(1):140-9.
15. Chandrapala J. Low intensity ultrasound applications on food systems. *Int Food Res J.* 2014; 22(3): 888-95.
16. Sujka M, Jamroz J. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behaviour. *Food Hydrocoll.* Elsevier. 2013; 31(2): 413-9.
17. Jambrak AR, Lelas V, Mason TJ, Krešić G, Badanjak M. Physical properties of ultrasound treated soy proteins. *J Food Eng* [Internet]. 2009 Aug [cited 2015 Sep 21]; 93(4): 386-93. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026087740900065X>
18. Sandhu KS, Singh N. Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chem.* Elsevier. 2007; 101(4): 1499-507.
19. Luo Z, Fu X, He X, Luo F, Gao Q, Yu S. Effect of ultrasonic treatment on the physicochemical properties of maize starches differing in amylose content. *Starch-Stärke.* Wiley Online Library. 2008;60(11):646-53.
20. Majzoobi M, Seifzadeh N, Farahnaky A, Mesbahi G. Effects of Sonication on Physical Properties of Native and Cross-Linked Wheat Starches. *J Texture Stud.* Wiley Online Library. 2015;46(2):105-12.
21. Frydenberg RP, Hammershøj M, Andersen U, Greve MT, Wiking L. Protein denaturation of whey protein isolates (WPIs) induced by high intensity ultrasound during heat gelation. *Food Chem.* Elsevier. 2016; 192: 415-23.
22. Czechowska-Biskup R, Rokita B, Lotfy S, Ulanski P, Rosiak JM. Degradation of chitosan and starch by 360-kHz ultrasound. *Carbohydr Polym.* Elsevier. 2005; 60(2): 175-84.
23. Zhu K-X, Zhou H-M, Qian H-F. Proteins extracted from de-fatted wheat germ: nutritional and structural properties. *Cereal Chem.* AACC International. 2006; 83(1): 69-75.
24. Wu Y, Du X, Ge H, Lv Z. Preparation of microporous starch by glucoamylase and ultrasound. *Starch-Stärke.* Wiley Online Library. 2011; 63(4): 217-25.

PROPIEDADES FUNCIONALES Y PERFIL DE TEXTURA DE UN QUESO DE LECHE DE CABRA

FUNCTIONAL PROPERTIES AND TEXTURE PROFILE OF A GOAT MILK CHEESE.

V.M. GELVEZ. Ph.D.^{1*}, M. BARRERA, M.Sc.², Y. CAMPO, M.Sc.².

RESUMEN

Antecedentes: Los quesos de cabra son buenos proveedores de proteína, energía, grasa de buena calidad, minerales y vitaminas A y E. Además son fuente de vitamina B especialmente la B2 y la B9. En los últimos años, ha sufrido transformaciones de embalaje, formas de consumo, peso, condimentos. **Objetivos:** El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el perfil de ácidos grasos, la textura y el color de un queso seminadurado durante su proceso productivo con el fin determinar su carácter funcional. **Métodos:** Al queso seminadurado se le analizó el perfil de textura (TPA) a los 0 y 28 días posteriores a su producción, mientras que el color fue evaluado mediante el método CIELAB (L^* , a^* (rojo-verde), b^* (Amarillo-azul)) en los días 0 y 28 y las características funcionales fueron estudiadas por cromatografía líquida, los días 4 y 28. **Resultados:** los resultados demostraron que el proceso de maduración afecta principalmente la dureza que aumento, mientras que la elasticidad disminuyo significativamente ($p < 0,05$). Se presentan cambios por la pérdida de Luminosidad (L^*) y parámetro a^* mientras que el parámetro b^* aumenta ($p < 0,05$). Las concentraciones de ácidos grasos saturados aumentan en 6.82%, mientras que los ácidos grasos insaturados disminuyen en un 6.53% y los ácidos grasos tras se reducen en 0.12%. Los ácidos grasos de cadena corta encontrados en la leche analizada son el butírico y el caproico con una concentración de 65 y 84 mg/100g de muestra en forma de metilésteres concentrándose de una manera estable en el queso. **Conclusiones:** El queso semimadurado elaborado con leche de cabra producida en la Garita (N.S) es un producto con propiedades funcionales dada su composición de ácidos grasos y puede ser utilizado

como un alimento benéfico para la salud humana. Las diferencias globales de color fueron perceptibles, el atributo de dureza, obtenido sensorialmente, concuerda con la tendencia de los resultados obtenidos instrumentalmente.

Palabras clave: Ácidos grasos, cabra, perfil de textura, propiedades funcionales queso.

ABSTRACT

Background: goat cheeses are good providers of protein, energy, fat quality, minerals and vitamins A and E. They are also a source of vitamin B especially B2 and B9. In recent years, it has undergone transformations packaging forms of consumption, weight, seasoning. **Objectives:** The main objective of this work was to study the fatty acid profile, texture and color of a seminadurado cheese during the production process in order to determine their functional character. **Methods:** At seminadurado cheese you analyzed the profile of texture (TPA) at 0 and 28 days after production, while the color was evaluated by CIELAB (L^* , a^* (red-green), b^* (Yellow-blue)) on days 0 and 28 and functional characteristics were studied by liquid chromatography on 4 and 28. **Results:** the results demonstrated that the ripening process mostly affects the hardness increase, while the elasticity significantly decreased ($p < 0.05$). Changes for the loss of luminosity (L^*) and a^* parameter presented while the parameter b^* increases ($p < 0.05$). Concentrations of saturated fatty acids in 6.82% increase, while unsaturated fatty acids decreased by 6.53% and the fatty acids are reduced after 0.12%. The short-chain fatty acid found in milk are analyzed butyric and caproic with a concentration of 65 to 84 mg/100g sample as methylesters concentrating in a stable manner in

¹ Programa Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona. Sede Villa de Rosario.

² Unidad de Ingeniería e informática, Tecnología Agroindustrial, Instituto Superior de Educación Rural. Pamplona, Colombia

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: vmgelvez@unipamplona.edu.co

the cheese. **Conclusions:** semimadurado cheese made from goat's milk produced in the Garita (N.S) is a product with functional properties due to its composition of fatty acids and can be used as a beneficial food for human health. Overall differences were noticeable color, hardness attribute obtained sensorially, consistent with the trend of the results obtained instrumentally.

Keywords: Fatty acids, cheese, texture profile, goat, functional properties.

INTRODUCCIÓN

La leche de cabra ha contribuido en el bienestar económico y nutricional de muchos países especialmente en el mediterráneo, oriente medio, Europa del este oriental y algunos países Suramericanos. Sus productos generan popularidad entre grupos étnicos, gourmet y amantes de alimentos naturales (1). La leche de cabra en contraste con la leche de vaca tiene contenidos de sólidos totales, grasas y minerales más altos. En cuanto a los nutrientes principales se evidencian diferencias específicas tales como la utilización nutricional y grado de digestibilidad de las proteínas más altas, parece ser debido a la diversidad de las fracciones de caseína. A su vez los aminoácidos esenciales como valina y leucina presentan índices más altos (2).

Su importancia en la nutrición humana y valor nutricional radica en su alto contenido de ácidos grasos C_6 a C_{10} , a la carencia de aglutina y al alto porcentaje de ácidos grasos esterificados de cadena corta y media sobre el carbono tres del esqueleto de la glicerina (3). La composición específica de la grasa de la leche de cabra, la hace valiosa nutritivamente con triglicéridos de cadena mediana especialmente los ácidos tipo Caproico $C_6:O$, Caprílico $C_8:O$ y Cáprino que forman desde un 15 hasta un 18% de la naturaleza de la grasa en leches de cabra, su importancia radica en que estos ácidos grasos de cadena mediana permiten un mejor metabolismo benéfico para el organismo humano (4, 5, 6, 7, 8).

Existe una tendencia desde la Tecnología de elaboración quesera de aunar esfuerzos para mejorar la calidad sanitaria, de producción y de procesamiento, sin renunciar a la tradición y autenticidad de un alimento (9). El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el perfil de ácidos grasos, la textura y el color de un queso semimadurado de cabra con el fin determinar su carácter funcional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Leche de cabras (entre dos y siete meses de lactancia) de razas Saanen, Canarias y Alpina francesa producida en la Garita (N.S), se transportó en cavas refrigeradas ($4^{\circ}C$) hacia Pamplona para su respectivo análisis y procesamiento.

Parámetros de elaboración del queso semimadurado

El queso semimadurado fue elaborado bajo los siguientes parámetros: leche pasteurizada ($65^{\circ}C/30$ min). Tiempo de coagulación 30 min (Cuajo Marshall M-50). Tiempo de desuerado y reposo 10 min c/u. Moldeado (12 horas/ $4^{\circ}C$), el producto se conservó a $10^{\circ}C$.

Análisis de la características físicoquímicas del queso semimadurado

Los análisis físico-químicos (acidez, pH, humedad, grasa) del queso en los días 0 y 28 se realizaron bajo las normas A.O.A.C (10).

Análisis del comportamiento de la textura

Se empleó el analizador de textura TA-Plus en probetas cuadradas de queso de 2 cms de ancho por 2 cms de altura, las cuales fueron sometidas a una de compresión del 70% (11). Los análisis de textura se llevaron a cabo los días 0 y 28.

Análisis del comportamiento del color

Las determinaciones se realizaron con un colorímetro de esfera X-RITE D- 62, bajo parámetros $CIEL^*a^*b^*$ las mediciones se realizaron a la superficie y parte interna.

Perfil de ácidos grasos funcionales

Se midieron para la leche y el queso, se realizaron mediante la obtención y cuantificación de sus metilésteres por cromatografía de gases (AT 6890N, Agilent Technologies, Palo Alto, California, EE.UU) con detector de ionización en llama (GC-FID). Flujo constante de 1.8ml/min; Horno: $120^{\circ}C$ durante un minuto, $120-250^{\circ}C$ a $10^{\circ}C/min$, $250^{\circ}C$ durante cinco minutos; Solvente: Grado cromatográficos (Khymus, 2012). Los análisis se realizaron los días 4 y 28 en el proceso de maduración del queso.

Análisis estadístico

Los datos son tratados estadísticamente a través del análisis normal de varianza (ANOVA) y la prueba *post hoc* de diferencias mínimas significativas (MSD), utilizando el paquete de software estadístico SPSS versión 20.0 con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Todos los experimentos y análisis se hicieron por triplicado.

RESULTADOS

Características fisicoquímicas del queso semimadurado

Las características fisicoquímicas del queso tras la maduración, según los parámetros del Codex Alimentario para quesos, se pudo establecer que el queso obtenido se puede clasificar como un queso firme semiduro (54–69% de humedad) y semigraso (25–45% de grasa), tipo suave con características de humedad y pH similares al artesanal tipo Ibores.

Análisis del comportamiento de la textura

Los resultados de la tabla 1 indican que en las condiciones de almacenamiento (10°C y HR 75%)

aumentan significativamente los parámetros de dureza, gomosidad y masticabilidad, mientras que la elasticidad presenta un comportamiento contrario.

Tabla 1. Parámetros de textura del queso semimadurado

Queso	Dureza	Cohesividad	Gomosidad	Elasticidad	Masticabilidad
0 días	27,92±7,9	0,09±0,01	0,25±0,07	4,43±0,74	1,12±0,31
28 días	37,34±5,7	0,09±0,02	0,39±0,05	0,37±0,65	1,50±0,28

Análisis del comportamiento del color

Los resultados de la tabla 2 demuestran que el proceso de maduración reduce la luminosidad (L^*) del producto tanto en su parte interna como externa. De igual manera el proceso de maduración disminuye significativamente el parámetro a^* (rojo-verde) en el interior del producto; mientras que el parámetro b^* (azul-amarillo) aumenta significativamente ($p \leq 0.05$) en el exterior del mismo.

Tabla 2. Parámetros de color del queso fresco y madurado

Queso	a^*	b^*	L^*
Queso fresco externo (0 Días)	-0,2833±0,20306 ^b	9,2333±0,83068 ^{cb}	83,0967±0,86396 ^b
Queso fresco interno (0 Días)	0,9633±0,03055 ^a	8,9167±0,14572 ^d	85,2633±0,52520 ^a
Queso semimadurado externo (28 Días)	-0,5767±0,21008 ^{cb}	10,6567±0,26102 ^a	81,6233±0,80637 ^{cd}
Queso semimadurado interno (28 Días)	-0,8300±0,04359 ^{dc}	9,4100±0,58284 ^b	80,6400±0,77253 ^{dc}

*Letras diferentes en columnas hay diferencias mínimas significativas (DMS) entre tratamientos.

Perfil de ácidos grasos funcionales de la leche y el queso

Las figura 1 y 2 resumen los resultados del análisis del perfil de ácidos grasos de la leche utilizada para procesamiento y el queso en diferentes tiempos de maduración (4, 16, 28); de los valores obtenidos, comparando leche y queso hasta 28 días, se pudo determinar en términos generales que los ácidos grasos saturados presentaron un incremento de 6.82%, mientras que los ácidos grasos insaturados disminuyeron en un 6.53%, observándose una relación inversamente proporcional, por su parte los ácidos grasos tras se reducen en 0.12%. La figura 1 indica que existe aumento significativo de la

cantidad de ácidos Caproico, Caprílico, Cáprico y Láurico con el aumento de tiempo de maduración.

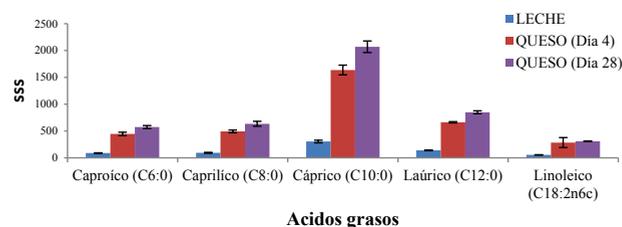


Figura 1. Comportamiento del perfil de ácidos grasos (6–18 C) leche/ y el queso en el periodo de maduración

La figura 2 muestra los resultados del comportamiento del perfil de ácidos grasos esenciales en

la leche y el queso en el periodo de observación, se puede evidenciar que existe un aumento de la cantidad de ácido Araquidónico en el proceso de maduración que resulta significativo ($p < 0.05$) frente a los demás ácidos grasos. Por otro lado, se evidencia que todos los aminoácidos esenciales estudiados presentan aumento en todos los tiempos de maduración comparados con la leche.

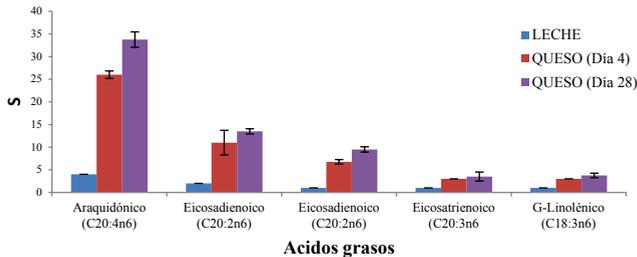


Figura 2. Comportamiento del perfil de ácidos grasos esenciales leche/ queso

El comportamiento de los ácidos (saturados) láurico, Mirístico, Palmítico y esteárico presentes en las muestras de leche y queso estudiados se muestran en la tabla 3. Se observa que al comparar la leche frente al queso hubo incremento de todos los ácidos grasos saturados y que permanecen estables a lo largo del proceso madurativo. Resultando así el ácido Láurico con un incremento del 639 %; en términos cuantitativos el aumento fue mayor en el ácido palmítico (1250 mg/100g).

Tabla 3. Ácidos grasos presentes en muestra de leche y queso de cabra (mg/100 g)

Ácido	Láurico	Mirístico	Palmítico	Esteárico
Leche	133	323	993	339
Queso	850	2010	6261	1589
% de Incremento	639	622	630	468

DISCUSIÓN

Análisis del comportamiento de la textura

El aumento de la dureza puede ser atribuido a los cambios que sufre el producto durante su maduración, especialmente la disminución de la humedad, según los parámetros del Codex Alimentario para quesos se pudo establecer que el queso obtenido se puede clasificar como un queso firme semiduro (54-69% de humedad) y semigraso (25-45% de grasa), tipo suave. Estos tres parámetros en conjunto dieron como resultado una cuajada de consistencia

blanda, húmeda y muy cercana a la neutralidad con valores de $27,92 \pm 7,96N$; $57,9\% \pm 0,2\%$; $6,8 \pm 0,03$ respectivamente (12).

En cuanto a la elasticidad se ha observado que esta tiende a disminuir a través del tiempo en quesos maduros, ya que la membrana del glóbulo graso aparece generalmente rota (12). La humedad remanente en un queso es un factor determinante en la textura final, donde bajos contenidos se asocian con quesos duros y poco elásticos (13). Además, la grasa en los quesos generalmente actúa como material de relleno en la matriz proteica, otorgando, cuando está presente en alto porcentaje, mayor elasticidad y menor firmeza, mientras que cuando su porcentaje disminuye se obtienen quesos más duros y rígidos (14,15). La proteína también afecta la dureza de un queso del mismo modo que la grasa, siendo los altos contenidos proteicos sinónimo de dureza (16).

Análisis del comportamiento del color

El comportamiento de L^* puede deberse a los efectos de la pérdida de humedad ya que el aumento del contenido acuoso en los quesos mayor es la claridad en los mismos y cuanto mayor es el contenido de sólidos menor resulta la luminosidad, Por su parte los cambios ocurridos en lo parámetro b^* son debidos a este mismo cambio en la humedad ya que a mayor cantidad de sólidos mayor resulta la saturación del color (12); este aumento influye en una disminución del tono y esta relacionado con la proteólisis y reacciones de pardeamiento (17). El color del queso está influenciado por el color de la leche de fabricación y tiende a tonalidades más pardas a medida que transcurre la maduración, debido especialmente a la hidrólisis de las grasas(18). En queso duro de cabra madurado (entre 3 y 40 días) los valores de L^* están comprendidos entre (84.9 y 81.2) y el parámetro b^* oscila entre 10.4 y 9.1 a los 40 días de maduración (19), estos parámetros están acordes con los encontrados en nuestro estudio.

Perfil de ácidos grasos funcionales de la leche y el queso

De los resultados encontrados y teniendo en cuenta principalmente el aumento de la concentración o estabilidad de la cantidad de ácidos grasos se pueden atribuir funcionalidad al queso semimadurado por los aspectos siguientes: Las dietas ricas en grasa láctea no tiene un efecto importante en las concentraciones postprandiales de TG en plasma y no aumentan el colesterol total ni el colesterol de

las lipoproteínas de baja densidad (LDL-C) (20, 21). Los ácidos grasos contenidos en la leche y el queso tienen una gran influencia en la síntesis novo, siendo el producto final el ácido palmítico, (16:0). El ácido esteárico no aumenta el nivel de colesterol en la sangre, junto con los ácidos mirístico, laúrico y palmítico son transformados rápidamente en su forma monoinsaturada (ácido oleico C18:1) en el hígado (22). Los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), representados por el ácido oleico, importante por su papel en la estructura lipídica de las membranas particularmente en la mielina del sistema nervioso (23–25). El ácido Linoleico (C18:2n6c) es el precursor de la serie n-6, su cercano al 170% son valores importantes debido a la relación de este ácido con efectos anti carcinógenos y antilipógenos (26–28).

CONCLUSIONES

El queso semimadurado elaborado con leche de cabra producida en la Garita (N.S) es un producto con propiedades funcionales dada su composición de ácidos grasos y puede ser utilizado como un alimento funcional para la salud humana.

REFERENCIAS

- Ribeiro AC, Ribeiro SDA. Specialty products made from goat milk. *Small Rumin Res*. Elsevier. 2010; 89(2): 225-33.
- Revilla A. Tecnología de la leche: procesamiento, manufactura y análisis 2 ed. Serie Libros y Materiales Educativos (IICA). San José (Costa Rica). IICA. 1985.
- Beatriz S, Pérez J, Gutiérrez R, Vega y León S, Faure R, Escobar A. Analysis of robustness in the determination of fatty acids by gas chromatography on goat milk. *Revista de Salud Animal*. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. 2011; 83-89.
- Ceballos LS, Morales ER, de la Torre Adarve G, Castro JD, Martínez LP, Sampelayo MRS. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed. *J Food Compos Anal*. Elsevier. 2009; 22(4): 322-9.
- Haenlein GFW. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin Res*. Elsevier. 2004; 51(2): 155-63.
- Vargas EAT, Garcia HG, Matson MVC, Perez RO, Villavicencio JLE, Espinosa AP, et al. Milk fatty acid composition from goats in a semiintensive production system in an arid region of the peninsula of Baja California, Mexico. *Turkish J Vet Anim Sci*. 2014; 38(3): 312-7.
- Zeng SS, Soryal K, Fekadu B, Bah B, Popham T. Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Rumin Res*. Elsevier. 2007; 69(1): 180-6.
- Küçükçetin A, Demir M, Aşci A, Çomak EM. Graininess and roughness of stirred yoghurt made with goat's, cow's or a mixture of goat's and cow's milk. *Small Rumin Res*. Elsevier. 2011; 96(2): 173-7.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Valorización de los productos tradicionales de origen. [Internet]. 2011; 66.
- International A. Official methods of analysis of AOAC International. AOAC International. 2005.
- Monsalve A, Betancor R, Navarro YT. Evaluación del ultrasonido como método complementario en la conservación del queso blanco paisa venezolano. @ limentech, Cienc y Tecnol Aliment. 2010; 8(2): 47-61.
- Álvarez S, Rodríguez V, Ruiz ME, Fresno M. Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. *Arch Zootec*. 2007; 56: 663-6.
- Adda J, Gripon JC, Vassal L. The chemistry of flavour and texture generation in cheese. *Food Chem*. Elsevier. 1982; 9(1): 115-29.
- Küçüköner E, Haque ZU. Physicochemical properties of low-fat and full-fat Cheddar cheeses. *Int J dairy Technol*. Wiley Online Library. 2006; 59(3): 166-70.
- Theophilou P, Wilbey RA. Effects of fat on the properties of halloumi cheese. *Int J dairy Technol*. Wiley Online Library. 2007; 60(1):1-4.
- Walstra P. Caséin micelles: do they exist *Int Dairy J*. Elsevier. 1999; 9(3): 189-92.
- Lucas A, Rock E, Agabriel C, Chilliard Y, Coulon JB. Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheeses. *Small Rumin Res*. Elsevier. 2008; 74(1): 243-8.
- Quintanilla M, Peña A. Cuadernos del Queso de oveja. Madrid. Publicaciones Técnicas Alimentarias. 1992: 295.
- Chacón-Villalobos A, Pineda-Castro ML. Chemical, physical and sensorial characteristics of goat cheese elaborated from a "Crottin de Chavignol" modified recipe. *Agron Mesoam*. Estacion Experimental Fabio Baudrit Moreno. 2009; 20(2): 297-309.
- Nestel PJ, Chronopoulos A, Cehun M. Dairy fat in cheese raises LDL cholesterol less than that in butter in mildly hypercholesterolaemic subjects. *Eur J Clin Nutr*. Nature Publishing Group. 2005; 59(9): 1059-1063.
- Rodríguez Alcalá LM. Lípidos bioactivos en productos lácteos: estrategias para su incremento y efectos del procesamiento y la conservación. 2009.
- HMSO UK. Nutritional aspects of cardiovascular disease (report on health and social subjects No. 46). London: HMSO. 1994.
- Lock AL, Parodi PW, Bauman DE. The biology of trans fatty acids: implications for human health and the dairy industry. *Aust J Dairy Technol*. Dairy Industry Association of Australia. 2005; 60(2): 134.
- Tsuzuki T, Tokuyama Y, Igarashi M, Miyazawa T. Tumor growth suppression by α -cleostearic acid, a linolenic acid isomer with a conjugated triene system, via lipid peroxidation. *Carcinogenesis*. Oxford Univ Press. 2004; 25(8): 1417-1425.
- Tricon S, Burdge GC, Jones EL, Russell JJ, El-Khazen S, Moretti E, et al. Effects of dairy products naturally enriched with cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid on the blood lipid profile in healthy middle-aged men. *Am J Clin Nutr*. Am Soc Nutrition. 2006; 83(4): 744-753.
- Sampelayo MRS, Chilliard Y, Schmidely P, Boza J. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Rumin Res*. Elsevier. 2007; 68(1): 42-63.
- McGuire MA, McGuire MK. Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *J Anim Sci*. The American Society of Animal Science. 2000; 77(E-Suppl): 1-8.
- Blank-Porat D, Gruss-Fischer T, Tarasenko N, Malik Z, Nudelman A, Rephaeli A. The anticancer prodrugs of butyric acid AN-7 and AN-9, possess antiangiogenic properties. *Cancer Lett*. Elsevier. 2007; 256(1): 39-48.

EFECTO DEL SECADO DEL CÁLIZ DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

EFFECT OF DRYING OF CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES DURING LOW-TEMPERATURE STORAGE

Silvia VALENCIA-CHAMORRO Ph.D.^{1*}, Cristina VINUEZA-LÓPEZ Ing.¹

RESUMEN

Antecedentes: La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es un fruto que posee un cáliz formado por cinco sépalos de color amarillo. El cáliz protege al fruto de insectos, pájaros, microorganismos patógenos, daños físicos, radiación, cambios bruscos de temperatura, lluvias fuertes y granizadas. Para que los frutos obtengan mayor protección y longevidad se debe realizar el proceso de secado del cáliz. **Objetivo:** Se estudió las condiciones de secado del cáliz de uchuva y su efecto en las propiedades físico-químicas durante el almacenamiento refrigerado. **Métodos:** Los frutos se secaron en una estufa con aire caliente hasta alcanzar una humedad final del cáliz que no deshidrate los frutos de uchuva. Se utilizó un diseño factorial 2², donde las variables del proceso fueron temperatura (25 y 30 °C) y velocidad de aire caliente (3 y 4 m s⁻¹). Se seleccionó el tratamiento en el cual se observó el menor porcentaje de pérdida de vitamina C. Los frutos de uchuva con cáliz seco (secados con el tratamiento seleccionado) se almacenaron hasta 28 días a 5 °C más 7 días a temperatura ambiente (20 °C). Frutos con cáliz, sin ningún tratamiento de secado, se utilizaron como control. Se evaluó la calidad de los frutos cada 7 días (evaluación visual, pérdida de peso, firmeza, pH, SST, ATT y vitamina C), durante todo el almacenamiento. **Resultados:** El tratamiento de secado realizado a 25 °C y 3 m s⁻¹ de velocidad de aire caliente (durante 8 h) presentó la menor pérdida de contenido de vitamina C (21,47 %) en los frutos. No existieron diferencias estadísticas significativas para las características físico-químicas y la calidad visual durante el almacenamiento de los frutos con cáliz seco y frutos sin proceso de secado. **Conclusiones:** El secado del cáliz a 25 °C y 3 m s⁻¹ de velocidad de

aire caliente resultó en menor pérdida de contenido de vitamina C.

Palabras clave: secado, cáliz, uchuva, poscosecha, almacenamiento refrigerado.

ABSTRACT

Background: The cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) is a fruit that has a cape formed by five yellow sepals. The cape protects against insects, birds, pathogen microorganisms, physical damage, radiation, sudden temperature changes, heavy rain and hail. However, in order to the fruits get greater protection and longevity, a cape drying process should be made. **Objective:** In this study the effect of cape drying conditions on cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) postharvest behavior was evaluated. **Methods:** A 2² experimental design was used. The process variables were temperature (25 y 30 °C) and hot air speed (3 y 4 m s⁻¹) and the treatment that had the less Vitamin C loss was selected. The fruits with dried cape were stored 28 days at 5 °C, followed by 7 days at 20 °C; fruits with no-dried cape were used as control treatment. Fruit quality was evaluated each 7 days (visual evaluation, weight loss, firmness, pH, TSS, titratable acidity, and Vitamin C). **Results:** Dry-cape treatment to 8 h at 25 °C and 3 m s⁻¹ hot air speed, results in less vitamin C loss (21,47 %). Regarding, physical and chemical properties, there isn't significant difference between fruits with dried capes and fruits without dried caps. **Conclusions:** The cap drying at 25 °C and 3 m s⁻¹ hot air speed results in less vitamin C loss.

Key words: Drying, cape, cape gooseberry, postharvest, refrigerated storage.

¹ Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología, Escuela Politécnica Nacional, Casilla 1701 2759, Quito, Ecuador

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: silvia.valencia@epn.edu.ec

INTRODUCCIÓN

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es un fruto perteneciente a la familia de las Solanáceas (1). La uchuva es conocida por sus amplias propiedades nutricionales, medicinales y fisicoquímicas (2). Los frutos de uchuva poseen un cáliz, el cual se elonga después de la fecundación de los frutos y los cubre durante todo su desarrollo. El cáliz protege a los frutos contra insectos, pájaros, microorganismos patógenos, daños físicos, radiación, cambios bruscos de temperatura, lluvias y granizadas (3).

La manipulación inadecuada durante el período poscosecha acelera los procesos de respiración y transpiración, lo cual reduce la calidad y tiempo de vida útil del producto (4). El mejor empaque para los frutos es su mismo cáliz, sin embargo éste debe estar deshidratado para aumentar la protección y longevidad del fruto (3). El cáliz prolonga la vida poscosecha de la uchuva en un 66% más que en frutos sin el mismo (5).

Por lo tanto, se propone estudiar el proceso de secado del cáliz de uchuva cultivada en Ecuador y determinar su efecto en las propiedades físico-químicas durante el periodo poscosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron frutos de uchuva de calidad de exportación provenientes del cantón Machachi, Ecuador. Los frutos se clasificaron según color y tamaño (6).

Selección de las condiciones de secado de cáliz de uchuva en un secador de bandejas

Se utilizó un diseño factorial 2², donde las variables del proceso fueron temperatura ($T_1 = 25$ y $T_2 = 30$ °C) y velocidad de aire caliente ($V_1 = 3$ y $V_2 = 4$ m s⁻¹). Se realizaron tres repeticiones. La humedad del cáliz se determinó en un analizador de humedad. Para determinar el tiempo de secado se determinó la humedad del cáliz cada hora. La humedad final correspondió a la humedad mínima antes de que se deshidrate el fruto (29%). Se registró el peso de los frutos de uchuva con cáliz cada 30 min para obtener la cinética de secado. Los parámetros de calidad después del secado del cáliz fueron pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales (°Brix) (AOAC 932.12) (7), acidez titulable total (% ácido

cítrico) según el método AOAC 942,15 (7), pH y vitamina C. La vitamina C se determinó según el método reflectométrico (8). Se seleccionó el tratamiento que presentó menor pérdida de vitamina C. El análisis estadístico de los datos se realizó con una prueba de múltiple rango según LSD.

Evaluación del comportamiento poscosecha de los frutos de uchuva con cáliz seco durante su almacenamiento refrigerado

Los frutos con el cáliz seco se almacenaron hasta 21 días a 5 °C, más 7 días a 20 °C. Una muestra sin ningún tratamiento se utilizó como control. La evaluación de calidad se realizó a 0, 7, 14, 21 y 28 días. Las variables de control de la calidad de los frutos de uchuva fueron: pérdida de peso, firmeza, pH, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable total (ATT), determinadas según los métodos descritos anteriormente. Se determinó el índice de madurez. Para determinar la forma del cáliz, se realizó una evaluación visual mediante la escala arbitraria (Figura 1): (1) muy seco, (2) seco, (3) medianamente seco, (4) ligeramente seco y (5) fresco.

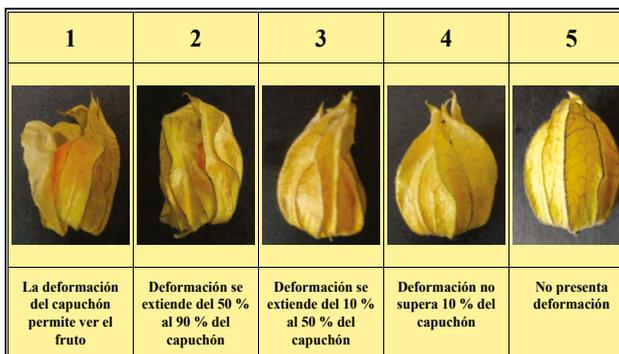


Figura 1. Escala para evaluar de forma del cáliz de frutos de uchuva almacenados a temperatura ambiente

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de las condiciones de secado de cáliz de Uchuva en un secador de bandejas

Se realizó la curva de velocidad de secado, se consideró que el peso de materia de sólido seco (27,35 %), permanece constante y la pérdida de peso es proporcional a la pérdida de humedad del cáliz de uchuva. En la figura 2 se muestran las curvas de deshidratación del cáliz para los diferentes tratamientos. La velocidad de aire caliente no influyó directamente en la rapidez de deshidratación.

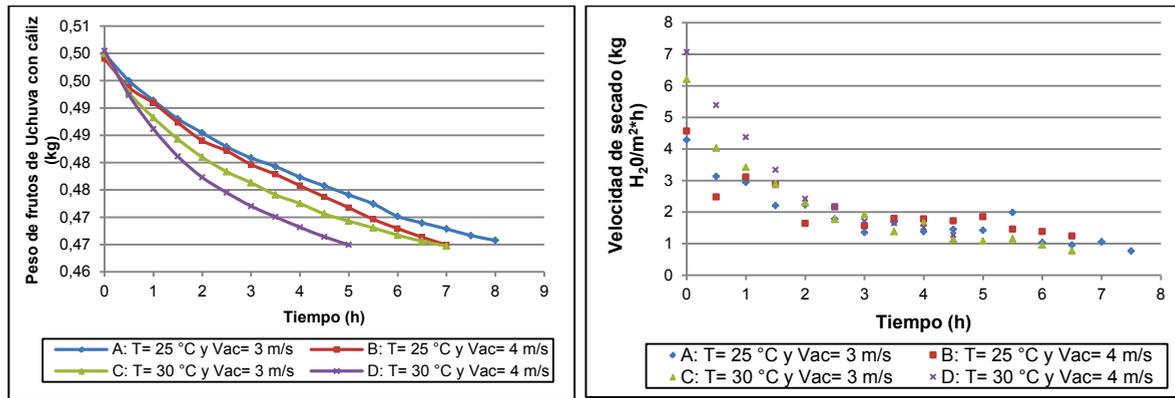


Figura 2. (A) Curvas de deshidratación de frutos de uchuva con cáliz. (B) Velocidad de secado en función del tiempo de frutos de uchuva con cáliz seco

La temperatura de secado y velocidad de aire caliente influyeron significativamente ($p < 0,05$) en el contenido de vitamina C de los frutos de uchuva con cáliz seco (Figura 3).

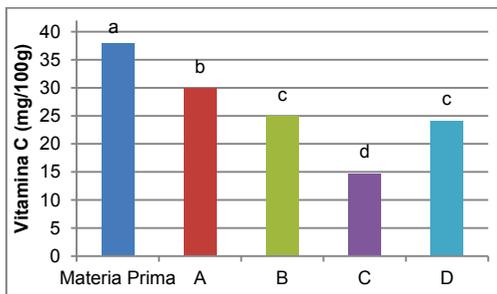


Figura 3. Contenido de vitamina C en frutos de uchuva (materia prima) y frutos de uchuva con cáliz seco: A (25°C, 3 m s⁻¹), B (25°C, 4 m s⁻¹), C (30°C, 3 m s⁻¹), D (30°C, 4 m s⁻¹).

El contenido de vitamina C disminuyó con respecto al valor de la materia prima (38 mg/100 g de muestra). En el tratamiento A (25 °C y 3 m

s⁻¹) se observó el mayor contenido de vitamina C (21,47 %) y se escogió para la siguiente etapa de la experimentación.

Evaluación del comportamiento poscosecha de los frutos de uchuva con cáliz seco durante su almacenamiento refrigerado

El proceso de secado influyó significativamente ($p < 0,05$) en la pérdida de peso de los frutos de uchuva. Al final del almacenamiento los frutos de uchuva del tratamiento TS y TC perdieron 6,46 % y 11,86 % de su peso total, respectivamente. El proceso de secado no influyó significativamente ($p > 0,05$) en la firmeza de los frutos de uchuva. En el último día de almacenamiento, se reportó un valor de firmeza de 0,83 N y 0,85 N en frutos del TC y TS, respectivamente. En la Tabla 1 se presentan los valores de pH, sólidos solubles totales, acidez titulable total, índice de madurez de los frutos de uchuva TS y TC durante los cuatro períodos de almacenamiento refrigerado.

Tabla 1. Análisis químicos de frutos de uchuva con cáliz seco en grado de madurez cuatro y almacenados hasta 28 días a 5 °C y 65 % HR seguidos de 7 días a 20 °C y 65 % HR

Períodos de almacenamiento		7d a 5 °C +	14d a 5 °C +	21d a 5 °C +	28d a 5 °C +
		7d a 20 °C			
pH	TS	3,80 ^a ± 0,02	3,79 ^a ± 0,04	3,87 ^a ± 0,02	4,01 ^a ± 0,05
	TC	3,83 ^a ± 0,04	3,93 ^a ± 0,02	3,89 ^a ± 0,02	3,97 ^a ± 0,02
SST (°Brix)	TS	14,13 ^a ± 0,05	13,80 ^a ± 0,79	13,63 ^a ± 0,45	12,93 ^a ± 0,25
	TC	12,93 ^b ± 0,06	14,00 ^a ± 0,08	12,33 ^a ± 0,77	13,00 ^a ± 0,59
ATT (% ácido cítrico)	TS	1,32 ^a ± 0,02	1,15 ^a ± 0,10	1,11 ^a ± 0,10	0,92 ^a ± 0,03
	TC	1,16 ^b ± 0,05	1,07 ^a ± 0,03	0,98 ^a ± 0,08	1,04 ^a ± 0,08
Índice de madurez	TS	10,69 ^a ± 0,20	12,08 ^a ± 1,25	12,40 ^a ± 1,38	14,11 ^a ± 0,53
	TC	11,18 ^a ± 0,80	13,07 ^a ± 0,37	12,59 ^a ± 1,22	12,50 ^b ± 0,38

Media ± DE (n=3); Medidas seguidas con letras diferentes en la misma fila, indican diferencia significativa en el atributo, según LSD ($p < 0,05$)

El contenido de vitamina C en el TC se redujo de 38 mg/100g hasta 35,20 mg/100g, en cambio en los frutos del TS, se incrementó de 29,84 mg/100g a 34,20 mg/100g después de los 35 días de almacenamiento total.

El proceso de secado influyó significativamente ($p < 0,05$) en la forma del cáliz de frutos del TS y TC. La deformación en frutos de TC se produjo de forma más rápida y severa en los frutos del TC. El secado no influyó significativamente ($p > 0,05$) en la firmeza, turgencia (a excepción del segundo período de almacenamiento), daño físico y daño patológico causado por microorganismos patógenos de los frutos del TS y TC. No se evidenció contaminación visual causada por microorganismos patógenos.

DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en la Figura 2, confirman que la temperatura es el factor que predomina en la cinética de secado de los frutos de uchuva. Al aumentar la temperatura del aire se incrementa la pendiente de la curva de deshidratación lo cual implica una disminución en el tiempo de secado (9). La variación en las características físico-químicas de los frutos de uchuva con cáliz seco puede ser el resultado de la evaluación de los frutos cosechados en diferentes fechas, debido a la imposibilidad de almacenar los frutos con cáliz húmedo por largos períodos de tiempo (5).

El contenido de vitamina C disminuyó con respecto al valor reportado en la materia prima (38 mg/100 g de muestra), debido a que es un compuesto termolábil. En el estudio de Juntamay (2010) la vitamina C se tomó como índice de calidad nutricional de frutos de uchuva deshidratados, ya que si la concentración de vitamina C no se modifica al aplicar tratamientos térmicos, los demás nutrientes no se verían afectados (10).

El incremento de la pérdida de peso de los frutos de uchuva durante el almacenamiento se debe a la pérdida de agua de los frutos, lo cual causa una disminución del peso del producto, los frutos se vuelven blandos, se marchitan y pierden su aspecto, flexibilidad y turgencia (11). En referencia a la vitamina C en el comportamiento poscosecha, los resultados coinciden con el estudio de Novoa et al. (2006) donde el contenido de vitamina C disminuyó debido a la oxidación del ácido ascórbico (7). El incremento de vitamina C podría ser el resultado de la pérdida de agua de los frutos de uchuva con cáliz

seco a causa del proceso de transpiración, lo que provocaría que el resto de componentes se concentren y el contenido de vitamina C se incremente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Nieto (2010) en frutos de uchuva con cáliz almacenados en refrigeración (12). La forma del cáliz se deterioró en los TS y TC debido a que todos los frutos perdieron humedad a causa del secado de su cáliz.

CONCLUSIONES

Todos los tratamientos de secado del cáliz no afectaron las propiedades físico-químicas de los frutos de uchuva. Sin embargo influyeron en el contenido de vitamina C, la menor pérdida de vitamina C se presentó durante 8 h a 25 °C y 3 m s⁻¹ de velocidad de aire caliente.

Durante todo el almacenamiento refrigerado, el proceso de secado seleccionado (25 °C y 3 m s⁻¹) no influyó en las características físico-químicas y en la calidad visual de los frutos de uchuva con cáliz seco.

La selección de las condiciones de secado del cáliz de la uchuva permitirá mejorar la tecnificación del manejo poscosecha de los frutos para extender el tiempo de vida útil lo que incrementaría las posibilidades de comercialización tanto para el mercado nacional como internacional.

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Politécnica Nacional por auspiciar esta investigación, a la Ing. Nathaly Maldonado por su colaboración en la preparación del manuscrito y a la Empresa TANKAY por su colaboración y por proveer la materia prima.

REFERENCIAS

1. Álvarez G, Campoverde G, Espinosa M. Manual técnico para el cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Primera ed. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja; 2012. 22 p.
2. Cerón I, Higueta J, Cardona C. Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. Vector. 2011; 5(1): 17-26.
3. García M. Uchuva: cosecha y postcosecha. [Internet]. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2003. [Actualizado el 2003; Citado el 28 de Diciembre de 2015]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/jspui/handle/11348/5501>.
4. Novoa R, Bojacá M, Fischer G. Determinación de pérdida de humedad en el fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) según el tipo de secado en tres índices de madurez. [Internet]. Colombia: Memorias IV Seminario de frutales de clima frío moderado. 2002. [Actualizado Noviembre del 2002; Citado el 05 de Enero de 2016]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/256839752>.

5. Novoa R, Bojacá M, Galvis J, Fischer G. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenada a 12° C. *Agronomía Colombiana*. 2006; 24(1): 77-86.
6. Comité Técnico 111003 Frutas, legumbres, hortalizas y tubérculos frescos. Norma Técnica Colombiana 4580: Frutas Frescas. Uchuva. Especificaciones. [CD-ROM]. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (INCONTEC); 1999.
7. Horwitz W, Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC. 17 ed. Michigan, Estados Unidos: Universidad de Michigan. 2000; 144p.
8. Merck K. Test Ácido ascórbico. [Internet]. Alemania: Universidad de Darmstadt. 2006 [Actualizado el 2006; Citado el 21 de Diciembre de 2015]. Disponible en: http://www.amco-instruments.com/index_files/pdf/acido-ascorbico.pdf.
9. Pineda M, Chacón A, Cordero G. Efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de morera (*Morus alba*). *Agronomía Mesoamericana*. 2009; 20(2): 275-28.
10. Juntamay E. Evaluación nutricional de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.) deshidratada a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas. [Trabajo de Pregrado]. [Riobamba, Ecuador]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2010. 116 p.
11. Martínez A, Lee R, Chaparro D, Páramo S. Postcosecha y mercadeo de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible. 1 ed. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2003; 56 p.
12. Nieto V. Estudio sobre el comportamiento poscosecha del fruto de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en el cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua. [Trabajo de Pregrado]. [Ambato, Ecuador]: Universidad Técnica de Ambato. 2010; 170 p.

HONGOS CAUSANTES DE PODREDUMBRES EN LA POSCOSECHA DE MORA (*Rubus glaucus*): AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN, Y EVALUACIÓN DEL GÉNERO MÁS AGRESIVO

FUNGI THAT CAUSE ROT IN POSTHARVEST OF BLACKBERRIES (*Rubus glaucus*): ISOLATION, IDENTIFICATION, AND EVALUATION OF THE MOST AGGRESSIVE GENUS

Silvia VALENCIA-CHAMORRO Ph.D^{1*}; Jessica GUEVARA Z. Ing¹; Daisy PÁEZ C. Ing¹; Rosa VILAPLANA V. Ph.D¹.

RESUMEN

Antecedentes: La mora de Castilla constituye un recurso alimentario de excelente calidad. Las pérdidas durante la poscosecha de los frutos pueden llegar al 21% de la producción total y este hecho se debe principalmente a podredumbres fúngicas. La identificación de los hongos patógenos responsables de estas pérdidas podría ayudar a controlar su desarrollo y proliferación. **Objetivo:** Aislar e identificar los diferentes hongos causantes de podredumbres durante el período poscosecha de mora de Castilla y determinar el género de hongo más agresivo. **Métodos:** Para el aislamiento de los hongos patógenos se utilizó mora de Castilla proveniente de la provincia de Tungurahua-Ecuador. Se purificaron las cepas obtenidas en placas Petri con medio PDA y se caracterizaron e identificaron a nivel de género. Se inocularon artificialmente suspensiones de esporas de los hongos seleccionados, preparadas a concentraciones de 10^3 y 10^5 conidios mL⁻¹ en moras de Castilla, ya sea mediante una herida en el centro de los frutos, o mediante la inmersión de los frutos en las suspensiones. Se utilizaron en total 432 frutos. Se determinó el hongo más agresivo por medio del cálculo del índice de incidencia de enfermedad (IIE). Los frutos se almacenaron a 4°C y 90% de humedad relativa hasta 14 días. Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significación del 95% y con el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). **Resultados:** Se obtuvieron 8 géneros de hongos diferentes:

Penicillium spp, *Botrytis* spp, *Colletotrichum* spp, *Mucor* spp, *Rhizopus* spp, *Fusarium* spp, *Geotrichum* spp y *Cladosporium* spp. El IIE más alto se obtuvo con *Botrytis* spp. **Conclusiones:** Los dos métodos de inoculación aplicados en los frutos fueron efectivos y causaron distintos grados de pudrición en las moras (sin presentar diferencias estadísticamente significativas). El género de hongo causante de la podredumbre más severa durante el período poscosecha de la mora de Castilla fue *Botrytis* spp.

Palabras clave: Mora de Castilla, hongos, podredumbre, poscosecha.

ABSTRACT

Background: The blackberry is a food resource of excellent quality. Postharvest losses of blackberries can reach 21% of total production, and is mainly due to fungal rots. The identification of pathogenic fungi responsible for these losses could help to control its development and proliferation. **Objective:** To isolate and identify different fungi that cause decay during the postharvest period of blackberry, and to establish the most aggressive fungi genus. **Methods:** Blackberry from the province of Tungurahua in Ecuador was used for the isolation of pathogenic fungi. The fungal strains were purified in Petri plates with PDA medium. The pathogenic fungi were characterized and identified to genus level. Various types of fungi were selected to artificially inoculate in blackberries with two different concentrations, 10^3 and 10^5 conidios mL⁻¹ by two methods, wounding the center of the fruit

¹ Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología, Escuela Politécnica Nacional, Casilla Postal 17012759, Quito- Ecuador.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: silvia.valencia@epn.edu.ec

and immersing the fruits in spore suspensions. In our study were used 432 fruits. The most aggressive fungal genus was determined by calculating the incidence of disease index (IDI) of each mold. The fruits were stored at 4°C and 90% relative humidity up to 14 days. The results were analyzed by ANOVA with a significance level of 95% and with the procedure of Fisher's least significant difference (LSD). **Results:** 8 different fungus strains were obtained: *Penicillium* spp, *Botrytis* spp, *Colletotrichum* spp, *Mucor* spp, *Rhizopus* spp, *Fusarium* spp, *Geotrichum* spp and *Cladosporium* spp. The highest IDI was obtained with *Botrytis* spp mold. **Conclusions:** The two inoculation methods applied in the fruits were effective and caused different rot degrees in the berries (with no statistically significant difference). *Botrytis* spp was the fungal genus that caused the most severe decay during post harvest period.

Keywords: Blackberry, fungi, rot, postharvest.

INTRODUCCIÓN

La mora de Castilla (*Rubus glaucus*) tiene su origen en la Cordillera de los Andes ecuatorianos y colombianos (1). Se caracteriza por su bajo valor calórico, y por la gran cantidad de pigmentos naturales y antioxidantes polifenólicos que posee (2). En el Ecuador la producción anual está entre 12 y 14 t, y las pérdidas por pudriciones pueden llegar al 21% de la producción total (3). Los microorganismos patógenos responsables de las pudriciones en mora de Castilla son los hongos (4). Los principales hongos que se desarrollan en estos frutos son *Botrytis* spp, *Rhizopus* spp y *Colletotrichum* spp (5). El objetivo de esta investigación fue aislar e identificar los diferentes géneros de hongos causantes de podredumbres durante el periodo poscosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus*) y determinar el género de hongo más patogénico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento e identificación de los hongos patógenos a nivel de género

Se utilizaron moras de Castilla (*Rubus glaucus*) provenientes de la provincia de Tungurahua – Ecuador. Los frutos con presencia de pudrición se colocaron en erlenmeyers con agua+tween80 estéril, y de cada erlenmeyer se realizó un banco triple de diluciones D₂, D₃ y D₄. Posteriormente, se sembraron 0,1 mL de cada dilución en placas Petri con medio PDA, se

incubaron (25°C), y después de 48 horas se realizaron las primeras observaciones. Se utilizaron en total 180 frutos. Las cepas aisladas se purificaron mediante sucesivas resiembras en placas Petri con medio PDA hasta obtener la cepa del hongo patógeno libre de contaminaciones. Para la identificación, se observaron las características macroscópicas y microscópicas y se identificó las diferentes cepas (6). Se seleccionaron los 3 principales géneros de hongos que atacan al cultivo de mora de Castilla para probar su severidad.

Evaluación del género de hongo más agresivo mediante el cálculo del IIE

Se aplicaron dos métodos de inoculación; el primer método de inoculación se realizó mediante una herida en el centro de cada fruto, donde se inocularon 15 uL de la suspensión de esporas de cada uno de los microorganismos seleccionados. El segundo método se realizó mediante la inmersión de los frutos en la suspensión de esporas de cada hongo. Se tomaron grupos de 6 frutos, se colocaron en papel filtro y se sumergieron en suspensiones de esporas de los hongos durante 30 s. Posteriormente se eliminó el exceso de agua de los frutos. Se determinó la severidad de los 3 hongos seleccionados, inoculados a dos concentraciones diferentes: 10³ y 10⁵ conidias mL⁻¹ (7) y mediante los dos métodos de inoculación. En cada método se utilizó un diseño factorial 3 x 2, donde las variables fueron tipo de hongo y concentración del inóculo. Se utilizaron un total de 432 frutos. Los frutos inoculados se almacenaron en refrigeración a 4°C y 90% de humedad relativa. Se realizaron observaciones entre los días 1 y 14 posteriores a la inoculación y de cada fruto se calculó el IIE mediante la Ecuación 1.

$$IIE(\%) = \frac{[(a*0)+(b*1)+(c*2)+(d*3)]}{3n} * 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

a, b, c, d = número de frutos asignados a la categoría de escala de valores 0, 1, 2, 3 según el grado de pudrición que presenta la fruta

n = número total de frutos inoculados

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significación del 95 % y con el procedimiento de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD). Los cálculos se realizaron en el programa Statgraphics Centurion XV.

RESULTADOS

Identificación de los hongos patógenos a nivel de género

Se obtuvieron un total de 8 géneros de hongos diferentes. Las figuras 1 y 2 presentan el aspecto macroscópico y microscópico de las placas Petri con los hongos.

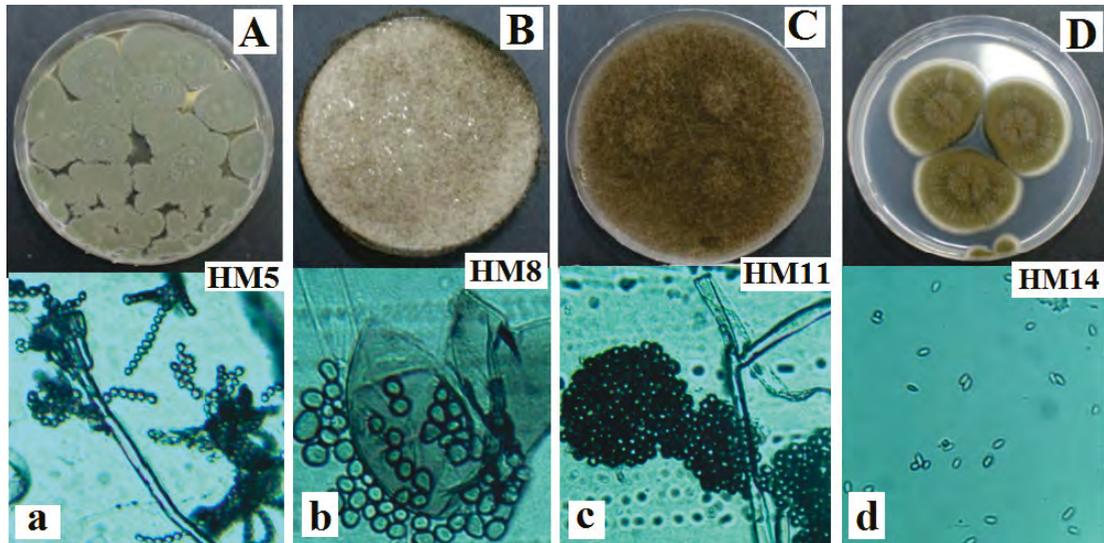


Figura 1. Aspecto de los anversos de las placas Petri de los diferentes hongos en medio PDA (letras mayúsculas) con sus respectivas esporas y estructuras fructíferas observadas en el microscopio con un lente de 40X (letras minúsculas). De izquierda a derecha *Penicillium* spp (A, a), *Botrytis* spp (B, b), *Rhizopus* spp (C, c) y *Colletotrichum* spp (D, d).

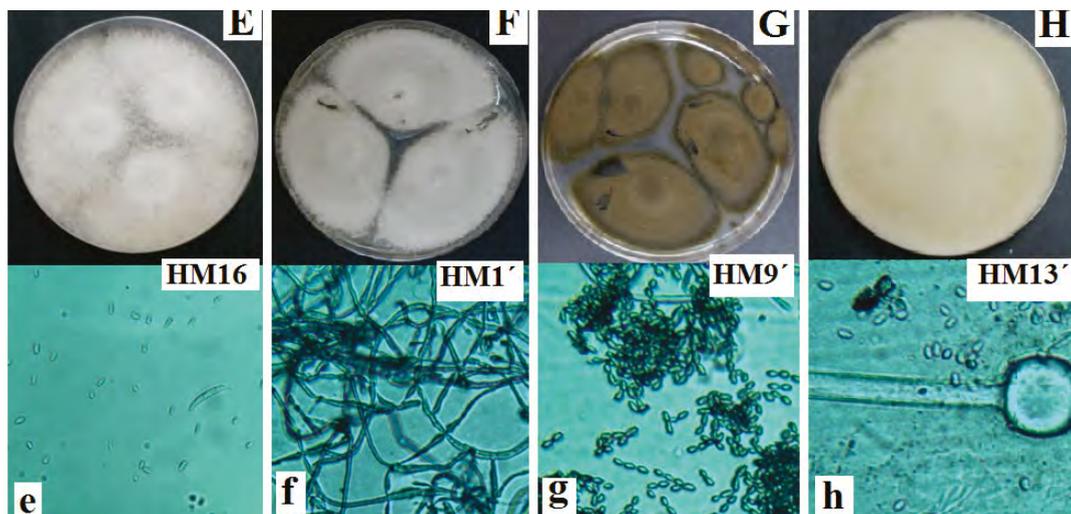


Figura 2. Aspecto de los anversos de las placas Petri con los diferentes hongos en medio PDA (letras mayúsculas) con sus respectivas esporas y estructuras fructíferas observadas en el microscopio con un lente de 40X (letras minúsculas). De izquierda a derecha *Fusarium* spp (E, e), *Geotrichum* spp (F, f), *Cladosporium* spp (G, g) y *Mucor* spp (H, h).

Las figura 3 representa los resultados del IIE de *Botrytis* spp, *Rhizopus* spp y *Colletotrichum* spp inoculados artificialmente en los frutos mediante los dos métodos.

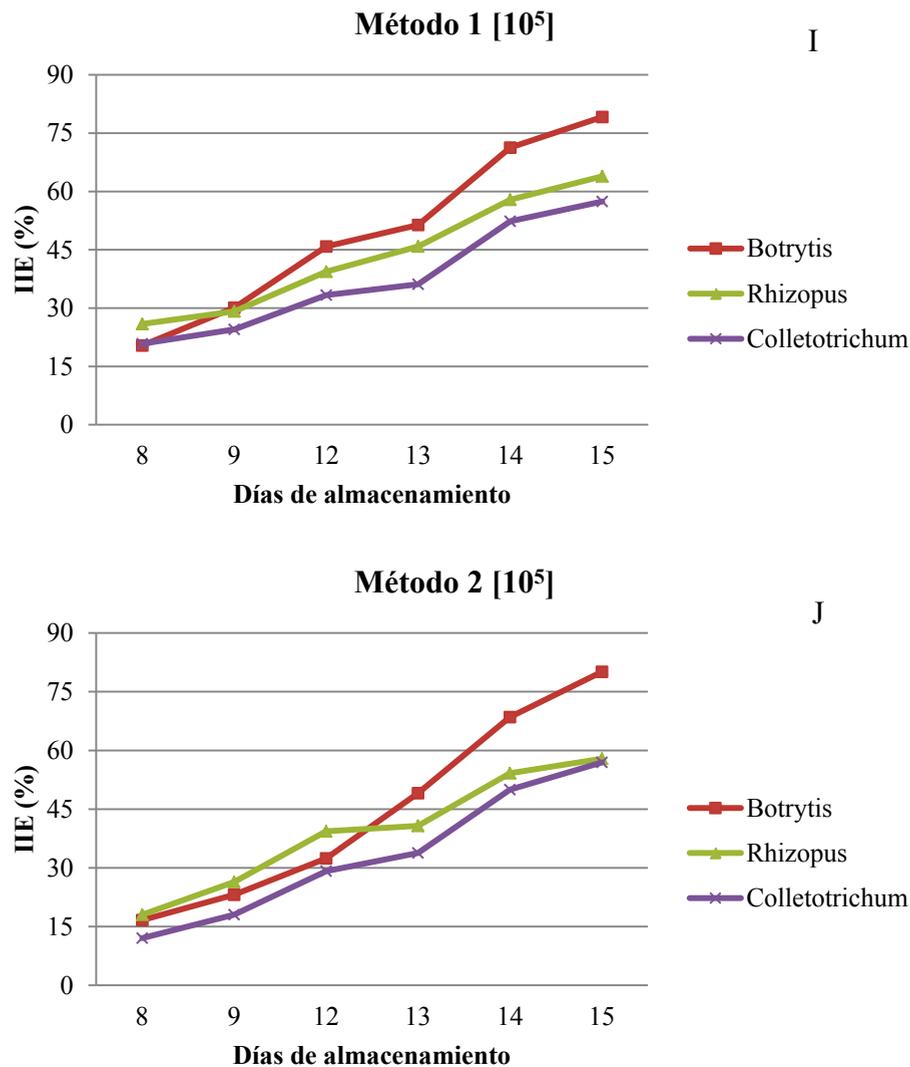


Figura 3. Índice de incidencia de la enfermedad (IIE %) de *Botrytis* spp, *Rhizopus* spp y *Colletotrichum* spp inoculados artificialmente en mora de Castilla mediante los métodos 1 (I) y 2 (J) con 10^5 conidias mL^{-1} . Cada punto representa la media de 36 frutos, LSD ($p < 0.05$)

DISCUSIÓN

Identificación de los diferentes géneros de hongos

***Penicillium* spp:** Las colonias eran planas, de aspecto aterciopelado y tonalidades verdes (Figura 1A). La cepa HM5 formó conidios en estructuras ramificadas con la característica forma de pincel. Las esporas eran lisas y tenían forma cilíndrica o esférica (Figura 1a). Estas características coinciden con las descritas por Pitt et al., 2009 y Samson et al., 2000 (8, 9).

***Rhizopus* spp:** El micelio fue abundante floccoso y blando. Los esporangios de la cepa HM8 eran visibles de color blanco en los primeros días,

y posteriormente negros. (Figura 1B). Las esporangiosporas eran lisas, de forma esférica y color negro (Figura 1b). Esta descripción coincide con lo indicado por la Trigos et al., 2014 y la UCDAVIS, 2014 (10, 11).

***Botrytis* spp:** Las colonias la cepa HM11 eran irregulares, algodonosas y de color marrón (Figura 1C). Los conidióforos presentaron ramificaciones alternas. Las conidias eran lisas, de forma esférica o elipsoidal (Figura 1c). Esta descripción coincide con los autores Dominguez et al., 2009 y Aszú, 2015 (12, 13).

***Colletotrichum* spp:** Las colonias la cepa HM14 eran algodonosas y de tonalidades verdes (Figura 1D). Las conidias eran planas y fusiformes (Figura

1d). Esta descripción coincide con lo indicado por los autores Aszú, 2015 y Elad et al., 2005 (13, 14).

***Fusarium spp*:** El micelio aéreo de la cepa HM16 era abundante, algodonoso y de color ligeramente rosa (Figura 2E). Se observaron dos tipos de conidias, las macroconidias eran hialinas, fusiformes y presentaban múltiples septos. Las microconidias se encontraban en cadena o en racimos y tenían forma cilíndrica (Figura 2e). Los autores Prats, 2007y Tapia et al., 2014 (15, 16) coinciden con estas características.

***Geotrichum spp*:** La cepa HM1' presentó micelio aéreo escaso y colonias planas y de color blanco (Figura 2F). Los conidióforos se fragmentaban lateralmente para formar artroconidias en forma cilíndrica que salían perpendicularmente de la hifa principal (Figura 2f). La descripción coincide con Pitt et al., 2009 (8).

***Cladosporium spp*:** Las colonias de la cepa HM9' eran de color verde oliva y de aspecto aterciopelado (Figura 2G). Las conidias eran fusiformes o de forma esférica y aparecían solitarias o formando cadenas (Figura 2g). La descripción coincide con Pitt et al., 2009 y Samson, 2000 (8, 9).

***Mucor spp*:** El micelio de la cepa HM13' era abundante, de aspecto algodonoso y de color blanco (Figura 2H). Las esporas eran lisas y tenían forma elipsoidal o esférica (Figura 2h). Estas características coinciden con lo que indicaron Trigos et al., 2008 y Prats, 2007 (10, 15).

Evaluación del género de hongo más agresivo mediante el cálculo del IIE

Los frutos inoculados con 10^5 conidias mL^{-1} de *Botrytis* spp mediante el segundo método presentaron el mayor IIE con un valor de 80,09% (Figura 3J). No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos de inoculación y las concentraciones probadas (Figuras 3I y 3J). Sin embargo hubo diferencias estadísticamente significativas entre los frutos inoculados con *Botrytis* spp, *Colletotrichum* spp y *Rhizopus* spp. La temperatura óptima para el desarrollo de *Botrytis* spp es de 17 – 21°C, pero puede vivir en temperaturas de refrigeración (4°C) (6, 14) por lo que es responsable de graves pérdidas durante la poscosecha y comercialización de los frutos.

Limitaciones

La principal limitación de esta investigación se encontró en la inoculación de los frutos mediante

las diferentes técnicas ya que las moras son pequeñas, frágiles y de color oscuro.

CONCLUSIONES

Se identificaron ocho géneros de hongos patógenos. Las podredumbres provocadas por *Botrytis* spp fueron más severas que las podredumbres provocadas por *Colletotrichum* spp y *Rhizopus* spp.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Escuela Politécnica Nacional, a través del Proyecto PIMI 14-16, y contó con el auspicio del Programa Prometeo de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENESCYT) de Ecuador.

REFERENCIAS

- Martínez A, Beltrán O, Velastegui G, Yáñez W, Valle E. Manual del Cultivo de la Mora de Castilla. Primera ed. Ambato, Ecuador: CFC. 2007; 20 p.
- Huang W, Zhang H, Liu W, Chun Y. Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry and strawberry. Journal of Zhejiang. 2012; 13(2): 94-102.
- Tamara L, Vallejo I. Perfil de mora. Primera ed. Ibarra, Ecuador; CIIC. 2009; 24 p.
- Betts R. Microbial update Yeast and Moulds. International Food Hygiene. 2013; 24(4): 9-11.
- Ramírez J, Aristizábal I, Restrepo J. Blackberry conservation through the application of edible coating of aloe vera micilaginous gel. Vitae. 2013; 20(3): 172-183.
- Farrera R, Zambrano A, Ortiz F. Identificación de hongos asociados a enfermedades del fruto de la fresa en el municipio Jauregui. Fac. Agron. LUZ. 2007; 24(1): 269-281.
- Cañedo V, Ames T. Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos. Primera ed. Lima, Perú: CIP. 2004; 68 p.
- Pitt J, Hocking A. Fungi and Food Spoilage. Third ed; Australia: Hardcover. 2009; 524p.
- Samson R, Pitt J. Integration of Modern Taxonomic Methods for *Penicillium* and *Aspergillus* Classification. First ed. Amsterdam: Hardwood Academic Publishers. 2000; 513p.
- Trigos Á, Ramírez K, Salinas A. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. Revista Mexicana de Micología. 2008; 28(1): 125-129.
- UCDAVIS. Viticulture and Enology [Internet] California US: UCDAVIS. 2014. [Citado en Diciembre 2015]. Disponible en: <http://wineserver.ucdavis.edu/industry/enology/winemicro/wineyeast/penicillium.html>
- Dominguez I, Carrero C, Pino H, Quintero K. Prediction of damage intensity mechanism of gray mould. Agricultura Andina. 2009; 15(1): 78-84.
- Aszú T. Gray mold rot [Internet]. UK: Encyclopedia Britannica. 2015. [Citado en Enero 2016]. Disponible en: <http://www.britannica.com/science/Botrytis>
- Elad Y, Williamson B, Tudzynsky P, Delen N. *Botrytis* spp and diseases they cause in Agricultural Systems. Biology, Pathology and Control. 2005; 1(8): 1-8.
- Prats G. Microbiología Clínica. Primera ed. Buenos Aires, Argentina: Panamericana; 2007. 366 p.
- Tapia C, Amaro J. Género *Fusarium*. Infectol. 2014; 31(1): 85-86.

EVALUACIÓN DEL USO POTENCIAL DE LA TECNOLOGÍA DE ULTRASONIDO SOBRE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FÍSICOQUÍMICA DE LA PULPA DE AGUACATE

THE EVALUATION OF THE POTENTIAL USAGE OF THE ULTRASOUND TECHNOLOGY ON THE MICROBIOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL QUALITY OF THE AVOCADO PULP

Ana María RESTREPO S. Esp.^{1*}, Ana M. RESTREPO D. MSc.², Mayra FUENTES Bact. y Lab.³, Mónica DURANGO MSc.⁴, Leonidas de J. MILLÁN MSc.², Julián A. LONDOÑO Ph.D², Susana OCHOA MSc.⁴

RESUMEN

Antecedentes: el aumento en la demanda de productos vegetales frescos o mínimamente procesados, ha retado a la industria alimentaria a trabajar en avances significativos tendientes al control efectivo de organismos patógenos y características sensoriales indeseables como el pardeamiento enzimático asociadas a la apariencia del producto. **Objetivo:** se determinó el uso potencial del ultrasonido y su influencia en las características fisicoquímicas y microbiológicas de la pulpa de aguacate (*Persea americana* Mill.) como una alternativa tecnológica para su conservación. **Métodos:** se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la pulpa de aguacate antes de someterla a un tratamiento de conservación a partir de cinco muestras evaluadas por triplicado. Se evaluó el efecto del ultrasonido, asociado a la frecuencia (kHz) y el tiempo (min) sobre las variables respuesta: fisicoquímicas, enzimática y microbiológica a partir de un diseño factorial 2^k con replica al centro. Se realizó un análisis ANOVA para determinar diferencias significativas. **Resultados:** antes del tratamiento, la pulpa cumplió con los parámetros microbiológicos establecidos en la normatividad. A partir del tratamiento de ultrasonido, se presentó disminución en la actividad enzimática a una frecuencia de 40 kHz y 10 minutos comparado con el tratamiento de pasteurización. La caracterización microbiológica indica una disminución del recuento de microorganismos indicadores al emplear la frecuencia de

40 kHz. La pasteurización inhibe totalmente los recuentos de microorganismos. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). **Conclusiones:** se reporta el uso del tratamiento de ultrasonido para la conservación de pulpa de aguacate gracias a la disminución de recuentos microbianos y la disminución en la actividad enzimática de la polifenoloxidasas, como una alternativa tecnológica de conservación comparada con la pasteurización.

Palabras clave: Ultrasonido, conservación de alimentos, oxidación-reducción, microbiología.

ABSTRACT

Background: the increase in the demand for fresh or minimal processed vegetable products, has challenged the food industry to work on the significant effective control of pathogens and undesirable sensory characteristics as enzymatic browning associated with the product's appearance progress. **Objective:** it was determined that the potential usage of ultrasound and its influence on the physicochemical and microbiological characteristics of avocado pulp (*Persea americana* Mill.) as an alternative technology for conservation. **Methods:** the physicochemical and microbiological parameters avocado pulp were done before undergoing conservation treatment from five tested samples in triplicate. The effect of ultrasound was associated with the frequency (kHz) and time (minutes) on the physicochemical variables, enzymatic and microbiological response

¹ Food Scientist Reserch en Griffith Foods S.A.S. Marinilla, Colombia.

² Docente Corporación Universitaria Lasallista. Caldas, Colombia

³ Analista LACMA, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Medellín, Colombia

⁴ Docente Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Medellín, Colombia

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: amaresua@gmail.com

from a 2^k factorial design with replicates to the center. ANOVA analysis was performed to determine significant differences with the methods. **Results:** before the treatment, the pulp met the microbiological parameters established in the regulations. After the ultrasonic treatment, the enzyme activity decreased at a frequency of 40 kHz to 10 minutes in contrast to pasteurization treatment provided. Indicator microbiological characterization indicates a decreased count by using a frequency of 40 kHz. Pasteurization completely inhibits microorganism counts. Significant differences between treatments ($p < 0.05$) were submitted. **Conclusions:** the usage of ultrasound treatment for the preservation of avocado pulp thanks to the lower microbial counts and lower enzymatic activity of polyphenol oxidase, as a technological alternative conservation compared to pasteurization is reported.

Keywords: Ultrasonic, food preservation, oxidation-reduction, microbiology.

INTRODUCCION

El sector productivo busca alternativas de comercialización de productos procesados, semi-procesados y en fresco para consumo nacional y de exportación de la mejor calidad; sin embargo la industria procesadora de aguacate se enfrenta a uno de los principales problemas: el fenómeno de pardeamiento oxidativo, por acción de la enzima polifenoloxidasa (PFO) que provoca el desarrollo de una coloración parda que limita la vida comercial (1). Este proceso puede ser controlado por medio de métodos químicos y físicos, o la combinación de estos que inhiban la acción de la enzima (2) the addition of Allium extracts to avocado pulp was more effective in delaying luminosity decrease during the first days of storage, compared to Brassica. Scallion, onion, white cabbage and cauliflower inhibited polyphenol oxidase (PPO). Paralelo a este fenómeno, la industria enfrenta la necesidad de minimizar las alteraciones del aguacate y su pulpa por el ataque de microorganismos debido a las operaciones de procesamiento mínimo como pelado, cortado o troceado efectuadas de manera manual. Una tecnología emergente no térmica como el ultrasonido, podría ser una alternativa promisoriosa para garantizar la calidad, seguridad y vida útil de alimentos perecederos, comprometiendo la viabilidad de los microorganismos (3) así como la

actividad de enzimas responsables del detrimento de la calidad de los alimentos (polifenoloxidasa) sin un incremento considerable de temperatura, evitando un efecto adverso sobre las propiedades nutricionales del alimento (4).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Los aguacates utilizados en esta investigación (clasificados como "producción industrial") fueron suministrados por la distribuidora DiHass. Los aguacates procesados se pelaron, homogenizaron y empaclaron en bolsas de polietileno de baja densidad y fueron refrigerados a 4°C. El proceso de higiene y saneamiento se realizó bajo los parámetros descritos en el Decreto 3075 de 1997 y Resolución 2674 de 2013. De la materia prima sin tratamiento, se tomó una muestra con cinco réplicas y tres repeticiones que incluyó parámetros el estudio microbiológico según la Resolución 3929/13, y parámetros físico-químicos como pH, acidez titulable y color de acuerdo con el sistema CIE (5).

Tratamiento convencional (Pasteurización)

Se tomaron cuatro muestras por cuatro días consecutivos, para ser sometidas a un tratamiento de pasteurización a 65°C, durante 20 minutos (6).

Tratamiento Ultrasonido

Se implementó un diseño factorial 2^k, con dos bloques combinando los factores de frecuencia (25 y 40 KHz) y tiempo (5 y 10 min.) con puntos al centro, procesadas durante cuatro días consecutivos, en un baño de ultrasonido de 10 L (SB-300 DTY, Ningbo Scientz Biotechnology co, Ltd).

Análisis microbiológicos para pulpa sometida a los diferentes tratamientos

Las muestras se procesaron en el laboratorio de control calidad (LACMA). Estas fueron sometidas a un análisis microbiológico que incluyó los requisitos señalados en la Resolución 3929/13 descrita para la pulpa de fruta, los cuales se realizaron con base en las NTC: NTC 4458 (recuento de recuento de Escherichia coli), NTC 5698-2 (recuento de mohos y levaduras), NTC 4519 (recuento de mesófilos) y NTC 4574 (detección de Salmonella spp).

Análisis fisicoquímicos y enzimáticos para pulpa sometida a los diferentes tratamientos

Se determinó el pH y acidez titulable con NaOH 0.1N. Se midió una cinética enzimática para evaluar el efecto del tratamiento sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasasa (PFO) (7).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), fijando un nivel de probabilidad de $p < 0,05$. Para el tratamiento de ultrasonido, se analizaron los datos para determinar la combinación óptima del tratamiento para las variables microbiológicas y enzimáticas. Los datos se procesaron en el software

de STATGRAFICS® Centurion Licencia amparada por la Corporación Universitaria Lasallista.

RESULTADOS

Caracterización inicial materia prima

La tabla 1 muestra los resultados de la caracterización de la pulpa de aguacate sin tratamiento. En el análisis microbiológico, los datos se encuentran por debajo del índice máximo permisible según la normativa colombiana para este tipo matriz. Los datos del análisis fisicoquímico muestran una distribución homogénea y no presentaron diferencia significativa ($p > 0,05$).

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la pulpa de aguacate sin tratamiento

Parámetro		Promedio	DS	Referencia*	Valor ($p < 0,05$)
Fisicoquímico	pH	6,24	0,08	6,72 ± 0,02	1,035
	Acidez titulable	0,0896	0,0278	0,13 ± 0,01	4,05
	Color L*:	8,03	1,705	46,07 ± 0,16	5,12
	a*:	-1,753	-0,678	-19,70 ± 0,38	<0,05
	b*:	6,440	1,190	30,29 ± 0,44	6,85
		Promedio ufc/gr		Máximo permitido (Res. 3929/13) ufc/gr	
Microbiológico	Recuento de E. coli /gr	<10	-	<10	-
	Recuento de Mohos y levaduras /gr	172	249,52	3000	0,486
	Investigación de Salmonella spp en 25 gr	Ausencia	-	Ausencia	-

* Aguiló-Aguayo, (8)

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica en pulpa de aguacate con tratamiento de Ultrasonido

Tratamientos Ultrasonido		Análisis fisicoquímico*				Análisis microbiológicos**					
		pH		Acidez titulable		Recuento de E. coli ufc/gr		Recuento de Mesófilos ufc/gr		Recuento de Mohos y levaduras ufc/gr	
Frecuencia (kHz)	Tiempo (minutos)	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min. Máx.		Min. Máx.	
25	5	6,68	6,92	0,15	0,15	<10	1620	8900	1120	1450	
	10	6,64	7,03	0,064	0,128	<10	3280	47000	1110	1120	
32,5	7	6,59	6,96	0,064	0,128	<10	100	10100	90	3100	
40	5	6,51	6,72	0,15	0,15	<10	220	1570	100	760	
	10	6,73	7,02	0,128	0,128	<10	1350	1710	1040	590	

(kHz): Kilo hertz; Min.: valor mínimo; Máx.: valor máximo.*Los datos fisicoquímicos de pH y acidez no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0,05$). **Para el análisis de los datos microbiológicos se tuvo en cuenta las especificaciones de la Resolución 3929/13, como punto de partida para calificar la calidad del tratamiento Ultrasonico.

Tratamiento convencional

Los resultados de los análisis microbiológicos muestran aceptabilidad de los parámetros según la normatividad vigente; los parámetros fisicoquímicos fueron aceptables para una pulpa de fruta. En la Figura 1 se observa una cinética enzimática usando 200 mM del sustrato, para el cual, la pasteurización mostró la mayor actividad durante 60 minutos.

Tratamiento Ultrasonido

La tabla 2 muestra el comportamiento de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos con base en las diferentes combinaciones realizadas.

Para determinar cuál de los factores empleados en el estudio influye significativamente o no en la variable respuesta, se recurrió a la prueba de verosimilitud, determinando que la frecuencia influye significativamente ($p < 0,05$) y el tiempo no ($p > 0,05$) en el recuento de mesófilos. Respecto a los mohos y levaduras no se encontró diferencias para cada factor evaluado (frecuencia $p > 0,05$; tiempo $p > 0,05$).

Los valores de pH oscilaron entre 6,59 y 7,03 y los valores de acidez titulable se encuentran entre 0,064 y 0,15 (Tabla 2). En la figura 1 se observa una cinética representativa de cada tratamiento usando 200 mM del sustrato, el tratamiento 40 KHz en 10 minutos registró las absorbancias más bajas durante 60 minutos.

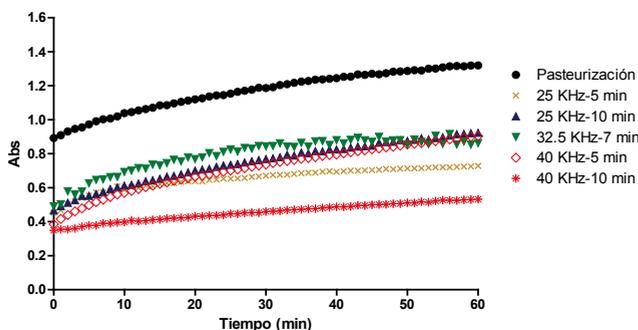


Figura 1. Cinética enzimática de la absorbancia a partir de la actividad del sustrato de 200mM para determinar actividad enzimática.

DISCUSION

Caracterización inicial de la materia prima

Los valores de pH y acidez son similares a los descritos sobre la caracterización de aguacate

variedad Hass cultivado en Colombia (9), variedad Fuerte cultivado en Brasil (10) y variedad Hass cultivado en México (11).

Tratamiento Pasteurización

Este tratamiento garantizó la inactivación completa de los microorganismos, debido a la alta temperatura y el tiempo de exposición de la pulpa. Sin embargo las características sensoriales pueden comprometerse en un mayor rango de posibilidades que a partir del uso del Ultrasonido como tecnología alterna (8).

Tratamiento Ultrasonido

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos, se evidenció un aumento en el pH y la acidez con respecto a las muestras sin tratar. Se ha reportado que el ultrasonido produce una alteración de la estructura celular, con la consecuente liberación de iones de citosol (12) el empleo de ultrasonido (US). Sin embargo, los valores pueden diferir a causa de la adición de agentes acidulantes como el ácido cítrico para la inhibición de la enzima polifenoloxidas (13). Con respecto a los resultados microbiológicos, este estudio no presentó recuentos de *E. coli*, explicado por Maldonado (14) que hace referencia a que la actividad bactericida del ultrasonido sobre la integridad de la membrana de bacterias Gram negativas, se da por el efecto de cavitación (implosión de microburbujas que generan liberación de energía), mostrando la efectividad de este estudio. La disminución en los recuentos de UFC con el aumento de la frecuencia y el tiempo de exposición (15) el empleo de ultrasonido (US tiene una relación directa durante la exposición a los ciclos acústicos, a partir de un efecto de microcorrientes que se induce en el líquido circundante. De esta manera, por la alta concentración de sólidos en la muestra de pulpa de aguacate, puede presentarse una baja actividad por parte de esta tecnología en el control microbiológico de la misma. Adicionalmente, se ha descrito que hay mayor resistencia de esta tecnología sobre microorganismos esporulados. Maldonado (14) en su revisión reporta estudios en los cuales han utilizado el ultrasonido en combinación con sustancias químicas, donde cita frecuencias de 20, 35, 40 kHz o superiores durante 10 min para la disminución de microorganismos mesófilos, en contraste con los reportes de frecuencias por encima de 40 kHz por 10 min para la reducción de levaduras y esporas de mohos como *Penicillium*.

CONCLUSIONES

El tratamiento de ultrasonido (40 kHz-10 min) presenta el menor recuento microbiológico y menor actividad enzimática. El tratamiento de pasteurización es efectivo para el control microbiológico, pero presenta la mayor actividad enzimática comparada con los tratamientos de ultrasonido. El ultrasonido se evidenció como una alternativa potencial para la conservación de pulpa de aguacate, útil para el tratamiento de alimentos susceptibles a altas temperaturas por la desnaturalización de sus componentes nutricionales y modificación de características sensoriales, demostrando ser una buena propuesta para la obtención de alimentos seguros.

AGRADECIMIENTOS

A la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, por la financiación del proyecto a partir de la convocatoria 02-2014, al laboratorio LACMA de la Facultad de Ciencias de la Salud, a la Corporación Universitaria Lasallista, al estudiante de Ingeniería de Alimentos Johan Corrales, a la estadista Ángela Tilano Acevedo y docentes asesores del proyecto.

REFERENCIAS

1. Rawson A, Patras A, Tiwari BK, Noci F, Koutchma T, Brunton N. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. *Food Res Int* [Internet]. 2011 Aug [cited 2015 Nov 8]; 44(7): 1875-87.
2. Bustos MC, Mazzobre MF, Buera MP. Stabilization of refrigerated avocado pulp: Effect of Allium and Brassica extracts on enzymatic browning. *LWT - Food Sci Technol* [Internet]. 2015 Apr [cited 2016 Jan 2]; 61(1) 89-97.
3. Paniwnyk L. Emerging Technologies for Food Processing [Internet]. *Emerging Technologies for Food Processing*. Elsevier [cited 2015 Dec 15]. 2014 271-291 p.
4. Yan J-K, Wang Y-Y, Ma H-L, Wang Z-B. Ultrasonic effects on the degradation kinetics, preliminary characterization and antioxidant activities of polysaccharides from *Phellinus linteus* mycelia. *Ultrason Sonochem* [Internet]. 2016 Mar [cited 2016 Jan 3]; 29:251-7.
5. León K, Mery D, Pedreschi F, León J. Color measurement in Lab units from RGB digital images. *Food Res Int* [Internet]. 2006 Dec [cited 2016 Jan 17]; 39(10): 1084-91.
6. Zhao L, Wang S, Liu F, Dong P, Huang W, Xiong L, et al. Comparing the effects of high hydrostatic pressure and thermal pasteurization combined with nisin on the quality of cucumber juice drinks. *INNFOO Innov Food Sci Emerg Technol*. 2013; 17:27-36.
7. Pizzocaro F, Torreggiani D, Gilardina G. Inhibition of apple polyphenoloxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *J Food Process Preserv* [Internet]. Blackwell Publishing Ltd; 1993 Feb 1; 17(1): 21-30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4549.1993.tb00223.x>
8. Aguiló-Aguayo I, Oms-Oliu G, Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R. Impact of pulsed light treatments on quality characteristics and oxidative stability of fresh-cut avocado. *LWT - Food Sci Technol* [Internet]. 2014 Nov [cited 2015 Sep 9]; 59(1): 320-6.
9. Restrepo Duque AM, Londoño-Londoño J, González Alvarez D, Benavides Paz Y, Cardona Salazar BL. Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. *Rev Lasallista Investig*. 2012; 9(2): 151-61.
10. Bora PS, Narain N, Rocha RVM, Queiroz Paulo M. Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. *Grasas y Aceites* [Internet]. 2007; 52(3-4): 171-4.
11. Ortiz A, Dorantes L, Galindez C. Desarrollo de un proceso para la obtención de aceite de aguacate de alta calidad empleando una tecnología emergente [En línea]. [Citado el 23 de junio de 2012].
12. Robles-Ozuna L, Ochoa-Martinez L. Ultrasonido y sus Aplicaciones en el Procesamiento de Alimentos. *Rev Iberoam Tecnol Postcosecha*. 2012; 13(2): 109-22.
13. Hawmann Díaz DJ. Efecto del tiempo de tratamiento con ultrasonido y concentración de ácido cítrico y sal (NaCl) sobre la actividad de la polifenoloxidasas en pulpa de palta (*Persea americana* Mill var. Hass). Tesis para obtener el título profesional de ingeniero agroindustri. Universidad Cesar Vallejo. 2014.
14. Maldonado, María; Aguilar, Catalina; Carvajal, Fredy; González, Gerardo; Klotz B. Aproximación al mecanismo de inactivación de *Escherichia coli* por ondas de ultrasonido de alta intensidad. *Rev la Asoc Colomb Cienc y Tecnol Aliment*. 2011; 20(24): 53-68.
15. Ferrario M, Alzamora SM, Guerrero S. Study of the inactivation of spoilage microorganisms in apple juice by pulsed light and ultrasound. *Food Microbiol* [Internet]. Elsevier Ltd. 2013; 46: 635-42.

MONITOREO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y ELECTRICAS EN LA MADURACIÓN DE LOMOS DE BOVINO (*Longissimus Dorsi*)

MONITORING THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES & POWER MATURATION LOIN VEAL (*Longissimus Dorsi*)

A.J. GARCÍA-SALCEDO. Ing.^{1*}; K.J. FIGUEROA-LÓPEZ. Ing.¹; O.L. TORRES-VARGAS. Ph.D.²; H. ARIZA-CALDERÓN. Ph.D.¹

RESUMEN

Antecedentes: La carne así como todos los alimentos sufre innumerables cambios fisicoquímicos que modifican entre otras, su estructura y propiedades eléctricas, por tanto, es de interés su estudio, para la implementación de dispositivos no invasivos de monitoreo. **Objetivos:** Se hizo seguimiento al proceso de maduración de lomos de bovino (*Longissimus Dorsi*) con el propósito de establecer parámetros que permita predecir su comportamiento a partir de la relación entre la composición fisicoquímica del lomo de bovino y el comportamiento eléctrico. **Métodos:** Las muestras de lomos de bovino (*Longissimus Dorsi*) fueron analizadas desde 1.5 días post mortem hasta las 120 horas en refrigeración 4°C. Se hicieron medidas de pH, Aw, humedad, análisis bromatológico, textura, color, análisis de aromas por cromatografía de gases y medidas eléctricas del medio. **Resultados:** Los parámetros que mayores cambios mostraron fueron el pH, AW y textura hasta las 72 horas. Por cromatografía de gases se reporta la producción de compuestos aromáticos durante el proceso de maduración, detectando con relevancia la 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona a partir de las 96 horas, compuesto asociado a la pérdida de calidad de los lomos. Así mismo, las variaciones en los parámetros eléctricos medidos en los gases producidos por los lomos en almacenamiento, exhibieron una correlación con la temperatura de almacenamiento y no con respecto al tiempo de maduración. **Conclusiones:** se hicieron medidas de voltaje, resistencia y capacitancia de los gases producidos por los lomos, como primeros

indicios de su comportamiento eléctrico, que sirve como sustento para proponer un sistema de medida, de mayor sensibilidad que permita registrar cambios en el tiempo en diferentes condiciones de almacenamiento.

Palabras clave: Lomos, Maduración, fisicoquímicas, eléctricas.

ABSTRACT

Background: meat, as all foods, undergoes many physicochemical changes that modify, among others, its structure and electrical properties; therefore, its study is of interest for the implementation of non-invasive monitoring devices. **Objectives:** ripening process of bovine loins (*Longissimus Dorsi*) was monitored in order to set parameters to predict their behavior based on the relationship between their physicochemical composition and their electrical behavior. **Methods:** bovine loin (*Longissimus dorsi*) samples were analyzed from 1.5 days post mortem to 120 hours at 4°C. pH, Aw, moisture and electrical measurements were made and also bromatological, texture, color and flavor analysis by gas chromatography. **Results:** pH, AW and texture parameters showed the greatest changes up to 72 hours. Gas chromatography showed the production of aromatic compounds during the ripening process, detecting with relevance the 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanone compound after 96 hours, associated with the quality loss of the loins. Likewise, variations in electrical parameters measured on gases produced by the stored loins, exhibited a correlation with the storage temperatu-

¹ Grupo optoelectrónica, Instituto Interdisciplinario de las Ciencias, Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte Armenia, Quindío, Colombia.

² Grupo de Investigación en Ciencias Agroindustriales. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: angelajanet_18@yahoo.es

re and not with the ripening time. **Conclusions:** voltage, resistance and capacitance measurements of the gases produced by the loins were made as a first indication of their electrical behavior, which serves as support to propose a measurement system that allows recording more sensitive changes over time in different storage conditions.

Keywords: Loins, ripening, physicochemical, electrical.

INTRODUCCIÓN

La carne fresca por su contenido nutricional y su alto valor de actividad de agua (A_w) está considerada dentro del grupo de los alimentos altamente perecederos, al igual que la mayoría de los productos elaborados con ella (1). La carne es un sistema biológico de estructura celular compleja que posee citoplasma (región conductora) rodeado por una membrana (región no conductora), ambos medios se consideran soluciones electrolíticas, con iones libres que pueden migrar; y conferirle carácter eléctrico (2). Las propiedades eléctricas en alimentos, cuando se correlacionan con otros parámetros, como contenido en humedad, actividad de agua o pH, pueden ser utilizadas para medir eléctricamente estas características. Las propiedades eléctricas de un alimento se ven afectadas por numerosos factores, incluyendo la frecuencia, temperatura, densidad, estructura del alimento, contenido en humedad y otros componentes como pueden ser el contenido en sales y en grasa. En este sentido, en la literatura especializada se encuentran investigaciones que correlación del comportamiento fisicoquímico de los alimentos y sus propiedades eléctricas con el propósito de establecer modelamientos que permita hacer control de calidad por métodos no invasivos (3). El laboratorio de Ingeniería de Alimentos del Instituto Interdisciplinario de las ciencias, ha estado investigando acerca de los parámetros dieléctricos en la carne, para lo cual se diseñó un sistema de instrumentación para la realización de medida de permitividad dieléctrica y conductividad eléctrica de manera directa en el musculo (patente 13 235693). En este trabajo se le dio continuidad a la investigación, estudiando la relación de las propiedades fisicoquímicas de la carne y las propiedades eléctricas del medio adyacente. La hipótesis que se plantea, sugiere que la carne genera compuestos aromáticos (gases) los cuales debe modificar las propiedades eléctricas del medio o el gas que se encuentra en el

interior del empaque que pueden ser censados en el tiempo de maduración. Por esta razón, se monitoreó tanto los parámetros fisicoquímicos de la carne, como la producción de gases y la respuesta eléctrica de los mismos, de manera que proporcionen información para el diseño posterior de un dispositivo electrónico el cual cense los cambios fisicoquímicos de la carne en su proceso de maduración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron los lomos de bovino (*Longissimus Dorsi*) en la Central de Sacrificio de la Ciudad de Armenia Frigocafé certificada por el INVIMA con 1.5 días de post mortem, estas muestras fueron enfriadas a -10°C por 45 min, posteriormente adecuadas en cubos de 5 cm de longitud y 3 cm de espesor y almacenados a una temperatura de 4°C hasta su análisis. En bolsas ziplot rotuladas se introdujeron las muestras necesarias para la toma de medida de cada día, teniendo en cuenta que estos se hicieren por triplicado.

Medidas fisicoquímicas

Para cada medida se tomaron 3 cubos refrigerados se hicieron de medidas de pH por punción con un peachímetro Hanna HI 99163 especial para carnes y embutidos. La A_w se midió en un analizador de la actividad de agua portátil AquaLab Pawkit (0.00 – 1.00 A_w). El porcentaje de humedad se determinó por diferencia de masas por el método de desecación en estufa BINDER FD a 105°C , hasta peso constante de la muestra. Método oficial de análisis de la AOAC Internacional (1999), 934.01. El perfil instrumental de textura (TPA) se hizo empleando una prensa universal TA-XT2 aplicando compresión uniaxial en dos ciclos con 5 s de intervalo hasta un 50% de deformación con la sonda SMS P/75 a una velocidad de 10 mm/s. Para la determinación de los diferentes parámetros de color se empleó un espectro colorímetro Hunter lab (ColorQuest XE), utilizando un iluminante D65 y un observador estándar 10° . Los parámetros Luminosidad (L), rojo-verde (a^*), amarillo-azul (b^*) se obtienen directamente del equipo. El análisis bromatológico se hizo según el método oficial de análisis de AOAC Internacional de 1999.

Medición de compuestos volátiles

Los volátiles se obtuvieron por microextracción líquido-líquido dispersiva (DLLME). La extracción

consiste en preparar un jugo de carne al cual se le adiciona un agente dispersante (disolvente soluble en agua) y un agente extractante (disolvente insoluble en agua), luego de reaccionar unos minutos se aplica ultrasonido para inducir la solubilidad de los analitos y por último se centrifuga para separar las fases. La disolución de los analitos se ve inducida por la adición de NaCl por el efecto salting-out. Como agente dispersante se usó MeOH, MeOH:Acetona y como agentes extractantes hexano, CCl₃, Hexano:CCl₃. Los extractos son depositados en un vial para ser analizados a la menor brevedad [4]. Los extractos se analizaron en un cromatógrafo de gases shimadzu 2010 acoplado a masas GC/MS QP2010 Ultra. Se utilizó una columna apolar (DB-5) de 30 m x 0,25 mm x 0,25 μm; los parámetros de operación fueron los siguientes: Inyección Split de 1 μL, Temperatura del puerto de Inyección 250 °C, N₂ como gas portador con un flujo de 0,8 mL/min, Temperatura del Horno 30 °C x 5 min, 4 °C/min hasta 150 °C x 5 min, 10 °C/min hasta 250 °C x 5 min, Rango de Masas 40 – 400 m/z (5).

Medidas Eléctricas

Alrededor de 100 g de lomo de bovino adecuado en cubos fueron depositados en una celda cerrada, en el cual se insertó dos electrodos con el propósito de monitorear parámetros eléctricos como resistencia eléctrica, voltaje y la capacitancia durante el proceso de maduración a temperatura ambiente y en refrigeración. La toma de datos se llevó a cabo por medio de un fluke con comunicación infrarroja al computador, de esta manera se hizo una medición automatizada de parámetros eléctricos por medio de un software (6).

RESULTADOS

Análisis fisicoquímico

La figura 1 muestra el comportamiento del pH frente al tiempo de maduración en lomos de bovinos (*Longissimus Dorsi*), se observa que al inicio se reporta un pH de 4.5 que corresponde a la etapa de rigor mortis, un intervalo entre 12 y 18 horas postmortem. En esta etapa el músculo alcanza la rigidez máxima debido a un proceso de acidificación ocasionado por el cese de oxígeno y de nutrientes, forzando al mismo a la obtención de energía de manera anaeróbica por degradación de glucógeno en ácido láctico provocando el descenso del pH muscular. De igual manera se observa en

la gráfica que el pH asciende abruptamente hasta las 72 h, tiempo en el cual la proteína alcanza el punto isoeléctrico (pH 5.4), a partir de este tiempo el pH empieza a estabilizarse. El comportamiento del pH con respecto al tiempo de maduración se ajustó a un modelo matemático parabólico $Y=4.4103+0,01884X - 6,52382E-5X^2$, con un $R=0.83$ y un error experimental promedio de 0,06.

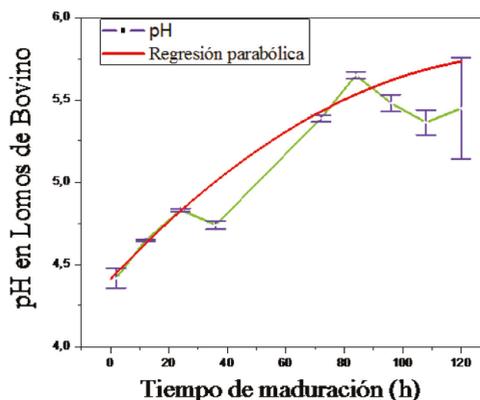


Figura 1. Comportamiento del pH frente al tiempo de maduración de los lomos bovino.

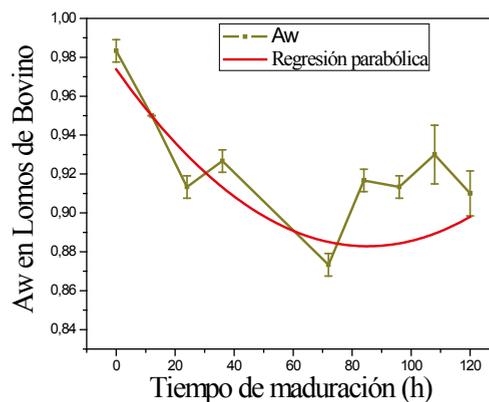


Figura 2. Comportamiento de la Aw frente al tiempo de maduración de los lomos bovino.

La figura 2 muestra el comportamiento de la actividad de agua (Aw) frente al tiempo de maduración de los lomos de bovino, se observa que Aw inicia con un valor alto alrededor de 0.99 y desciende abruptamente por procesos de exudación hasta un valor mínimo de 0.87 a las 72 h, luego asciende nuevamente para estabilizarse en 0.90. Como era de esperarse la Aw se ve influenciada por el pH, se observa como un descenso en el pH se registra un valor Aw alto, relacionado a una buena capacidad de retención de agua (CRA), al llegar al punto isoeléct-

trico de la proteína la Aw disminuye y en esta etapa la CRA es mínima, luego al estabilizarse el pH la Aw también se estabiliza al igual que la CRA. El comportamiento de Aw con respecto al tiempo de maduración se ajustó a un modelo matemático parabólico $Y=0,97382 - 0,00214X + 1,2533E-5X^2$, con un $R=1$ y un error experimental promedio de 0,007.

La figura 3 muestra el comportamiento del contenido de humedad (x^w) frente al tiempo de maduración de los lomos de bovino, se observa que el x^w se mantuvo en un intervalo entre 73 y 75.5 %, resultado que indica que x^w no se ve influenciado por la variación del pH. Así mismo los lomos se encuentran almacenados en un empaque, por tanto, los líquidos tisulares que salieron del tejido vuelven y se incorporan a él, generándose un constante intercambio de productos exudados por procesos de deshidratación osmótica. Las mediciones tienen un error experimental de 0,361.

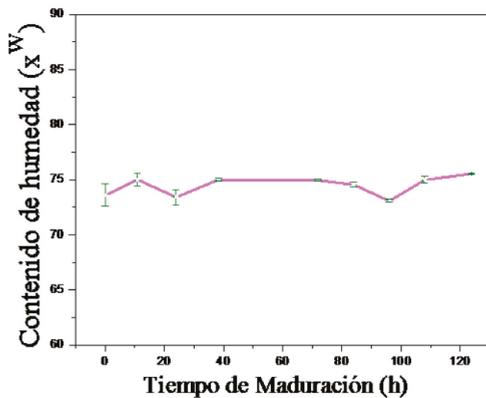


Figura 3. Comportamiento del contenido de humedad (x^w) frente al tiempo de maduración de los lomos bovino.

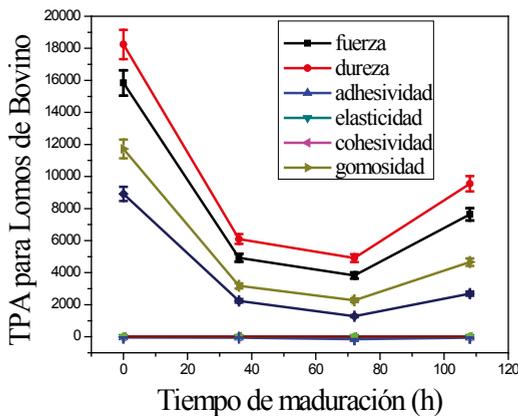


Figura 4. Comportamiento del perfil instrumental de textura (TPA) frente al tiempo maduración de los lomos de bovino.

La figura 4 relaciona el comportamiento del perfil instrumental de textura (TPA) frente al tiempo maduración de los lomos de bovino, se observa que de los 7 parámetros medidos, la dureza, fuerza, gomosidad y masticabilidad, presentan cambios el proceso de maduración. De igual manera, se observa que estos parámetros inician con valores altos, relacionados con poca terneza o facilidad para masticar, debido al pH bajo donde el tejido se encuentra rígido. Luego estos parámetros descienden hasta las 72 h, alcanzando la mayor terneza. De estas medidas se infiere que a pH igual o cercano al punto isoeléctrico se favorece la terneza de los lomos, así mismo se infiere que el pH influye en el comportamiento de los parámetros de textura del mismo.

Se midieron las coordenadas de color con respecto al tiempo de maduración de los lomos de bovino y los resultados se resumen en a tabla 1, se observa que no hubo cambios significativos en las diferentes coordenadas CIEL*a*b* manteniéndose constantes en el proceso de maduración. A nivel mundial existen muchos patrones para la evaluación del color en la carne, sin embargo según la clasificación desarrollada en USA (7) los valores de luminosidad (L^*) en los lomos se encuentran en la clasificación rojo ligeramente oscuro, debido probablemente a que los lomos estuvieron empacados en bolsas ziploc con poco contacto con oxígeno.

Tabla 1. Coordenadas de color de los lomos de bovino en el tiempo de maduración

Tiempo (h)	L^*	a^*	b^*
0	38,76179 ± 0.03	8,22353 ± 0.02	6,25082 ± 0.01
36	38,83794 ± 0.05	8,28549 ± 0.04	7,53261 ± 0.03
72	40,31259 ± 0.02	7,85318 ± 0.03	6,66176 ± 0.02
96	38,62067 ± 0.04	5,9242 ± 0.04	5,7435 ± 0.04

El contenido nutricional fue medido por los métodos oficiales AOAC descritos en la metodología, los resultados se resumen en la tabla 2. Las medidas se hicieron a las 0, 40 y 80 h de maduración, sin observarse cambios del contenido nutricional con respecto al tiempo, de igual forma, los valores porcentuales en los lomos se encuentran bien establecidos en la literatura (8) y corresponden al resultado obtenido.

Tabla 2. Contenido nutricional de los lomos de bovino.

Componentes	Porcentaje
Humedad	74,45
Proteína	24,05
Grasa	1,08
ceniza	0,87
Cloruros	1751,9 Ppm

Análisis de compuestos volátiles

Por cromatografía de gases se monitoreó los compuestos aromáticos generados por los lomos de bovino. Se hizo mediciones en intervalos de 12 h durante el proceso de maduración y los resultados se resumen en la tabla (3). En este análisis se destaca la separación e identificación del Ciclohexano, 1-octanol y la 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona, compuestos detectados a partir de las 96 horas. La detección de la 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona específicamente, es un indicador de cambios bioquímicos a partir de la oxidación de lípidos, formándose cetonas y ácidos grasos libres, los cuales son responsables de aromas desagradables (rancidez), relacionados con la pérdida de calidad de los lomos (9). Los compuestos identificados fueron seleccionados de la biblioteca del equipo con un porcentaje de concordancia mínima del 80%.

Tabla 3: Compuestos extraídos de los lomos en el proceso de almacenamiento.

Compuesto	Grupo Funcional	Porcentaje	tR (min)
2,2-dimetoxi propano	Alcano	92%	3,31
Ciclohexano	Alcano	94%	3,43
2-metil hexano	Alcano	92%	3,53
2,3-dimetil pentano	Alcano	86%	3,56
1-octanol	Alcohol	80%	3,66
3-metil-1-hexanol	Alcohol	80%	3,66
3,4-dimetil heptano	Alcano	85%	3,72
Ciclohexeno	Alqueno	95%	3,81
1,3-dimetil ciclopentano	Alcano	83%	3,9
3-metil-1-hexano	Alcano	83%	4,34
2-metoxi-2-metil butano	Alcano	81%	4,95
4-hidroxi-4-metil-2-pentanona	Cetona	91%	10,06
3,5-bis (1,1-dimetiletil) fenol	Fenol	82%	35,58
1-hexadecanol	Alcohol	87%	50,84

Análisis de medidas eléctricas

Además de las mediciones fisicoquímicas se monitoreó el comportamiento eléctrico de los gases

producidos por los lomos de bovino (Longissimus Dorsi) en el proceso de maduración, según el arreglo instrumental descrito en la metodología. En la Tabla 4 se presenta el rango de valores tomado por las variables eléctricas medidas a temperatura ambiente y a la temperatura de 4°C, para monitorizar la descomposición de lomos de carne de bovino, durante cuatro días, dentro de una celda cerrada para medidas eléctricas. Se puede observar que la temperatura a la cual se descomponen los lomos afecta la respuesta eléctrica de los gases emitidos por la muestras de lomo, tal como era de esperarse, pues la refrigeración disminuye la emisión de gases producidos por la descomposición y podría alterar de manera diferenciada, la respuesta eléctrica de la celda de medidas eléctricas.

Tabla 4: Medidas eléctricas de los gases producidos por los lomos a temperatura ambiente y refrigeración.

Parámetro	Ambiente 25°C	Refrigeración 4 °C
Voltaje	60- 110 mV	300 – 400 mV
Resistencia	100 – 200 kΩ	Circuito abierto
Capacitancia	250 – 300 μf	10- 20 nF

DISCUSIÓN

Los resultados de pH, Aw y humedad tuvieron coherencia con la teoría, pues el proceso de maduración de las carnes se ha estudiado ampliamente y son parámetros determinantes de los procesos bioquímicos y de su control depende el aseguramiento de la calidad de la carne fresca. La textura es una técnica de medida que permitió evidenciar los cambios bioquímicos ocurridos en el proceso de maduración, implicados en el incremento de agua de la membrana, el debilitamiento de los tejidos conectivos y los cambios en la estructura de la proteína miofibrilar; así lo explica un estudio reciente por Marta Castro en el 2010 en donde evaluaron la textura en el proceso de maduración de la carne de cerdo y su correlación con las propiedades dieléctricas (10). Por otro lado la producción el análisis de aromas generados por la carne, se encontró la aparición de 4-hidroxi-4-metil-2-pentanona a partir de las 96 horas, principalmente por la oxidación de ácidos grasos. Sin embargo no se observó una relación directa con las medidas eléctricas, ya que la conductividad, resistencia y capacitancia no variaron con respecto al tiempo, lo cual es un resultado que contradice la hipótesis planteada, probablemente se requiere de una implementación electrónica de

mayor sensibilidad. No obstante, se encontró que existe una relación entre la temperatura de almacenamiento y los parámetros eléctricos medidos.

CONCLUSIONES

Se hizo un monitoreo periódico a los lomos de bovino (*Longissimus dorsi*), de los parámetros más importantes y determinantes de la calidad, de los cuales se logró obtener información valiosa y tener un primer acercamiento en la implementación de un sistema de medida de las propiedades eléctricas de los gases producidos por los lomos.

REFERENCIAS

- 1 . Lorenzo J, Cittadini A, Paulo E, Munkata, Rubén Domínguez. Physicochemical properties of foal meat as affected by cooking methods. *Meat Science*. 2015; 108: 50-54
- 2 . Nelson S O, Datta A K. Dielectric properties of Food Materials and Electric Field Interactions. *International Journal Of Food Properties*. 2003; 6(3): 461-472.
- 3 . Castro-Giráldez M, Fito J, Toldrá F, Fito P. Use of visible spectroscopy to assess colour development during ageing of fresh pork from different quality classes. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010; 45(8): 1710-1716.
- 4 . Rivas-Cañedo A, Juez-Ojeda C, Nuñez M, Fernández-García E. Volatile compounds in ground beef subjected to high pressure processing: A comparison of dynamic headspace and solid-phase microextraction. *Food Chem*. 2011; 124: 1201-1207.
- 5 . Sergio Soto, Bettit K. Salvá, Néstor Gutiérrez-Méndez, Irma Caro, Javier Mateo Oyagüe. Compuestos Volátiles En Carne De Alpaca (Vicugna Pacos). January. 2015; 40(1): 38-43.
- 6 . Camacho Elizondo M, Vega Baudrit J, Campos A. Uso De Nanomateriales. En *Polímeros Para La Obtención De Bioempaques En Aplicaciones Alimentarias*. *Rev. Soc. Quím*. 2011; 77(1): 43-62.
- 7 . García-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). *Journal of Food Engineering*. 2007; 80(3): 813-821.
- 8 . Ochoa Oscar, Amezcua Alejandro, Farid Chejne. Propiedades termofísicas de la carne revisión del estado del arte Dyna. *Redalyc*. 2006; 73(148): 103-118.
- 9 . García O, Sierra V, García P. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. *Tecnología Agroalimentaria*. 2013; 12: 45-52.
- 10 . Castro-Giráldez M, Toldrá F, Fito P. Low frequency dielectric measurements for evaluating the extent of postmortem ageing of pork meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2011; 44(6): 11376-386.

EVALUACIÓN DE POSTCOSECHA Y CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE GENOTIPOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.) TOLERANTES A *Meloidogyne* sp.

EVALUATION OF POST-HARVEST AND QUALITY PHYSICO-CHEMICAL GENOTYPES FROM LULO (*Solanum quitoense* Lam.) TOLERANT *Meloidogyne* sp.

David E. ALVAREZ SÁNCHEZ M.Sc.^{1*}, Lucía D. CASANOVA GRIJALBA I.AI², Karla E. CÓRDOBA ARCINIEGAS I.AI², Oswaldo OSORIO MORA Ph.D²

RESUMEN

Antecedentes: El lulo es una fruta andino de gran potencial económico debido a su amplia aceptación en mercados nacionales e internacionales como producto en fresco y procesado; no obstante se ha reportado de forma generalizada en el departamento de Nariño afecciones del patógeno *Meloidogyne* sp. causante de la enfermedad denominada “nudo radical” del lulo la cual ocasiona aplicaciones constantes de agroquímicos de alta residualidad. Trabajos previos demostraron la eficiencia de genotipos con diferentes grados de resistencia al patógeno, por lo cual se propuso.

Objetivos: Determinar las características físico-químicas y de postcosecha de quince genotipos de lulo seleccionados agronómicamente con reacción de resistencia y moderada resistencia para determinar su potencial agroindustrial. **Métodos:** Se determinó en cada material la morfología del fruto, porcentaje de pulpa, resistencia a penetración, índice de respiración, sólidos solubles totales y Acidez titulable **Resultados:** Se presentaron diferencias en los atributos químicos, físicos y morfológicos de la colección evaluada, dando como resultado que los genotipos BR05 y BR01 colectados en el municipio de Berruecos y CR10 colectado en San Pedro de Cartago presentaron los mayores valores bajo la ponderación propuesta. **Conclusiones:** Existe un alto potencial de materiales con características de resistencia a la enfermedad del nudo radical y atributos agroindustriales aceptables en el mercado.

Palabras clave: Mejoramiento genético, frutas, *Meloidogyne* sp., *Solanum quitoense*.

ABSTRACT

Background: The Andean lulo fruit has a great economical potential due to its wide acceptance in local and international markets as fresh and processed product; however it has been reported widely in the department of Nariño pathogen conditions in *Meloidogyne* sp. which causes the disease called “root knot” of lulo. Because of this disease it is imperative to use constant applications of high residual agrochemicals. Previous work demonstrated the efficiency of genotypes with different degrees of resistance to the pathogen, this is why it was **Objectives:** To determine the physicochemical characteristics of fifteen genotypes of lulo agronomically selected, and their reaction of resistance and moderate resistance to determine its agro potential. **Methods:** Determination of fruit morphology, percentage of pulp, penetration resistance, breathing rate, total soluble solids and titratable acidity was determined **Results:** Differences in the chemical, physical and morphological attributes of the collection were presented assessed, leading to result that the BR05 and BR01 genotypes collected in the municipality of Berruecos and CR10 collected in San Pedro de Cartago presented the highest values under the proposed weighting. **Conclusions:** There is a high potential on improvement for materials with characteristics of resistance to the disease of root knot and acceptable attributes of the product on the market.

Keywords: Genetic improvement, root knot, Andean fruit.

¹ Estudiante Doctorado en Agroecología, Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, Colombia.

² Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: dcalvarezsa@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) es una fruta de origen andino en donde el centro primario de diversidad y variabilidad genética está ubicado en Colombia, Ecuador y Perú (1,2). Esta especie ha tomado importancia como un cultivo potencial y promisorio debido a su valor nutritivo y a sus propiedades organolépticas que lo hacen apetecibles en los mercados nacionales e internacionales. El país cuenta con ofertas ambientales óptimas para su producción, sin embargo aún son escasos los trabajos relacionados con el aprovechamiento agroindustrial (2,3).

En Colombia en el año 2013 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural reportó un total de 7.327 hectáreas sembradas y 68.748 toneladas producidas a nivel nacional. Este frutal se cultiva en 21 departamentos, siendo los mayores productores Huila, Valle del Cauca, Tolima, Antioquia y Nariño (4), en donde este cultivo tiene especial valor en la economía familiar campesina conformando la principal fuente de ingresos económicos para más de 12.000 familias a nivel nacional y aproximadamente 1.000 familias en el departamento de Nariño donde se siembra un promedio de 434 hectáreas (4, 5).

Sin embargo en el departamento de Nariño la tendencia de hectáreas sembradas y el rendimiento de lulo, ha sufrido una evidente reducción desde el año 2005 reportando una tasa de crecimiento promedio anual de -5,25% (4). Esta reducción se debe entre diferentes factores a la presencia del nemátodo *Meloidogyne* sp. causante del problema fitosanitario “nudo radical del lulo” (6, 7), esta enfermedad ocasiona agallas radicales que afectan la absorción de agua y nutrientes reduciendo la vida útil del cultivo y disminuye el rendimiento en un 50% si no se realizan las medidas de control poniendo en riesgo este renglón agrícola (6 -8).

Es preciso indicar que la principal forma de manejo de la enfermedad se basa en la aplicación de pesticidas del grupo de los organofosforados, carbamatos y algunos fumigantes de alta persistencia los cuales ocasionan graves problemas de

contaminación ambiental y residualidad en el fruto en muchos casos (6, 8-10).

Dentro de las diferentes medidas de manejo que se propone para disminuir la afección de la enfermedad del nudo radical se destaca el uso de la variabilidad genética, evaluando genotipos con resistencia o tolerancia al blanco biológico. Representando la mayor ganancia en términos ecológico, agronómico y económico, si se conjugan con buenas capacidades productivas (10).

Fundamentado en lo anterior, se colectaron y evaluaron 45 genotipos de lulo en los departamentos de Nariño y Putumayo buscando fuentes de resistencia al nemátodo; dentro de estos materiales se determinó que 15 genotipos presentaban una respuesta que impide total o parcialmente que *Meloidogyne* sp. se exprese en las plantas de lulo causando la enfermedad (6).

Por lo anterior el objetivo de esta investigación buscó evaluar 15 genotipos de lulo resistentes y moderadamente resistentes a *Meloidogyne* sp. mediante pruebas de postcosecha y de calidad fisicoquímica, determinando las características agroindustriales de estos materiales para futuros ensayos de multiplicación y purificación de genotipos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Los genotipos de lulo fueron obtenidos de la colección realizada por Gelpud et al. (6) en cinco municipios del Departamento de Nariño (La Florida, San Pedro de Cartago, La Unión, Berruecos y San Lorenzo) y de los municipio de Santiago y Colón en Putumayo, estos materiales mostraron una reacción de resistencia y resistencia moderada al ataque del nemátodo *Meloidogyne* sp. (Tabla 1).

Los materiales se sembraron en la vereda Argüello bajo, del municipio de Yacuanquer, Nariño (1°7'59'' de latitud norte y 77°28'0,2'' de latitud oeste) zona agroecológica con fuerte presión del nemátodo.

Tabla 1. Clasificación de genotipos de lulo según su reacción al nemátodo *Meloidogyne* spp. y datos de colecta.

No.	Genotipo	Reacción*	Procedencia (Municipio)	No.	Genotipo	Reacción*	Procedencia (Municipio)
1	BR05	R	Berruecos	9	CR09	mR	San Pedro de Cartago
2	LF03	mR	La Florida	10	CR10	mR	San Pedro de Cartago
3	LF04	mR	La Florida	11	SY06	mR	Valle de Sibundoy
4	BR 01	mR	Berruecos	12	SY07	mR	Valle de Sibundoy
5	BR02	mR	Berruecos	13	SL03	mR	San Lorenzo
6	BR03	mR	Berruecos	14	SL04	mR	San Lorenzo
7	CR03	mR	San Pedro de Cartago	15	UN01	mR	La Unión
8	CR07	mR	San Pedro de Cartago				

*R = Resistente; mR = Moderadamente resistente.

Se recolectó aproximadamente 5 kg de frutos de cada genotipo de forma manual durante tres momentos diferentes de cosecha (30 – 40 frutos/genotipo), considerando solamente el estado de madurez 4 para luego ser transportados a la planta piloto de la Universidad de Nariño, ahí se realizó la limpieza y adecuación de los frutos para ser llevados a una temperatura de conservación de 4°C.

Evaluación de características de postcosecha

Caracterización morfológica del fruto (Mf). Mediante el software Tomato Analyzer© se determinó las medidas del perímetro, diámetro y área, siguiendo las especificaciones del software para lo cual se escaneó un fruto completo y cortado de manera ecuatorial.

Porcentaje de pulpa (PP). Se obtuvo mediante la separación de la pulpa, semilla y la epidermis del fruto estableciendo la relación del peso de la pulpa respecto al peso total del fruto, el resultado se expresó en porcentaje como lo determina la Norma Técnica Colombiana – NTC 5093 (11).

Resistencia a penetración (RP). Se calculó a través del uso de un penetrómetro BISHOP FT 327 con una punta de 5mm de diámetro el cual opera en un rango de 0 – 27 Kg/cm² como lo describe la A.O.A.C. (12).

Evaluación de características fisicoquímicas

Sólidos Solubles Totales (SST). Se determinó por lectura directa de la pulpa de lulo mediante refractómetro ATAGO ATC-1 con escala entre 0 y 30°, los resultados se expresaron en °Brix.

Acidez Total Titulable (ATT). Se determinó la acidez titulable como el porcentaje de ácido cítrico/100 gr pulpa, el valor se obtuvo mediante titulación de 2 ml de pulpa de lulo y NaOH 0,1N. El punto final

de titulación se determinó mediante el viraje a color rosa del indicador de fenolftaleína (1%) previamente adicionado a la pulpa (12).

Índice de Respiración (IR). El índice de respiración se determinó mediante medidor de CO₂ Lutron GC 2028 el cual registró la concentración de CO₂ en ppm por unidad de volumen. Aproximadamente 400 g de frutos de lulo se dispuso en un recipiente hermético de vidrio, se midió la producción de CO₂ en función del tiempo a 20°C, los resultados se expresaron como mg de CO₂.kg⁻¹.h⁻¹.

Análisis estadístico

Para cada ensayo se utilizó un diseño irrestrictamente al azar, los resultados fueron categorizados en los niveles: Bajo (B), Medio (M) y Alto (A) mediante tablas de frecuencia, asignándoles un valor de 1, 2 y 3 con el fin de estandarizar las unidades de las variables.

Se asumió en esta investigación efectos aditivos para las variables: *Mf*, *PP*, *RP*, *SST* y *ATT*, a diferencia de la variable *IR* la cual reduce la calificación del genotipo. Fueron seleccionados los materiales que presentaron los mayores valores ponderados al usar la fórmula: $Puntaje\ genotipo = [(Mf*0,1)+(PP*0,15)+(RP*0,1)+(SST*0,25)+(ATT*0,15)-(IR*0,25)]$.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran la variabilidad genética de los materiales de lulo expresada en los atributos químicos, físicos y morfológicos del fruto, ningún material presentó similar categorización en las variables evaluadas, es preciso indicar que el diseño experimental usado en campo para obtener la cosecha de lulo para esta investigación bloqueó los factores ambientales, los resultados se describen en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Variables fisicoquímicas*

Genotipo	Variable**					
	SST (°Brix)		ATT (%)		IR (mg CO ₂ /Kg-h)	
BR05	9,2	A	4,6	A	59,276	B
LF03	7,1	B	2,59	B	76,784	B
LF04	8,5	A	2,97	B	120,9	A
ÑBR01	8,8	A	3,49	M	97,27	M
BR02	9,3	A	2,42	B	80,339	M
BR03	9	A	3,2	M	88,107	M
CR03	7,5	M	2,85	B	111,676	A
CR07	8	M	2,99	B	77,554	B
CR09	7,5	M	2,88	B	76,054	B
CR10	8,8	A	2,75	B	86,908	M
SY06	8,2	M	3,39	M	97,736	M
SY07	7,72	M	3,04	B	77,867	B
SL03	6,48	B	2,43	B	69,546	B
SL04	6,7	B	3,09	B	73,275	B
UN 01	8,2	M	3,06	B	89,836	B

* A= Alto, M= Medio, B= Bajo. ** SST=Sólidos Solubles Totales; ATT=Acidez Total Titulable; IR=Índice de Respiración.

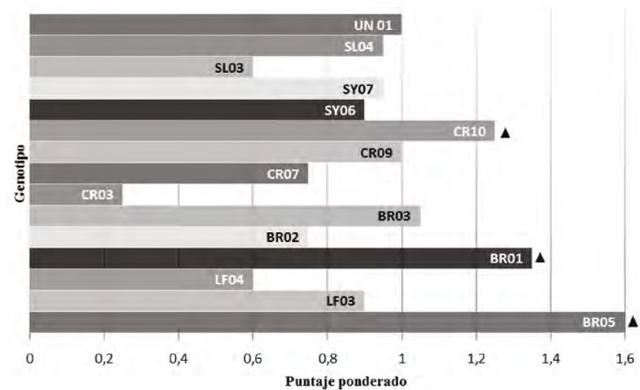
Tabla 3. Variables de postcosecha*

Genotipo	Variable**									
	Área (cm ²)		Diámetro (cm)		Peso de fruto (gr)		PP (%)		RP (kgf/cm ²)	
BR05	20,45	A	4,6	B	51,91	B	53,25	B	4,28	M
LF03	17,5	M	5,36	A	80,88	A	57,44	M	3,78	B
LF04	18,99	M	4,76	M	59,86	B	57,93	A	3,46	B
BR01	18,71	M	5,06	M	69,01	M	59,19	A	5,66	A
BR02	12,64	B	4,81	B	58,07	B	60,37	A	3,82	B
BR03	12,66	B	5,00	M	65,77	M	58,64	A	3,88	B
CR 03	16,39	M	4,66	B	52,68	B	55,63	M	4,00	B
CR07	14,26	B	4,56	B	59,2	B	53,74	B	3,78	B
CR09	16,16	B	4,6	B	62,28	M	52,08	B	4,56	M
CR10	17,08	M	5,16	B	73,24	A	57,57	M	4,64	M
SY06	17,12	M	4,76	B	61,43	M	54,72	B	3,44	B
SY07	23,27	A	4,78	B	53,65	B	54,35	B	4,10	B
SL03	18,16	M	4,56	B	52,52	B	59,89	A	3,88	B
SL04	18,21	M	4,97	M	64,98	M	59,15	A	5,28	A
UN 01	17,84	M	5,04	M	70,09	M	54,13	B	4,06	B

* A= Alto, M= Medio, B= Bajo. ** PP = Porcentaje de Pulpa; RP = Resistencia a penetración.

Después de realizar la categorización de las variables y aplicar la fórmula para la calificación ponderada de los genotipos, los resultados muestran que los materiales de mejor comportamiento

de acuerdo al criterio de esta investigación fueron los materiales BR05, BR01 y CR10 como se indica en la figura 1.

**Figura 1.** Evaluación ponderada de genotipos de lulo mediante características fisicoquímicas y de postcosecha.

DISCUSIÓN

Las características morfológicas (peso, diámetro y tamaño) de los quince materiales evaluados se encontraron dentro del rango establecido en la Norma Técnica Colombiana NTC 5093 para lulo (10), la clasificación propuesta por García (13) pondera a los materiales como “medianamente livianos” sobresaliendo los genotipos LF03 y CR10; diferentes investigaciones han determinado que el tamaño y peso del fruto son las características más relevantes para los actores de la cadena de comercialización de este frutal (2), por tanto se dio una mayor valoración a esta variable en la selección de los mejores materiales.

Respecto a la resistencia a la penetración (RP) se determinó que los genotipos evaluados se encuentran por debajo del rango determinado en la NTC 5093 la cual fija un valor de 6,0 kgf/cm² (11), el mejor comportamiento lo obtuvieron los materiales BR01 y SL04 con 5,66 y 5,28 kgf/cm² respectivamente, no obstante se indica que frutales como el lulo presentan nichos de mercado en donde el factor de ponderación está dado por las características fisicoquímicas ligadas al sabor como el caso de los productos procesados (jugos, pulpas, otros) para los cuales los valores de textura pueden ser menores (14).

En esta investigación se pudo determinar que la colección evaluada presentan alta concentración de ácidos (ATT) probablemente cítrico, málico y oxálico reportados como principales en lulo (3, 15)

y bajo contenido de Sólidos solubles totales (SST) ajustándose a la relación de ATT/SST propuesta para lulo variedad Castillo en el estado de cosecha 4 y 5 (16).

Ocho de los quince genotipos presentaron un valor inferior de Acidez comparado con la NTC 5093 estipulado en 3,23% (11), referente a esto, existe una amplia variación de este parámetro respecto a estudios de caracterización fisicoquímica de pulpas de lulo, los cuales reportan un rango de Acidez (expresada en ácido cítrico) de 2,8 a 5,3% (17) coincidiendo con los valores obtenidos para esta variable en esta investigación.

Referente a la evaluación de Sólidos solubles totales (SST) se puede indicar que en este frutal el contenido se incrementa durante el período de maduración variando de 7,8 a 9,3 después de la cosecha (17). La NTC 5093 (11) y resultados de Casierra et al. (3) amplían el valor de este parámetro en un rango de 5,9 a 9,6 en frutos con madurez estado 5, a lo cual se resalta que en esta investigación fue estimado el estado 4 presumiendo que se alcance el rango indicado por la NTC 5093 (11) al pasar al punto de madurez óptimo (estado 5).

El comportamiento generalizado de alta Acidez y bajo contenido de azúcares debe investigarse más a fondo dado que posiblemente puede ser una característica ligada a la resistencia de los materiales o a la presión del patógeno *Meloidogyne* sp. en la planta de lulo, sin embargo como fue discutido anteriormente, la mayoría de genotipos evaluados se encuentran dentro de las especificaciones para fruta fresca establecido por la normatividad Colombiana para lulo.

De acuerdo a la ponderación de materiales de lulo desarrollada para esta investigación, se definió que los genotipos que presentaron los mejores resultados son los materiales BR05 y BR01 colectados en el municipio de Berruecos y CR10 colectado en San Pedro de Cartago los cuales se proponen para nuevas investigaciones.

CONCLUSIONES

Materiales de lulo seleccionados por características de resistencia y moderada resistencia al patógeno *Meloidogyne* sp. presentan potencial agroindustrial para consumo de fruta fresca o procesada al encontrarse dentro de los parámetros fisicoquímicos y de postcosecha para este frutal, se sugiere continuar

con investigaciones referentes a selección de cultivos para zonas con alta presencia de la enfermedad consolidando una estrategia fitosanitaria para el sistema productivo de lulo.

REFERENCIAS

1. Fory S. Caracterización y análisis molecular de la diversidad genética de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y seis especies relacionadas de la sección Lasiocarpa. [Tesis Maestría]. [Palmira, Colombia]: Universidad Nacional de Colombia; 2005. 89 p.
2. Lobo M, Medina C, Delgado O, Bermeo A. Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies seleccionadas de la sección Lasiocarpa. Rev.Fac.Nal. Agr. 2007; 60(2): 3939-3964.
3. Casierra F, García E, Lüdders P. Determinación del punto óptimo de cosecha en el lulo (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense* y *septentrionale*). Agr. Col. 2003; 22(1): 32-39.
4. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Producción nacional: lulo [Internet]. Colombia: MADR: 2013 [citado 9 de enero de 2016]. Disponible en: http://207.239.251.112/www/htm3b/ReportesAjax/parametros/reporte16_2011.aspx?cod=16.
5. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria. Informe final técnico proyecto: Productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones élite, manejo integrado del cultivo y fortalecimiento de cadenas de valor de mora y lulo. Palmira, Colombia: CIAT. 2008; 78 p.
6. Gelpud C, Mora E, Salazar C, Betancourth C. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum* spp. al nematodo causante del nudo radical *Meloidogyne* spp. (Chitwood). Act. Agr. 2011; 60(1): 50-67.
7. Chaves J, Gaviria F, Torres F, Obando L. Análisis de algunos aspectos agroeconómicos del cultivo del lulo (*Solanum quitoense* L.) Rev. Cien. Agr. 2002; XIX (I – II): 178-188.
8. Tamayo P, Navarro R, Forero R. Enfermedades del lulo en Colombia: Guía de diagnóstico y control. Rio Negro, Colombia: CORPOICA – ICA. 2003; 48 p.
9. Murcia M, Stashenko E. Determinación de plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia. Agro Sur. 2008; 36(2): 71-81.
10. Sañudo B, Betancourth C, Salazar C. Principios de nematología agrícola. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. 2003; 65 p.
11. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma técnica colombiana: NTC 5093, frutas frescas. Lulo de Castilla. Bogotá, Colombia: ICONTEC. 2002; 16 p.
12. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. Virginia, E.E.U.U.: AOAC. 1990; 1012 p.
13. García M, García H. Manejo de cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol. Bogotá, Colombia: CORPOICA. 2001; 179 p.
14. Kader A. Postharvest technology of horticultural crops. Ethiop.J. Appl. Sci. Technol. 2013; 1(3): 1-8.
15. Forero N, Gutiérrez S, Sandoval R, Camacho J, Meneses M. Evaluación poscosecha de las características del lulo (*Solanum quitoense*) cubierto con hoja de plátano. Tem. Agr. 2014; 19(1): 73-85.
16. Rodríguez D, Patiño M, Miranda D, Fischer G, Galvis J. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en postcosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). Rev Fac Nal Agr. 2005; 58(2): 2827-2857.
17. Galvis J, Herrera A. El lulo *Solanum quitoense* Lam. Manejo de postcosecha. Bogotá, Colombia: Publicaciones SENA. 1999; 59 P.

EVALUACIÓN DE LAS PERDIDAS POSCOSECHA EN PAPAYA (*Carica Papaya L.*) VARIEDAD MARADOL

POSTHARVEST LOSS ASSESSMENT OF PAPAYA (*Carica papaya L.*) MARADOL VARIETY

VELÁSQUEZ-HERRERA JD. Ing.^{1*}, QUINTERO-CASTAÑO VD. M.Sc.¹, LUCAS-AGUIRRE JC. Dr (c)¹

RESUMEN

Antecedentes: La papaya es un fruto que después de haber sido cosechado continua con su maduración (fruto climatérico), por lo que es importante en función de los requerimientos del mercado cosecharlo dependiendo su grado de madurez. **Objetivos:** En el presente trabajo se identificaron, caracterizaron y cuantificaron las pérdidas poscosecha en toda la cadena productiva de papaya Maradol (*Carica papaya cv Maradol*) desde el sitio de producción hasta los lugares de comercialización para identificar las etapas críticas en la cadena y contribuir a soluciones tecnológicas y viables. **Métodos:** El trabajo se realizó en la zona más productora de Colombia en los municipios de Roldanillo, La Unión y Toro ubicada al norte del Departamento del Valle del Cauca – Colombia. Se tomaron 3 puntos de control en la cadena los cuales fueron el lugar de producción (finca), planta de acondicionamiento y destino final (supermercado de cadena en la ciudad de Barranquilla), donde se evaluó y se realizó una estimación de la pérdida total de fruta, frutos que no ingresan a la cadena, la caracterización de tipos de daños en la pérdida (física, biológica y mecánica) y las categorías de calidad presentes en la fruta comercializada. **Resultados:** Las mayores pérdidas se dan en el primer eslabón de la cadena, de acuerdo al estado de madurez de la papaya el cual se encontró que en productos con una madurez mayor al 70,0%, son más susceptibles a daños mecánicos y biológicos, del mismo modo se concluyó que el sector de la cadena con más incidencia de pérdida fue en la cosecha con un 17,67%, frente a un 3,1% en planta de acondicionamiento y un 3,0 % en los supermercados. **Conclusiones:** Dependiendo del estado de madurez en que se

cosecha la fruta, esta se vuelve más susceptible al ataque de daños biológicos y mecánicos, lo que se manifiesta en que se presenten mayores pérdidas poscosecha por sobremadurez. Estas pérdidas se podrían disminuir realizando las labores precosecha en la forma correcta.

Palabras clave: Papaya, pérdidas de alimentos, transporte, planta de acondicionamiento.

ABSTRACT

Background: The papaya is a fruit that after having been harvested continues its maturation (climacteric fruit), so it is important in terms of market requirements harvest it depending on their maturity. **Objectives:** In this study were identified, characterize and quantify postharvest losses throughout the production chain Maradol papaya (*Carica Papaya cv Maradol*) from the site of production to marketing venues to identify the critical stages in the chain and contribute to technology and viable solutions. **Methods:** The study was conducted in the most growing area in the municipalities of Colombia Roldanillo, La Union y Toro in the north of Valle del Cauca - Colombia. 3 control points were taken in the chain which was the place of production (farm), conditioning plant and final destination (supermarket chain in the city of Barranquilla), where she was evaluated and an estimate of the total loss of fruit, fruit not enter the chain, the characterization of types of damage loss (held physical, biological and mechanical) and quality classes present in the fruit marketed. **Results:** The greatest losses occur in the first link in the chain, according to ripeness of papaya which is found in products with greater maturity to 70.0%, are more susceptible to mechanical and biological

¹ Programa de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío. Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: JDVelásquezH@uqvirtual.edu.co

damage, likewise it concluded that the chain sector with the highest incidence of loss was in the harvest with a 17.67%, compared to 3.1% in conditioning plant and 3.0% in supermarkets. **Conclusions:** Depending on the state of maturity at which fruit is harvested, it becomes more susceptible to attack by biological and mechanical damage, which is manifested in higher post-harvest losses occur ripeness. These losses could reduce preharvest performing the work in the right way.

Keywords: Carica, food losses, transportation, conditioning plant.

INTRODUCCIÓN

Los cinco principales departamentos productores que abarcan tres cuartas partes de la producción nacional de esta fruta son el Valle del Cauca con el 35,9%, Cesar con el 15,9%, Meta con el 8,2%, Magdalena con el 7,1%, Casanare con el 6,7% y el resto del país con el 26,2% (1-2). Según el Ministerio de Salud y la FAO (2013) en Colombia se desperdiciaron en la poscosecha 1.4 millones de toneladas de alimentos, entre frutas y verduras, es así, como cobra cada vez mayor importancia la gestión de la cadena de suministro de alimentos, desde el punto de producción hasta el destino final, pues las distancias y tiempos son cada vez más amplias y ponen en riesgo la calidad de los productos (3). En esta investigación se propuso evaluar las pérdidas de papaya Maradol generadas en cada punto de control seleccionados de la cadena de valor (zonas productoras, planta de acondicionamiento y supermercados de cadena), identificando el tipo de daño y la causa de la pérdida, con el fin de disminuir las pérdidas económicas que estas generan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos de las principales empresas productoras y comercializadoras de este producto a nivel nacional; cuyo centro de producción está en el distrito R.U.T; ubicado en la margen izquierda del Río Cauca, en la parte plana de los municipios de Roldanillo, La Unión y Toro, localizados entre las coordenadas 98°00'00"N–100°10'00"N y 115°00'00"E–111°60'00"E, ubicada al norte del Departamento del Valle del Cauca – Colombia. Considerando que las pérdidas poscosecha ocurren en todos los eslabones de la cadena, para tener una visión global de las causas y de las recomendaciones a implementar, se tomaron 3 puntos de control como son: lugar de

producción (finca), planta de acondicionamiento y destino final (supermercado de cadena), en cada eslabón de la cadena seleccionado las variables evaluadas fueron la estimación de la pérdida total de fruta, frutos que no ingresan a la cadena, la caracterización de tipos de daños en la pérdida física y las categorías de calidad presentes en la fruta comercializada, según criterios de calidad manejados por las empresas y que son exigidos por los comercializadores, basados en la norma NMX-FF-041-SCFI-2007 (4), para papaya Maradol. Se tomó como referencia la tabla de color categorizando las papayas como Selecta (Mercados especializados y plazas de mercado), jugosa y lonchera (mercados mayoristas) e Industrial (Almacenes minoristas).

Caracterización por daños físicos

Para la evaluación de los frutos desechados se tuvieron en cuenta los daños que sufren los productos frescos antes y/o después de la cosecha como son el daño fisiológico y daño mecánico (lesiones, cortes o perforaciones), impacto, compresión y vibración, además de los daños causados por el calor, daño físico (por golpe de sol), daño biológico (hongos o bacterias) y otros daños (Sobremadurez).

Evaluación de pérdidas poscosecha en finca

Se identificaron las fincas que estaban en producción y próximas a cosechar, se seleccionaron aleatoriamente, como unidad de muestreo dos fincas, con áreas sembradas de 18 y 20ha. Posteriormente se seleccionaron lotes de 1ha; donde se aplicó la Norma MIL-STD-105 (5), en un nivel de inspección 1, que para la densidad de siembra (2000 plantas/ha) arrojó un total de 50 plantas a muestrear por repetición. Mediante selección aleatoria se contaron 10 plantas, que se constituyó en la planta uno a muestrear, a partir de esta se tomaron datos cada K número de plantas donde K es igual:

$$K = \frac{\text{Número de plantas por lote}}{\text{Número de plantas a muestrear}} = 40 \text{ plantas}$$

Se realizó un recorrido sistemático en "N", recorriendo la totalidad del lote a muestrear; una vez marcadas las plantas, se cosecho la fruta, que cumplía con los criterios manejados por los productores y comercializadores. Al finalizar la recolección se registró el número y peso de frutos cosechados (estado de madurez), frutos que cumplían con los

criterios de recolección y que no se cosecharon, frutos desechados (causas de desecho). La recolección se realizó 2 a 4 veces por semana y se cosechó en las horas de la mañana para evitar su deshidratación.

Evaluación de pérdidas en planta de acondicionamiento

Dicha evaluación se llevó a cabo en la planta de acondicionamiento, para el registro de datos se realizó seguimiento al 100% del flujo diario de producto que llegó a planta en las que se registraron el volumen de fruta total (kg) que entra a la planta de acondicionamiento, volumen de fruta (kg) acondicionada para cada una de las calidades y volumen de fruta (kg) que sale del proceso y la respectiva caracterización de los tipos de daño detectados.

Evaluación de pérdidas en destino final

En este eslabón de la cadena, los registros correspondieron a cuantificar la totalidad de producto que entra a ser comercializado y la devolución que realiza el supermercado por pérdida total del producto, realizando una inspección a la fruta. Para este análisis se tomó como unidad de muestreo el vehículo en el que se transporta la fruta (camioneta), con una capacidad aproximada de 340 canastillas, de las cuales aproximadamente entre 140 - 200 canastillas, van empacadas con papaya, realizando un muestreo compuesto al 7% del producto que equivale a 10 canastillas, sobre las cuales se procedió a caracterizar los tipos de daño y pérdida total de producto. Las empresas productoras manejan dentro de los parámetros de índices de cosecha, dos de estado de madurez dependiendo del mercado a satisfacer y de la cercanía de este; para Bogotá el estado de madurez exigido por el comercializador es el 30% y para la Costa Atlántica del 70%.

RESULTADOS

Evaluación de pérdidas poscosecha en finca

Del total de fruta cosechada con un índice de madurez del 70% en el momento de la selección se encontró que el 82,33% del total de fruta cosechada se encontraba apta para ser comercializada y el 17,67% restante fue desechado.

Clasificación

En finca se trabajaron los dos estados de madurez; (30% y 70%); de acuerdo a esto el 100% de la fruta cosechada con un estado de madurez del 30%

se clasificó como calidad selecta; mientras que del total de fruta con estado de madurez 70%, apta para ser comercializada, que fue del 82,33%, se clasificó como calidad jugosa el 100%. Una vez realizada la clasificación las canastillas con producto, se ubican a orilla de la vía, permanecen aproximadamente una hora, sin ningún tipo de protección a una temperatura promedio de 29°C, hasta que pasen los remolques con carpa, mientras los operarios lanzan las canastillas a su interior ocasionando impacto entre las canastillas y los frutos, una vez en el centro de acopio se realiza el registro de la cantidad de producto que llega.

Perdidas en planta de acondicionamiento

Las pérdidas ascienden al 0,58% del total de flujo evaluado. Al realizar la clasificación por calidad y tamaño esta arroja que el 99,42% de la fruta fue apta para ser comercializada, el 69,0%, se clasificó como calidad Selecta, seguida de la calidad Lonchera con el 28,4%, posteriormente se encontraron las calidades Industrial y Jugosa con el 1,62% y el 0,40% respectivamente.

Pérdidas poscosecha en destino final

El vehículo de transporte termina de ser cargado, aproximadamente a las 8:00 pm; comenzando el viaje aproximadamente a las 4:00 o 5:00 am del día siguiente, llegando al lugar de destino, la ciudad de Barranquilla entre las 9:00 y 10:00 pm. El viaje tiene una duración aproximada de 16 a 18 horas, cuando no se presentan inconvenientes en la vía y/o daños mecánicos al vehículo; de lo contrario podría durar entre 24 a 36 horas dependiendo de la gravedad del problema. Una vez que llega a la ciudad de Barranquilla, debe esperar hasta las 12:00 pm o 1:00 am, momento en el cual comienza el descargue del vehículo, cuyo pedido es distribuido en diferentes puntos de la ciudad de Barranquilla; iniciando en la plaza de mercado, siguiendo en las bodegas de almacenamiento en supermercados de cadena, con una duración aproximada de 5 horas.

Devolución

Del total de producto analizado el 88,14% llegó en buen estado a la ciudad de Barranquilla y el 11,86% llegó con daños; lo que no los hace aptos para ser comercializados en un mercado especializado, pero con la alternativa de ser comercializado en un mercado menos exigente como el de plaza de mercado, aun precio mucho menor.

DISCUSIÓN

Del total de fruta rechazada en el momento de la cosecha (17,67%), que son los desechos presentaron mayor incidencia en daños por hongos (65,25%), especialmente por antracnosis producida por (*Colletotrichum* sp). que causa mayor proporción de daño del producto fresco (6). Seguidas de las pérdidas por sobremaduración con el 34,75%, presentándose cambios en el desarrollo del color amarillo y en la textura de la pulpa. Mientras que en la fruta cosechada con un estado de madurez del 30%, no presentaron desechos.

En la planta de acondicionamiento donde las pérdidas ascendieron al 0,58%, el 49,71% del total corresponde a pérdidas por sobremadurez, seguido de los daños por problemas biológicos con el 42,6% (94,6% producidos por antracnosis y el 5,4% por ataque de plagas); y por último con el 7,69%, se encontraron los desechos por tamaño, es decir los frutos no cumplían con ninguna de las categorías de calidad.

Del total de daños presentados en destino final (11,86%), el 95,28% corresponde a daños mecánicos y el 4,72% a daños fitosanitarios que al final van a ser desechos, coincidiendo con lo reportado por Santamaría *et al.* (7). Del 95,28% de los daños mecánicos, el 47,64%, son provocados por fruta tallada contra las paredes de las canastillas o entre las mismas papayas al momento de empacarlas, seguido de los daños por fruta aplastada con el 33,31%, los cuales son provocados al estibar las canastillas y generalmente afectan la parte pedúncular y apical de la fruta, y por último aparecen los daños con uña con el 14,33%, que son causados por los operarios al manipular las papayas.

En la evaluación económica de las pérdidas en la cadena se promediaron los precios de venta que maneja la empresa productora para las diferentes calidades producidas como son: selecta USD \$0,53 kg⁻¹; jugosa USD \$0,45 kg⁻¹ e industrial a USD \$0,24 kg⁻¹; para un promedio aritmético total de USD \$0,41kg⁻¹. El análisis se realizó sobre la pérdida económica en la que incurre la empresa por hectárea de cultivo con rendimiento promedio de 17,4 t/ semestre. En la tabla 1, se analizan las pérdidas de producto por problemas físicos, fisiológicos, biológicos y de sobremadurez, identificados en cada uno de los eslabones de la cadena evaluados que, para efectos del presente trabajo de investigación, ascendieron al 18,81% del producto muestreado,

que equivalen a 3272,94kg/ha, lo que en pérdidas económicas representa \$1501,26; con promedio de precio de venta de \$0,41/kg.

Tabla 1. Pérdidas económicas en la cadena de comercialización

Variable	Unidad	Total
Rendimiento del cultivo	kg*ha ⁻¹	17,400
(-) 17,67% pérdida en zona productora	kg*ha ⁻¹	3074,58
(-) 0,58% pérdida en acondicionamiento	kg*ha ⁻¹	100,92
(-) 0,56% pérdida en supermercado de cadena		97,44
Pérdida total	kg*ha ⁻¹	3272,94
Precio promedio	USD 0,35*kg ⁻¹	351,75
Pérdida económica	USD	1341,90

USD = dólares americanos

CONCLUSIONES

Dependiendo del estado de madurez en que se cosecha la fruta, esta se vuelve más susceptible al ataque de daños biológicos y mecánicos, lo que se manifiesta en que se presenten mayores pérdidas poscosecha por sobremadurez; es así como en el estado de madurez más avanzado (70%), se presentaron las mayores pérdidas con un valor del 17,67% de desecho, frente al 0% de desecho en el estado de madurez del 30%. Es de resaltar que las pérdidas por daño biológico y sobremadurez son pérdidas que se pueden disminuir realizando las labores precosecha en la forma correcta y momento oportuno. Durante el traslado de los productos del lugar de acondicionamiento al destino final, el 10,3% del total de producto muestreado, sufre deterioro de la calidad por problemas mecánicos. Igualmente permite concluir que el eslabón de la cadena en el cual se generan las mayores pérdidas es en la precosecha, que representa el 93,9% del total de pérdidas frente al 3,1 y 3%, determinadas en planta de acondicionamiento (proviene de precosecha) y destino final respectivamente.

REFERENCIAS

1. Torres R, Montes EJ, Pérez OA, Andrade RD. Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información Tecnológica*. 2013; 24(3): 51-56.
2. Plan de Negocios Papaya. Programa de Transformación Productiva. [Internet] ASOHOFrucol. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. 2013. 28 – 29 p. [Citado el 14 de Enero de 2016] Disponible en: <https://www.ptp.com.co/documentos/PLAN%20DE%20NEGOCIO%20PAPAYA%20diciembre.pdf>

3. Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. PRO-COLOMBIA: Exportaciones, Turismo Inversión Marca País. [Internet]. 2014. [Citado el 14 de Enero de 2016] Disponible en: http://www.colombiatrader.com.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frío.pdf
4. Norma Mexicana: NMX-FF-041-SCFI-2007. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca - papaya (*Carica papaya L.*).
5. Muestreo de aceptación por atributos: Normas MIL-STD-105. Plan de Muestreo Indexado del Departamento de la Defensa (E.U.A.) y ANSI/ASQC Std. Z1.4 e ISO Std. 2859.
6. Rueda MS. Manejo poscosecha y comercialización de la Papaya. Serie de paquetes de capacitación sobre manejo post-cosecha de frutas y hortalizas. Programa Nacional de Capacitación en Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas, Convenio SENA Reino Unido, Centro Agroindustrial del SENA, 1999. A.A. 695 Armenia, Quindío, COLOMBIA.
7. Santamaría BF, Enrique Sauri DS, Espadas GF, Díaz PR, Larqué SA, and Santamaría JM. Postharvest ripening and maturity indices for maradol papaya. *Interciencia*. 2009; 34(8): 583-588.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MORFOLÓGICA DE 8 DIFERENTES BANANOS DE POSTRE DEL GENOTIPO AAA

PHYSICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION IN 8 DIFFERENT DESSERT BANANAS GENOTYPE AAA

VELÁSQUEZ-HERRERA JD. Ing.^{1*}, QUINTERO-CASTAÑO VD. M.Sc.¹, LUCAS-AGUIRRE JC. Dr (c)¹

RESUMEN

Antecedentes: Los tres grandes sectores que consumen más del 80% de la producción nacional son, en orden de importancia, los hogares rurales, los hogares urbanos y los restaurantes; menos del 1% es consumido por la industria y las pérdidas por comercialización y transporte se estiman en 12%. **Objetivos:** Evaluar las características físicas y morfológicas de los 8 diferentes variedades de musáceas (AAA) seleccionados y su posible uso potencial. **Métodos:** Se partió de un reconocimiento del banco de germoplasma ubicado en la Hacienda Las Vegas denominada Centro para la Excelencia del Plátano y Musáceas Afines, municipio de Chinchiná – Caldas, con base en lo cual se definieron los grupos de musáceas de plátano a investigar. Después de identificados los racimos de musáceas a cosechar y se almacenaron los racimos a 13°C de temperatura y 90%HR. Luego se realizó el proceso de caracterización física y morfológica de las variedades seleccionadas. Se planteó un diseño experimental completamente aleatorio (DCA) por medio del software “SPSS versión 20”, para establecer las diferencias de las 8 variedades de Musáceas seleccionadas. **Resultados:** Se encontró que para las condiciones generales del racimo las variedades Gros Michel y Giant Cavendish presentan gran interés por sus características a excepción del porcentaje de cascara para el Gros Michel que es superior del 10%. Confirmando lo anterior la variedad Gros Michel presenta un porcentaje elevado de materia seca (42,36%) y valores de densidad por debajo 1 g/ml lo que la hace un clon con potencial. **Conclusiones:** En general las variedades de Musáceas pertenecientes al genotipo AAA, se caracterizaron por ser de tamaño grande tanto sus racimos, como

manos, dedos y numero de dedos comparados con otros genotipos, al mismo tiempo sobresalen sus bajos contenidos de materia seca, lo que se traduce en altos contenidos de humedad, haciéndolos aptos para consumo en fresco y/o procesos de cocción.

Palabras clave: Musáceas, banano, agroindustria, características Físicas, genotipo.

ABSTRACT

Background: The three major sectors that consume more than 80% of national production are, in order of importance, rural households, urban households and restaurants; less than 1% is consumed by industry and trade and transport losses are estimated at 12%. **Objectives:** To evaluate the physical and morphological characteristics of the selected 8 different varieties of Musa and its possible potential use. **Methods:** We started from a recognition of the gene bank located in Hacienda Las Vegas called the Center for Excellence Banana and Musa allied municipality of Chinchina - Caldas, based on which groups of Musa banana were defined to investigate. After Musa identified clusters and harvesting the grapes were stored at 13 ° C temperature and 90% RH. The process of physical and morphological characteristics of selected varieties are then performed. A completely randomized experimental design (DCA) was raised through the “SPSS version 20” software, to establish the differences of the 8 varieties of Musa selected. **Results:** We found that the general conditions for cluster varieties Giant Cavendish Gros Michel and of great interest because of their characteristics except for the percentage of shell Gros Michel which is higher than 10%. In confirmation of this variety Gros Michel has a high solids content (42.36%)

¹ Programa de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ciencias Agroindustriales, Universidad del Quindío. Armenia. Quindío. Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: JDVelasquezH@uqvirtual.edu.co

and density values below 1 g / ml which makes a clone potential. **Conclusions:** In general varieties Musaceae belonging to the AA genotype, were characterized by increasing in size so its clusters, as hands, fingers and number of fingers compared with other genotypes, while projecting their low dry matter contents, which translates in high moisture content, making them suitable for fresh consumption and / or cooking processes.

Keywords: Musaceae, banana tree, agribusiness, physical characteristics, genotype.

INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto, los centros de investigación en plátano, actualmente han dedicado sus esfuerzos al mejoramiento de la planta, a través de estudios fitosanitarios y de producción, pero se sabe poco acerca del comportamiento de las variedades e híbridos en procesos de transformación a nivel piloto e industrial, lo que hace que el sector agroindustrial del plátano no tenga suficientes procesos estandarizados, ni productos nutricionalmente competitivos. Se estima que en el país hay pérdidas de entre 10% y 12% por comercialización y transporte (1). Se requiere un conocimiento reológico estructurado

del plátano crudo y sus productos, el cual es clave para comprender las transformaciones de los componentes durante su procesamiento (2-3). Con este trabajo se pretende caracterizar física y morfológicamente 8 variedades de musas (Tabla 1) del Centro para la Excelencia del Plátano y Musáceas Afines, que generará el conocimiento básico para una clasificación que indique su aplicación en procesos de transformación y usos potenciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección del Material

En este trabajo se evaluó la diversidad de los bananos cultivados de 8 variedades diferentes de Musáceas, de la Colección Colombiana de Musáceas ubicada en la Hacienda Las Vegas denominada Centro para la Excelencia del Plátano y Musáceas Afines, municipio de Chinchiná Caldas, (1360 m.s.n.m., 4° 58' N y 75° 20' O), la colección fue sembrada entre el 30 de septiembre y el 20 de octubre de 2008, con el propósito de poder evaluar la calidad de los frutos y valorar su comportamiento en el mejoramiento y desarrollo de nuevos productos de interés alimentario.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del material trabajado.

Variedad	Genotipo	Clasificación genética	Sub-grupo	Tipo
Banano Valery	AAA	Triploide	Cavendish	Banano de postre
Banano Llanero	AAA	Triploide	Cavendish	Banano de postre
Tafetán Verde	AAA	Triploide	Red	Banano de postre
Giant Cavendish	AAA	Triploide	Cavendish	Banano de postre
Gros Michel Cocos	AAA	Triploide	Gros Michel	Banano de postre
Gros Michel la Miel	AAA	Triploide	Gros Michel	Banano de postre
Gros Michel	AAA	Triploide	Gros Michel	Banano de postre
Banano Indio	AAA	Triploide	Cavendish	Banano de postre

En el momento de cosecha, los racimos fueron cosechados bajo los criterios técnicos manejados en el centro. Para la selección de los racimos se tuvo en cuenta la procedencia del cultivo, los cultivos y plantas que estén en plena cosecha, las variedades y el estado fitosanitario del cultivo o planta. Una vez identificados los racimos, se cosecharon, se hizo registro fotográfico y se ubicaron los racimos a la sombra protegidos del sol y del agua, se transportaron a la planta piloto de procesamiento de alimentos

de la Universidad del Quindío y se almacenó a 13°C de temperatura y 90%HR, luego se numeraron, rotularon, desmanaron y seleccionaron los dedos para las pruebas que se describen a continuación:

Caracterización Física

Se registró el peso de cada uno de los dedos con y sin cáscara; respetando su ubicación dentro del racimo y la mano. Estas medidas se realizaron por medio de una balanza (SARTORIUS AB204-S) de

precisión $\pm 0,01g$. La longitud se realizó con una cinta métrica (precisión $\pm 0,1mm$), a cada uno de los dedos de plátano con y sin cáscara. La medición de la longitud se realizó a la sección transversal externa debido a la curvatura que presenta el plátano. Se calculó el diámetro intermedio de cada plátano con la fórmula de perímetro de un círculo, con cinta métrica. La densidad se calculó utilizando el método del volumen desplazado (Principio de Arquímedes).

Contenido de materia seca

El método para determinar el porcentaje de la materia seca de la pulpa de banano se hizo por secado en horno a $105^{\circ}C$ durante un periodo de 48 h, siguiendo el protocolo de los métodos oficiales de análisis de la AOAC (2005), el cual para metería seca y humedad es la AOAC 925.10 (4); realizando por triplicado. Se planteó un diseño experimental completamente aleatorio (DCA) y un análisis de varianza ANOVA con un 95% de significancia para lograr establecer las características y diferencias físicas y morfológicas de la variedades de Musáceas estudiadas e identificar su potencial agroindustrial. Para el análisis estadístico se utilizara el software "SPSS versión 20".

RESULTADOS

Caracterización física y morfológica de racimos y dedos

En la tabla 2 se muestran los resultados donde las variedades con mayor peso de racimo son Giant Cavendish (50,7 kg), seguida del Gros Michel (40,3 kg), Gros Michel la Miel y Banano Llanero con 37,39 y 28,01 kg, y las variedades con menor tamaño de racimo son Banano Valery (11,00 kg), Tafetán Verde (11,62 kg) y el Banano Indio con 3,78 kg.

Igualmente el vástago o raquis generalmente representa menos del 10% del peso del racimo en la mayoría de las variedades a excepción del clon Gros Michel (10,3%), sabiendo que al ser mayor el peso del raquis, menor será el rendimiento en fruta y pulpa del racimo (ver tabla 2). Al mismo tiempo es importante señalar que en dichas variedades analizadas, existe mucha variabilidad entre el número de manos, peso promedio mano, numero de dedos/mano y el número total de dedos/racimo (ver tabla 2), es así como el genotipo AAA, el número de manos varía entre 6-12, el número de dedos por mano entre 15-20, peso promedio mano 1,56-4,42 kg y el número total de dedos entre 91-227.

Tabla 2. Tamaño de racimos, manos y dedos de las variedades estudiadas.

Variedad	Peso racimo (kg)	% Raquis	No. de manos	Peso promedio mano (kg)	No. Dedos	No. Dedos/mano
Banano Valery	11,00	6,27	7	1,56	103	14,71
Banano Llanero	28,01	8,78	11	2,51	155	14,09
Tafetán Verde	11,62	7,50	6	1,79	91	15,17
Giant Cavendish	50,70	5,33	12	4,23	208	17,50
Gros Michel Cocos	23,72	4,32	9	2,60	137	15,22
Gros Michel la Miel	37,39	8,29	12	3,10	227	18,92
Gros Michel	40,30	10,30	9	4,42	176	19,56
Banano Indio	17,55	6,76	10	1,63	181	18,10

Tabla 3. Características de los dedos de las variedades estudiadas.

Variedad	Peso dedo (gr)	Longitud dedo (cm)	Diámetro dedo (cm)	Peso pulpa (gr)	Longitud pulpa (cm)
Banano Valery	127,29 \pm 7,62	18,68 \pm 1,22	3,59 \pm 0,10	74,45 \pm 4,43	16,92 \pm 1,28
Banano Llanero	196,40 \pm 7,14	24,38 \pm 0,79	4,17 \pm 0,14	103,92 \pm 4,02	21,39 \pm 0,45
Tafetán Verde	122,95 \pm 12,66	17,54 \pm 1,51	4,26 \pm 0,13	65,07 \pm 5,16	12,18 \pm 0,81
Giant Cavendish	250,80 \pm 15,26	26,08 \pm 1,74	4,51 \pm 0,12	154,96 \pm 14,48	23,84 \pm 1,35
Gros Michel Cocos	196,94 \pm 15,26	25,63 \pm 0,87	4,14 \pm 0,09	116,58 \pm 9,72	20,93 \pm 0,82
Gros Michel la Miel	193,94 \pm 11,77	26,07 \pm 0,70	4,05 \pm 0,14	114,03 \pm 28,51	21,70 \pm 1,00
Gros Michel	242,67 \pm 3,21	26,93 \pm 0,95	4,55 \pm 0,14	137,87 \pm 2,22	23,43 \pm 1,56
Banano Indio	85,98 \pm 11,39	16,90 \pm 1,73	3,34 \pm 0,29	44,53 \pm 5,23	14,81 \pm 1,21

Tabla 4. Características de los dedos de las variedades estudiadas.

Variedad	Diámetro pulpa (cm)	% Cascara	Densidad con cascara (gr/ml)	Densidad sin cascara (gr/ml)	% Materia seca
Banano Valery	2,83±0,11	39,88±2,09	1,05±0,50	1,07±0,05	31,90±0,60
Banano Llanero	3,10±0,09	46,27±1,27	1,022±0,03	1,153±0,09	30,74±1,31
Tafetán Verde	2,67±0,12	46,49±2,44	0,948±0,02	1,044±0,13	31,12±1,02
Giant Cavendish	3,55±0,12	39,82±3,09	0,990±0,08	1,026±0,04	24,77±1,19
Gros Michel Cocos	3,24±0,08	39,48±0,54	0,974±0,02	1,09±1,28	26,06±1,28
Gros Michel la Miel	3,15±0,12	44,80±1,80	0,964±0,03	1,22±0,25	31,98±0,53
Gros Michel	3,55±0,07	42,67±1,47	0,987±0,01	0,953±0,08	42,36±2,71
Banano Indio	2,42±0,26	48,65±4,64	0,995±0,18	0,939±0,04	29,76±0,95

En la tabla 3 y 4, se observan las características de los dedos de las diferentes variedades estudiadas, encontrándose que los dedos más grandes en cuanto a parámetros como peso, longitud, diámetro con y sin cascara corresponden a las variedades pertenecientes de dicho genotipo que tienen potencial para consumo en fresco, donde se encuentran los bananos de postre como el Banano Valery, Banano llanero, Tafetán verde, Giant Cavendish, Gros Michel cocos, Gros Michel la miel, Gros Michel y Banano Indio (5) (ver tabla 3).

Las densidades de las variedades estudiadas se encuentran en la tabla 4, presentando mayores densidades con cascara las variedades Banano Valery (1,05 g/ml) y Banano Llanero (1,022 g/ml), el resto de las variedades presentaron poca variabilidad entre los datos y se encuentran en un rango de densidades de 0,948 a 0,995 g/ml. En cuanto a la densidad del fruto los más densos fueron el Banano Valery, Banano Llanero, Tafetán Verde, Giant Cavendish, Gros Michel Cocos y Gros Michel la Miel con un rango de 1,153 a 1,026 g/ml, a diferencia del Gros Michel y Banano Indio que presentaron menores densidades de fruto de 0,953 y 0,939 respectivamente.

En cuanto al porcentaje de cascara no se observa mucha variabilidad entre todas las variedades, en la tabla 4 se observa que la variedades con menor proporción de cascara son el Gros Michel Cocos con el 39,48%, Giant Cavendish y Banano Valery con el 39,82% y 39,88% respectivamente; mientras que las variedades con mayor porcentaje son Tafetán Verde con el 46,49%, seguido de las variedades Banano Llanero y Banano Indio con el 46,27% y 48,65% respectivamente. Los bananos de postre (genotipo AAA) presentaron valores entre 24% al 31% a excepción de la variedad Gros Michel que fue del 42,36% de materia seca, mientras las demás

variedades por su alto contenido de agua presentan gran interés para consumo en fresco y/o procesos de cocción, al ser más blandos. Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las variedades y modos de consumo en el contenido de materia seca que para el genotipo AAA que se conocen como bananos de postre, su valor promedio fue del 31,09%.

DISCUSIÓN

En Colombia para la transformación industrial se requieren las variedades y/o clones más grandes y de mayor diámetro, utilizando como criterio de clasificación la longitud, diámetro medio ecuatorial y en algunos casos (fritura) la curvatura de los dedos (5-6-7).

Una menor densidad del material significa menor porosidad de la cáscara o de la pulpa, por lo cual existen menos espacios vacíos y al sumergir el producto en agua tiende a precipitarse en el fondo del recipiente; por el contrario, en los materiales con mayor porosidad algunos espacios se encuentran vacíos y otros contienen aire y al sumergirlos en agua, los primeros se llenan de agua y no vencen la resistencia que opone el agua y por lo tanto flotan (8) lo que afecta los procesos de cocción en agua y/o en aceite, al no quedar el producto totalmente sumergido.

Dichos bananos de postre (genotipo AAA) muestran valores relativamente altos de cascara que varían entre el 39% y 48%, lo que concuerda con lo reportado por Arcila *et al.* (9), donde plantea que la no aplicación las diferentes labores culturales al cultivo de la forma correcto y en el momento oportuno afecta el desarrollo del racimo durante la fase de precosecha.

La variedad Gros Michel presenta gran interés para la industria de los productos fritos, que busca materiales con menor cantidad de agua para disminuir la cantidad de aceite que absorbe el producto, al ser menor el tiempo y la cantidad de agua que se debe retirar durante el proceso y a la vez mejora la calidad sensorial y nutricional del producto (5-6-7). Los bananos de postre se caracterizan por tener contenidos de materia seca bajos menores al 30%, lo cual explica la preferencia por su consumo en fresco al tener mayores contenidos de humedad, el consumidor prefiere una pulpa suave y dulce para consumo en fresco (5-6).

CONCLUSIONES

La variedad Gros Michel presento las mejores características físicas y morfológicas respecto a las demás variedades estudiadas, pero se requiere de estudios en diferentes estados de madurez sobre las características fisicoquímicas y morfológicas en dichas variedades y comparar dichos valores frente a las referencias tradicionales-comerciales en Colombia para establecer semejanzas y de esta manera estimar los usos potenciales.

Someter dichas variedades estudiadas a procesos de transformación (fritura, cocción, obtención de almidones y harinas entre otros) y encontrar su aptitud de transformación con rigor científico, entre las características de los diversos plátanos tradicionales y comerciales que se utilizan actualmente en la elaboración de productos industriales.

REFERENCIAS

1. Restrepo L. Informe Final de Gestión del Año 2002 de la Coordinación Nacional de la Cadena de Plátano. IICA, Bogotá D.C. Colombia. Cadena del plátano. 2002; 5-20.
2. Sandoval A, Imad F, Fernandez A, Hill S. The influence of extrusion process conditions on extrudates from two Colombian cassava (*Manihot esculenta Crantz*) starches. Memorias IV Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. Morelia, Michoacán, Méjico. 2006.
3. Rodríguez E, Fernández A, Hernández J. Evaluación de croquetas elaboradas con harina precocida de yuca (*Manihot esculenta Crantz*). Memorias IV Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. Morelia, Michoacán, Méjico. 2006.
4. AOAC. Official methods of analysis. Washington D.C: Association of Analytical Chemists; 1998. Determinación de humedad; AOAC 925.10.
5. Gibert O, Dufour D, Giraldo A, Sanchez T, Reynes M, Pain JP, Gonzalez A, Fernandez A, Diaz A. Differentiation between cooking bananas and dessert bananas. 1. Morphological and compositional characterization of cultivated Colombian Musaceae (*Musa sp.*) in relation to consumer preferences. J. Agric. Food Chem. 2009; 57(17): 7857-7869.
6. Dufour D, Giraldo A, Gibert O, Sánchez T, Reynes M, González A, Fernández A, Díaz A. Propiedades físico-químicas y funcionales de los bananos de postre, plátanos de cocción y FHIA híbridos: preferencia varietal de los consumidores en Colombia. In: Borja, J. S.; Nogales, C.; Orrantía, C.; Paladines, R.; Quimi, V.; Tazan, L. (eds.). CD-Proceedings, Acorbat 2008, XVIII International Meeting, November 2008. Guayaquil, Ecuador. 33.
7. Lucas JC, Quintero VD, Vasco JF, Mosquera JD. Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (*Musa paradisiaca L.*). Revista Lasallista de investigación. 2012; 9(2): 63-72.
8. Lucas, JC, Díaz A, Dufour D. Caracterización físico-química y evaluación de las curvas de empastamiento de tres variedades de plátano: Hartón (*Musa AAB*), Cubano Blanco (*Musa AAB*), Cachaco (*Musa ABB*). En: Memorias Reunión Internacional Acorbat, Medellín, Colombia. 2010; 412.
9. Arcila P, Cayón S, Morales O. Características físicas y químicas del fruto de dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) de acuerdo con su posición en el racimo. En: xv reunión internacional acorbat (15: 27 octubre; 2 de noviembre, Cartagena de Indias) memorias. Medellín 2002; Augura. 498-502.

PRODUCCIÓN DEL HONGO COMESTIBLE MAITAKE (*Grifola frondosa*) A ESCALA SEMI-INDUSTRIAL

PRODUCTION OF EDIBLE FUNGUS MAITAKE (*Grifola frondosa*) AT SEMI-INDUSTRIAL LEVEL

Sandra MONTOYA Ph.D.^{1*}, Óscar J. SÁNCHEZ Ph.D.², Diego F. ARIAS Ing. Agr.³

RESUMEN

Antecedentes: Se han realizado pocos esfuerzos dirigidos a mejorar las condiciones de cultivo para el desarrollo comercial de maitake (*Grifola frondosa*), hongo comestible y medicinal, debido a la corta historia del cultivo especialmente en climas tropicales. En Colombia el cultivo del maitake no se ha desarrollado a escala industrial, a pesar de su gran potencial comercial como alimento nutracéutico. **Objetivo:** El propósito de este trabajo fue la evaluación de los parámetros del cultivo de maitake a escala semi-industrial incluyendo las condiciones ambientales, las formulaciones de los sustratos y la definición de la unidad básica de producción, entre otros. **Métodos:** Se evaluaron cuatro granos de cereales (maíz, cebada, sorgo y arroz) para la producción de cepa madre con posterior producción de la semilla sobre sustrato elaborado a partir de mezclas de residuos lignocelulósicos como aserrín de roble y salvado de maíz. Los sustratos para la producción de los cuerpos fructíferos se formularon con aserrín de roble, salvado de maíz, azúcar y sales de calcio. **Resultados:** La producción de la semilla sobre una mezcla de materiales lignocelulósicos resultó ser un factor importante para reducir el tiempo de incubación del hongo e incrementar la fase de adaptación del maitake sobre el sustrato antes de ser inoculado en el sustrato definitivo para la producción del carpóforo. Fue necesario incrementar el tiempo de esterilización de los sustratos a fin de disminuir las contaminaciones en el ciclo de producción. Se buscó un sitio en clima tropical a

2.250 msnm para garantizar las condiciones de formación de primordios bajando la temperatura hasta 15°C sin necesidad de realizar un choque térmico. Se obtuvo 34% como máxima eficiencia biológica con la cepa *Grifola frondosa* WC836, pero la mejor eficiencia biológica promedio (24%) se obtuvo con la cepa CHFZ01 para un ciclo de cultivo de 12-15 semanas. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos en este trabajo contribuyen a ampliar el conocimiento sobre el cultivo comercial de *G. frondosa* y se comparan favorablemente con trabajos previos en Norteamérica, Europa y Asia con respecto a los rendimientos obtenidos, la calidad de los cuerpos fructíferos y el ciclo de producción.

Palabras clave: *Grifola frondosa*, semilla de maitake, carpóforo, eficiencia biológica.

ABSTRACT

Background: A few research efforts have been done aimed at improving the cultivation conditions for the commercial development of maitake (*Grifola frondosa*), an edible and medicinal mushroom, due to the short history of its cultivation, especially in tropical weathers. In Colombia, the maitake production has not been developed at industrial level despite its high commercial value as a nutraceutical food. **Objective:** The objective of this work was to evaluate the cultivation parameters for maitake production at semi-industrial level including the environmental conditions, substrate formulations, and definition of the basic production unit, among other factors. **Methods:** Four cereal grains (corn,

¹ Profesora Asociada, Directora Planta de Bioprocesos y Agroindustria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

² Profesor Asociado, Director Grupo de Investigación Alimentos y Agroindustria, Planta de Bioprocesos y Agroindustria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

³ Supervisor Planta de Bioprocesos y Agroindustria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: sandra.montoya@ucaldas.edu.co

barley, sorghum, and rice) were evaluated in order to produce the mother spawn with the subsequent production of spawn by using a substrate prepared from mixtures of lignocellulosic wastes like oak sawdust and corn bran. The substrates for production of the fruiting bodies were formulated with oak sawdust, corn bran, sugar, and calcium salts. **Results:** Spawn production on a mixture of lignocellulosic materials proved to be an important factor to reduce the incubation time of the mushroom and to increase the adaptation phase of maitake on the substrate before its definitive inoculation for carpophore production. An increase in the sterilization time was required to reduce the contamination during the production cycle. A location with a tropical weather at 2,250 m above sea level was selected to ensure the conditions for primordia formation with a temperature down to 15°C without the need of a thermal shock. The maximum biological efficiency of 34% was reached for the *Grifola frondosa* WC836 strain, but the highest average biological efficiency (24%) was obtained for the CHFZ01 strain for a 12-15-week cultivation cycle. **Conclusions:** The results obtained in this work contribute to expand knowledge on the commercial cultivation of *G. frondosa* and compare favorably with previous works in North America, Europe, and Asia regarding the obtained yields, quality of the fruiting bodies, and production cycle.

Keywords: *Grifola frondosa*, maitake spawn, carpophore, biological efficiency.

INTRODUCCIÓN

La producción de hongos comestibles a nivel mundial se ha convertido en una alternativa importante de explotación industrial a pequeña, mediana y gran escala. Aunque en la actualidad el champiñón (*Agaricus bisporus*) continúe siendo el hongo más cultivado del planeta, otras especies se presentan como promisorias por sus altos atributos nutricionales, medicinales o por su alta palatabilidad. Este es el caso de *Grifola frondosa* (maitake), reconocido por contener sustancias bioactivas en cantidades significativas y por su alta palatabilidad y composición nutricional. Esta seta es conocida y cultivada en Japón, Europa, Asia y Norteamérica (1). Maitake en su estado silvestre es una seta muy grande, de color café grisáceo oscuro cuando está joven, aclarándose con la edad, hasta llegar a tornarse amarilla en la vejez; el carpóforo está compuesto de múltiples ca-

bezas de 2-10 cm de diámetro cada una, pero todas dependientes de una base común. Este hongo es muy sensible a los cambios medioambientales, lo que ha generado problemas en su cultivo (2). Tanto el cuerpo fructífero como el micelio del maitake cultivado en grano se utilizan por sus propiedades farmacológicas siendo sus principales componentes activos β -glucanos con acción antitumoral e inmunomoduladora (3).

En Colombia la producción de hongos comestibles con atributos medicinales tiene un gran potencial, no sólo desde el punto de vista comercial para nichos particulares del mercado como tiendas naturistas y consumidores de alto perfil preocupados por la calidad de su alimentación, sino también considerando las necesidades de la población más vulnerable y de comunidades particulares con alta disponibilidad de los residuos lignocelulósicos requeridos para su cultivo. Sin embargo, son muy pocos los sistemas productivos existentes a gran escala. Siendo más crítico en el caso de *G. frondosa*, en donde aún no se ha desarrollado su cultivo comercial en climas tropicales. En un trabajo previo, se logró el cultivo de este hongo a pequeña escala (4), pero se requiere generar conocimiento para su desarrollo a nivel industrial. El objetivo del presente trabajo fue la evaluación de los parámetros del cultivo de maitake a escala semi-industrial a fin de establecer las condiciones ambientales, las formulaciones de los sustratos y la definición de la unidad básica de producción, entre otros aspectos.

MÉTODOS

La fase experimental de cultivo del hongo *G. frondosa* se realizó, en una primera etapa, en la Planta de Bioprocesos y Agroindustria de la Universidad de Caldas; posteriormente, se cultivó este hongo en unas instalaciones tomadas en arrendamiento, adecuadas para la producción a escala semi-industrial. La experimentación en esta segunda etapa fue realizada durante los años 2014 y 2015, cubriendo cada una de las fases del cultivo de *G. frondosa*, desde la extensión de tejido sobre agar papa dextrosa (PDA), la obtención de la cepa madre y la producción de semilla comercial, hasta todas las operaciones que comprenden el ciclo completo a escala semi-industrial, la formulación de los sustratos a diferentes escalas, su acondicionamiento, la selección de las unidades de producción del sustrato y la determinación de los tiempos de esterilización.

Adicionalmente, se estudió todo lo concerniente al manejo del ambiente en las salas de cultivo para las diferentes etapas de desarrollo del hongo: incubación, fructificación y producción de los carpóforos.

La producción de semilla se evaluó en cuatro cepas: tres cepas de la colección de la Penn State University de EUA (WC836, WC828 y WC659) y una cepa de la Universidad Agricultura y Silvicultura de Fujian de la República Popular China (la cepa CHFZ01). En esta etapa se realizaron tres generaciones y tres **réplicas de micelio extendido** en PDA, utilizando cajas de petri de 90 mm de diámetro; el tiempo promedio de crecimiento del micelio sobre PDA fue de 21 días en incubadora a 25°C; **cada réplica** se realizó para verificar la viabilidad de cada una de las cepas, con posterior prueba bioquímica para la determinación de las actividades enzimáticas celulolíticas y ligninolíticas. Las inoculaciones se realizaron en cabina de flujo laminar y se llevaron a incubación por 21 días a 25°C y penumbra con posterior almacenamiento en refrigeración y repiques periódicos. La obtención de la cepa madre (paso del micelio de agar a grano de cereal) se llevó a cabo sobre sustratos de cereales arroz, maíz, sorgo rojo y cebada, los cuales fueron hidratados hasta humedades entre 35 y 45%, y luego empacados y pesados en frascos de vidrio de 500 g neto de capacidad, previamente lavados y esterilizados. En seguida el material se llevó a esterilización a 121°C por una hora, continuando luego con la inoculación en cabina de flujo laminar y utilizando como inóculo cinco trozos de agar colonizados de micelio de 1 g de peso cada uno, para una tasa de inoculación promedio por frasco de 3,33%. El tiempo de incubación para la cepa madre fue de 25 días en incubadora a 25°C para todos los cereales; las unidades que presentaron contaminación (cerca al 7%) fueron descartadas.

Para la producción de la semilla se utilizaron los frascos de cepa madre como inóculo sobre una mezcla de material lignocelulósico en calidad de sustrato (ver Tabla 1) a una humedad de 58–60%, con una tasa promedio de inoculación del 5% y utilizando bolsas de polipropileno bi-orientado de 500 g neto de capacidad con un filtro de celulosa en la parte superior para permitir la respiración del hongo previamente esterilizadas a 121°C por dos horas antes de realizar la inoculación; el tiempo de incubación promedio de la semilla fue de 25 días (4). Para la elaboración de los sustratos se utilizó la formulación consignada en la Tabla 1, la cual se ajustó a una humedad del 58–60%.

Durante todo el proceso de experimentación a escala semi-industrial para la producción de los cuerpos fructíferos, se realizaron siete lotes de una tonelada de sustrato cada uno. Para el empaque se utilizaron bolsas de polipropileno bi-orientado de 18 pulgadas de altura y 10 pulgadas de ancho; se utilizaron dos tipos de filtros para las bolsas de sustratos; la mitad llevó como filtro en la parte superior un algodón con gasa en una argolla de polietileno esterilizada, y la otra mitad una tela de celulosa adherida en la parte superior de la bolsa a fin de permitir la respiración del sustrato inoculado. En cada bolsa se empacaron 2 kg de sustratos con posterior esterilización por dos horas a 121°C. Los sustratos esterilizados y enfriados a 25°C fueron inoculados en cabina de flujo laminar con la semilla colonizada de cada cepa. Cada tonelada de sustrato fue dividida en cuatro partes iguales para la inoculación. Posteriormente, las bolsas fueron llevadas a incubación en penumbra, a 25°C y 50–60 % de humedad relativa por 75–90 días; luego de terminado el ciclo de incubación, se inició la inducción de la formación de los cuerpos fructíferos cambiando las condiciones ambientales para lo que se disminuyó la temperatura de la sala de cultivo a 15–18°C,

Tabla 1. Formulación de sustrato para producción de semilla y cuerpo fructífero del hongo *Grifola frondosa*

Material	Humedad promedio (%)	Formulación del sustrato para semilla (% base seca)	Formulación del sustrato para fructificación (% base seca)
Aserrín de roble	25,0	75,0	74,0
Salvado de maíz	15,0	23,0	23,0
Sacarosa	2,0	1,0	1,0
Carbonato de calcio	0,0	-	1,0
Sulfato de calcio pentahidratado	0,0	1,0	1,0
Total		100	100

se incrementó la intensidad de luz a 150 luxes y se hicieron dos relevos de aire de tres horas cada uno en 24 horas. En la Figura 1 se muestra el esquema de producción del hongo *G. frondosa*. La eficiencia biológica (EB) se determinó como la relación de la masa de hongos frescos respecto a la masa de sustrato seco al momento de la siembra, expresado en porcentaje.

RESULTADOS

En el cultivo del hongo *G. frondosa* a escala semi-industrial se realizaron varios cambios respecto al proceso definido previamente a pequeña escala (4). Los cambios más significativos realizados fueron: (i) En la formulación de sustratos se introdujo un material, sulfato de calcio pentahidratado (ver Tabla 1). (ii) Se incrementó la unidad de sustrato de 1 kg a 2 kg de sustrato, lo que implicó incrementar en una hora el tiempo de esterilización. (iii) En el cultivo a escala semi-industrial no se realizó choque térmico drástico hasta 10°C, ya que uno de los principales intereses de este trabajo fue determinar la viabilidad de producción de esta especie a escala semi-industrial en climas tropicales, logrando obtener productividades aceptables con tres de las cuatro cepas evaluadas a una temperatura promedio de 17°C. (iv) Se obtuvo una sola cosecha de cada lote de producción. (v) Se evaluaron cuatro cepas de *G. frondosa* a fin de determinar el mejor comportamiento a escala semi-industrial, encontrando que la mejor en tiempos de producción y en EB promedio fue la cepa CHFZ01 con 24,7%. En la Figura 2 se presentan las etapas del proceso productivo del cultivo de maitake a escala semi-industrial.

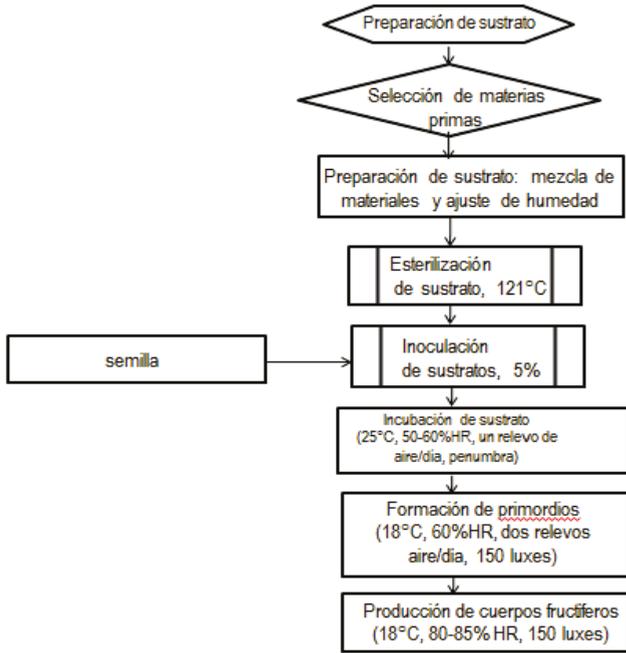


Figura 1. Esquema de producción del hongo *Grifola frondosa*.



Figura 2. Etapas del proceso productivo del cultivo de *G. frondosa* a escala semi-industrial: (a) preparación de sustrato, (b) esterilización de sustrato, (c) inoculación de sustrato, (d) sustrato en incubación durante la primera etapa, (e) sustrato en incubación en la segunda etapa, (f) sustrato en producción.

Las etapas de crecimiento y desarrollo se describen en la Tabla 2. Éstas inician con la fase de incubación que contempla dos sub-etapas. La primera corresponde a la fase de colonización completa de micelio sobre el sustrato, en la que el micelio es de color blanquecino durante los primeros 30 días de

incubación. Posteriormente se da la última sub-etapa de la fase de incubación, donde se forma el abrigo micelial y la pigmentación del mismo con exudados amarillos a naranjas en los siguientes 20-30 días, siendo este estado el indicador de que los sustratos están listos para la inducción de primordios.

Tabla 2. Resumen de condiciones ambientales para la producción de maitake (*Grifola frondosa*) sobre el sustrato estudiado.

Variable	Incubación		Fructificación		Producción
	Etapas I	Etapas II	Inducción	Formación carpóforo	Desarrollo Carpóforo
Temperatura (°C)	20-25	20	Disminución a 15-16°C	16-18°C	16-18°C
Humedad relativa (% H.R)	50-60	60	60	70-75% HR	80-85% HR
Intensidad de luz (Luxes)	No requiere	No requiere	50 – 150	100-150	100-150
Relevos de aire/CO ₂	Tolera altas [CO ₂]	1 relevo de 3 h/día	2 relevos de 3 h/día	2 relevos de 3 h/día	3 relevos de 3 h/día
Tiempo	30-45 días	30-40 días	3-4 días	7 días	7-10 días

El carpóforo del maitake exhibe cambios durante su crecimiento y desarrollo desde la formación del primordio hasta tener el hongo listo para cosecha. Es así como en la primera fase tiene formación de exudado localizado de color negro a gris oscuro, sobre esa zona se forma una masa con forma de cerebro, posteriormente adopta forma de coliflor y finalmente adquiere la forma definitiva similar a un coral con pétalos bien definidos y de tonalidades grisáceas en la mayoría de las cepas, pero siempre compartiendo una sola base que se desprende del sustrato.

En la Tabla 3 se relacionan las EB obtenidas con cada una de las cepas evaluadas, lográndose cosechas de todos los sustratos. Se destaca que las cepas WC836 y WC 659 fueron las cepas que obtuvieron la mayor y menor EB en todos los sustratos evaluados, respectivamente y de una sola cosecha en todos los casos.

Tabla 3. Eficiencia biológica de las cepas evaluadas de maitake a nivel semi-industrial.

Cepa	Máxima EB (%)	Mínima EB (%)	EB promedio (%)
WC 836	34,00	16,10	23,20
WC 828	30,00	20,00	23,81
WC 659	28,00	14,00	20,56
CHFZ01	30,75	20,25	24,70

DISCUSIÓN

El cultivo semi-industrial de maitake es posible en climas tropicales pero seleccionando zonas sobre los 2000 msnm, cuyas temperaturas promedio no son superiores a 20°C durante todo el año, esto debido a que la inducción de los primordios requiere bajar la temperatura por lo menos hasta 15°C y posteriormente sostenerla a 17-18°C; lo que implicaría un incremento sustancial en la dotación de maquinaria y equipos si se decidiera realizar el montaje de dichos cultivos en climas más cálidos. Asimismo, a escala semiindustrial es posible obtener cuerpo fructíferos de maitake de buena calidad y con EB competitivas en comparación con las obtenidas a pequeña escala, lo que indica que trabajar con alguna de las cuatro cepas probadas en este estudio tiene proyección a futuro para la implementación de un cultivo comercial de maitake en Colombia.

Es muy importante hacer énfasis en la supervisión y control de todo el proceso productivo, ya que un error en una de las variables de proceso puede generar una contaminación masiva en todo el material cultivado, generando cuantiosas pérdidas económicas y de tiempos.

CONCLUSIONES

El ciclo de producción del hongo *G. frondosa* a escala semi-industrial es un 15% mayor que el ciclo

de producción a pequeña escala. Asimismo, de las cuatro cepas evaluadas, la cepa WC 836 fue la que obtuvo la mayor EB por unidad de sustrato (34%), aunque la que generó mayor promedio de EB fue la cepa CHFZ01 con una EB del 24,7%; del mismo modo la cepa WC 659 fue la que generó la menor EB (14%). Se identificaron las razones por las cuales se presentaron las contaminaciones de los primeros sustratos que se sembraron. La causa principal de la contaminación fue el tiempo de esterilización, ya que los primeros sustratos se esterilizaron una hora por 121°C, mientras los sustratos siguientes fueron esterilizados por 2 horas a 121°C permitiendo la reducción de la contaminación del 50% al 5%.

Las EB promedio obtenidas a escala semi-industrial con las cuatro cepas que fueron evaluadas son competitivas, lo que genera una alternativa de prospección importante para el futuro comercial de la producción de esta especie en climas tropicales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) y a la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas por la financiación de esta investigación.

REFERENCIAS

1. Stamest P. Growing gourmet and medicinal fungi. Hong Kong: Ten Speed Press and Mycomedia. 1994; 456 p.
2. Chang ST, Miles PG. Mushrooms Cultivation, Nutritional Value, Medicinal effect, and Enviromental Impact. Second ed. New York: CRC Press. 2004; 451 p.
3. Mau J-L, Chang C-N, Huang S-J, Chen C-C. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia. Food Chem. 2004; 87: 111-8.
4. Montoya B, Varon M, Levin L. Effect of culture parameter on the production of the edible mushroom *Grifola frondosa* (maitake) in tropical weathers. World J Microbiol Biotechnol. 2008; 24: 1361-6.

CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE CARAMBOLO (*Averrhoa carambola* L.) MÍNIMAMENTE PROCESADO

PHYSICOCHEMICAL CHANGES DURING STORAGE OF STARFRUIT (*AVERRHOA CARAMBOLA* L.) MINIMALLY PROCESSED

Julián Felipe CUEVAS-MENA^{1*}

RESUMEN

Antecedentes: El carambolo (*Averrhoa carambola* L.) es una fruta exótica de gran demanda comercial, su forma de estrella y cualidades nutricionales y sensoriales la hacen un ingrediente ideal en preparaciones listas para consumir. Sin embargo, no se ha explorado su procesamiento mínimo en el mercado colombiano. **Objetivos:** El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del tipo de empaque y el tiempo de almacenamiento bajo refrigeración sobre carambolo mínimamente procesado, mediante la evaluación de algunas propiedades fisicoquímicas. **Métodos:** El diseño experimental contempló la combinación de dos tipos de empaque (PET y bolsa de PP a vacío) y el tiempo de almacenamiento (0, 2, 6, 9, 13 días) bajo refrigeración de carambolo mínimamente procesado (rodajas con cáscara). Se evaluó la pérdida de peso, contenido de sólidos solubles, cambio total de color, índice de pardeamiento, índice de amarillez y el contenido de β -caroteno. **RESULTADOS:** El tipo de empaque tuvo un efecto significativo sobre la pérdida de peso e índice de pardeamiento pero no incidió en el contenido de sólidos solubles, el cambio total de color, índice de amarillez y contenido de β -caroteno. El efecto del tiempo de almacenamiento no fue significativo sobre el contenido de β -caroteno durante 6 días de almacenamiento. El carambolo empacado en PET presentó crecimiento visible de mohos entre 6 y 9 días de almacenamiento, el empaque a vacío no presentó crecimiento visible de mohos durante 13 días de almacenamiento. **Conclusiones:** El empaque PET disminuyó la pérdida de peso dentro de los primeros 6 días de almacenamiento, sin embargo, la bolsa de PP a vacío retrasó el pardeamiento significativamente dentro del mismo tiempo. No

se encontró diferencia significativa entre el tipo de empaque y un tiempo de almacenamiento inferior a 6 días con relación al contenido de β -caroteno y el contenido de sólidos solubles.

Palabras clave: Color, carambolo, carotenoides, embalaje de alimentos

ABSTRACT

Background: Starfruit (*Averrhoa carambola* L.) is an exotic fruit with great commercial demand, its star shape and sensory qualities make it a potential ingredient in salads ready to eat. However, it has not been explored its minimal processing in the colombian market. **Objectives:** The objective of this work was to study the effect of packaging type and storage time under refrigeration on minimally processed starfruit, evaluating some physicochemical properties. **Methods:** The experimental design contemplated the combination of two packaging types (PET and PP bag to vacuum sealed) and storage time (0, 2, 6, 9, 13 days) of minimally processed starfruit (slices with peel) under refrigeration. Weight loss, soluble solids content, total color change, browning index, yellowness index and β -carotene content were measured. **Results:** The packaging type had a significant effect on weight loss and browning index but did not affect the soluble solids content, total color change, yellowness index and β -carotene content. The effect of storage time was not significant on the β -carotene content during first 6 days of storage. The starfruit packaged in PET showed mold growth between 6 and 9 days of storage, PP bag to vacuum sealed did not showed mold growth during 13 days of storage. **Conclusions:** PET packaging decreased weight loss within the first 6 days of storage, however,

¹ Ingeniero de Alimentos, Maestría en Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Palmira, Colombia

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: julianfcuevas@unal.edu.co

the PP bag to vacuum sealed delayed the browning significantly in the same time. No significant difference was found between the packaging type and a storage time under six days in relation to the content of β -carotene and soluble solids content.

Keywords: Color, starfruit, carotenoids, food packaging

INTRODUCCIÓN

En Colombia se cultiva el carambolo o fruta estrella (*Averrhoa carambola L.*) en los departamentos de Valle del Cauca, Córdoba, Antioquia, Caldas, Quindío, Tolima y en la región de la Amazonia (1), es rico en antioxidantes como carotenoides y compuestos fenólicos (2). Cuando se corta en rodajas su atractiva forma de estrella le confiere un potencial uso en la decoración de ensaladas, bebidas o cocteles. Sin embargo, el corte provoca desórdenes fisiológicos en los tejidos que incrementan la producción de etileno, acelera el pardeamiento y la pérdida de firmeza (3). Por otra parte, la aplicación de empaques y el almacenamiento a bajas temperaturas podrían ser una alternativa para disminuir la velocidad de deterioro de algunas características del carambolo.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto del tipo de empaque y el tiempo de almacenamiento bajo refrigeración sobre carambolo mínimamente procesado, mediante la evaluación de algunas propiedades fisicoquímicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Acondicionamiento

El carambolo fue adquirido en un mercado local de la ciudad de Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Se seleccionaron frutas de aproximadamente 100 ± 5 g de peso, 12 ± 0.5 cm de longitud (1) y con un nivel de madurez "Maduro" según la clasificación descrita por Abdullah et al. (4). Se lavó el carambolo entero con agua potable, se sumergió en agua clorada a una concentración de 50 ppm (0.4 ml de NaClO al 12.5% por cada litro de agua) durante 90 segundos. Se dejó secar a temperatura ambiente. Se cortó con un cuchillo en rodajas de 0.5 cm de espesor en forma perpendicular al eje longitudinal.

Empaque y almacenamiento

Se empacó 18 ± 4 g de rodajas de carambolo en dos tipos de empaque, contenedor de polietileno

tereftalato PET (wau! Carvajal empaques, Colombia) de dimensiones 11 x 9.0 x 2.0 cm y en bolsas de polipropileno PP para empaque a vacío (FoodSaver Oster, Corea) de dimensiones 19 x 13 cm. El carambolo empacado se almacenó durante 13 días en un refrigerador convencional (Mabe RMS1540YBCS1 de 400 litros, Colombia) a una temperatura de 8.0 ± 2 °C y humedad relativa entre 30 y 40 %.

Propiedades fisicoquímicas

En cada uno de los niveles del factor tiempo de almacenamiento (0, 2, 6, 9, 13 días) se determinaron por triplicado algunas propiedades fisicoquímicas.

Los sólidos solubles (SS) fueron determinados según el método AOAC 932.12 (5). Se extrajo jugo de la pulpa del carambolo y se usó un refractómetro (Atago PAL-1, EEUU).

La pérdida de peso (PP) fue determinada midiendo el peso en una balanza analítica con precisión de cuatro decimales (Boeco BBL-31, Alemania), el porcentaje de pérdida de peso se expresó de acuerdo a la Ecuación 1.

$$PP_{(t)} = [(M_0 - M_{(t)}) / M_0] \cdot 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde: M_0 = peso de la muestra en el tiempo 0 de almacenamiento y $M_{(t)}$ = peso de la muestra en el tiempo t de almacenamiento.

El color fue evaluado a través de un colorímetro (Minolta CR-400, Japón) usando la escala de color CIE L^* (luminosidad), a^* (- verde, + rojo), b^* (- azul, + amarillo) con iluminante D65, observador 2°, calibrado con blanco $Y=89,5$; $x=0,3176$; $y=0,3347$. Se evaluó el color por triplicado en cada lado de las rodajas. Se determinó el cambio total de color (ΔE) según la Ecuación 2 (6), Índice de pardeamiento (BI) según la Ecuación 3 (7) e Índice de amarillez (YI) según la Ecuación 4 (8).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_t^*)^2 + (a_0^* - a_t^*)^2 + (b_0^* - b_t^*)^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: son las mediciones de color inicial en el tiempo 0 de almacenamiento (t_0) y son mediciones de color en el tiempo t de almacenamiento.

$$BI = [100 (x - 0.31)] / 0.172 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde: $x = [a^* + 1.75 \cdot L^*] / [5.645 \cdot L^* + a^* - 3.012 \cdot b^*]$

$$YI = [142.86 \cdot b^*] / L^* \quad \text{Ecuación 4}$$

La extracción y cuantificación de carotenoides se realizó según la metodología descrita por Barret y Anthon (9). Se usó un espectrofotómetro (Thermo Scientific Genesys 10 UV-Vis, EEUU) y se estimó el contenido de carotenoides mediante la Ecuación 5 para β -caroteno como carotenoide mayoritario.

$$\mu\text{g } \beta\text{-Caroteno} / 100 \text{ g alimento} = \frac{[A_{450} \cdot 537 \cdot V \cdot 100]}{[W \cdot E^{1\%}]} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde: A_{450} es la absorbancia leída a 450 nm, 537 es el peso molecular del β -caroteno (g/mol), V es el volumen de la fase orgánica (hexano y β -caroteno) en (ml), W es el peso del alimento en (g) y $E^{1\%}$ es el coeficiente de extinción del β -caroteno en hexano = 2560 ml/mol según lo reportado por Hart y Scott (10).

Diseño experimental

Se usó un diseño experimental factorial completamente al azar, los factores *tipo de empaque* con dos niveles (PET, bolsa para vacío) y *tiempo de almacenamiento* con cinco niveles (0, 2, 6, 9, 13 días) para un total de 10 combinaciones, 30 tratamientos incluyendo el triplicado. El efecto de los factores se determinó mediante análisis de variancia (ANOVA). Se aplicó test de Tukey con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$ para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de cada. Se usó el software SPSS 20.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois) licenciado en la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.

RESULTADOS

En la figura 1 se encuentran los resultados obtenidos para la pérdida de peso y sólidos solubles.

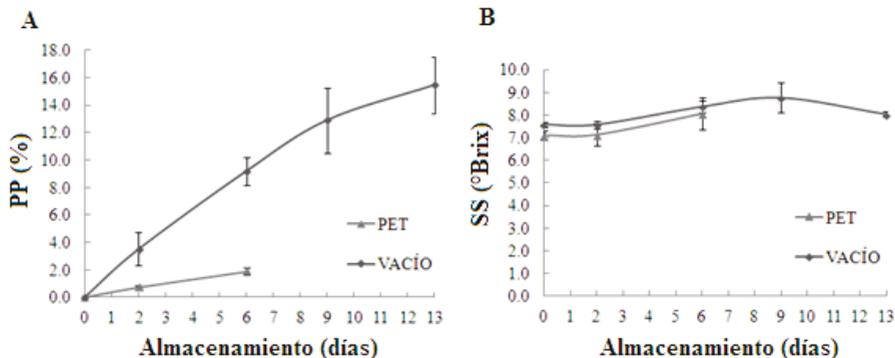


Figura 1. Efecto del tipo de empaque y tiempo de almacenamiento sobre (A) la pérdida de peso y (B) sólidos solubles de carambolo mínimamente procesado almacenado ($8.0 \pm 2^\circ\text{C}$ y HR entre 30 y 40 %). Las barras verticales representan la desviación estándar del valor medio ($n = 3$).

En la tabla 1 se puede observar los resultados obtenidos para cada uno de los índices evaluados y para el contenido de β -caroteno.

Tabla 1. Cambio total de color, índice de amarillez, índice de pardeamiento y contenido de β -caroteno en carambolo mínimamente procesado almacenado ($8.0 \pm 2^\circ\text{C}$ y HR entre 30 y 40 %).

Factor	ΔE	YI	BI	B-Caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
Empaque (E)				
PET	4.86 b	1657.53 bc	36.96 a	15.17 ab
PP a vacío	4.98 b	1697.67 bc	28.71 b	14.43 ab
Tiempo de almacenamiento (t)				
0 días	0.00 a	3216.03 bc	24.95 b	17.45 ab
2 días	7.56 b	1082.81 b	31.73 c	14.73 ab
6 días	7.19 b	733.97 b	41.83 a	12.21 ab
Interacción				
E x t	NS	NS	NS	S

Los valores son promedios de tres réplicas. Promedios seguidos de la misma letra no son significativos (Tukey, $p \leq 0.05$). S: interacción significativa, NS: interacción no significativa.

DISCUSIÓN

Las condiciones de almacenamiento y la permeabilidad al vapor de agua de los empaques fueron determinantes en la pérdida de peso. Se observó que el empaque PET fue efectivo en la retención de humedad, las rodajas de carambolo presentaron una pérdida de peso de 1.9 y 9.2 % para las empaçadas en PET y PP a vacío respectivamente a los 6 días de almacenamiento. Sin embargo, a los 9 días de almacenamiento se observó condensación dentro del empaque PET y crecimiento visible de

mohos. Después de 13 días de almacenamiento las rodajas de carambolo empacadas en PP a vacío alcanzaron una pérdida de peso de 15.4 %, no hubo crecimiento visible de mohos. Resultados similares fueron encontrados por Teixeira et al. (11) quienes determinaron una vida útil de 8 días para carambolo en rodajas empacado en PET bajo refrigeración a 6.8 °C a causa del crecimiento microbiano. El tipo de empaque ni el tiempo de almacenamiento influyeron significativamente en el contenido de sólidos solubles. Las bajas temperaturas causan alteraciones en los procesos metabólicos que pueden dar lugar al comportamiento oscilante de los °Brix, inicialmente el aumento obedece a la pérdida de humedad en los primeros días de almacenamiento y un posterior descenso consecuencia del uso de los azúcares en reacciones fermentativas anaerobias dentro de los empaques (12).

El tipo de empaque no influyó sobre el cambio total de color según la comparación de medias hasta los 6 días de almacenamiento ($p \leq 0.858$). El índice de amarillez no cambió significativamente después de 2 días de almacenamiento, no fue afectado por el tipo de empaque. El tipo de empaque y el tiempo de almacenamiento tuvieron un efecto significativo ($p \leq 0.001$) sobre el índice de pardeamiento. El índice de pardeamiento fue significativamente menor en el empaque de PP a vacío (28.71 y 36.96 para el PET), para un tiempo de almacenamiento de 6 días se encontró un valor de 41.83. De acuerdo a lo reportado por Weller et al. (13) la actividad de la polifenol oxidasa PPO aumentó en rodajas de carambolo después de 2 semanas de almacenamiento a 4.4 °C. No obstante, en el presente estudio el índice de pardeamiento cambió significativamente en las rodajas de carambolo después de almacenadas. El tipo de empaque y el tiempo de almacenamiento no tuvieron un efecto significativo sobre el contenido de β -caroteno en el carambolo mínimamente procesado. La contribución de este trabajo consiste en brindar información que ayude a determinar la viabilidad de procesar mínimamente el carambolo en Colombia mediante el estudio de los cambios fisicoquímicos que se dan a causa del empaque y almacenamiento en condiciones de refrigeración. La limitación principal está en la no inclusión de un parámetro físico de gran importancia como la firmeza, además, se debe profundizar en el estudio de la calidad microbiológica y sensorial del carambolo mínimamente procesado.

CONCLUSIONES

La bolsa de PP a vacío retrasó significativamente el pardeamiento en comparación con el empaque PET. Aunque presentó la mayor pérdida de peso, esto puede reducirse almacenando el producto bajo una humedad relativa mayor a la usada en este trabajo. El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo e inmediato sobre el pardeamiento. El tipo de empaque no influyó en el contenido de β -caroteno durante un tiempo de 6 días de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de frutas y hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y su director Luis Eduardo Ordóñez Santos, Ph.D. por los aportes realizados.

REFERENCIAS

- Grajales-Agudelo L M, Cardona-Perdomo W A, Orrego-Alzate C E. Liofilización de carambola (*Averrhoa carambola* L.) osmo-deshidratada. *Ingeniería y Competitividad*. 2005; 7(2): 19-26.
- Shui G, Leong L P. Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry*. 2006; 97(2): 277-284.
- Watada A L, Ko N P, Minott D A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology*. 1996; 9(1): 115-125.
- Abdullah M Z, Mohamad-Saleh J, Fathinul-Syahir A S, Mohd-Azemi B M N. Discrimination and classification of fresh-cut starfruits (*Averrhoa carambola* L.) using automated machine vision system. *Journal of Food Engineering*. 2006; 76(1): 506-523.
- AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists: 932.12 Fruits and fruit products. Solids (soluble) in fruits and fruit product: Refractometer Method. S. Arlington, Virginia, USA: Association of Official Analytical Chemists. 2000; 7p.
- Mendoza F, Dejmek P, Aguilera J M. Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*. 2006; 41(1): 285-295.
- Buera M P, Lozano R D, Petriella C. Definition of color in the non-enzymatic browning process. *Die Farbe*. 1985; 32/33: 316-326.
- Francis F J, Clydesdale F M. *Food Colorimetry: Theory and Applications*. Westport, Connecticut, USA: AVI Publishing Co. 1975; 477 p.
- Barret D M, Anthon G. Lycopene content of california-grown tomato varieties. *Acta Horticulturae*. 2001; 542(1): 165-173.
- Hart D, Scott J. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*. 1995; 54: 101-111.
- Teixeira G, Durigan J, Alves R, O'Hare T. Use of modified atmosphere to extend shelf life of fresh-cut carambola (*Averrhoa carambola* L. cv. Fwang Tung). *Postharvest Biology and Technology*. 2007; 44(1): 80-85.
- Serna-Cock L, Segura-Rojas D F, Ayala-Aponte A. Effect of the immersion in 1-MCP on the physicochemical and physiological properties of yellow pitahaya fruit (*Selenicereus megalanthus* How) with minimum processing. *Acta Agronómica*. 2011; 60(3): 226-236.
- Weller A, Sims C A, Matthews R F, Bates R P, Brecht J K. Browning susceptibility and changes in composition during storage of carambola slices. *Journal of Food Science*. 1997; 62(1): 256-260.

AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN, Y EVALUACIÓN DE LOS HONGOS MÁS AGRESIVOS AISLADOS DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) EN EL PERIODO POSCOSECHA

ISOLATION, IDENTIFICATION, AND EVALUATION OF THE MOST AGGRESSIVE FUNGI ISOLATED FROM YELLOW PITAHAYA (*Selenicereus megalanthus*) IN POSTHARVEST PERIOD.

VALENCIA-Chamorro S, Ph.D.^{1*}; PÁEZ D, Ing.¹; GUEVARA J, Ing.¹; VILAPLANA R, Ph.D.¹

RESUMEN

Antecedentes: La producción y exportación de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en el Ecuador se ha incrementado durante la última década. Sin embargo la presencia de patógenos causantes del deterioro en los frutos es un factor de riesgo durante la exportación y comercialización de este producto. **Objetivos:** Aislar e identificar cepas fúngicas en frutos de pitahaya amarilla, y evaluar la severidad causada por los hongos patógenos en frutos enteros de pitahaya durante el periodo de poscosecha. **Métodos:** Se realizó el aislamiento en frutos que presentaron signos y síntomas de enfermedades fúngicas (se utilizaron 40 frutos, con una repetición). La identificación de cada cepa se realizó mediante el análisis macro y microscópico del patógeno cultivado en PDA (Potato Dextrose Agar) a 25°C, luego se compararon con claves micológicas. La evaluación de la severidad en los frutos se realizó con hongos seleccionados. Los frutos fueron inoculados artificialmente con dos concentraciones diferentes de esporas (10^3 y 10^5 conidias mL⁻¹) mediante una herida en la zona ecuatorial del fruto desinfectado. La severidad de la enfermedad fue evaluada mediante la determinación del diámetro de podredumbre (cm), durante 21 días a 12°C y 90% de humedad relativa (HR). Se utilizaron 20 frutos para cada cepa estudiada y para cada concentración de inóculo. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), se determinaron las diferencias entre las medias con la prueba de mínima diferencia significativa (LSD) a un 95% de nivel de confianza. **Resultados:** Se identificaron seis cepas

de los géneros: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Rhizopus*, como agentes patógenos en la poscosecha de pitahaya amarilla. El hongo de género *Alternaria* fue el de mayor agresividad en los frutos de pitahaya amarilla, alcanzando un valor de 4.44 cm a una concentración de 10^5 conidias mL⁻¹ a los 21 días de almacenamiento refrigerado. **Conclusión:** De los seis agentes patógenos identificados en la poscosecha de pitahaya amarilla, se determinó que el patógeno más agresivo fue *Alternaria* sp.

Palabras clave: Pitahaya amarilla, hongos patógenos, poscosecha, severidad.

ABSTRACT

Background: The production and export of yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) in Ecuador has increased during the last decade. However, the presence of pathogens that cause decay in this fruit is a risk factor for the export and marketing of this product. **Objectives:** To isolate and identify fungal strains in fruits of yellow pitaya, and to assess the severity caused by pathogenic fungi in whole pitahayas during the postharvest period. **Methods:** The isolation was performed in fruits which exhibited signs and symptoms of fungal diseases (40 fruits were used, with one repetition). The identification of each strain was performed by macro and microscopic analysis of the pathogen grown in PDA (Potato Dextrose Agar) at 25 °C, then were compared with mycological keys. The assessment of severity in the fruits was performed with selected fungi. The fruits were artificially inoculated with two different spore concentrations (10^3 and 10^5 conidia mL⁻¹) by

¹ Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología, Escuela Politécnica Nacional, Casilla Postal 17012759, Quito- Ecuador.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: silvia.valenciapn.edu.ec

a wound in the equatorial zone of the sterile fruit. The disease severity was evaluated by determining the rot diameter (cm) for 21 days at 12 °C and 90% relative humidity (RH). 20 fruits, for each studied strain and for each inoculum concentration were used. An analysis of variance (ANOVA) was performed, the differences between averages and least significant difference (LSD) test at 95% confidence level were determined. **Results:** Strains of the genera: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* and *Rhizopus* were identified as pathogens agents in postharvest of yellow pitahaya. *Alternaria* fungal genus was the most aggressive in the fruits of pitahaya, reaching a value of 4.44 cm at a concentration of 10^5 conidia mL⁻¹ at 21 days of refrigerated storage. **Conclusions:** Of the six pathogens identified in the yellow pitahaya postharvest, *Alternaria* sp. was determined as the most aggressive pathogen.

Keywords: Yellow pitahaya, pathogenic fungi, postharvest, severity.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya amarilla es una fruta subtropical que pertenece a la familia de las Cactáceas. Dentro del mercado de frutas exóticas, este producto está tomando cada vez mayor importancia debido a sus propiedades nutricionales, ya que es una fuente de minerales, vitaminas, fibra y azúcares simples (1), además sus agradables características sensoriales y su alto valor comercial crean un gran potencial de exportación de este producto (2). Ecuador es uno de los principales países exportadores de esta fruta, según datos del Banco Central del Ecuador, la cantidad de pitahaya amarilla exportada hasta noviembre de 2015 fue de 291 t. Esto representa un aumento del 127% con respecto a lo exportado en el 2014 (3). Los principales países compradores de pitahaya ecuatoriana son China, Singapur, Indonesia, Holanda y Francia. El tiempo de vida útil de este producto es aproximadamente 12 días a temperatura ambiente, siendo un factor limitante para la comercialización dentro y fuera del país. Los hongos patógenos son los principales causantes de daños en estos frutos, durante el periodo poscosecha, disminuyendo su valor comercial y generando grandes pérdidas económicas. A nivel mundial las pérdidas en poscosecha de frutas y hortalizas alcanzan del 2 al 10% en países desarrollados, mientras que en países en vías de desarrollo pueden alcanzar hasta el 50% de la producción. En los países en desarrollo más

del 40% de las pérdidas de alimentos se producen en las etapas de poscosecha y procesamiento (4). Los principales hongos que atacan a los productos hortofrutícolas en la poscosecha son de los géneros: *Rhizopus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Botrytis*, *Monilinia* y *Colletotrichum* (5,6). Identificar los patógenos causantes de enfermedades durante la poscosecha de pitahaya amarilla permitirá desarrollar métodos de control eficaces que ayuden a disminuir las pérdidas durante su almacenamiento. El objetivo de esta investigación fue aislar e identificar a nivel de género los patógenos fúngicos responsables de las podredumbres de pitahaya amarilla durante la poscosecha, y determinar la cepa de mayor patogenicidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de pitahaya amarilla provenientes del cantón Pedro Vicente Maldonado (Pichincha - Ecuador), los cuales presentaban grado de madurez 2 (frutos de color amarillo con las mamilas separadas y verdes en la punta) según la Norma Técnica Ecuatoriana, NTE INEN 2003-05, 2005 (7).

Aislamiento, purificación e identificación morfológica

Las cepas patógenas se aislaron de frutos con signos y síntomas de enfermedades fúngicas después de 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente (20°C). Para el aislamiento, se utilizaron los tejidos enfermos de 4 frutos que fueron lavados en agua estéril durante 3 min. Con estos tejidos se preparó una suspensión con 200 mL de agua destilada estéril con tween 80 al 0,05% (v/v). Se realizaron 10 repeticiones. Con las suspensiones se realizó un banco de dilución triple (D2, D3, D4) y se sembró por triplicado, 0,1 mL en placas Petri con medio de cultivo PDA, las placas se incubaron a 25°C. Los hongos detectados fueron purificados mediante la resiembra en PDA. Se realizaron dos aislamientos para encontrar la mayoría de hongos asociados al deterioro en poscosecha de pitahaya amarilla.

La identificación a nivel de género de cada cepa se basó en la observación de la morfología de la colonia y de las características de las estructuras fructíferas. Se utilizaron cepas desarrolladas de 7 a 10 días a 25°C en medio PDA. Se comparó lo observado con claves micológicas descritas por Pitt y Hocking, 2009 (8).

Evaluación de la severidad

Para la determinación del agente patogénico más agresivo se utilizó un diseño factorial 3×2 donde las variables de diseño fueron el tipo de patógeno y la concentración de inóculo (10^3 y 10^5 conidias mL^{-1}). En base a datos bibliográficos, se seleccionaron tres patógenos de la colección de cepas obtenidas. Para determinar la concentración que produzca mayor nivel de podredumbre en los frutos, con las cepas seleccionadas se prepararon suspensiones de conidias a dos concentraciones (10^3 y 10^5 conidias mL^{-1}). Las suspensiones de conidias se obtuvieron de cepas con un crecimiento micelial en PDA de 7 a 10 días a 25°C . Los frutos de pitahaya fueron desinfectados (inmersión en agua clorada, 100 ppm, durante 2 min.), secados a temperatura ambiente, e inoculados con las suspensiones de esporas de las tres cepas. Con un punzón metálico estéril se realizó una herida en la zona ecuatorial del fruto, posteriormente la inoculación se realizó colocando 20 μL de la suspensión de esporas en la herida. Una vez que el inóculo se secó, los frutos fueron almacenados a 12°C y 90% HR durante 21 días. Se determinó la severidad de cada cepa mediante la medición del

diámetro de podredumbre (cm), durante todo el periodo de almacenamiento. Se utilizaron 20 frutos repartidos en 4 réplicas para cada cepa y para cada concentración de inóculo, se utilizaron en total 120 pitahayas amarillas.

Análisis estadístico de datos

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), y se determinó las diferencias entre las medias con la prueba de mínima diferencia significativa (LSD) a un 95% de nivel de confianza. Se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVI.

RESULTADOS

Aislamiento, purificación e identificación morfológica

Se realizaron dos aislamientos en los que, a nivel de género se identificaron: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Rhizopus*. En la Figura 1 se muestran las fotografías macro y microscópicas de las cepas desarrolladas siete días a 25°C en medio de cultivo PDA.

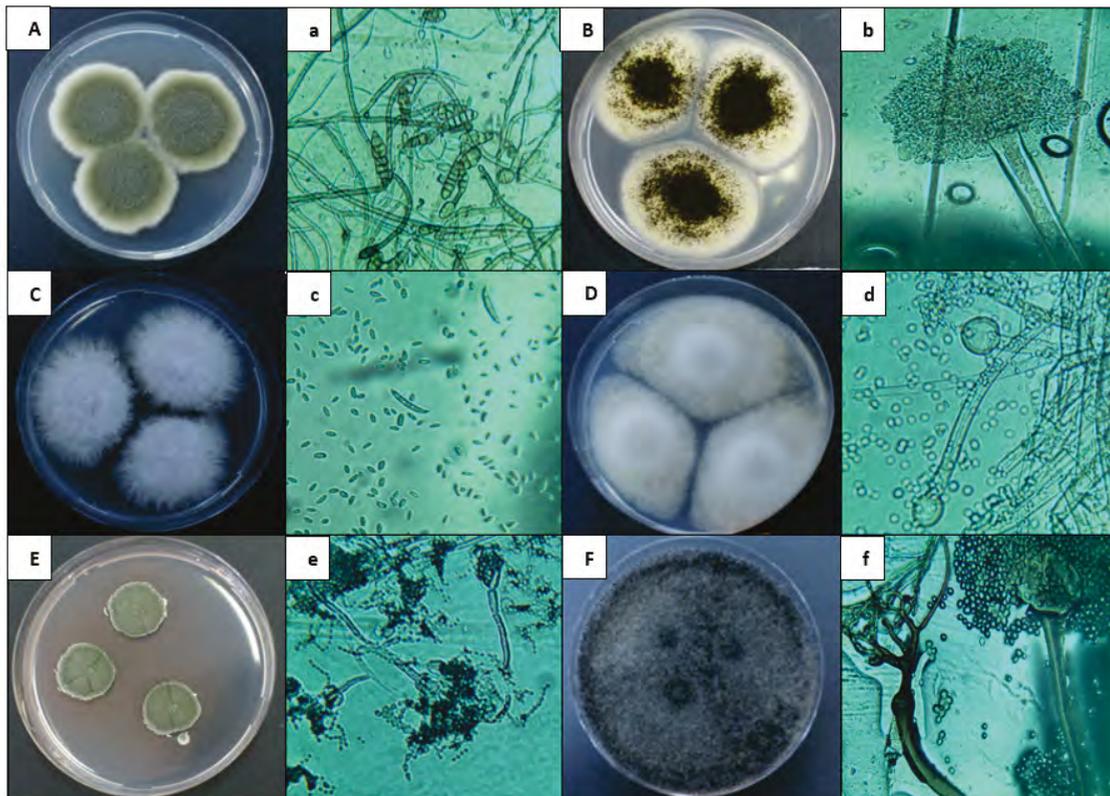


Figura 1. Hongos patógenos aislados de frutos de pitahaya amarilla durante la poscosecha. Desarrollados 7 días en PDA. Colonias y estructuras reproductivas fructíferas. (A, a) *Alternaria* sp., (B, b) *Aspergillus* sp. (C, c) *Fusarium* sp., (D, d) *Mucor* sp., (E, e) *Penicillium* sp., (F, f) *Rhizopus* sp.

Evaluación de la severidad de las cepas seleccionadas

Se realizó el seguimiento del tamaño de lesión provocado por las cepas *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp. y *Rhizopus* sp. Estos hongos fueron seleccionados por ser considerados patógenos característicos en poscosecha de frutos tropicales y subtropicales (9). Además por ser encontrados durante el cultivo y almacenamiento de pitahaya amarilla (10,11).

El tipo de cepa utilizada tuvo un efecto significativo sobre la severidad ($p < 0.05$). En todos los casos el nivel de podredumbre fue mayor al utilizarse una concentración de 10^5 conidias mL^{-1} . El hongo de género *Alternaria*, alcanzó un valor de 4.44 cm de lesión a una concentración de 10^5 conidias mL^{-1} a los 21 días de almacenamiento refrigerado (Figura 2). A la misma concentración la severidad de los hongos *Aspergillus* sp. y *Rhizopus* sp. fue 3.32 y 1.89 cm, respectivamente.

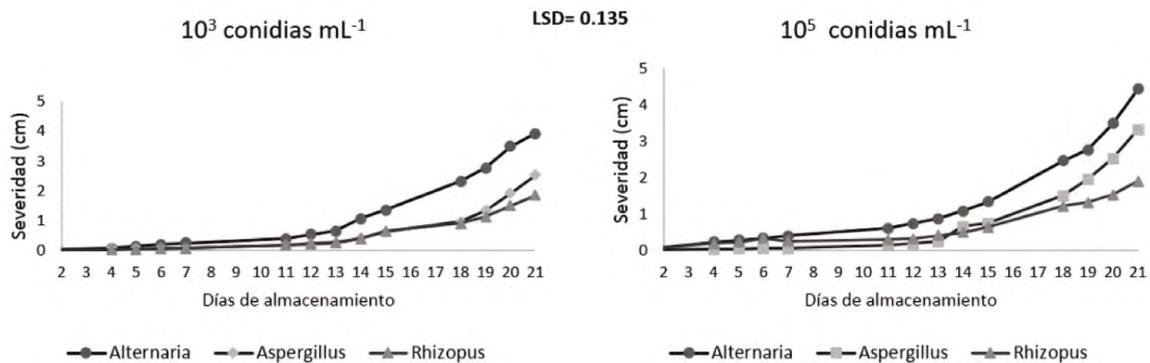


Figura 2. Severidad (diámetro de lesión, cm) de los patógenos *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp. y *Rhizopus* sp., a 10^3 y 10^5 conidias mL^{-1} , en frutos de pitahaya amarilla almacenados hasta 21 días a 12°C y 90% H.R. Cada punto representa la media de 20 frutos, LSD ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Identificación morfológica de cepas aisladas

Las cepas de *Alternaria* sp., presentaron una coloración verde oliva y en el borde un micelio algodonoso blanco (Figura 1. A), característico de este género (12). La morfología de las esporas (forma alargada y septada) fue la principal característica de identificación (Figura 1. a) (12). Las cepas de *Aspergillus* sp. presentaron una apariencia algodonosa de color amarillo. Los esporangios se acumularon en el centro de la colonia, dieron una apariencia granulosa (Figura 1.B). En la Figura 1. b, se muestra la parte superior del conidióforo donde se observa la vesícula en la que se acumulan las conidias. *Fusarium* sp. presentó un micelio algodonoso de color blanco y zonas rosadas (Figura 1. C). La principal característica de identificación es la presencia de macroconidias de forma fusiforme y septada (Figura 1.c) (1). Las cepas del género *Mucor* cubrieron toda la placa, el micelio algodonoso presentó un

tono marrón (Figura 1.D). Presentó hifas hialinas y aseptadas (Figura 1.d). *Penicillium* sp. macroscópicamente se caracterizó por una coloración verde con textura aterciopelada (Figura 1.E). La identificación se basó en la característica de las terminaciones de los conidióforos (13), se presentaron en forma de pinceles (Figura 1.e). Del género *Rhizopus*, las colonias cubrieron toda la placa. El micelio de color blanco y negro se presentó apariencia flocosa (Figura 1.F). Esta cepa fue caracterizada principalmente por la presencia de rizoides (14), (Figura 1.f). Las características descritas de cada cepa, coinciden con las claves micológicas de Pitt y Hocking, 2009 (8). Las cepas aisladas corresponden a patógenos que se consideran causantes de enfermedades poscosecha de productos hortofrutícolas. Estos pertenecen a las clases Zygomycetes, Ascomycetes y Deuteromyces. Causan las enfermedades más comunes en poscosecha y generan grandes pérdidas durante este periodo (5,15). *Alternaria* y *Fusarium* son hongos que se han registrado durante el cultivo y poscosecha de

pitahaya (11). Guerrero, 2014 (10) menciona como patógenos de poscosecha de esta fruta a *Alternaria* sp., *Rhizopus* sp., *Cladosporium* sp. y *Fusarium* sp.

Evaluación de la severidad de las cepas seleccionadas

En este estudio se encontró que a las dos concentraciones evaluadas *Alternaria* sp. fue la cepa que presentó mayor severidad. *Alternaria* sp. es un patógeno que ha sido encontrado en la poscosecha de frutas tropicales como el mango (*Mangifera indica*) y la papaya (*Carica papaya*). Según Prusky et al., (1999) (16) la podredumbre negra causada por *Alternaria alternata* es la enfermedad de mayor importancia en el almacenamiento de mango en Israel. Álvarez y Nishijima, 1987 (17) mencionan que en frutos de papaya este hongo es uno de los principales causantes del deterioro durante la etapa de poscosecha. Los síntomas de la enfermedad causada por cepas del género *Alternaria* se presentan con mayor frecuencia en frutos refrigerados (12). Este factor pudo haber ocasionado que la cepa *Alternaria* sp. se desarrolle y provoque mayor severidad que las cepas de *Aspergillus* sp. y *Rhizopus* sp.

Limitaciones

Durante la evaluación de la severidad, se presentaron limitaciones, debido a la morfología de los frutos de pitahaya amarilla. Al presentar brácteas en la piel, se dificultó la medición del diámetro de lesión.

CONCLUSIONES

En este estudio se identificaron a los géneros: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium* y *Rhizopus* como agentes patógenos en la poscosecha de pitahaya amarilla. La patogenicidad de los hongos *Alternaria* sp. *Aspergillus* sp. y *Rhizopus* sp. fue evaluada y se determinó que el patógeno más agresivo durante la poscosecha de pitahaya amarilla fue *Alternaria* sp.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Escuela Politécnica Nacional, a través del Proyecto PIMI 14-

16, y contó con el auspicio del Programa Prometeo de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) de Ecuador.

REFERENCIAS

- Díaz J. Biología y manejo poscosecha pitahaya roja y amarilla (*Hylocereus* spp., y *Selenicereus* spp.). La Calera. 2005; 5(10):44-9.
- Kondo T, Martínez M, Medina A, Rebolledo A, Cardozo C. Manual Técnico: Tecnología para el manejo de pitaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran en Colombia. CORPOICA. Valle del Cauca, Colombia. 2013.
- Banco Central del Ecuador. Comercio Exterior [Internet]. Quito, Ecuador: BCE.2016. [citado 5 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.bce.fin.ec/index.php/c-externo>.
- FAO. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo [Internet]. Düsseldorf, Alemania; 2011. [citado 5 de enero de 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i2697s/i2697s.pdf>
- Agrios G. Plant Pathology. 5ta ed. San Diego, California, USA : ELSEVIER. 2005; 922 p.
- Bautista-Baños S. Postharvest decay. San Diego, California, USA :ELSEVIER. 2014; 383 p.
- INEN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 003:2005: Frutas frescas pitahaya amarilla. Requisitos. Quito, Ecuador. 2005; 10 p.
- Pitt J, Hocking A. Fungi and Food Spoilage. 3ra. ed. Australia :Springer; 2009. 519 p.
- Droby S, Wisniewski I, Benkeblia N. Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical fruits. UK: Woodhead. Postharvest pathology of tropical and subtropical fruit and strategies for decay control. 2011; 6: 194-216 p.
- Guerrero G. Estudio del manejo poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*.) procedente del cantón Pedro Vicente Maldonado de la Provincia de Pichincha. [Proyecto de pregrado]. [Quito, Ecuador]: Escuela Politécnica Nacional. 2014. 136 p.
- Trujillo D. Microorganismos asociados a la pudrición blanda del tallo y manchado del fruto en el cultivo de pitahaya amarilla en Ecuador. [Proyecto de pregrado]. [Quito, Ecuador]: Universidad Central del Ecuador. 2014. 90 p.
- Troncoso-Rojas R, Tiznado-Hernández M. Postharvest decay. San Diego, California, USA: ELSEVIER. *Alternaria alternata* (Black rot, Black spot).2014; 5: 147-187.
- Errampalli D. Postharvest decay. San Diego, California, USA: ELSEVIER; *Penicillium expansum*. 2014; 6: 189-231.
- Hernández A, Bautista-Baños S, Trejo L. Identification of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb : Fr .) Vuill., Causal Agent of Rhizopus Rot Disease of Fruits and Vegetables. Rev Mex Fitopatol. 2006; 24(1):65-69.
- Narayanasamy P. Postharvest pathogens and disease management. Coimbatore: John Wiley & Sons, nc. 2006; 578 p.
- Prusky D, Fuchs Y, Kobiler I, Roth I, Weksler A, Shalom Y, et al. Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on the incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits. Postharvest Biol Technol. 1999;15(1999):165-74.
- Alvarez AM, Nishijima WT. Postharvest Diseases of Papaya. Hawaii Honolulu: Plant Disease. 1987; 681-686.

EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE PELÍCULAS COMESTIBLES DE GEL DE ALOE VERA Y ALMIDÓN DE YUCA

EVALUATION OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF EDIBLE FILMS FROM GEL ALOE VERA AND CASSAVA STARCH

Juan G. REALES A., M.Sc.^{1*}, José G. LARA O., Ing.², Luis F. DÍAZ C., Ing.²

RESUMEN

Antecedentes: El uso de películas comestibles es una tecnología promisoría para la conservación de alimentos debido a que actúan como barreras a la pérdida de agua, controlan la transferencia de humedad, oxígeno, lípidos y componentes del flavor. **Objetivos:** Evaluar las propiedades fisicoquímicas de películas comestibles a base de gel de aloe vera (*Aloe Barbadensis* Miller) y almidón de yuca determinando la solubilidad, permeabilidad y transparencia de las películas. **Métodos:** Se realizó un diseño completamente al azar, donde se estudió el efecto de la concentración de gel de aloe vera (*Aloe barbadensis miller*), mezclada con almidón de yuca. La composición de la película comestible está formada por el 1% de glicerol como plastificante, agua destilada y la concentración de gel de aloe vera (5-25%) y almidón de yuca (3%). Las soluciones formadoras obtenidas de las diferentes mezclas (Gel de aloe vera: Almidón de yuca), fueron dispersas convenientemente en cajas Petri de (60 x 15 cm) plásticas y sometidas a secado a 30 °C en horno por un tiempo de 24 horas. El espesor de las películas se fijó de 80 μm. Se determinó la solubilidad, permeabilidad y transparencia de las películas elaboradas. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y el método LSD de comparaciones múltiples utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI. **Resultados:** Los resultados obtenidos mostraron que la concentración de gel de Aloe vera en el rango estudiado no ejerció un efecto significativo (p -valores > 0,05) en la solubilidad y la permeabilidad al vapor de agua de las películas formadas. Por otra

parte, la concentración de gel de Aloe Vera si influyó en la transparencia de las películas formadas, obteniéndose mejores resultados con 25% de gel, la mayor concentración estudiada. **Conclusiones:** Los resultados obtenidos muestran que la película comestible que contiene 25% de gel de Aloe vera, 3 % de almidón, 1% de glicerol presenta las mejores propiedades fisicoquímicas para ser utilizado en la conservación de alimentos de alta humedad como lo son las frutas.

Palabras clave: Biopelícula, aloe vera, solubilidad, permeabilidad, color.

ABSTRACT

Background: The use of edible films is a promising technology for food preservation because they act as barriers to water loss, control the transfer of moisture, oxygen, lipids and flavor components. **Objectives:** To evaluate the physicochemical properties of edible films based on aloe vera gel (*Aloe Barbadensis* Miller) and cassava starch determining solubility, permeability and transparency of the films. **Methods:** A completely random design, where the effect of the concentration of aloe vera gel (*Aloe barbadensis* Miller), mixed with cassava starch study. The edible film composition consists of 1% glycerol as a plasticizer, distilled water and the concentration of aloe vera gel (5-25%) and cassava starch (3%). Forming solutions obtained from the different mixtures (Aloe vera gel: cassava starch) were dispersed conveniently in Petri dishes (60 x 15 cm) plastic and subjected to drying at 30 °C oven for a period of 24 hours. The film thick-

¹ Grupo de Energías Alternativas y Biomasa. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia

² Grupo de Investigación en Biotecnología e Innovación Agroindustrial. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: juanreales@unicesar.edu.co

ness was set to 80 μm . Solubility, permeability and transparency of films produced was determined. Analysis of variance (ANOVA) was performed and the LSD method for multiple comparisons using the statistical package Statgraphics Centurion XVI.

Results: The results showed that the concentration of Aloe vera gel in the range studied had no significant effect (p -values > 0.05) in solubility and water vapor permeability of the films formed. Moreover, the concentration of Aloe Vera gel influenced if transparency of the films formed, obtaining better results with 25% gel, the highest concentration studied. **Conclusions:** The results show that the edible film containing 25% of Aloe vera gel, 3% starch, 1% glycerol has the best physico-chemical properties for use in food preservation of high humidity such as fruits.

Keywords: Biofilm, aloe vera, solubility, permeability, color.

INTRODUCCIÓN

Las películas comestibles son una innovación dentro del concepto de empaque activo y se han utilizado para reducir el ataque microbiano y el pardeamiento enzimático de alimentos. (1-3). Un gran número de polímeros puede ser usado en la formulación de películas comestibles. El almidón de yuca es uno de los polisacáridos más usados para este propósito debido a que no cambia el sabor, aroma y transparencia del producto (4). El gel de Aloe vera se caracteriza por la presencia de compuestos fenólicos de gran poder antioxidante, que son generalmente clasificados en dos grupos principales: las cromonas y las antraquinonas. Debido a estas propiedades se ha ampliado su uso en películas comestibles (5). El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas de películas comestibles formadas con gel de aloe vera y almidón de yuca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El gel de Aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) se obtuvo de un cultivo ubicado en Valledupar-Cesar, Colombia. El almidón de yuca grado alimentario fueron obtenidos en un mercado local de Valledupar, Colombia. El glicerol que se utilizó como plastificante fue de 85% pureza y densidad 1,218-1,225 g/cm^3 marca EMSURE® y se utilizó agua destilada.

Elaboración de las películas

Las soluciones formadoras obtenidas de las diferentes mezclas (Gel de aloe vera: Almidón de yuca), fueron dispersas convenientemente en cajas Petri de (60 x 15 cm) plásticas y sometidas a secado a 30 °C en horno por un tiempo de 24 horas. El espesor de las películas se fijó de 80 μm . Las películas fueron almacenadas en desecadores a 25 °C y humedad relativa del 58% (con solución saturada de NaBr) hasta el momento de su análisis.

Determinación de la Solubilidad en agua

Para determinar la materia seca inicial de las películas, se cortaron tiras de 1 cm x 6 cm y se secaron a 105 °C por un tiempo de 24 horas. Otras películas fueron cortadas, pesadas y sumergidas en 50 ml de agua destilada con agitación constante en un Shaker durante 24 horas a 25°C, al transcurrir el tiempo de agitación, se sacaron las tiritas y se secaron a 105 °C por 24 horas. Luego se pesaron para determinar la masa seca final. Todas las pruebas se llevaron a cabo por triplicado. La solubilidad en agua se calculó mediante la ecuación 1.

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{masa seca inicial} - \text{masa seca final}}{\text{masa seca inicial}} \times 100$$

Ecuación 1. Cálculo del porcentaje de solubilidad"

Determinación de permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua se determinó siguiendo el método ASTM E 96/ E 96M-05 ajustado. Se tomaron cajas de petri de filtración por membrana, las cuales tenían un diámetro interno de 5 cm y un diámetro externo de 5,4 cm y una profundidad de 1,3 cm. La caja de Petri fue llenada con 10 ml de agua destilada con el fin de generar un 100% de humedad relativa y posteriormente se colocó la película y se selló con una banda elástica o caucho banda con el fin de evitar escape de vapor. Luego de tener las películas colocadas y selladas se pesaron en una balanza analítica y se llevaron a un desecador que contenía silica gel con un 14% de HR. Los cambios de peso se registraron cada hora por un periodo de tiempo de 12 horas. Los ensayos se realizaron por triplicado y la permeabilidad al vapor de agua se calculó como indica la ecuación 2, expresados en WVP ($\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1} \text{Pa}^{-1} \text{mm}$).

$$WVP = \frac{m \cdot X}{(A \cdot S \cdot (\%HR1 - \%HR2))}$$

Ecuación 2. Cálculo de la permeabilidad al vapor de agua”

Dónde WVP es la permeabilidad al vapor de agua, m es la pendiente de la línea recta, A es el área de ensayo, X es el espesor de las películas y S es la presión de vapor de agua a 28°C y 3568,1 Pa; %HR1 y %HR2 son las humedades relativas en el desecador y en las celdas de permeación respectivamente.

Determinación de transparencia

La transparencia de las películas delgadas fueron determinadas preliminarmente por absorción utilizando fibras ópticas, tres láseres con longitudes de ondas de 650nm, 532nm, 405nm, potencias menores a 10 mW y un medidor de potencia óptica (Newport) modelo 1928-C. El procedimiento se realizó bajo las mismas condiciones de iluminación, temperatura y distancias de medición entre fuente de iluminación (láser) muestra (películas) y detector, tomando como variable de interés a medir las variaciones de intensidad generadas al analizar la muestra después de que incidió en ellas el haz de luz.

Diseño experimental

Para determinar la concentración óptima de cada uno de los componentes que se incluyen en la película comestible, se realizó un diseño completamente al azar, donde se estudió la concentración de gel de aloe vera en mezcla con almidón de yuca (T₁: 5% gel-3% almidón; T₂: 15% gel-3% almidón; T₃: 25% gel-3% almidón). Además se le incorporó 1% de glicerol como plastificante y agua destilada.

Las variables de respuesta fueron solubilidad, permeabilidad y transparencia. Se realizó análisis de varianza y el método LSD (mínimas diferencias significativas) de comparaciones múltiples, con un nivel de confianza del 95% (p<0,05) utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Inc., USA).

RESULTADOS

Solubilidad y permeabilidad al vapor de agua de películas comestibles

Los resultados obtenidos de las mediciones de solubilidad y permeabilidad al vapor de agua de las películas se presentan en tabla 1.

Tabla 1. Efecto de la mezcla (Gel de Aloe: Almidón) en la solubilidad y permeabilidad al vapor de agua.

Tratamientos	Formulación (Gel de Aloe: Almidón)	Solubilidad (%)	PVA (g m ⁻² h ⁻¹ Pa ⁻¹ mm)
T ₁	5:3	33,37 ± 6,83	9,564x10 ⁻⁴ ± 1,144x10 ⁻⁴
T ₂	15:3	33,49 ± 4,40	8,830x10 ⁻⁴ ± 1,726 x10 ⁻⁵
T ₃	25:3	37,49 ± 1,63	8,932 x10 ⁻⁴ ± 1,014x10 ⁻⁵

Los resultados obtenidos con base a la solubilidad muestran que no existe diferencia estadísticamente significativa (p-valor>0,05) entre los tratamientos. En cuanto a la permeabilidad al vapor de agua tampoco hubo diferencia significativa entre los tratamientos estudiados.

Transparencia de películas comestibles

Los resultados de absorción óptica de cada tratamiento para determinar la mayor transparencia se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Efecto de la mezcla (Gel de Aloe: Almidón) en la transparencia.

Tratamientos	Formulación (Gel de Aloe: Almidón)	Potencia óptica Color Rojo (I ₀ = 757 nW)	Potencia óptica Color verde (I ₀ = 260 nW)	Potencia óptica Color violeta (I ₀ = 2,55 μW)
T ₁ (I _f)	5:3	572,667 ± 28,006	209,667 ± 15,011	1,770 ± 0,118
T ₂ (I _f)	15:3	546,0 ± 48,590	178,333 ± 13,796	1,737 ± 0,166
T ₃ (I _f)	25:3	574,667 ± 10,408	231,0 ± 5,568	1,843 ± 0,147

I₀= Intensidad o potencia óptica inicial

I_f= Intensidad o potencia óptica final

Al realizar el ANOVA a los datos obtenidos de la luz monocromática roja y violeta no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Por otra parte al examinar los datos presentados de la luz monocromática verde, hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.; al realizar la prueba de múltiples rangos con un nivel de confianza del 95% se halló que existe diferencia significativa entre los tratamientos T_1 y T_3 con respecto al tratamiento T_2 .

DISCUSION

El aumento de la concentración de gel de aloe vera en los porcentajes estudiados no ejerció ninguna influencia significativa en cuanto a la porcentaje de solubilidad a diferencia de lo sucedido con el trabajo de (6) para películas de quitosano en mezcla con gel de aloe vera, donde el aumento de la concentración de gel de aloe vera aumentó la solubilidad de la película. El almidón de yuca al presentar valores relativamente bajos de solubilidad puede funcionar como matriz en la preparación de soluciones formadoras de películas comestibles y/o biodegradables, aspecto que es muy beneficioso al ser aplicado en alimentos con alto porcentaje de humedad.

Los valores de PVA son mil veces más bajos comparados con los reportados por (7) donde el análisis de permeabilidad de una película a base de gel de aloe vera presentó un resultado de $1,9541 \text{ g m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ Pa}^{-1} \text{ mm}$. La baja permeabilidad de las películas se debe a que el glicerol ayuda a que el almidón de yuca logre una interacción química con el gel mejorando sus propiedades de barrera.

Los tratamientos T_1 y T_3 no presentan diferencias estadísticamente significativas en la absorción de luz monocromática verde, indicando esto que a 15 y 25 % de gel de Aloe Vera en la formulación se obtiene la mayor transparencia. Con base a los

datos experimentales y al mayor aprovechamiento de las propiedades biológicas del gel, se escoge el T_3 como el mejor tratamiento.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la película comestible que contiene 25% de gel de Aloe vera, 3 % de almidón, 1% de glicerol presenta las mejores propiedades fisicoquímicas para ser utilizado en la conservación de alimentos de alta humedad como lo son las frutas, y al contener la mayor concentración de gel de Aloe vera permite un mejor aprovechamiento de sus propiedades biológicas.

REFERENCIAS

1. Rico F, Gutiérrez C, Díaz C. Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano y aceites esenciales en la calidad microbiológica de mango (*Mangifera indica* L.) mínimamente procesado. Vitae. 2012 Junio; 19(1): 117-119.
2. Chiumarelli M, Ferrari C, Sarantópoulos C, Hubinger M. Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 2011 July; 12 (3): 381-387.
3. Ramos M, Bautista S, Barrera L, Bosquez E, Alia I, Estrada M. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. Rev. Mex. Fitopatol. 2010 Enero; 28(1): 44-57.
4. Chiumarelli M, Hubinger M. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glicerol, carnauba wax and stearic acid. Food Hydrocolloid. 2014 July; 38:20-27.
5. Benítez S, Achaerandio I, Sepulcre F, Pujolà M. Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed 'Hayward' kiwifruit. Postharvest Biol Tec. 2013 July; 81:29-36.
6. Sadegh Khoshgozaran-Abrasa H, Zohreh H, Niloofar B. Mechanical, physicochemical and color properties of chitosan based-films as a function of Aloe vera gel incorporation. Carbohydr Polym. 2012 February; 87(3): 2058-2062.
7. Alvarado-González J, Chanona-Pérez J, Welti-Chanes J. S, Calderón-Domínguez G, Arzate-Vásquez I, Pacheco-Alcalá S.U, Garibay-Febles V, Gutiérrez-López G.F. Optical, microstructural, functional and nanomechanical properties of Aloe vera gel/gellan gum edible films. Rev. Mex. Ing. Quím. 2012 August; 11(2): 193-210.

DESARROLLO DE TRATAMIENTOS DE DESINFESTACIÓN CON MICROONDAS CONTRA MOSCA MEXICANA DE LA FRUTA (*Anastrepha ludens*) EN MAMEY (*Pouteria sapota*)

DEVELOPING MICROWAVE DISINFESTATION TREATMENTS AGAINST MEXICAN FRUIT FLY (*Anastrepha ludens*) IN MAMEY SAPOTE FRUITS (*Pouteria sapota*)

Noemí ELÍAS-GONZÁLEZ BEng.¹, Abel CERÓN-GARCÍA PhD.¹, Julián Andrés GÓMEZ-SALAZAR PhD.¹, María Elena SOSA-MORALES PhD.^{1*}

RESUMEN

Antecedentes: Los tratamientos cuarentenarios evitan la propagación de plagas entre países y reducen las pérdidas poscosecha. Sin embargo, los tratamientos térmicos aprobados consisten en largos tiempos de exposición de los frutos a altas temperaturas de los frutos, que reducen su calidad. El calentamiento con microondas es una alternativa con ventajas sobre estos tratamientos térmicos, siendo rápido y amigable con el medio ambiente. Las moscas del género *Anastrepha* son plagas que atacan a frutos tropicales como cítricos, mangos y zapotes, entre ellos el mamey. **Objetivo:** El objetivo de este trabajo fue diseñar tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas en frutos de mamey (*Pouteria sapota*) variedades Magaña y Rivera, para matar larvas de mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*), sin afectar las características fisicoquímicas de los frutos. **MÉTODOS:** Se sumergieron frutos de mamey en agua y se sometieron a calentamiento con microondas a dos potencias (311 y 563.6 W) hasta alcanzar 48°C, temperatura que fue mantenida por 6 min. Estas condiciones han sido reportadas como suficientes para matar larvas del tercer estadio de *A. ludens*. Después del calentamiento, los frutos fueron sumergidos en agua a 4°C para su enfriamiento hasta alcanzar una temperatura ambiente. Se determinaron textura, color, sólidos solubles totales y acidez titulable en los frutos tratados y sin tratamiento (testigo) durante 7 días de almacenamiento. **Resultados:** Los tratamientos con microondas duraron 20 y 12 min para lograr

una temperatura de 48°C en el centro de los frutos a las potencias de 311 y 563.6 W, respectivamente. Se observaron cambios significativos en textura y color ($P < 0.05$) en frutos de mamey tratados a 563.6 W, quedando totalmente descartados para consumo o comercialización. Por otro lado, en los frutos que se sometieron al tratamiento con una potencia de 311 W no hubo efecto en color, textura, acidez titulable y sólidos solubles ($P > 0.05$), en comparación con los frutos testigo (sin tratamiento). **Conclusiones:** El tratamiento con microondas a potencia de 311 W tiene potencial para desinfestar mamey variedad Magaña y Rivera, debido a que no afecta sus propiedades fisicoquímicas durante su almacenamiento por 7 días.

Palabras clave: Mamey, mosca mexicana de la fruta, microondas, desinfestación.

ABSTRACT

Background: Quarantine treatments prevent the spread of pests between countries and reduce postharvest losses. However, the approved treatments include long exposure time of fruits to high temperatures, which reduce their quality. The microwave heating is an alternative with advantages over these heat treatments, such as faster and environmentally friendly. Flies from *Anastrepha* genus are pests for tropical fruits including citrus, mango and sapotes, including mamey sapote. **Objectives:** The objective of this work was to develop microwave-assisted hydrothermal treatments in mamey sapote fruits (*Pouteria sapota*),

¹ Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Ex-Hacienda El Copal Carr. Irapuato-Silao km 9, Irapuato, Guanajuato 36500 México.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: msosa@ugto.mx

Magaña and Rivera varieties, to kill Mexican fruit fly larvae (*Anastrepha ludens*), without affecting physicochemical characteristics. **Methods:** Fruits were immersed in water and subjected to microwave heating at two power levels (311 and 563.6 W) till reach the target temperature of 48°C, and held for 6 min. These conditions have been reported as enough to kill the third-instar larvae of *A. ludens*. After heating, the fruits were immersed in water at 4°C for cooling to room temperature. Texture, color, total soluble solids, and titratable acidity were determined in treated and untreated (control) fruits through their storage at 4°C during 7 days. **Results:** The microwave treatments took 20 to 12 min to achieve the target temperature (48°C) in the center of the fruit at powers of 311 W and 563.6, respectively. Significant changes in texture and color ($P < 0.05$) were observed in treated mamey sapotes at 563.6 W, being discarded for consumption or marketing. On the other hand, the fruits treated of 311 W there was not affected on color, texture, titratable acidity and total soluble solids ($P > 0.05$) compared with control fruits (without treatment). **Conclusions:** Treatment at microwave power of 311 W has potential for mamey sapote Magaña and Rivera varieties, because it does not affect the physicochemical properties of the fruits during refrigerated storage for 7 days.

Keywords: Mamey sapote, Mexican fruit fly, microwaves, disinfestation.

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos térmicos han sido adoptados como tratamientos cuarentenarios para el comercio internacional, evitando pérdidas económicas y la transmisión de plagas entre países. Son relativamente fáciles de aplicar, no dejan residuos químicos, y pueden ser fungicidas (1). En el calentamiento convencional con agua o aire, la velocidad de energía térmica que llega al interior del producto está fuertemente influenciada por el tamaño del fruto. Los frutos frescos son sensibles al calor y una ligera desviación del tiempo o la temperatura requerida puede resultar en un fruto con calidad inaceptable (2). El tipo de calentamiento afecta de manera diferente los parámetros de calidad de los frutos (3).

Las microondas son ondas del espectro electromagnético que son usadas para el calentamiento de

alimentos a frecuencias de 915 y 2450 MHz (4). Presentan ventajas sobre el calentamiento convencional como rapidez y que es una tecnología amigable con el medio ambiente, debido a que se producen por electricidad y la electricidad a su vez, puede ser generada por fuentes renovables.

El mamey (*Pouteria sapota*) es un fruto apreciado por su textura y sabor. Por porción de 100 g, aporta 5.4 g de fibra, 454 mg de potasio, 143 UI de vitamina A y 2.11 mg de vitamina E (5). El mamey es atacado por la mosca del zapote (*Anastrepha serpentina*) y otras moscas del género *Anastrepha*, como *A. ludens*, que también afecta al mango y a los cítricos (6). Las pérdidas llegan a ser de hasta el 40% de las cosechas.

Con el objetivo de controlar la presencia de larvas de *A. ludens* que limiten la comercialización de mamey, se propone desarrollar tratamientos poscosecha asistidos con microondas, evaluando su efecto sobre las principales características físicas y fisicoquímicas de los frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se compraron frutos de mamey var. Magaña (Fig 1.a) y var. Rivera (Figura 1.b) en la ciudad de Irapuato, Guanajuato, Mexico. Los frutos eran fisiológicamente maduros, aún no en madurez comercial. La var. Magaña es más larga y pigmentada que la Rivera.

Propiedades fisicoquímicas del mamey (antes y después del tratamiento)

Color: Se determinó el color de la pulpa de mamey con un colorímetro Color Flex (modelo EZ CFEZ C483, HunterLab, Estados Unidos), utilizando la escala CIEL*a*b*. **Acidez titulable (% de ácido málico):** Se obtuvo por medio de la técnica de la AOAC (7) por titulación potenciométrica con NaOH 0.1 N. **Sólidos solubles totales (°Brix):** Se determinaron con refractómetro digital (Hanna Instruments, Rumania). **Firmeza:** Se midió con un texturómetro (Texture Analyzer TA-XT2, Reino Unido) con una sonda de 2 mm de diámetro con una distancia de penetración de 10 mm y con una velocidad de 1 mm/s sobre la cáscara del fruto en la zona ecuatorial.

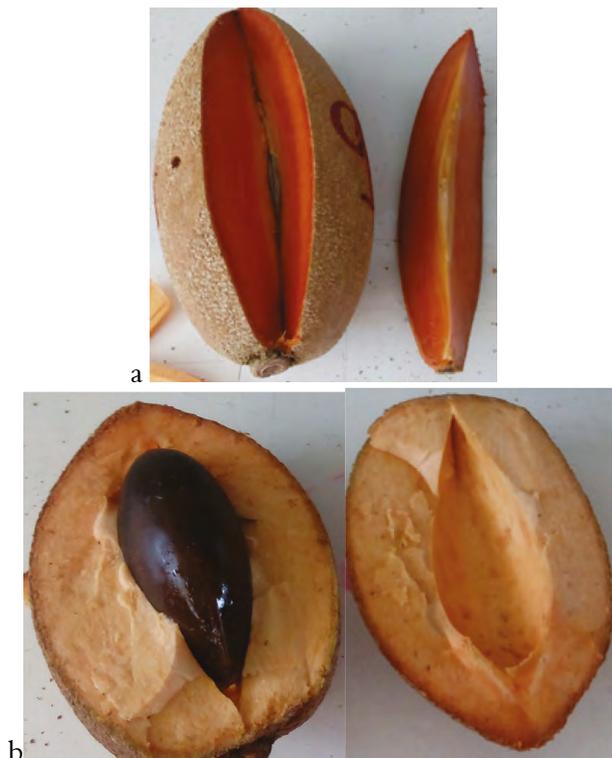


Figura 1. Frutos de mamey antes del tratamiento con microondas (a) variedad Magaña (b) variedad Rivera.

Tratamientos asistidos con microondas

Se desarrollaron tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas usando un horno doméstico marca LG (600 W, 2450 MHz, México, D.F.). Dos frutos fueron sumergidos en agua en una proporción 2.5:1 (agua: fruta) y se calentaron hasta alcanzar la temperatura objetivo de 48°C, reportada para matar larvas del tercer estadio de mosca de la fruta (el estadio más termosistente); la temperatura se mantuvo por 6 min (8). Después del calentamiento los frutos de mamey fueron sumergidos en agua a 4°C para su enfriamiento hasta alcanzar una temperatura ambiente. Las temperaturas fueron registradas con un termopar tipo T.

Almacenamiento de los frutos

Los frutos de la variedad Magaña se almacenaron en refrigeración a 4°C por 7 días después del tratamiento para su posterior análisis, mientras que los frutos de la variedad Rivera se mantuvieron a

temperatura ambiente por 7 días. Las condiciones se determinaron en estudios preliminares.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron estadísticamente a través de pruebas de ANOVA y comparación de medias de Tukey con un nivel de confianza del 95%, usando el software Minitab 16.

RESULTADOS

Perfil de temperatura y duración de los tratamientos

Los tratamientos con microondas para alcanzar la temperatura objetivo tomaron 20 min para la potencia de 311 W y 12 min para la potencia de 563.6 W (Fig. 2). Incluyendo el tiempo de retención (6 min) y el enfriamiento (12 min), el tiempo total para los tratamientos de desinfestación fue de 38 y 30 min.

Efecto de los tratamientos sobre las propiedades fisicoquímicas

Para la var. Magaña, la firmeza y los parámetros de color del mamey disminuyeron con el transcurso del periodo de almacenamiento ($P < 0.05$). Debido a la descomposición que sufrieron los frutos al ser sometidos a un tratamiento hidrotérmico con una potencia de 563.6 W, los frutos fueron descartados. El porcentaje de ácido málico se mantuvo desde antes del tratamiento, al igual que el contenido de sólidos solubles (Tabla 1).

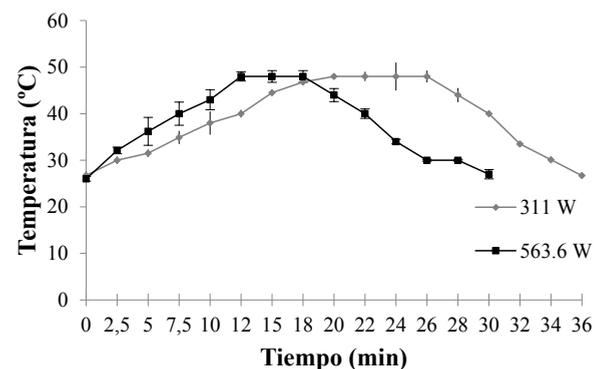


Figura 2. Temperatura del centro de mamey durante los tratamientos con microondas.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de mamey variedad Magaña antes y después de tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas.

Tratamiento	Antes del tratamiento	Día 1	Día 4	Día 7
Firmeza (N)				
Testigo	47.31 ± 1.79 ^a	38.97 ± 1.60 ^a	43.37 ± 0.8 ^a	20.46 ± 1.2 ^a
Microondas 311 W	51.10 ± 1.02 ^b	40.46 ± 1.50 ^a	39.87 ± 0.7 ^{ab}	19.87 ± 1.0 ^a
Microondas 563.6 W	50.52 ± 0.80 ^b	44.75 ± 1.30 ^b	37.68 ± 0.8 ^b	ND
Color L*				
Testigo	49.18 ± 1.08 ^a	40.81 ± 1.90 ^a	39.81 ± 0.9 ^a	39.91 ± 1.8 ^a
Microondas 311 W	48.91 ± 2.10 ^a	42.69 ± 7.09 ^a	38.89 ± 1.8 ^a	42.08 ± 1.9 ^a
Microondas 563.6 W	52.56 ± 2.11 ^a	50.72 ± 0.98 ^b	44.32 ± 2.1 ^b	ND
a*				
Testigo	36.81 ± 2.00 ^a	36.81 ± 1.80 ^a	36.76 ± 0.9 ^a	37.61 ± 1.8 ^a
Microondas 311 W	36.92 ± 0.90 ^a	37.49 ± 0.90 ^a	38.68 ± 0.8 ^a	33.53 ± 2.0 ^a
Microondas 563.6 W	37.60 ± 0.80 ^a	30.45 ± 2.30 ^b	26.48 ± 1.3 ^b	ND
b*				
Testigo	39.49 ± 1.08 ^a	39.45 ± 0.66 ^a	37.34 ± 0.9 ^a	36.86 ± 0.9 ^a
Microondas 311 W	39.45 ± 0.90 ^a	41.18 ± 0.66 ^a	36.78 ± 0.8 ^a	35.71 ± 1.1 ^a
Microondas 563.6 W	41.47 ± 0.86 ^a	40.48 ± 0.90 ^a	32.40 ± 0.7 ^b	ND
Acidez titulable (% ácido málico)				
Testigo	0.11 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^a
Microondas 311 W	0.11 ± 0.02 ^a	0.04 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.01 ^a
Microondas 563.6 W	0.11 ± 0.01 ^a	0.05 ± 0.01 ^a	ND	ND
Sólidos solubles totales (°Bx)				
Testigo	26.52 ± 0.14 ^a	28.75 ± 0.14 ^a	30.56 ± 0.1 ^a	33.2 ± 0.14 ^a
Microondas 311 W	22.30 ± 0.07 ^b	29.15 ± 0.14 ^a	32.80 ± 0.1 ^b	28.5 ± 0.14 ^b
Microondas 563.6 W	22.60 ± 0.07 ^b	25.20 ± 0.07 ^b	ND	ND

Medias con letra diferente indica diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos por parámetro (P<0.05). ND: No determinado

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de mamey variedad Rivera antes y después de tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas.

Tratamiento	Antes del tratamiento	Día 1	Día 4	Día 7
Firmeza (N)				
Testigo	82.01 ± 1.79 ^a	78.46 ± 1.60 ^a	79.34 ± 0.8 ^a	ND
Microondas 311 W	84.37 ± 1.02 ^a	84.84 ± 1.50 ^b	90.94 ± 0.7 ^b	ND
Microondas 563.6 W	84.38 ± 0.80 ^a	72.63 ± 1.30 ^c	88.52 ± 0.8 ^c	ND
Color L*				
Testigo	68.01 ± 1.08 ^a	67.40 ± 1.90 ^a	66.98 ± 0.9 ^a	68.68 ± 1.8 ^a
Microondas 311 W	68.02 ± 2.10 ^a	70.48 ± 7.09 ^a	62.58 ± 1.8 ^b	69.15 ± 1.9 ^a
Microondas 563.6 W	68.03 ± 2.11 ^a	61.40 ± 0.98 ^b	69.70 ± 2.1 ^c	63.56 ± 1.9 ^b
a*				
Testigo	18.83 ± 2.00 ^a	18.49 ± 1.80 ^a	15.45 ± 0.9 ^a	13.71 ± 1.8 ^a
Microondas 311 W	18.81 ± 0.90 ^a	17.23 ± 0.90 ^a	23.19 ± 0.8 ^b	10.41 ± 2.0 ^b
Microondas 563.6 W	18.83 ± 0.80 ^a	24.85 ± 2.30 ^b	18.27 ± 1.3 ^c	15.15 ± 1.8 ^a
b*				
Testigo	33.44 ± 1.08 ^a	31.68 ± 0.66 ^a	32.09 ± 0.9 ^a	29.58 ± 0.9 ^a
Microondas 311 W	33.44 ± 0.90 ^a	31.71 ± 0.66 ^a	36.88 ± 0.8 ^b	26.95 ± 1.1 ^b
Microondas 563.6 W	34.56 ± 0.86 ^a	35.12 ± 0.90 ^b	32.41 ± 0.7 ^b	29.90 ± 0.9 ^a
Acidez titulable (% ácido málico)				
Testigo	0.10 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^a
Microondas 311 W	0.15 ± 0.02 ^b	0.14 ± 0.01 ^b	0.10 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^a
Microondas 563.6 W	0.10 ± 0.01 ^a	0.10 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^a
Sólidos solubles totales (°Bx)				
Testigo	5.40 ± 0.14 ^a	5.40 ± 0.14 ^a	5.30 ± 0.1 ^a	5.30 ± 0.14 ^a
Microondas 311 W	5.31 ± 0.07 ^b	5.41 ± 0.14 ^a	5.05 ± 0.1 ^b	5.44 ± 0.14 ^a
Microondas 563.6 W	5.32 ± 0.07 ^b	5.12 ± 0.07 ^b	5.05 ± 0.1 ^b	5.44 ± 0.07 ^a

Medias con letra diferente indica diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos por parámetro (P<0.05). ND: No determinado.

Al someter a una potencia de 311 W, la firmeza de los frutos tratados no presentó cambios significativos respecto al testigo (Tabla 1), al igual que el color y el porcentaje de ácido málico ($P > 0.05$). Los sólidos solubles tuvieron un aumento con el transcurso del tiempo de almacenamiento para mamey de la var. Magaña, mientras que en la var. Rivera se mantuvieron casi sin cambio tabla 2. La firmeza de los frutos var. Rivera aumentó con el almacenamiento y fue mayor en los frutos tratados con microondas tabla 2.

DISCUSIÓN

Los tratamientos con microondas estudiados se consideran cortos, ya que los tratamientos térmicos aprobados toman al menos 90 min (1) y 45 min de acuerdo a los reportados por Díaz-Pérez (9). Los parámetros fisicoquímicos obtenidos coinciden con los reportados para otros tratamientos hidrotérmicos (9). El color se retiene adecuadamente en alimentos tratados con microondas, como fue reportado por Jimenez et al. (10). La alta potencia (563.6 W) resultó en daños a la calidad de los frutos debido a la alta tasa de calentamiento generada (3) para la var. Magaña, mientras que la var. Rivera resultó ser más resistente, sin afectarse por los tratamientos con alta potencia y sin refrigeración para el almacenamiento, aunque tiene muy bajo contenido de sólidos solubles y menos color que la var. Magaña.

CONCLUSIONES

Los tratamientos hidrotérmicos aplicando una potencia de 563.6 W no son aptos para el mamey variedad Magaña, ya que el fruto sufrió severos cambios en color y textura que afectan la calidad para su comercialización y consumo. Los tratamientos hidrotérmicos asistidos con microondas a

potencia de 311 W tienen potencial para desinfectar mamey variedad Magaña y Rivera, sin dañar las características fisicoquímicas de los frutos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONACYT por el apoyo a través del proyecto 168990 y por la beca para la autora N. *Elías-González*.

REFERENCIAS

1. Tang J, Mitcham S, Wang S, Lurie S. Heat treatments for post-harvest pest control: theory and practice. CABI International. Wallingford, Reino Unido. 2007.
2. Stefanidis GD, Navarrete MA, Sturm GS, Stankiewicz A. A helicopter view of microwave application to chemical processes: reactions, separations, and equipment concepts. *Reviews in Chemical Engineering*. 2014; 30(3): 233-259.
3. Datta CB, Halder D, Kumar DT, Kumar GA. Effect of microwave heating on microbial inactivation and vitamin C retention of simulated liquid food simple. *Journal of Food Research and Technology*. 2013; 1(2): 80-86.
4. USDA. Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies. Microwave and radio frequency processing. Actualizado 19 de marzo de 2015; citado 28 enero de 2016. Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/SafePracticesforFoodProcesses/ucm100250.htm>
5. USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. Citado 28 enero de 2016. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2383?manu=&fgcd=>
6. SAGARPA-GTO. Programa de Sanidad Vegetal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Delegación Guanajuato. Fichas técnicas de *Anastrepha serpentina* y *Anastrepha ludens*. Actualizado 30 noviembre 2004; citado 28 enero de 2016. Disponible en: www.cesaveg.org.mx/html/fichastecnicas/fichatecnicaanastrephaserpentina.pdf y www.cesaveg.org.mx/html/fichastecnicas/fichatecnicaanastrephaludens.pdf
7. AOAC. Official Methods of Analysis (12a. Ed) Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA. 1984
8. Hallman GJ, Wang S, Tang J. Reaction orders of thermal mortality of third instar of Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*. 2005; 98(6): 1905-1910.
9. Díaz Pérez J, Mejía A, Bautista S, Zavaleta R, Villanueva R, López Gómez R. Response of sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn] fruit to hot water treatments. *Postharvest Biology and Technology*. 2001; 22:159-167.
10. Jiménez, ME, Zambrano, ML, Aguilar MR. Estabilidad de pigmentos en frutas sometidas tratamiento con energía de microondas. *Información Tecnológica*. 2004; 15(3): 61-66.

ANÁLISIS INSTRUMENTAL DEL AROMA EN LA MADURACIÓN DE CARNE DE CORDEROS DE PELO

HAIR SHEEP LAMB MEAT AGEING-AN INSTRUMENTAL ODOUR ANALYSIS

William ALBARRACÍN Ph.D.^{1*}, Ivan SÁNCHEZ M. Sc.², Camilo VILLEGAS Ing.³

ABSTRACT

Background: The electronic nose is a system of sensors which is far from a real nose's sensitivity, it is a device based on chemical, biological and electrochemical responses from the compounds present in food products known as the aromatic footprint which might discriminate different food states.

Objective: The aim of this work was to evaluate the effect of feeding system and ageing times in meat samples taken from Doper X Colombian lambs by electronic nose analysis **Methods:** Fifty-four 10-week-old Dorper X Colombian lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot (n=27). Samples were analyzed in 3 ageing conditions (0, 7 and 15 days). 10 g of sample was weighed, vacuum-packed and cooked until reaching 72°C internal temperature and stored at 4°C. The samples were placed in 40 mL vials closed with 22 mm PTFE-silicone septa to start the analysis and then placed at 16°C for 10 minutes. Afterwards, they were incubated at 35.5°C for 20 minutes, a 100 mL/min flow was selected to avoid presenting low responses in the sensors. 40°C was established to prevent water condensate formation that could have interfered in the sensors' response. **Results:** The obtained results showed that discrimination was possible between PC1 with 90.6% and PC2 with 72.6% (data variability) in feeding systems with 88.89% (correct discriminating function) due to the volatile compounds forming the aromatic profile of cooked lamb meat, especially sulphur aromatic ones. **Conclusions:** A greater number of sensors were necessary for discriminating between different ageing times on account of the multiple aroma-producing reactions.

Keywords: Electronic nose, odor, lamb meat, aromatic footprint.

RESUMEN

Antecedentes: La nariz electrónica en un sistema de sensores el cual está alejado de la sensibilidad de la nariz real, es un dispositivo basado en respuestas químicas, biológicas y electroquímicas de los compuestos presentes en los productos alimenticios, conocidos como la huella aromática, con la cual se puede discriminar diferentes estados de los alimentos. **Objetivo:** el presente trabajo pretendió evaluar el efecto del sistema de alimentación y el tiempo de alimentación en muestras tomada de corderos cruce de Dorper y razas colombianas, mediante el análisis a través de Nariz Electrónica. **Métodos:** Se emplearon cincuenta y cuatro corderos de 10 semanas de edad (Dorper X Razas colombianas), alimentados con dos métodos (pastoreo y semiestabulado). Las muestras fueron analizadas a 3 condiciones de maduración (0, 7 y 15 días). Se pesaron 10 g de muestra los cuales fueron empacados a vacío hasta alcanzar una temperatura interna de 72°C y posteriormente fueron almacenados a 4°C. Las muestras fueron colocadas en un vial con septos de silicona PTFE para comenzar el análisis, posteriormente fueron incubadas a 35,5 °C durante 20 min, se estableció un flujo de 100 mL/min para prevenir bajas respuestas de los sensores y una temperatura de ensayo de 40°C para prevenir la condensación del vapor de agua. **Resultados:** Los resultados obtenidos mostraron que la discriminación fue posible entre la Componente Principal 1, 90,6% y la Componente Principal 2, 72,6% (Variación de los datos) para los sistemas de alimentación 88,9% (función discriminante correcta), debido

¹ Docente Investigador, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño.

² Docente Catedrático, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, Bogotá

³ Estudiante de Maestría, Universidad Nacional de Colombia

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia walbarracinh@udenar.edu.co.

a la formación del perfil aromático de la carne de cordero cocida, especialmente los compuestos aromáticos. **Conclusión:** Un mayor número de sensores fuera necesario para discriminar entre los diferentes tiempos de envejecimiento a causa de las múltiples reacciones productoras de aroma.

Palabras clave: Nariz Electrónica, Aroma, Carne de cordero, huella aromática.

INTRODUCTION

The electronic nose is a system of sensors which is far from a real nose's sensitivity; traditional analysis methods, such as gas chromatography, infrared and mass spectrometry, must thus be used to help in quantitative identification of substances to be analyzed (1) since the electronic nose allows a rapid description of a product's aroma fingerprint. The success of the electronic nose consists of the correct interpretation of an aroma profile given by the sensors. Multivariate descriptive methods such as lineal discriminative analysis (LDA) and quadratic discriminative analysis (QDA) have been able to differentiate samples by using 9 metallic oxide sensors (2, 3). Neuron networks based on unsupervised training methods could be used for predicting meat storage time (4), few samples being required for its exploration and quantification. This work was aimed to evaluating the effect of feeding system, fasting and ageing times on meat samples from Dorper X Colombian lambs regarding their instrumental aromatic profile and the statistical discrimination of samples.

MATERIALS AND METHODS

Fifty-four 10-week-old lambs were used. They came from Dorper X Colombian cross breeds using 2 feeding systems: grazing (n=27) and semi-feedlot (n=27); each feeding group was divided into 3 fasting groups (6, 12 and 18 hours) prior to slaughter. 5 animals were electrically stunned for each fasting group and the remaining 4 were stunned by penetrating captive bolt. Following slaughter, the *Longissimus dorsi* muscle was removed and refrigerated at 4°C for 0, 7 and 15 days; 10g samples were taken during these days and ultra-frozen at -80°C until experimenting with them.

Sample preparation

10 g of sample was weighed, vacuum-packed and cooked for 60 minutes until reaching 72°C internal

temperature and stored at 4°C. The samples were placed in 40 mL vials closed with 22 mm PTFE-silicone septa to start the analysis and then placed at 16°C for 10 minutes. Afterwards, they were incubated at 35.5°C for 20 minutes.

Selecting test conditions

For selecting test conditions, three 2 g, three 3 g and three 4g ovine meat samples were taken, occupying around 1/3 of test vial volume. Three reference gas flows were taken between 100 mL/min and 200 mL/min. When selecting work conditions, the response of the 10 available sensors was evaluated regarding the degree of saturation by evaluated sample component concentration in the head space. 3 g of sample was selected so that such saturation was not presented; a 100 mL/min flow was selected to avoid presenting low responses in the sensors. 40°C was established to prevent water condensate formation that could have interfered in the sensors' response.

Electronic nose tests

The Airsense PEN3[®] system was used with 10 selective sensors for a group of volatile compounds present in the vial's head space. A 100mL/min gas flow was used with 380s cleaning time, 10s base line correction, 30s air purging and 180s sample run time (5). The recorded data for each sample was stored and the operation cycle was restarted. Table 1 presents the sensors' recognition pattern.

Statistical analysis

The data was statistically analyzed by principal components analysis (PCA) with extraction by 2 standard components, discrimination analysis and multifactor variance analysis (ANOVA) using Statgraphics Centurion XV (Statistical Graphics Corp., U.S.A.) statistics pack. A multiple range test used Fisher's least significant difference (LSD) procedure with multiple interactions having one level of significance ($p < 0.05$).

RESULTS

Figure 1 shows the distribution of the results for the 10 sensors for 2 principal components and their differentiation by feeding system. Both components explained 90.6% of data variability, principal component 1 having 72.6% variance.

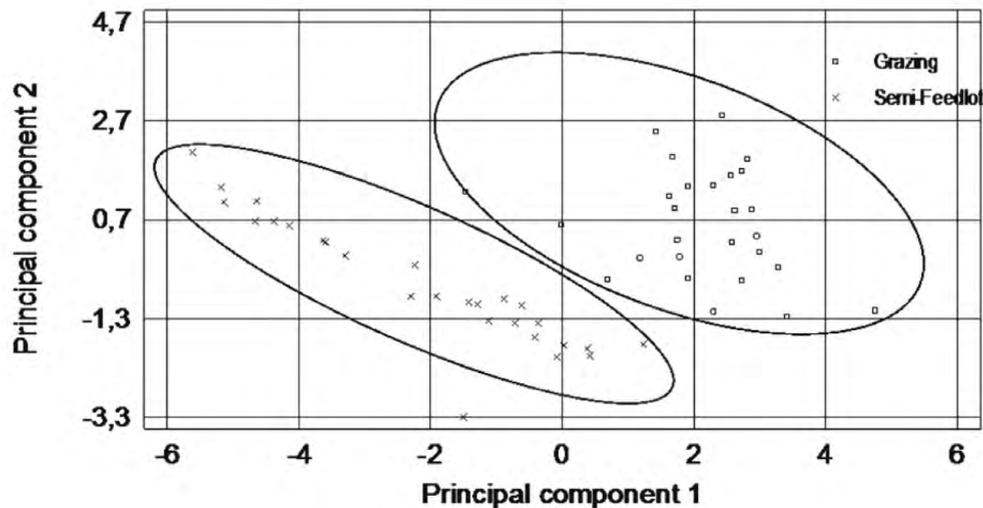


Figure 1. Principal component 1 and principal component 2 by feeding system discriminating analysis.

Qualitative differentiation of the 2 feeding systems was observed. It was found that sensors 3, 4 and 7 had the highest significance in model description by regression adjustment in discriminating function analysis, being able to correctly classify the feeding system (100%).

Figure 2 shows the dispersion of data using the discriminating function's 3 significant sensors. The same differentiation found in Figure 1 was observed by PCA. The discriminating function's sensors only corresponded to sensors 3, 4 and 7 in regression analysis to discriminate between the different feeding systems, having 1,7711, 1,0777 and 0,9552 discrimination coefficients, respectively.

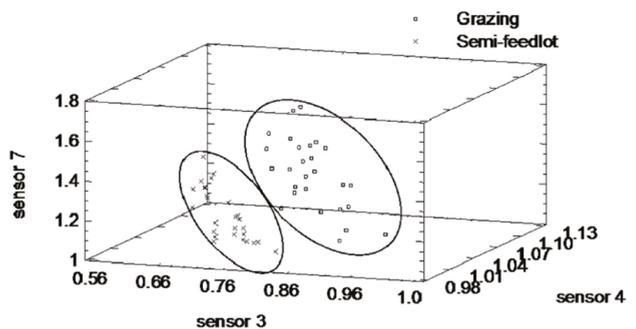


Figure 2. Dispersion graph for discriminating function by feeding system.

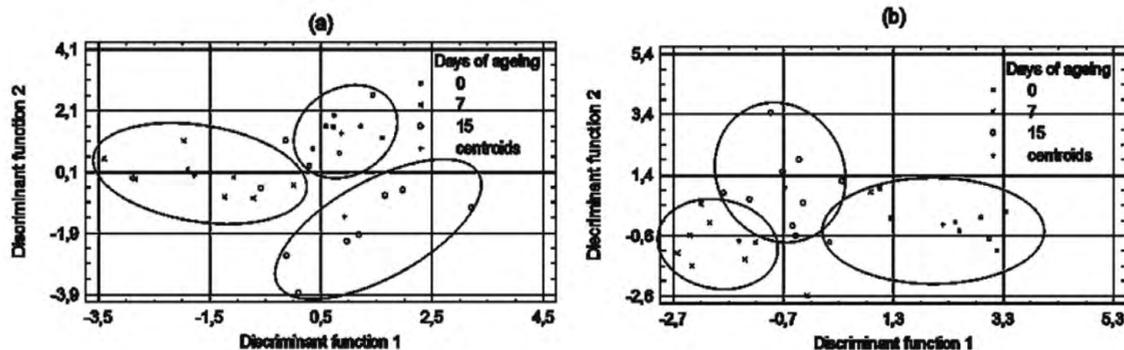


Figure 3. Discriminating functions regarding ageing time for grazing (a) and semi-feedlot (b) systems.

Ten electronic nose sensors were used in discrimination by ageing, obtaining 88.89% correctly classified cases for the grazing feeding system and 85.19% for the semi-feedlot system (Figure 3a and 3b).

DISCUSSION

Figure 1 shows that using metal oxide sensors (MOS) led to the analyzed samples' aroma fin-

gerprint allowing clear discrimination between both systems where feeding regime was different. Figure 2 shows that lineal discrimination analysis identified 3 statistically significant sensors regarding discriminating function; sensor 3 W3C was selective for ammonium and aromatic compounds in general, sensor 4 W6S was mostly selective for hydrogen and sensor 7 W1W was selective for sulphur compounds, hydrogen sulphur and terpenes. Nevertheless, W2S sensors had high selective levels for alcohols and W5S had a wide range as described by some authors (6). Very similar results have been presented in bull meat samples having a degree of supplements where sensors W5S, W2S and W1S had the highest response (7). Nevertheless, discrimination between raw and cooked meat was attributed to sensors W3C, W6S and W5C.

Sensor W1W discrimination may be due to the presence of sulphur aromatic compounds produced by Maillard reaction during cooking (8), this being identified by cysteine and cysteine degradation of 4,6-dimethyl-1,3-oxatiane, 3,5-dimethyl-1,2,4-titriolane and 2,4,6-dimethylperhydro-1,3,5-dithiaine (9). W3C and W6S sensor differentiation was possibly due to the presence of compounds such as aldehydes, alcohols, and a hydrocarbon-aromatic compounds (1,2-dimethyl-benzene), alkenes, terpenes, ketones, one unidentified aromatic and one unidentified nitrogenized compound presented in chromatographic analysis differentiation of meat from lambs fed on pasture and concentrates where 2-butanone, pentan-1-ol and 1-octen-3-ol were the compounds presenting most differences in their concentration (10). Similar to this study, an electronic nose with MOSFET sensors has been used for cooked pig meat and comparing hexanal, pentanal and nonanal (aldehydes) patterns, pentanol and 1-octen-3-ol (alcohols) which have been identified as contributing to cooked pig meat odor (5), thereby ratifying the relationship of the compounds presented with the response of the sensors described in this study (10).

Some cooked meat smell and taste precursors, such as peptides and free amino acids, are developed during the ageing of meat, due to protease and endogenous peptidase activity, being hydrolysis and lipid oxidation products (9). By comparison with feeding system discrimination response, most volatile components need 10 sensors for identifying ageing meats' aromatic fingerprint. 18 MOS sensors

had to be used for distinguishing between lamb meat stored for 4 and 14 weeks in CO₂ atmospheres and in a vacuum, inferring that the methodology developed in this work was satisfactory when using fewer sensors (11). This discrimination was achieved using PCA multi-varied methods and lineal discriminators using polymeric sensors (12).

CONCLUSION

Using the electronic nose led to discriminating between feeding and ageing systems due to the volatile compounds forming cooked lamb meat's aromatic profile, especially Sulphur-aromatic ones. A greater number of sensors are necessary for discriminating between different ageing times on account of the multiple aroma-producing reactions.

REFERENCES

1. Rajamaki T, Alakomi HL, Ritvanen T, Skitta E, Smolander M, Ahvenainen R. Application of an electronic nose for quality assessment of modified atmosphere packaged poultry meat. *Food Control*. 2006; 17: 5-13.
2. Panigrahi S, Balasubramanian S, Gu H, Logue C, Marchello M. Design and development of a metal oxide based electronic nose for spoilage classification of beef. *Sensors Actuat B-Chem*. 2006; 119: 2-14.
3. Musatov MY, Sysoev VV, Sommer M, Kiselev I. Assessment of meat freshness with metal oxide sensor microarray electronic nose: A practical approach. *Sensors Actuat B-Chem*. 2010; 144: 99-103.
4. Ghasemi M, Nohtasebi SS, Siadat M, Balasubramanian S. Meat quality assessment by electronic nose (machine olfaction technology). *Sensors*. 2009; 9: 6058-6083.
5. Tikk K, Haugen JE, Andersen HJ, Aaslyng MD. Monitoring of warmed-over flavour in pork using the electronic nose – correlation to sensory attributes and secondary lipid oxidation products. *Meat Sci*. 2008; 80: 1254-1263.
6. Baietto M, Wilson A, Bassi D, Ferrini F. Evaluation of three electronic noses for detecting incipient wood decay. *Sensors*. 2010; 10: 1062-1092.
7. Sala G, Masoero G, Gattaglini LM, Ornale P, Arbera S. Electronic nose and use of bags to collect odorous air samples in meat quality analysis. 2009; 337-340.
8. Calkins CR, Hodgen MJ. A fresh look at meat flavor. *Meat Sci*. 2007; 77: 63-80.
9. Almela E, Jordán MJ, Martínez C, Sotomayor JA, Bedia M, Bañón S. El flavor de la carne cocinada de cordero. *Eurocarne*. 2009; 178: 1-12.
10. Vasta V, Ratel J, Engel E. Mass spectrometry analysis of volatile compounds in raw meat for the authentication of the feeding background of farm animals. *Journal of Agr Food Chem*. 2007; 55: 4630-4639.
11. Haugen JE, Kvuaal K. Electronic nose and artificial neural network. *Meat Sci*. 1998; 49: 279-286.
12. Grigioni G, Margaria CA, Pensel NA, Sanchez G, Vaudagna SR. Warmed-over flavour analysis in low temperature long time processed meat by an "electronic nose". *Meat Sci*. 2000; 5: 221-228.

ANÁLISIS SENSORIAL DEL AROMA Y EL SABOR EN LA MADURACIÓN DE CARNE DE CORDEROS DE PELO

HAIR SHEEP LAMB MEAT AGEING A SENSORY ODOUR AND TASTE ANALYSIS

William ALBARRACÍN Ph.D.^{1*}, Ivan SÁNCHEZ M. Sc.², Luz RESTREPO M. Sc.³

ABSTRACT

Background: Flavor is defined as being the result of stimulating two senses simultaneously: odour and taste and this usually consists of human evaluation. This sensory parameter is affected by different animal conditions including animal breeds, animal production and in some cases the slaughter process. **Objective:** The aim of this work was to evaluate the effect of feeding system and ageing times on odour sensory response. **Materials:** Fifty-four 10-week-old Dorper X Colombian lambs were used in 2 feeding systems: grazing and semi-feedlot (n=27). Samples were analyzed in 3 ageing conditions (0, 7 and 15 days). Meat samples were cooked in a preheated oven at 170°C until reaching an internal 72°C temperature. These were then cut into 2cm square cubes and evaluated by trained sensory panel. **Results** Obtained results shown that both feeding systems do not affect the odour response, but in taste analysis is important to take in account that sensory response shown worst acceptance in semi-feedlot system in special at 15 ageing days. **Conclusions:** The grazing or semi-feedlot systems did not affect the sensory panel response in odour evaluation, which implies that this parameter does not generate influence in sensory responses, contrary to taste in which case semi-feedlot could influence customer's acceptance.

Keywords: Odor, lamb meat, sensory acceptance.

RESUMEN

Antecedentes: El flavor está definido como el resultado de estímulos simultáneos de los dos senti-

dos: olor y sabor, los cuales básicamente conforman la evaluación humana. Este papámetro sensorial es afectado por diferentes condiciones de los animales, que incluyen: raza del animal, producción de los animales y en algunos casos las condiciones de sacrificio. **Objetivo:** El presente trabajo pretendía evaluar el efecto del sistema de alimentación y el tiempo de maduración en la respuesta sensorial para muestras de carne de cordero. **Metodos:** Se emplearon cincuenta y cuatro corderos de 10 semanas de edad (Dorper X Razas colombianas), alimentados con dos métodos (pastoreo y semi estabulado), separándolos por tres tiempos de ayuno (6, 12, y 18 horas) antes del sacrificio. Las muestras fueron analizadas a 3 condiciones de maduración (0, 7 y 15 días). Las muestras de carne fueron cocinadas en un horno a 170°C hasta alcanzar una temperatura en el interior de 72°C, estas muestras fueron cortadas en cubos de 2 cm de lado y fueron analizadas por el panel sensorial entrenado. **Resultados:** Los resultados obtenidos muestran que los dos sistemas de alimentación, pastoreo y semiestabulado no generan diferencias estadísticas en la respuesta del panel sensorial para el olor, pero en el caso del sabor hay que tener en cuenta que la respuesta sensorial presenta la peor aceptación para el sistema semiestabulado, especialmente a los 15 días de maduración. **Conclusión:** Los sistemas de alimentación por pastoreo o semiestabulado no afectan la respuesta sensorial en la evaluación del olor, contrario a el sabor, donde la aceptación de los consumidores puede verse influenciada si es los animales son alimentados por el sistema semiestabulado.

Palabras clave: Olor, Carne de cordero, aceptación sensorial

¹ Docente Investigador, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Nariño.

² Docente Catedrático, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, Bogotá

³ Docente Investigador, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia walbarracinh@udenar.edu.co.

INTRODUCTION

Flavor is defined as being the result of stimulating two senses simultaneously: smell and taste (1). This usually consists of human evaluation (2) but advances in the development of sensors able to identify substances in a short period of time have led to specialized equipment being developed, such as the “electronic nose” and the “electronic tongue”. These devices are based on chemical, biological and electro-chemical responses from the compounds present in food simulating the human response, but in essence those devices can't reach the human sensibility levels. Nowadays, when technological advances may be moving back the most elementary of the sensors, the human being, is important to consider sensory evaluations as the source of direct information on the tastes and preferences of consumers. This work was aimed at evaluating the effect of feeding system, fasting and ageing times on meat samples from Dorper X Colombian lambs regarding their sensory response.

MATERIALS AND METHODS

Slaughter and ageing conditions

Fifty-four 10-week-old lambs were used. They came from Dorper X Colombian cross breeds using 2 feeding systems: grazing (n=27) and semi-feedlot (n=27); each feeding group was divided into 3 fasting groups (6, 12 and 18 hours) prior to slaughter. 5 animals were electrically stunned for each fasting group and the remaining 4 were stunned by penetrating captive bolt. Following slaughter, the *Longissimus dorsi* muscle was removed and refrigerated at 4°C for 0, 7 and 15 days; 10g samples were taken during these days and ultra-frozen at -80°C until experimenting with them.

Sensory analysis

The selected samples were frozen for 2 weeks at -18°C and unfrozen for a day at 4°C. Each muscle was wrapped in aluminum foil and coded with 3 random numbers for identification. The samples were cooked in a preheated oven at 170°C until reaching an internal 72°C temperature. These were then cut into 2cm² cubes and covered in aluminum foil again being evaluated (4). The panel of testers used consisted of 8 people from the Universidad Nacional de Colombia's Chemistry department who had been previously trained in detecting meat defects. The testers evaluated the flavor attribute using a 10 cm long scale describing items as “characteristic of meat, cooked, sweet” (7-10), “insipid, blood-like” (4-6) and “rancid, rusted” (0-3) (5).

STATISTICAL ANALYSIS

The data was statistically analyzed by multifactor variance analysis (ANOVA) using Statgraphics Centurion XV (Statistical Graphics Corp., U.S.A.) statistics pack. A multiple range test used Fisher's least significant difference (LSD) procedure with multiple interactions having one level of significance (p<0.05).

RESULTS

Figure 1a gave odor sensory descriptors results with taste sensation results. A general decrease in appreciation was observed related to ageing times. The significant differences were found between 0 and 15 days ageing (p<0.05) for both feeding systems, with no differences between them (p>0.05). The taste attribute is presented in Figure 1b, due to ageing and feeding systems. No significant differences were found on account of ageing (p>0.05) in both feeding systems. The only significant difference was shown between feeding system at 15 days ageing (p<0.05) with grazing system having higher grades (6.4).

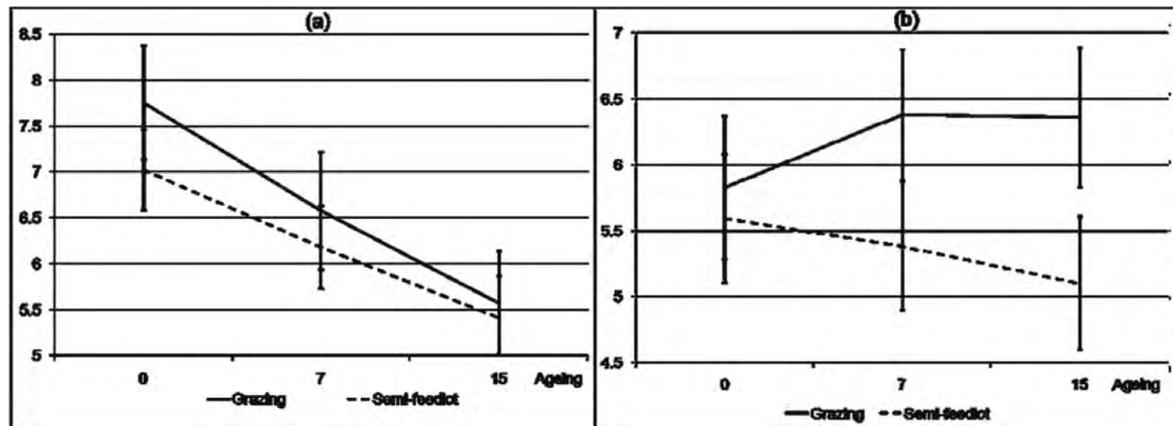


Figure 1. Sensory variation analysis of odor (a) and taste (b) related to ageing time.

DISCUSSION

The sensory evaluation presented in Figure 1a and 1b shows decreased acceptance of odor during ageing, while there was a different trend between feeding systems regarding the taste attribute. The meat of lambs bred on an extensive (pasture) system may lead to low odor acceptance (1) where the presence of side chain fatty acids, phenols and linoleic acid oxidation may cause the lamb meat factor described above (6). In descriptions provided by the tasters, the term “lamb-smell” and “lamb-taste” was considered to be a defect, this being why evaluation regarding ageing was little evaluated. Some authors showed that pasture-fed lambs presented more intense odours where a describing factor similar to that described in this work “sheepmeat” led to discriminating feeding systems (7). Likewise, the panel members discriminated more by odour than taste. Regarding taste, the panelists gave pasture-bred animals better marks, thereby showing similarity with work carried out on United Kingdom inhabitants’ preferences having greater inclination towards animals bred on organic pastures instead of supplemented ones due to taste and higher fat content (8). Nevertheless, some work has inferred that ageing is harmful for periods over 4 days due to strange flavors being produced (9) and non-favorable odors are produced at 16 days affecting indirectly the sensory evaluation of texture and taste (10).

CONCLUSIONS

The sensory panel did not discriminate between grazing or semi-feedlot systems in odour evaluation, which implies that this parameter does not generate influence in sensory responses, contrary to the taste case in which semi-feedlot generate a worst acceptance response

REFERENCES

- 1 Almela E, Jordán MJ, Martínez C, Sotomayor JA, Bedia M, Bañón S. El flavor de la carne cocinada de cordero. *Eurocarne*. 2009; 178: 1-12.
- 2 Descalzo A, Rossetti L, Grigioni G, Irurueta M, Sancho AM, Carrete J, Pensel NA. Antioxidant status and odour profile in fresh beef from pasture or grain-fed cattle. *Meat Sci*. 2009; 75: 299-307.
- 3 Ghasemi M, Nohtasebi SS, Siadat M, Balasubramanian S. Meat quality assessment by electronic nose (machine olfaction technology). *Sensors*. 2009; 9: 6058-6083.
- 4 Prieto LM. Analisis de la evolucion sensorial de carne bovina proveniente de la raza cebú brahman, para diferentes tiempos de maduración. [Monografía]. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 2009.
- 5 Sanchez IC, Albarracín W. Analisis sensorial en carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2010; 23: 227-239.
- 6 Priolo A, Micol D, Agabriel J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*. 2001; 50: 185-200.
- 7 Rousset S, Young OA, Berdague JL. Diet and growth effects in panel assessment of sheepmeat odour and flavour. *Meat Sci*. 1997; 45: 169-181.
- 8 Angood KM, Wood JD, Nute GR, Whittington FM, Hughes SI, Sheard PR. A comparison of organic and conventionally-produced lamb purchased from three major UK supermarkets: Price, eating quality and fatty acid composition. *Meat Sci*. 2008; 78: 176-184.
- 9 Martínez-Cerezo S, Sañudo C, Medel I, Olleta JL. Breed, slaughter weight and ageing time effects on sensory characteristics of lamb. *Meat Sci*. 2005; 69: 571-578.
- 10 Bianchi G, Bentancur O, Sañudo C. La maduración de la carne de cordero como una herramienta para mejorar su ternura y calidad sensorial. *Revista Argentina de Producción Animal*. 2006; 26: 39-55.

COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA FRACCIÓN VOLÁTIL EN PULPA DE LULO (*S. quitoense* L.) BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

VOLATILE COMPOUNDS OF THE VOLATILE FRACTION FROM LULO PULP (*S. quitoense* L.) UNDER DIFFERENT STORAGE CONDITIONS

Eduardo Javid CORPAS IGUARÁN, PhD^{1*}; Gonzalo TABORDA OCAMPO, PhD²;
Omar Tapasco ALZATE, PhD³; Aristofeles ORTIZ, M.Sc⁴.

RESUMEN

Antecedentes: El almacenamiento de las frutas influye sobre sus atributos sensoriales, entre los cuales se encuentra el aroma, producto de una mezcla compleja de compuestos volátiles. En el caso de las frutas mínimamente procesadas, el principal obstáculo para su desarrollo comercial es la vida útil limitada, debido a que su procesamiento no debe afectar sus condiciones sensoriales. **Objetivos:** En el presente trabajo se evaluó el efecto del almacenamiento (ambiente, refrigeración y escaldado) sobre los compuestos volátiles en la pulpa de lulo. **Métodos:** Las pulpas de lulo empacadas en bolsas de polietileno correspondientes a los tratamientos mencionados fueron analizadas por triplicado desde el día dos hasta el día 12, mediante microextracción en fase sólida del espacio de cabeza (HS-SPME) acoplada a cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). Se evaluó el comportamiento de la concentración y del porcentaje relativo (%R) de la concentración de los grupos funcionales. Además, se aplicó el Análisis de Componentes Principales (PCA) y se establecieron los compuestos mayoritarios mediante la prueba de Tukey. **Resultados:** El %R de la concentración de los grupos funcionales mostró una interacción inversamente proporcional entre metabolitos ésteres y alcoholes en todos los almacenamientos. El PCA permitió reconocer siete compuestos con variaciones significativas, que

además fueron los mismos determinados como mayoritarios: butanoato de metilo, acetato de (Z)-3-hexenilo, (Z)-3-hexen-1-ol, acetato de 2-feniletilo, alcohol feniletílico, 1-hexanol y 3-metil-1-butanol. **Conclusiones:** Se presentó dependencia entre el %R de la concentración de ésteres y alcoholes en todos los almacenamientos. Los volátiles etanol y acetato de etilo estuvieron por encima de los niveles de cuantificación desde etapas tempranas del experimento. Además, butanoato de metilo y acetato de (Z)-3-hexenilo fueron afines con los diferentes días de análisis durante la refrigeración, mientras (Z)-3-hexen-1-ol, acetato de 2-feniletilo, alcohol feniletílico, 1 hexanol y 3-metil-1-butanol se relacionaron con el almacenamiento al ambiente y en ambiente después de escaldado.

Palabras clave. Análisis químico, compuestos orgánicos volátiles, cromatografía de gases, microextracción en fase sólida, almacenamiento de pulpa.

ABSTRACT

Background: The storage of fruits influences their sensory attributes, among which is found the aroma, product of a complex mixture of volatile compounds. In the case of minimally processed fruits, the main obstacle to commercial development is the limited shelf life because of its processing should not affect their sensory

¹ Instituto de Investigación en Microbiología y Biotecnología Agroindustrial, Universidad Católica de Manizales, carrera 23 No. 60-63, A.A. 357, Manizales, Colombia.

² Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Calle 65 No. 26-10, apartado 275, Manizales, Colombia.

³ Departamento de matemáticas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Calle 65 No. 26-10, apartado 275, Manizales, Colombia.

⁴ Área de Calidad y Producción, Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFÉ, Km 4 vía Manizales – Chinchiná, apartado 2427, Manizales, Colombia.

* Corresponding author: ecorpas@ucm.edu.co

conditions. **Objectives:** In this study, the effect of storage (ambient, refrigerating and scalding) on the volatile compounds in lulo pulp was evaluated. **Methods:** The lulo pulps packed in polyethylene bags corresponding to the mentioned treatments were analyzed in triplicate, from day two up to day 12, by Headspace Solid Phase Microextraction (HS-SPME) coupled to Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). The behavior of the concentrations and the relative percentage (%R) of the functional groups were evaluated. In addition, the Principal Component Analysis (PCA) was applied and the majoritarian compounds were established by the Tukey test. **Results:** The R% of the concentration of the functional groups showed an inverse interaction between esters and alcohols metabolites in all kinds of storage. The PCA allows recognizing seven compounds with significant variations, which were also the same as majoritarian determined: methyl butanoate, (Z)-3-hexenyl acetate, (Z)-3-hexen-1-ol, 2-phenylethyl acetate, phenylethyl alcohol, 1-hexanol, and 3-methyl-1-butanol. **Conclusions:** Dependence occurred between R% of the concentration of esters and alcohols in all storage. The concentration of volatiles ethanol and ethyl acetate were above of the quantification levels from the early stages of the experiment. Moreover, methyl butanoate and (Z) -3-hexenyl acetate were associated with the different days of analysis during refrigeration, while (Z)-3-hexen-1-ol, 2-phenylethyl acetate, phenylethyl alcohol, 1-hexanol and 3-methyl-1-butanol were related to the storage under ambient and ambient after scalding.

Keywords: Chemical analysis, gas chromatography, pulp storage, solid phase microextraction, volatile organic compounds.

INTRODUCCIÓN

El procesamiento de las frutas influye sobre atributos sensoriales como el aroma, el cual resulta de una mezcla compleja de volátiles (1). En el caso de las frutas mínimamente procesadas, el principal obstáculo para su desarrollo comercial es la vida útil limitada, debido al procesamiento (2), además, el enfoque tradicional de mantenimiento de la calidad ha tenido en cuenta la apariencia visual y las características bioquímicas (3), sin embargo, algunos parámetros como el pH, acidez titulable y °brix no son indicadores apropiados porque no cambian significativamente en el almacenamiento después

que la fruta pierde su integridad, sobre todo durante la refrigeración (4). De manera alternativa, el perfil volátil es un atributo de calidad relevante y puede ser afectado en el almacenamiento (2), y dado que los volátiles liberados de la fruta intacta cambian completamente después del corte, debido a la reacción de enzimas activadas durante el procesamiento de la fruta (5), se han usado diversas estrategias para conservar sus características volátiles, entre ellas, el suministro de bajas temperaturas de almacenamiento (6, 7), las atmósferas modificadas (8, 9, 10, 11) y películas antimicrobianas (12, 13).

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de la fruta

Las unidades experimentales de *S. quitoense* L. fueron seleccionadas en la finca “Villa Malicia”, localizada a 1 km de Manizales (Caldas, Colombia), con una altitud aproximada de 2.160 MSNM. Las unidades de lulo tuvieron como criterio estar en estadio cinco de maduración de acuerdo con la tabla de la Norma Técnica Colombiana NTC 5093, tener un diámetro entre 5 y 6 cm y grados brix de 10.3 ± 0.2 de acuerdo a un estudio previo (14).

Experimento en pulpa de *S. quitoense* L. bajo diferentes condiciones de almacenamiento

Se realizó el lavado de las frutas (15 por cada tratamiento) con agua destilada para el escaldado fueron peladas superficialmente y sometidas a dicho tratamiento térmico a 70 °C durante 10 minutos. Posteriormente, todas las unidades de muestra fueron cortadas con un cuchillo estéril para la obtención de la pulpa, las cuales fueron empacadas en bolsas de polietileno estériles teniendo en cuenta los tratamientos de ambiente, refrigeración y escaldado. Las pulpas de cada tratamiento fueron analizadas por triplicado desde el día dos hasta el día 12, mediante HS-SPME/GC-MS. Se evaluó el comportamiento de la concentración y del porcentaje relativo (%R) de la concentración de los grupos funcionales; además, se utilizó el Análisis de Componentes Principales (PCA) para establecer los compuestos con variaciones significativas en sus concentraciones y su relación con los tratamientos aplicados y se establecieron los compuestos mayoritarios mediante la prueba de Tukey. Los datos obtenidos fueron analizados con ayuda de los programas estadísticos SPSS® 22 y Minitab® 17.

Procedimiento de extracción por HS-SPME

Se utilizó la fibra de carboxeno/polidimetilsiloxano (CAR/PDMS, 75 μm) a una temperatura de 60 $^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos. De cada unidad de análisis, fueron pesados 10 g de pulpa en un vial con capacidad de 20 ml. Al vial se le adicionó además 1 g de cloruro de sodio y 5 μl de una solución de 1-octanol, usada como estándar interno, con una concentración de 0.0018 mol/L. El contenedor fue sellado y la fue insertada manualmente en el espacio de cabeza de la pulpa. Posteriormente, la fibra fue extraída e introducida en el puerto de inyección del equipo de GC-MS para la desorción posterior.

Análisis e identificación de los compuestos volátiles de *S. quitoense* L

Se utilizó el cromatógrafo de gases Shimadzu[®] GCMS/QP 2010 Plus con inyector split/splitless acoplado a un detector de espectrometría de masas (MSD). Los volátiles fueron desorbidos por 2 min a 230 $^{\circ}\text{C}$ en el inyector, en modo splitless. Se utilizó un liner de SPME 0.75 mm I.D. (Supelco, Bellefonte, PA). El helio fue el gas de arrastre que circuló a una tasa de flujo constante de 4 mL/min, a través de una columna analítica semipolar Shimadzu[®] SHRVC (30 m x 0.25 mm ID x 1.4 μm DF). El control de flujo trabajó en modo velocidad lineal (36 cm s^{-1}), la presión fue de 55.2 kPa, el flujo de la columna fue 0.98 mL min^{-1} . La rampa de temperatura fue la siguiente: después de un periodo inicial de un minuto a 50 $^{\circ}\text{C}$, la temperatura se aumentó 2.5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta alcanzar 150 $^{\circ}\text{C}$, permaneciendo por siete minutos, luego fue elevada 15 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta llegar a 220 $^{\circ}\text{C}$, manteniéndose por tres minutos y finalmente, fue incrementada 15 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta llegar a 230 $^{\circ}\text{C}$, nivel en el que continuó por otros dos minutos. La adquisición de datos y el control del sistema fueron alcanzados con el software “GC solution” versión 2.5 (Shimadzu Scientific Instruments, Inc). La identificación se basó en la comparación los espectros de masas con los de la Biblioteca del NIST[®] versión 08, teniendo como criterio de identificación una concordancia igual o superior al 93%, mientras la cuantificación se realizó de manera relativa, teniendo en cuenta a la recta obtenida con diferentes concentraciones del estándar interno.

RESULTADOS

Durante el almacenamiento de la pulpa de *S. quitoense* L. Los ésteres fueron los compuesto que en la mayor parte del tiempo de refrigeración se mantuvieron, mientras que las muestras almacenadas al ambiente y después de escaldado (también almacenadas al ambiente) tuvieron una mayor concentración de alcoholes a través del experimento Figura 1. En todos los casos se presentaron incrementos en las concentraciones totales de ésteres y alcoholes, notorios a partir de los días 4 ó 5, mientras que hacia el final del almacenamiento los niveles totales en ambos grupos químicos estuvieron cerca de las concentraciones del día 2.

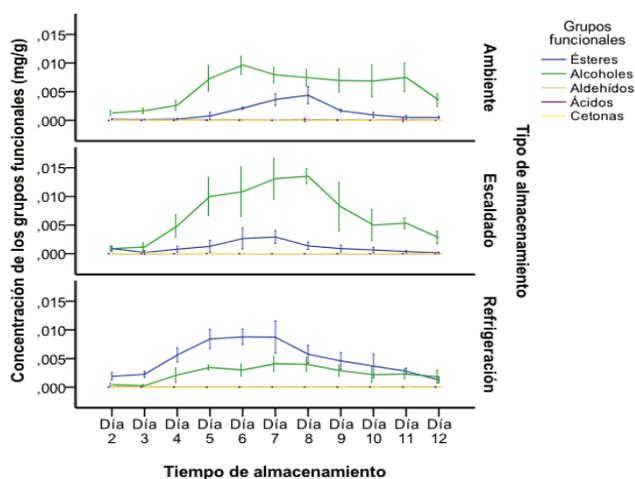


Figura 1. Concentración de los grupos funcionales en *S. quitoense* L. sometida a diferentes condiciones de almacenamiento.

Al analizar el promedio del porcentaje relativo (%R) de la concentración de los grupos funcionales se encontró que en todos los almacenamientos el comportamiento de los ésteres y alcoholes tienen un inversamente proporcional, mientras que los demás grupos no muestran variaciones influyentes (datos no mostrados).

Posteriormente se realizó el PCA realizado se basó en la matriz de covarianza. Al establecer las relaciones entre los días de análisis en diferentes condiciones de almacenamiento y los compuestos volátiles se obtuvo un 83.4% de la variabilidad total de los datos por parte de los dos primeros componentes Figura 2. Se obtuvieron 7 vectores visible-

mente apreciables, relacionados con los compuestos butanoato de metilo, acetato de (Z)-3-hexenilo, (Z)-3-hexen-1-ol, acetato de 2-feniletilo, alcohol feniletílico, 1 hexanol, 3-metil-1-butanol. Las mayores variaciones de los ésteres butanoato de metilo y acetato de (Z)-3-hexenilo se relacionaron

con los días de análisis durante la refrigeración, mientras las variaciones significativas de los restantes compuestos, en su mayoría alcoholes, se relacionaron con el almacenamiento al ambiente y en ambiente después de escaldado.

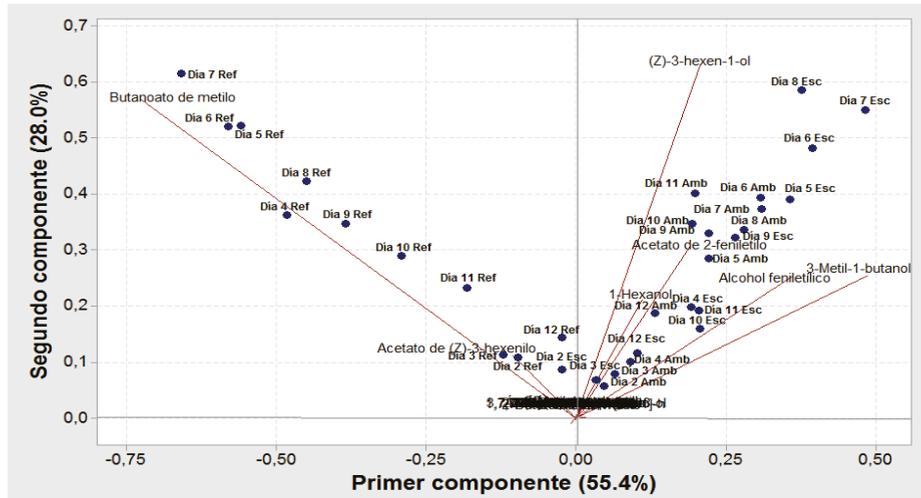


Figura 2. Primer plano factorial de los compuestos de *S. quitoense* L. bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

Al analizar las correlaciones entre los compuestos y el almacenamiento suministrado se denota que las más representativas están en el primer eje, en el cual, los compuestos con valores positivos de correlación iguales o mayores a 0.7 fueron los alcoholes 3-metil-1-butanol, 3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol, alcohol feniletílico, 2-metil-1-propanol y 1-pentanol, mientras los compuestos ésteres butanoato de metilo, 2-butenato de metilo y acetato de (Z)-3-hexenilo fueron los de valores de correlación negativos mayores a -0.70.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se evidenció un incremento de etanol y acetato de etilo hasta niveles que imposibilitaron su cuantificación, desde el día seis en las muestras sometidas a refrigeración y desde el día cuatro en las restantes. El etanol en las frutas se forma a partir del acetaldehído por acción de la enzima ADH (10). Dado que el acetaldehído se encontró en *S. quitoense* L. en concentraciones limitadas, los altos niveles de etanol tendrían como origen el metabolismo anaerobio de la pulpa en los diferentes tratamientos. Además, se conoce que el etanol es uno de los principales precursores de los ésteres de etilo como el acetato de etilo (15), de

ahí su presencia en altas concentraciones desde los días iniciales de almacenamiento de la pulpa de lulo. Previamente se ha relacionado la presencia concomitante de etanol y acetato de etilo en alto contenido con el metabolismo anaerobio en otras frutas enteras (8) así como en recién cortadas almacenadas (16). La abundancia superior de etanol como indicador de deterioro del perfil volátil también ha sido reportada en piña (*Ananas comosus*) recién cortada durante la refrigeración (11) y en fresa (*Fragaria x ananassa*), con fuerte elevación desde el cuarto día de almacenamiento (12).

La reducción de ésteres durante el almacenamiento de frutas frescas procesadas ha sido previamente registrado. En un estudio realizado en cortes frescos de melones cantaloupe el almacenamiento a 4 °C y 22 °C causó un decrecimiento considerable en la concentración de ésteres, como reacción temprana que reflejó la pérdida de frescura de la fruta en las condiciones indicadas (4). La reducción de la mayoría de compuestos ésteres (alrededor del 77%) también se demostró en durian (*Durio zibethinus* cv.) mínimamente procesado y almacenado a 4 °C, hallazgo atribuido a la hidrólisis para formar sus correspondientes alcoholes y ácidos (3), lo que en el presente estudio explicaría el incremento de los alcoholes. Además, se ha establecido que los éste-

res de cadena lineal más corta y menos ramificada (ésteres de ácido acético, metil o etil ésteres) son más susceptibles a la hidrólisis (17). Otro aspecto a tener en cuenta, en relación al decrecimiento en las concentraciones de algunos compuestos del perfil volátil de la fruta procesada, es la limitada disponibilidad de sustratos por la detención de la actividad de algunas enzimas relacionadas, lo que principalmente ocurre con los derivados de lípidos (9).

CONCLUSIONES

La dependencia entre el %R de la concentración de ésteres y alcoholes en todos los almacenamientos de pulpa de lulo se debió a las correlaciones positivas y negativas de algunos alcoholes y ésteres teniendo en cuenta los factores suministrados. Los volátiles relacionados con el metabolismo anaerobio microbiano etanol y acetato de etilo estuvieron por encima de los niveles de cuantificación desde etapas tempranas del experimento, indicando el deterioro de la fracción volátil original de *S. quitoense* L. Además, los compuestos con variaciones significativas de concentración en los diferentes tratamientos fueron los mismos determinados como mayoritarios: butanoato de metilo y acetato de (Z)-3-hexenilo fueron afines con los días de análisis durante la refrigeración, mientras (Z)-3-hexen-1-ol, acetato de 2-feniletilo, alcohol feniletílico, 1 hexanol y 3-metil-1-butanol se relacionaron con el almacenamiento al ambiente y en ambiente después de escaldado.

REFERENCIAS

1. Xi W, Zhang B, Shen J, Sun C, Xu C, Chen K. Intermittent warming alleviated the loss of peach fruit aroma-related esters by regulation of AAT during cold storage. *Postharvest Biol Tec.* 2012; 74(0): 42-48.
2. Torri L, Sinelli N, Limbo S. Shelf life evaluation of fresh-cut pineapple by using an electronic nose. *Postharvest Biol Tec.* 2010; 56(3): 239-245.
3. Voon Y, Abdul N, Rusul G, Osman A, Quek S. Volatile flavour compounds and sensory properties of minimally processed durian (*Durio zibethinus* cv. D24) fruit during storage at 4 °C. *Postharvest Biol Tec.* 2007; 46(1): 76-85.
4. Lamikanra O, Richard O. Effect of storage on some volatile aroma compounds in fresh-cut cantaloupe melon. *J Agr Food Chem.* 2002; 50(14): 4043-4047.
5. Farneti B, Khomenko L, Cappellin L, Ting V, Costa G, Biasioli F, et al. Dynamic volatile organic compound fingerprinting of apple fruit during processing. *LWT-Food Sci Technol.* 2015; 63(1): 21-28.
6. Raffo A, Nicoli S, Nardo N, Baiamonte I, D'Aloise A, Paoletti F. Impact of different distribution scenarios and recommended storage conditions on flavor related quality attributes in ripening fresh tomatoes. *J Agr Food Chem.* 2012; 60(42): 10445-10455.
7. Günther C, Marsh K, Winz R, Harker R, Wohlers M, White A, Goddard M. The impact of cold storage and ethylene on volatile ester production and aroma perception in 'Hort16A' kiwifruit. *Food Chem.* 2015; 169(0): 5-12.
8. López M, Lavilla T, Recasens I, Riba M, Vendrell M. Influence of different oxygen and carbon dioxide concentrations during storage on production of volatile compounds by starring delicious apples. *J Agr Food Chem.* 1998; 46(2): 634-643.
9. Saevens S, Lammertyn J, Berna A, Veraverbeke E, Natale C. An electronic nose and a mass spectrometry-based electronic nose for assessing apple quality during shelf life. *Postharvest Biol Tec.* 2004; 31(1): 9-19.
10. Imahori Y, Suzuki Y, Uemura K, Kishioka I, Fujiwara H, Ueda Y, et al. Physiological and quality responses of Chinese chive leaves to low oxygen atmospheres. *Postharvest Biol Tec.* 2004; 31(3): 295-303.
11. Montero-Calderón M, Rojas-Graü M, Aguiló-Aguayo I, Soliva-Fortuny R, Martín-Belloso O. Influence of modified atmosphere packaging on volatile compounds and physicochemical and antioxidant attributes of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *J Agr Food Chem.* 2010; 58(8): 5042-5049.
12. Almenar E, Hernández-Muñoz P, Gavara R. Evolution of selected volatiles in chitosan-coated strawberries (*Fragaria x ananassa*) during refrigerated storage. *J Agr Food Chem.* 2009; 57(3): 974-80.
13. La Storia A, Ferrocino L, Torrieri E, Di Monaco R, Mauriello G, Villani F, et al. A combination of modified atmosphere and antimicrobial packaging to extend the shelf-life of beefsteaks stored at chill temperature. *International Int J Food Microbiol.* 2012; 158(3): 186-194.
14. Mejía C, Gaviria D, Duque A, Rengifo L, Aguilar E, Alegría A. Physicochemical characterization of the lulo (*Solanum quitoense* Lam.) castilla variety in six ripening stages. *Vitae.* 2012; 19(2): 157-165.
15. Bai J, Ueda Y, Iwata T. Effects of packaging with polyethylene bags on shelf life and volatiles production of ripening-initiated bananas. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.* 1990; 37(12): 971-977.
16. Zhang B, Samapundo S, Pothakos V, de Baenst I, Sürengil G, Noseda B, et al. Effect of atmospheres combining high oxygen and carbon dioxide levels on microbial spoilage and sensory quality of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biol Tec.* 2013; 86(0): 73-84.
17. Ducret V, Fournier N, Saillard P, Feigenbaum A, Guichard E. Influence of packaging on the aroma stability of strawberry syrup during shelf life. *J Agr Food Chem.* 2001; 49(5): 2290-297.

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE CLOROFILA Y PESO EN DOS VARIEDADES DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) ALMACENADA A DIFERENTES TEMPERATURAS

CHANGES IN THE CHLOROPHYLL CONTENT AND WEIGHT IN TWO VARIETIES OF PEA (*Pisum sativum* L.) STORED AT DIFFERENT TEMPERATURES

Laura LATORRE V. M.Sc. (c)^{1*}, Diego MEJÍA E. MSc.¹, Oswaldo OSORIO M. PhD.¹

RESUMEN

Antecedentes: El cultivo de arveja (*Pisum Sativum* L.) cobra cada día mayor importancia en muchas regiones de clima frío de Nariño por su influencia en el mejoramiento del suelo, en la calidad de la dieta alimenticia; además de presentar alta demanda en el mercado nacional, sin embargo, tras la cosecha, debido a su naturaleza temporal y perecedera, la arveja acelera su metabolismo, lo que conlleva a cambios en su composición, disminuyendo su vida útil, por lo tanto un adecuado manejo poscosecha, como es el almacenamiento a bajas temperaturas, contribuiría a mejorar la competitividad de este producto. **Objetivo:** Determinar el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el contenido de clorofila total y pérdida de peso en dos variedades de arveja, Sureña y Andina. **Métodos:** Las muestras se almacenaron en tres condiciones de temperatura (0 °C, 4 °C y 18 °C), a las cuales se realizó seguimiento en el tiempo a las variables peso y clorofila, realizando lecturas cada dos días, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial teniendo como factores la temperatura y la variedad. **Resultados:** El comportamiento poscosecha de la arveja a diferentes temperaturas mostro una reducción en peso de 6,147% a 18 °C, 5,018% a 4 °C y 4,162% a 0 °C en la variedad Andina y de 5,607% a 18 °C, 5,326% a 4 °C y 4,077% a 0 °C en Sureña. De igual manera el contenido de clorofila total se redujo en 55,759% a 18 °C, 50,135% a 4 °C y 49,610% a 0 °C en Andina y 57,771% a 18 °C, 52,310% a 4 °C y 51,194% a 0 °C en la variedad Sureña. **Conclusiones:** La temperatura de almacenamiento de 0 °C, presento los menores porcentajes de pérdida de peso y clorofila total en

las dos variedades de arveja. Entre las variedades no se evidenciaros diferencias significativas.

Palabras clave: Poscosecha, refrigeración, variedad.

ABSTRACT

Background: The cultivation of pea (*Pisum sativum* L.) is becoming increasingly important in many regions of cold climate of Nariño for their influence on soil improvement in the quality of the diet; besides presenting high demand in the National market, however, after the harvest, due to temporary and perishable nature, peas speeds up your metabolism, leading to changes in its composition, decreasing its lifespan, therefore a proper post-harvest handling, such as storage at low temperatures would contribute to improving the competitiveness of this product. **Objectives:** Determine the effect of storage temperature on the total chlorophyll content and weight loss in two varieties of peas, Sureña and Andina. **Methods:** The samples are stored in three temperature conditions (0 °C, 4 °C and 18 °C), to which were followed over time to changing weight and chlorophyll, making readings every two days, used a completely randomized design with factorial arrangement having as factors the temperature and variety. **Results:** The behavior post-harvest of peas at different temperatures showed a reduction in weight of 6,147% at 18 °C, 5.018% at 4 °C and 4,162% at 0 °C in the variety Andina and 5,607% at 18 °C, 5.326% to 4 °C and 4,077% to 0 °C in Sureña. Similarly, the total chlorophyll content was reduced by 55.759% at 18 °C, 50.135% at 4 °C and 49.610% at 0 °C in Andina and 57.771% at 18 °C, 52,310% at 4 °C and

¹ Grupo de Apoyo a la Investigación y Desarrollo Agroalimentario (GAIDA), Departamento de Procesos Industriales, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia: lauralatorrev@gmail.com

51.194% at 0 °C in the variety Sureña. **Conclusions:** The storage temperature of 0 °C, shows the lowest percentage of weight loss and the total chlorophyll in two varieties of peas. Among the varieties no significant differences are evident.

Keywords: Postharvest, cooling, variety.

INTRODUCCIÓN

En Nariño la arveja es uno de los cultivos más importantes para la región por su capacidad de adaptación, alto potencial de rendimiento y por la posibilidad de cosechar en vaina o en grano seco (1), cuenta con un área sembrada significativa, que representa el 55,2% de la producción nacional (2). Sin embargo, en el departamento aún se evidencia un incipiente manejo poscosecha y un incipiente nivel de transformación agroindustrial, lo cual ha ocasionado pérdidas de hasta un 42,1% de la producción (3).

La calidad y conservación de frutas y hortalizas puede estar influenciada por muchos factores, que incluyen los efectos de la temperatura de almacenamiento, las cuales disminuyen la tasa respiratoria y la pérdida de peso de los productos en estado fresco, retardando así, su metabolismo (4).

En este sentido el objetivo de la investigación fue determinar el efecto de tres temperaturas de almacenamiento sobre el contenido de clorofila total y la pérdida de peso en dos variedades arveja (*Pisum sativum* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron arvejas frescas desgranadas variedad Andina y Sureña, provenientes del Centro Internacional de Producción Limpia LOPE, Sena Regional Nariño, ubicado a 2650 msnm con una temperatura promedio de 13 °C y una precipitación promedio anual de 700 mm. Se empacaron aproximadamente 220 g de arveja en bandejas de poliestireno selladas con papel vitafilm, se almacenaron en tres condiciones de temperatura (0 °C, 4 °C y 18 °C), para realizar evaluaciones de clorofila total mediante la metodología descrita por Pariasca *et al.*, (5) en un espectrómetro UV VIS TermoScientific; y de peso por pesaje directo en una balanza analítica KERN, realizando mediciones cada dos días, por 30 días, a partir del día de la cosecha.

También, se determinaron a partir de las metodologías descritas por Garza (6), las constantes

cinéticas de velocidad de cambio en los atributos evaluados, a las cuales se les realizó un análisis de varianza, mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x3 y una comparación de múltiples medias con la prueba de Tukey HDS, con el programa estadístico The SAS System Versión 9.0, teniendo como factores la variedad en dos niveles y la temperatura en tres, como variables de respuestas, el contenido de clorofila y la pérdida de peso; los gráficos fueron realizados con ayuda del programa Sigma Plot 10 (SPSS, USA); la bondad de ajuste del modelo se evaluó con los parámetros R² (coeficiente de determinación) y %E (error porcentual) (7).

RESULTADOS

En las figura 1 a 4 se muestra el comportamiento cinético de las variedades de arveja en cuanto a la pérdida de peso y contenido de clorofila, las tablas 1 y 2 presentan los resultados para los modelos cinéticos y la bondad de ajuste.

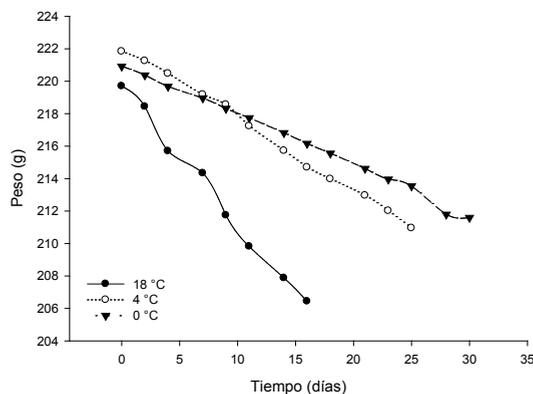


Figura 1. Cinética de pérdida de peso en arveja variedad Andina.

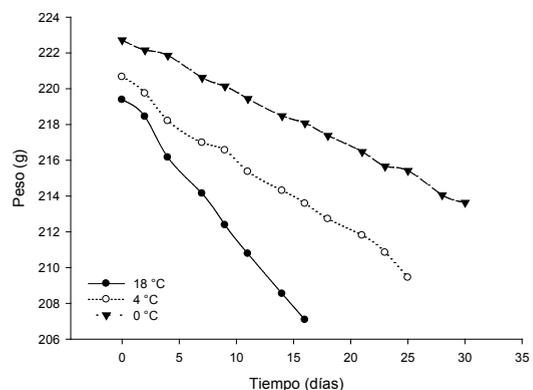
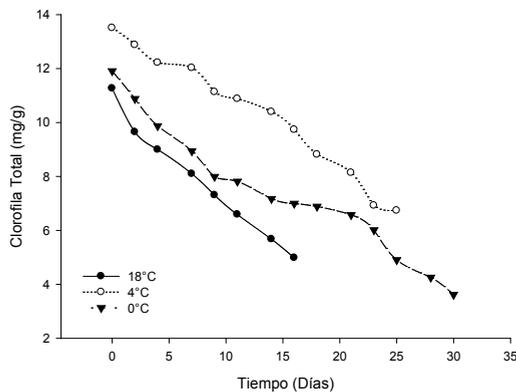
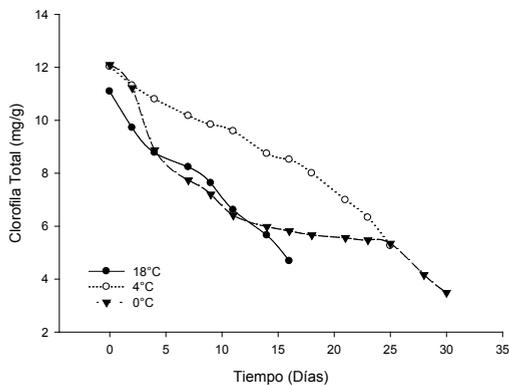


Figura 2. Cinética de pérdida de peso en arveja variedad Sureña.

Tabla 1. Parámetros cinéticos y bondad de ajuste cinética orden uno en la variable peso.

Variedad	Parámetro			Bondad de Ajuste	
	T	$K \cdot 10^{-3}$ (días ⁻¹)	B_0	R ² (%)	E (%)
Andina	0 °C	1,400 ± 0,114 c	5,412	99,540	0,011
	4 °C	2,100 ± 0,228 b	5,380	99,640	0,015
	18 °C	4,100 ± 0,881 a	5,373	99,420	0,028
Sureña	0 °C	1,400 ± 0,122 c	5,407	99,780	0,010
	4 °C	2,080 ± 0,444 b	5,348	99,350	0,024
	18 °C	3,720 ± 0,638 a	5,392	99,770	0,014

T: Temperatura, K: Constante Cinética, B_0 : Intercepto, R²: Coeficiente de Determinación, E: Error Porcentual. Valores promedio (n=5) ± desviación estándar. Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de Tukey HDS a un 95% de confianza.

**Figura 3.** Cinética de pérdida de clorofila en arveja variedad Andina.**Figura 4.** Cinética de pérdida de clorofila en arveja variedad Sureña.**Tabla 2.** Parámetros cinéticos y bondad de ajuste cinética orden uno en la variable contenido de clorofila.

Variedad	Parámetro			Bondad de Ajuste	
	T	$K \cdot 10^{-2}$ (días ⁻¹)	B_0	R ² (%)	E (%)
Andina	0 °C	2,722 ± 0,177 c	2,646	95,28	1,928
	4 °C	3,470 ± 0,617 b	2,457	94,87	3,38
	18 °C	4,824 ± 0,517 a	2,402	99,2	1,035
Sureña	0 °C	2,894 ± 0,534 c	2,526	93,69	2,386
	4 °C	3,432 ± 0,431 b	2,358	90,68	5,1
	18 °C	4,936 ± 0,586 a	2,405	97,34	1,959

T: Temperatura, K: Constante Cinética, B_0 : Intercepto, R²: Coeficiente de Determinación, E: Error Porcentual. Valores promedio (n=5) ± desviación estándar. Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de Tukey HDS a un 95% de confianza.

DISCUSIÓN

Los cambios en peso y contenido de clorofila de las variedades de arveja almacenados a diferentes temperaturas, son representados con una cinética de orden uno, cuyos modelos para cada temperatura presentan coeficientes de determinación relativamente altos ($R^2 > 0,85$) como se muestra en las tablas 1 y 2. Tras realizar el análisis de varianza no se evidenciaron diferencias entre las variedades pero si entre las temperaturas, donde la temperatura de almacenamiento de 0 °C presenta el menor valor de la constante cinética de velocidad de pérdida de atributos, favoreciendo su conservación. Según Castro *et al.* (8), el almacenamiento a bajas temperaturas se considera uno de los más básicos y eficientes métodos para el almacenamiento de frutas y hortalizas, ya que influencia la calidad y la duración de conservación de los productos agrícolas (4).

Se evidenciaron porcentajes de pérdida de peso entre el 4 a 6 % bajo las tres condiciones de almacenamiento, estos cambios de peso se deben principalmente a factores como la transpiración, y pérdidas entre 5 y 10% pueden representar un producto comercialmente inaceptable (9). Similares resultados fueron reportados en plátano (10) y arveja (11).

En cuanto al contenido de clorofila, Márquez y Vigoa (12), resaltan que los cambios a bajas temperaturas son menos drásticos, lo cual se evidencio en la investigación, donde la temperatura de 0 °C, presentando el menor porcentaje de disminución, favoreciendo su conservación. Resultados similares fueron reportados en brócoli (13) y arveja (14).

CONCLUSION

La temperatura presentó un efecto significativo sobre las constantes cinéticas de degradación de los parámetros pérdida de peso y contenido de clorofila con un p-valor menor a 0,05. Así mismo, no se presentaron diferencias entre las variedades de arveja.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño, al Sistema General de Regalías por la aprobación del proyecto BPIN 20120001100188, al Grupo de Apoyo a la Investigación y Desarrollo Agroalimentario y al grupo de investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria.

REFERENCIAS

1. Sañudo S, Checa O, Arteaga M. Manejo agronómico de leguminosas en zonas cerealistas. Produmedios. Pasto, Colombia. 1999. 98 p.
2. Cerón A, Latorre L, Bucheli M, Osorio O, Mejía D, Garcés L. Determinación de constantes de velocidad de rehidratación y cambios sobre algunas propiedades físicas en semillas de arveja (*Pisum sativum* L.). Revista Lasallista de Investigación. 2015 Junio; 12(1): 21-32.
3. Belalcazar F. Evaluación de los procesos de envasado y empacado al vacío para la variedad de arveja (*Pisum sativum* L.) Obonuco Andina. [Tesis Pregrado]. [Pasto, Colombia]: Universidad de Nariño; 2007. 113 p.
4. Shao Y, Xie J, Chen P, Li W. Changes in some chemical components and in the physiology of rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.) as affected by storage temperature and packing material. Fruits. 2013; 68(1): 15-24.
5. Pariasca J, Miyazaki T, Hisak H, Nakagawa H, Sato T. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow pea pods (*Pisum sativum* L. var *saccharatum*). Postharvest Biology and Technology. 2000; 21: 213-223.
6. Garza S. Caracterización reológica y microbiológica, y cinéticas de deterioro en cremogenado de melocotón. [Tesis Doctoral]. [Lérida, España]: Universitat de Lleida; 2002. 168 p.
7. Resende O, Rodrigues S, Siqueira V, Arcanjo R. Cinética da secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de chao batido. Acta Amazónica. 2010; 40(2): 247-256.
8. Castro M, Van-Loey A, Alexandre J, Chantal S, Hendrickx M. Effect of temperature, pressure and calcium soaking pre-treatments and pressure shift freezing on the texture and texture evolution of frozen green bell peppers (*Capsicum annuum*). European Food Research and Technology. 2007; 226: 33-43.
9. Alía I, Colinas M, Martínez M, Soto M. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore y *Steam*) durante poscosecha. Chapingo Serie Horticultura. 2002; 8(2): 263-281.
10. Mejía L, Giraldo G, Ramírez D. Efecto de la edad de cosecha en las características poscosecha del plátano Dominico-Hartón (*Musa AAB Simmonds*). Acta Agronómica. 2012; 61(4): 345-352.
11. Latorre L, Mejía D, Osorio O. Influencia del almacenamiento sobre la calidad poscosecha de dos nuevas variedades de arveja (*Pisum sativum* L.): Alcalá y Sureña. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 2014; 67(2)Supl.2: 44-45.
12. Márquez E, Vigoa Y. Colorantes naturales de origen vegetal. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 2007; 17(1): 68-74.
13. Lemoine L, Civello P, Chaves A, Martínez G. Hot air treatment delays senescence and maintains quality of fresh-cut broccoli florets during refrigerated storage. Food Science and Technology. 2009; 42: 1076-1081.
14. Pantoja A, Osorio O, Cerón A, Mejía D. Efecto del almacenamiento en contenido de clorofila y vitamina C, en arveja (*Pisum sativum* L.). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 2014; 67(2)Supl.2: 601-603.

CINÉTICA DEL CAMBIO DE FIRMEZA Y HUMEDAD EN ARVEJA (*Pisum sativum* L.) DURANTE EL ALMACENAMIENTO

KINETICS OF CHANGE FIRMNESS AND HUMIDITY IN PEA (*Pisum sativum* L.) DURING STORAGE

Laura LATORRE V. M.Sc. (c)^{1*}, Diego MEJÍA E. MSc.¹, Oswaldo OSORIO M. PhD.¹

RESUMEN

Antecedentes: En Nariño, a pesar de lo diverso de su geografía y climas, la producción agrícola se concentra en las zonas altas y de clima frío, como es el caso de la producción de arveja (*Pisum sativum* L.), la cual es estratégica para los agricultores porque presenta un ciclo de cultivo relativamente corto, lo que permite diferentes arreglos productivos; tiene grandes beneficios nutricionales, por lo que se considera un importante complemento de una dieta saludable, la cual con una mejora en su manejo poscosecha y comercialización como producto en fresco, contribuirá a mejorar la competitividad en el mercado. **Objetivos:** El objetivo de la investigación fue realizar cinéticas con los cambios de firmeza y humedad en arveja almacenada a diferentes temperaturas. **Métodos:** Se realizaron mediciones de firmeza y humedad cada dos días por un tiempo de 30 días a arveja variedad Sureña, almacenada en tres condiciones de temperatura (0 °C, 4 °C y 18 °C); con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una comparación de múltiples medias, con un diseño completamente al azar, teniendo como único factor la temperatura. **Resultados:** Los resultados mostraron cinéticas de orden cero para los cambios de firmeza en el tiempo, y porcentajes de reducción del 39,036%, 28,093% y 27,428% a 18 °C, 4 °C y 0 °C respectivamente; y cinéticas de primer orden para los cambios de humedad, con porcentajes de reducción de 6,980% a 18 °C, 6,589% a 4 °C y 6,060% a 0 °C. Se presentaron valores de energía de activación de 33,156 kJ/mol°K para los cambios de firmeza y de 15,558 kJ/mol°K para los cambios de humedad, datos obtenidos mediante la ecuación de Arrhenius. **Conclusiones:** Con los modelos de predicción de cambios de firmeza y

humedad se puede estimar el tiempo de vida útil para arveja almacenada a diferentes temperaturas.

Palabras clave: Cinética, ecuación de Arrhenius, refrigeración, Sureña.

ABSTRACT

Background: In Nariño, in spite of diverse geography and climates, agricultural production is concentrated in the higher areas and cold weather, as is the case from the production of pea (*Pisum sativum* L.), which it is strategic for farmers because it has a relatively short growing cycle, allowing different productive arrangements; has great nutritional benefits, so it is considered an important complement to a healthy diet, which with an improvement in post-harvest handling and marketing as fresh produce, will contribute to better competitiveness in the market. **Objectives:** The objective of the research was performed kinetics with changes firmness and humidity in pea stored at different temperatures. **Methods:** Were performed firmness and humidity measurements every two days for a period of 30 days in peas stored in three conditions of temperature (0 °C, 4 °C and 18 °C); with the data obtained was performed a variance analysis and comparison of multiple means, with a completely randomized design, with the sole factor temperature. **Results:** The results showed zero order kinetics for the firmness changes in time, and reduction rates of 39.036%, 28.093% and 27.428% at 18 °C, 4 °C and 0 °C respectively; and first-order kinetics to changes in humidity, with percentage reductions of 6,980% at 18 °C, 6,589% at 4 °C and 6,060% at 0 °C. Were presented values of activation energy of 33.156 kJ/mol°K for the changes of firmness and 15,558 kJ/mol°K for moisture changes, data obtained by the

¹ Grupo de Apoyo a la Investigación y Desarrollo Agroalimentario (GAIDA), Departamento de Procesos Industriales, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia: lauralatorrev@gmail.com

Arrhenius equation. **Conclusions:** With the prediction model changes of firmness and humidity, can be utilized to estimate lifetime for peas stored at different temperatures.

Keywords: Kinetics, Arrhenius equation, refrigeration, Sureña.

INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) es uno de los principales cultivos comestibles en el mundo (1), y es utilizada como fuente de proteína debido a su valor nutritivo (2). En Colombia su producción se concentra en los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá, que suman más del 80% de la producción total, se comercializa en más de 30 mercados mayoristas, lo que revela su amplio consumo; a pesar de que es un producto que no puede ser almacenado por mucho tiempo (3), debido a su alta perecibilidad, relacionada con sus procesos metabólicos y el manejo poscosecha, lo que se traduce en cambios de firmeza, color, sabor y aroma (4-5). El almacenamiento en refrigeración, es un factor que favorece la conservación de vegetales, debido a que disminuye la velocidad de las reacciones metabólicas, extendiendo la vida útil del producto (6). En consecuencia el objetivo de la investigación fue realizar cinéticas con los cambios de firmeza y humedad en arveja variedad Sureña, almacenada a diferentes temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron arvejas frescas desgranadas variedad Sureña, provenientes del Centro Internacional de Producción Limpia LOPE, Sena Regional Nariño, ubicado a 2650 msnm con una temperatura promedio de 13 °C y una precipitación promedio anual de 700 mm. Se empacaron aproximadamente 220 g de arveja en empaques termoformados perforados, los cuales fueron almacenados en tres condiciones de temperatura (0 °C, 4 °C y 18 °C), para realizar evaluaciones de firmeza según la metodología descritas por Zapata *et al.* (7), en un texturómetro LLOYD LS1, cada dos días por un tiempo de 30 días.

También, se determinaron a partir de las metodologías descritas por Garza (8), constantes cinéticas de velocidad de cambio de los atributos evaluados, se les realizó un análisis de varianza, mediante un diseño completamente al azar y una comparación

de múltiples medias con la prueba de Tukey HDS, con el programa estadístico The SAS System Versión 9.0, teniendo como factor la temperatura en tres niveles; adicionalmente para estimar el tiempo de vida útil se utilizó la metodología descrita por Baldizón *et al.* (9), mediante la ecuación de Arrhenius; la bondad de ajuste del modelo se evaluó con los parámetros R^2 (coeficiente de determinación) y %E (error porcentual) (10). Los gráficos fueron realizados con ayuda del programa Sigma Plot 10.

RESULTADOS

En las figuras 1 y 2 se muestra el comportamiento cinético de arveja variedad Sureña almacenada a diferentes temperaturas, en las tablas 1 y 2 se presentan los resultados para los modelos cinéticos y la bondad de ajuste.

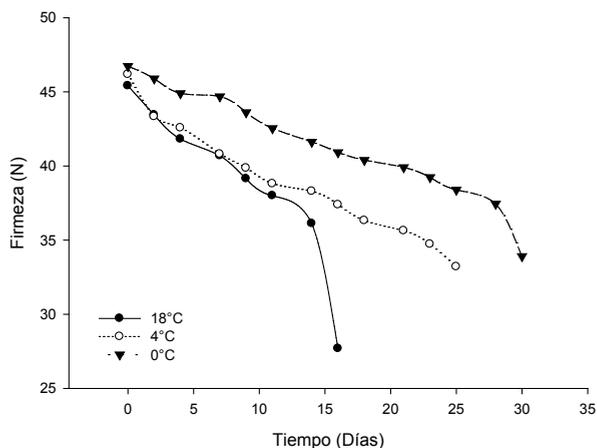


Figura 1. Cinética de pérdida de firmeza en arveja.

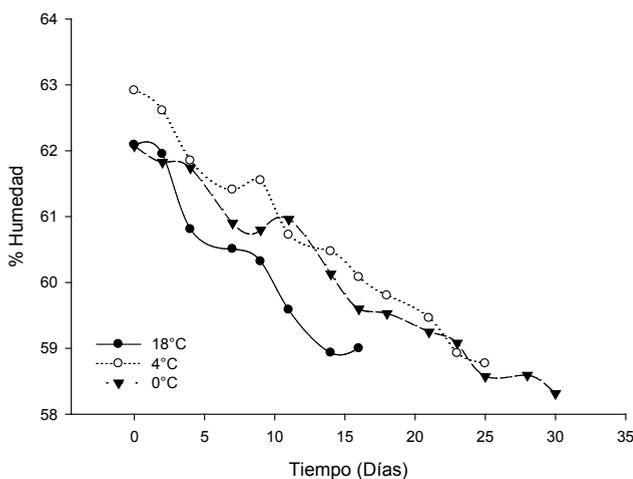


Figura 2. Cinética de pérdida de humedad en arveja.

Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas para la temperatura de almacenamiento con un p-valor menor a 0,05, a un 95% de confianza, para cada una de las variables de respuesta.

Tabla 1. Parámetros cinéticos para firmeza y humedad - bondad de ajuste.

Variable	Parámetro				Bondad de Ajuste	
	Orden	T	K (días ⁻¹)	B ₀	R ² (%)	E (%)
Firmeza	Cero	0 °C	0,359 ± 0,056 c	46,784	95,950	1,233
		4 °C	0,451 ± 0,087 b	44,553	97,030	1,14
		18 °C	0,888 ± 0,123 a	46,029	85,660	4,538
		T	K * 10 ⁻³ (días ⁻¹)	B ₀	R ² (%)	E (%)
Humedad	Uno	0 °C	2,216 ± 0,134 c	4,128	97,71	0,062
		4 °C	2,680 ± 0,217 b	4,139	98,52	0,054
		18 °C	3,440 ± 0,498 a	4,128	95,77	0,083

T: Temperatura, K: Constante Cinética, B₀: Intercepto, R²: Coeficiente de Determinación, E: Error Porcentual. Valores promedio (n=5) ± desviación estándar. Letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de Tukey HDS a un 95% de confianza.

Tabla 2. Parámetros cinéticos y bondad de ajuste ecuación de Arrhenius.

Variable	Parámetro		Bondad de Ajuste		Ea (KJ/mol K)
	K * 10 ⁺³ (días ⁻¹)	B ₀	R ² (%)	E (%)	
Firmeza	3,988 ± 0,847	13,572	99,99	0,753	33,156
Humedad	1,871 ± 0,673	0,762	93,30	0,732	15,558

K: Constante Cinética, B₀: Intercepto, R²: Coeficiente de Determinación, E: Error Porcentual, Ea: Energía de Activación. Valores promedio (n=5) ± desviación estándar.

La vida útil estimada de la arveja fresca a 0 °C, 6 °C, 10 °C y 24 °C es de 22, 17, 15 y 9 días respectivamente según los cambios de humedad y de 29, 21, 17 y 9 días según los cambios de firmeza.

DISCUSIÓN

Con los valores de los coeficientes de determinación obtenidos (tabla 1), se puede considerar que los modelos propuestos son adecuados para describir la cinética de pérdida de humedad y firmeza en arveja fresca, de igual manera el modelo de Arrhenius resultó adecuado (tabla 2) para representar los cambios de K con la temperatura, y determinar la energía de activación a partir de la pendiente.

Los cambios de humedad responden a una cinética de primer orden, como lo reportado por Debnath *et al.* (11), dichas pérdidas se deben a que el agua líquida presente en un vegetal se pierde a través de la transpiración, el cual se ve influenciado por la temperatura de almacenamiento (12). En cuanto a los cambios de firmeza, respondieron a una cinética de orden cero, similares resultados fueron reportados por Baldizon *et al.* (9). La pérdida de

firmeza en arveja, puede atribuirse a la producción de CO₂ después del proceso de respiración, el cual al disolverse en agua produce ácido carbónico, aumenta la acidez del medio y reduce el pH; origina exudado por la pérdida de la capacidad de retención de agua en los tejidos de las proteínas y conlleva a su desnaturalización (13-14) y ablandamiento de los tejidos (15).

CONCLUSIONES

Se estimó la vida útil de arveja fresca utilizando los modelos de cambios de humedad y firmeza, en combinación con la ecuación de Arrhenius, bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño, al Sistema General de Regalías por la aprobación del proyecto BPIN 20120001100188, al Grupo de Apoyo a la Investigación y Desarrollo Agroalimentario, y al grupo de investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria.

REFERENCIAS

1. Amarakoon D, McPhee K, Thavarajah P, et al. Iron-, zinc-, and magnesium-rich field peas (*Pisum sativum* L.) with naturally low phytic acid: A potential food-based solution to global micronutrient malnutrition. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2012; 27(1): 8-13.
2. Laudadio V, Tufarelli V. Pea (*Pisum sativum* L.) Seeds as an Alternative Dietary Protein Source for Broilers: Influence on Fatty Acid Composition, Lipid and Protein Oxidation of Dark and White Meats. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2010; 88: 967-973.
3. SIPSA. Boletín semanal de precios mayoristas. [Internet]. Colombia: DANE. 2013. [Citado 15 de diciembre 2015]. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/boletines/sipsa/Semana_12ene_18ene_2013.pdf
4. Morales C. Evaluación de la calidad del nopal (*Opuntia ficus indica*) variedad Milpa Alta desespinado, envasado en atmósferas modificadas. [Tesis Posgrado]. [México, D. F.]: Universidad Autónoma Metropolitana. 2009. 70 p.
5. Flores D, Ruiz E. Influencia del tiempo de escaldado, presión de empacado al vacío y grado de madurez del grano en la conserva de arveja (*Pisum sativum* L.). [Trabajo de pregrado]. [Ibarra, Ecuador]: Universidad Técnica del Norte. 2010. 110 p.
6. Piagentini A, Pirovani M, Güemes D. Cinética de deterioro de la calidad de repollo cortado. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 2004; 4(3): 169-176.
7. Zapata L, Malleret A, Quinteros C, Lesa C, Vuarant C, Rivadeneira M, et al. Estudios sobre cambios en la firmeza en bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencias Exactas y Naturales*. 2010. XXI(41): 159-171.
8. Garza S. Caracterización reológica y microbiológica, y cinéticas de deterioro en cremogenado de melocotón. [Tesis Doctoral]. [Lérida, España]: Universitat de Lleida: 2002. 168 p.
9. Baldizón C, Valle G, Molina M. Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Ingeniería*. 2011; 21(2): 31-38.
10. Resende O, Rodrigues S, Siqueira V, Arcanjo R. Cinética da secagem de clones de café (*Coffea canephora* Pierre) em terreiro de chao batido. *Acta Amazônica*. 2010; 40(2): 247-256.
11. Debnath S, Bhat K, Rastogi N. Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. *LWT - Food Science and Technology*. 2003; 36(1): 91-98.
12. Umaña E. Conservación de alimentos por frío. Eikon Creative; 2010. 235 p.
13. Iglesias E, Cabezas L, Nuevo J. Informe de vigilancia tecnológica. Tecnología de envasado en atmósfera protectora. Madrid, España: base12 diseño y comunicación s.l. 2006. 143 p.
14. Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT - Food Science and Technology*. 2010; 43(3): 381-392.
15. Mullan WMA. Science and technology of modified atmosphere packaging. [Internet]. Dairy Sciece. 2002. [Actualizado Junio 2011; Citado Enero 2016]. Disponible en: <http://www.dairyscience.info/index.php/packaging/117?modified?atmosphere?packaging.html>.

IMPORTANCIA DEL SUBSECTOR PRODUCTIVO DE ARVEJA (*Pisum Sativum L.*) EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

IMPORTANCE OF PRODUCTIVE SUBSECTOR PEA (*Pisum Sativum l.*) IN THE NARIÑO DEPARTMENT

Ruben D. SOLARTE. M.Sc (c)^{1*}, Oswaldo OSORIO PhD¹, Oscar CHECA PhD²

RESUMEN

Antecedentes: Los documentos existentes sobre la producción y comportamiento del subsector productivo de arveja en Colombia como el departamento de Nariño distan bastante de la realidad, y entre documento y documento hay grandes diferencias en las cifras mostradas, documentos como Consolidados Agropecuarios, Encuesta Nacional Agropecuaria e informes de instituciones gubernamentales y privadas. **Objetivos:** Evaluar la situación actual del subsector productivo de la arveja en el departamento de Nariño. **Métodos:** El proceso de investigación se desarrolló en base a entrevistas semi estructuradas aplicadas a representantes de los diferentes actores involucrados en el subsector de la arveja, así como también se realizó procesos de observación directa en puntos estratégicos de comercialización en el departamento. **Resultados:** Como resultados se encontró que el departamento de Nariño tiene una potencialidad única para la comercialización de arveja a nivel nacional por su alta productividad, pero igualmente también queda claro la existencia de una larga cadena de intermediación resultado de una baja organización. **Conclusiones.** El subsector productivo de la arveja de Nariño es el principal a nivel nacional, sin embargo se hace necesario reducir la cadena de intermediación presente en el actualidad, potenciando los beneficios de los mercados de Corabastos en Bogotá y Cavasa en Cali, incluso incursionando en otros de mayor rentabilidad para el productor.

Palabras clave: Arveja, Subsector, Intermediación, Comercialización, organización

ABSTRACT

Background: Existing documents on production and behavior of the productive subsector pea in Colombia and Nariño are far from reality, and between document and document there are large differences in the figures shown, documents and Consolidated Agriculture, National Agricultural Survey and reports governmental and private institutions (Fenalce). **Objectives:** Assess the current status of the production subsector pea in the department of Nariño. **Methods:** The research process was developed based on semi-structured interviews applied to representatives of the various stakeholders in the subsector Vetch and processes direct observation was also carried out at strategic points in the marketing department. **Results:** As a result it was found that the department of Nariño has a unique potential for marketing pea nationally for its high productivity, but also it is also clear that there is a long chain of intermediaries result of low organization. **Conclusions:** The production subsector Vetch Nariño is the main nationwide, however it is necessary to reduce intermediation chain present in the present, promoting the benefits of markets Cavasa Corabastos in Bogota and Cali, even dabbling in other greater profitability for the producer.

INTRODUCCIÓN

En Colombia el sector agrícola genera más del 20% del empleo nacional y representa alrededor del 50% del empleo en las áreas rurales, sin embargo la participación de este sector en el PIB total ha venido descendiendo de una participación cercana al 17% en 1990, a 7% en 2011 (1,2), descenso que está relacionado al bajo número de profesionales

¹ Grupo de Apoyo a la Investigación y Desarrollo Agroalimentario, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.

² Grupo de investigación Cultivos Andinos, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: darsol27@hotmail.com

en agronomía, veterinaria y ciencias afines quienes representaron tan solo el 2,8% de los egresados de la universidades en 2005, escasez que a su vez está asociada a la baja atractividad del sector agropecuario en los últimos años, convirtiéndose así en un círculo vicioso (3).

Se consideran igualmente causas de la baja competitividad y productividad del sector agropecuario, el uso ineficiente de los factores de producción, particularmente la tierra y el agua, el bajo nivel de innovación en los sistemas productivos y la baja productividad de la mano de obra rural, los altos costos de producción, la insuficiente infraestructura para producción, comercialización y distribución, ubicándonos por debajo del crecimiento promedio de las Agriculturas de Perú, Chile y Argentina (4), sumado a esto se asocian los altos costos de producción, un tema no desconocido para muchos expertos de la economía agraria Colombiana, es así que en la actualidad esta situación ha ocasionado grandes pérdidas en las bases primarias de la producción agrícola (5).

Según el DANE a nivel nacional para el año 2013 hubo una producción de 100,451 toneladas de arveja, de las cuales el 57% fueron en Nariño, el 19% en Cundinamarca y el 13% en Boyacá (6). Por otro lado en la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) de los últimos seis se evidencia claramente que el departamento de Nariño es el principal productor de arveja a nivel nacional en cada uno de los años reportados, con los siguientes porcentajes de participación en la producción nacional 36% (2007), 32% (2008), 37% (2009), 49% (2010), 69% (2011), 55% (2012) y 57% (2013). (7-12) así mismo el subsector productivo de la arveja en el país se ha convertido en uno de los más fuertes dentro del sector hortofrutícola, con una participación del 39% del área sembrada en el país (10).

Documentos estadísticos de conocimiento nacional reportan claramente la importancia del subsector productivo de la arveja en el departamento de Nariño; pero es necesario también comentar que existen algunos factores que han limitado el desarrollo el subsector en el departamento, tal es el caso de la alta intermediación comercial que ha impedido la correcta satisfacción del cliente con un mejor beneficio para el productor, lo que ha conllevado a señalarse entre sí buscando un culpable y no una solución (13). Igualmente se manifiestan que la producción y comercialización de arveja en el departamento de Nariño es dependiente de una amplia cadena de intermediación, la cual tiene su origen en el productor, quien vende la cosecha a

un intermediario en la central de acopio o fuera de ella, y este a su vez la comercializa a los mercados de Bogotá, Cali, Medellín, entre otros, mercados en los cuales se generan amplios canales de intermediación hasta llegar al consumidor final (14).

La comercialización en Colombia se desarrolla básicamente mediante dos canales; el primero de ellos es el considerado tradicional, con participación de numerosos intermediarios, en donde el precio es prácticamente fijado por los compradores, sujetos por supuesto a las restricciones de oferta y demanda. Este mercado se caracteriza por su informalidad ya que no existe regulación alguna de tipo gubernamental o gremial. El otro es el mercado especializado, con participación de agentes que se caracterizan por disponer de una infraestructura comercial (15).

El trabajo en mención plantea conocer directamente de los actores pertenecientes al subsector las condiciones en las cuales se desarrollan todos los procesos productivos y comerciales de la arveja en la zona productora del departamento de Nariño. Información que permita identificar las principales problemáticas que afectan al subsector e impiden mejorar la calidad de vida del productor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron como instrumentos de recolección de información una entrevista semiestructurada, encuesta y aplicación de una ficha para el proceso de observación directa.

El análisis de las entrevistas se desarrolló mediante las metodologías DOFA y 5W+H, herramientas de diagnóstico utilizadas en diferentes trabajos de investigación (16).

Muestreo Oferta

El trabajo de investigación se desarrolló en diferentes sectores que integran el subsector productivo de la arveja en el departamento de Nariño, sectores sobre los cuales se llevó a cabo un muestreo aleatorio de la población de estudio. Entre los actores involucrados estuvieron los entes territoriales, Central de acopio, Casas de agroquímicos, Centros de investigación y Fenalce.

RESULTADOS

A partir del proceso de recolección y análisis de los resultados se obtuvo la tabla 1 y 2 en el cual se describe las problemáticas que afectan el subsector de la arveja en el departamento de Nariño.

Tabla 1. Metodología las 5w's + H aplicado en el subsector de la arveja

W - H	Pregunta	Respuesta
What - Qué	¿Qué está pasando?	Alto desconocimiento del mercado por parte de agricultores, comerciantes, autoridades y demás que les permita tomar decisiones correctas y eliminar muchos de los problemas presentes en el subsector de la arveja en el departamento.
Why - Porque	¿Porque está ocurriendo esto?	<ul style="list-style-type: none"> - Bajos estudios de mercado que revelen la realidad del subsector. - Sistemas de Información actuales poco incluyentes, los campesinos no tienen fácil acceso a estos. - Baja formación y capacitación de los campesinos productores. - Bajos ingresos de los productores. - Altos costo de producción con una alta variabilidad en los precios. - Alto grado de intermediación - Bajo grado de asociatividad - Diferentes factores entre ellos el desconocimiento del mercado.
When - Cuándo	¿Cuándo ocurre el problema?	- El problema ocurre desde la planificación de la producción en campo, pasando por la comercialización e incluso la transformación.
Where - Dónde	¿Dónde ocurre el problema?	<ul style="list-style-type: none"> - El problema está presente en las fincas con los productores. - Centros de comercialización y acopio. - Oficinas de administrativos y autoridades del subsector.
Who - Quién	¿Quién ocasiona el problema?	<ul style="list-style-type: none"> - Los Gobiernos locales y nacionales (Falta de generación de políticas) - Los Campesinos por la falta de formación y generación de alianzas. - Comerciantes por no buscar mercados más especializados
	¿Quién se afecta con el problema?	<ul style="list-style-type: none"> - Los más afectados son los campesinos por la alta variación de los precios, teniendo que vender a precios incluso por debajo de costo de producción - El desconocimiento del mercado afecta a todos los actores en general, se dejan de construir industrias y con ello impuestos para el departamento, nuevos empleos
How - Cómo ocurre	¿Cómo ocurre el problema?	<ul style="list-style-type: none"> - Durante el proceso de comercialización se recoge gran cantidad de información por parte del cliente, pero a raíz de la gran cadena de comercialización esta se va perdiendo o no se transmite y al final al comerciante solo le llega un dato de la cantidad a comprar hoy, mientras que al productor no le llega nada, solo sabe que hoy le compraron y que espera que en los próximos meses también. - La cadena de intermediación tan larga impide que la información fluya y que llegue al campesino, el cual ni siquiera conoce a donde exactamente se llevan su producto y porque es que lo quieren. - El problema es que la información entre los intermediarios es muy reservada y nunca se la revelan al productor para que este nunca pueda hacer la venta directa, esto les quitaría su mercado. - El campesino por ser un productor minifundista, sumado al desconocimiento del mercado pierde cualquier interés de llevar su producto más allá del mercado local, cree que eso es imposible.

A raíz de la identificación del problema sobre el cual se ramifican otra serie de problemas más pequeños que afectan al productor y demás actores relacionados se describe a continuación una matriz

DOFA sobre la cual intenta identificar con más claridad unas situaciones favorables como desfavorables.

Tabla 2. Matriz Dofa.

MATRIZ DOFA		
	INTERNAS	EXTERNAS
DESFAVORABLES	DEBILIDADES	AMENAZAS
	Prácticas de cultivo poco tecnificadas. Bajo grado de asociatividad. Bajo poder de negociación con el comerciante. Baja calidad del producto final (arveja fresca). Baja generación de valor agregado. No se cuenta con una marca reconocida en el mercado. Baja planificación de cultivos. El principal mercado del producto en Nariño son en su mayoría las grandes centrales de abasto del país. Mal manejo Postcosecha del producto en cada eslabón de la cadena. Políticas débiles de parte de los gobiernos para el subsector. Resistencia al cambio por parte de los productores. Bajo relevo generacional. Baja articulación entre actores.	Alta competencia por departamentos productores. Tratados de libre comercio con países productores. Contrabando del producto por la frontera. Incremento en el costo de los insumos agroquímicos. Alta dificultad para el acceso a crédito. Incremento del conflicto armado en el departamento. Cambio climático inesperado. Afectación por plagas a los cultivos.
FAVORABLES	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
	Alta experiencia en la compra y venta de arveja fresca. El departamento es el Primer productor de arveja en Colombia Alta investigación en el producto en el departamento. Variedades de arveja desarrolladas exclusivamente para Nariño. Reconocimiento a nivel nacional de las excelentes características de la arveja del departamento. Condiciones propicias de clima y suelo para el cultivo. Alto número de profesionales formados en el manejo del cultivo y producto.	Mercados con la necesidad de productos de calidad. Gran crecimiento del internet que sirve para hacer conocer el producto en la empresa. Desarrollo de nuevas tecnologías que permitirían mejorar el desempeño en los procesos. Altas inversiones del gobierno nacional para el apoyo del campo nariñense. Grandes ventajas comparativas como departamento fronterizo. Acuerdos de libre comercio con países potencialmente compradores.

A raíz de la encuesta realizada en el estudio se determinó los volúmenes y destinos de la arveja que se comercializa en la central de acopio de la ciudad de Ipiales, así como también todos los procesos relacionados a la intermediación presentes en la comercialización de la arveja en el departamento.

Destino de la arveja Comercializada en Nariño

La arveja fresca en vaina comercializada por la central de acopio es destinada principalmente hacia la ciudad de Bogotá con una frecuencia diaria de envíos y con un porcentaje promedio del total comercializado del 33%, seguido de Cali con el 27%, Pereira con el 24%; Medellín con el 12% y Bucaramanga con un 4%. La central de acopio tiene una oferta mensual promedio de 33.949 bultos equivalente a 1.697 Toneladas.

Procesos de intermediación presentes en el departamento de Nariño

Intermediación en cultivo

En los últimos años la intermediación de arveja ha empezado a migrar desde las centrales de acopio a la compra directa en finca, situación que ha entrado a perjudicar directamente al productor quien se ha visto prácticamente obligado a vender su producto en cultivo, dicha práctica ha sido generada por el acaparamiento de la mano de obra por parte de los intermediario o también conocidos como los comerciantes de zona. Cada comerciante contrata por zona prácticamente toda la mano obra experta en cosecha de arveja, por tal motivo al productor ya no le queda una opción distinta que vender en finca el producto.

Intermediación en Puntos de Comercialización

En municipios productores como Córdoba, Pupiales, Gualmatán y otros donde predominan los pequeños agricultores de tipo minifundista. La comercialización se lleva a cabo en los mismos municipios, en los cuales se ubican puntos de comercialización, la mayoría de estos ubicados sobre las vías donde confluyen los campesinos para realizar la comercialización de su producto. La comercialización de la arveja en fresco en los puntos descritos, es impulsada por las grandes distancias a las que se encuentra la central de acopio de los cultivos.

Intermediación en Centrales de Acopio

La central de acopio de Ipiales es el principal punto de comercialización y recepción de arveja en el departamento de Nariño, central de la cual se despacha la mayoría de arveja destinada hacia las centrales de abastos del país, entre las más importantes se encuentran Cavasa, Santa Helena y Corabastos. Las actividades de comercialización van entre las 3 pm y 7 pm todos los días, a partir de las 5 pm inician a salir los primeros vehículos con destino a las diferentes centrales de abastos del país.

DISCUSIÓN

En el estudio de oferta de arveja desarrollada en la central de acopio de la ciudad de Ipiales se encontró que esta tiene una capacidad de oferta mensual de 1697 toneladas que suman al año 20.364 toneladas, valores que contrarrestados con lo reportado por el DANE en el 2015 corresponden al 35% de la producción del departamento de Nariño para el año 2013, la cifra corrobora lo que muestra los datos reportados por la Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA en los años 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013, años en los cuales varía considerablemente la participación de Nariño en la producción Nacional de arveja, situación que se ve afectada por diferentes factores ambientales como económicos. Dicha situación deja en claro que la medición de la oferta de arveja en un determinado momento para tomar una decisión en un periodo superior a los cinco meses como generalmente ocurre no es adecuado, teniendo en cuenta que el cultivo de la arveja es de ciclo corto, en tal sentido si hay un comportamiento económico o ambiental desfavorable para el productor este decidirá no sembrar y por ende las cifras departamentales y nacionales en cuanto a la producción se pueden ver sensiblemente afectadas.

CONCLUSIONES

El principal destino de la arveja fresca comercializada en Nariño es la ciudad de Bogotá, seguido por la ciudad de Cali.

En el departamento de Nariño en la actualidad no existe una entidad u organización que genere una representación ante las instituciones regionales como nacionales.

El municipio de Ipiales tiene el mayor volumen de producción en el departamento de Nariño con una participación del 38% de la producción Nacional.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a la empresa Soprocot S.A.T, así como a toda la comunidad productora de arveja en general quienes contribuyeron al desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- Romero Y. Incidencia del PIB agropecuario en el PIB nacional Evolución y transformación. Universidad de San Buenaventura Cali - Colombia ISSN 0123-5834. 2011; 8(2) 49-60.
- Ponce G. *TLC – USA/UE/MERCOSUR – NARIÑO: CATASTROFE O PARAISO. PRIMERA PARTE.* (25 de 08 del 2013). Obtenido de Página10.com: http://pagina10.com/index.php/opinion/item/1922-tlc-usa-ue-mercosur-narino-catastrofe-o-paraiso-primera-parte#VVK_N45_Oko
- Leibovich J, Estrada L. *Competitividad del Sector Agropecuario en Colombia.* Bogota: El Nuevo Siglo. (2009).
- INCODER. *Implementación de Proyectos de Desarrollo rural a nivel Nacional.* Bogota. (2013).
- Castaño N, Cardona M. *Factores determinantes en la inestabilidad del sector agrícola colombiano.* Bogota: En-Contexto. (2014).
- DANE. *Boletín semanal Precios Mayoristas.* Bogota: Departamento Nacional de Estadística. Recuperado el 6 de Febrero de 2015.
- MADR & CCI. *Oferta Agropecuaria ENA (2008)- CIFRAS 2007.* 45-46.
- MADR & CCI. *Oferta Agropecuaria ENA (2009) - CIFRAS 2008.* Bogota D.C.
- MADR & CCI. *Oferta Agropecuaria ENA (2010). - CIFRAS 2009.* Bogota D.C.
- MADR & CCI. *Oferta Agropecuaria ENA (2011). - CIFRAS 2010.* Bogota D.C.
- DANE. *RESULTADOS ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA ENA 2011.* Bogota D.C.
- DANE. *ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA 2013.* Bogota D.C.
- Senge P. *La Quinta Disciplina.* GRANICA. 2011.
- Benavidez L, Huertas B D. *PLAN DE NEGOCIO PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PROCESADORA DE ARVEJA EN EL MUNICIPIO DE IPIALES, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.* Pasto: Universidad de Nariño. 2015.
- FENALCE. *Perspectivas cerealistas, producción, mercado y clima.* Bogota D.C. Obtenido de www.fenlace.org. 2006.
- Wheelen J, Thomas Y, Hunger David. *Administración estratégica y política de negocios conceptos y casos.* 10ª edición. México: Editorial Pearson. 2007.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES*

Acta 22 de Junio de 2012

ALCANCE Y POLÍTICA DE REVISIÓN

La Revista VITAE es una publicación científica de la Facultad de Química Farmacéutica de la Universidad de Antioquia, con una periodicidad cuatrimestral, que tiene como misión la divulgación del desarrollo y los avances académicos e investigativos en los diversos campos de las ciencias farmacéuticas, alimentarias y afines. Publica manuscritos originales e inéditos, los cuales son seleccionados por el Comité Editorial y evaluados por pares nacionales e internacionales. La responsabilidad por los juicios, opiniones y puntos de vista expresados en los manuscritos publicados corresponde exclusivamente a los autores. La posición de la Facultad se consigna en la sección Editorial.

RESERVA DE DERECHOS

El estudio y la selección de los manuscritos enviados por los colaboradores están a cargo del Comité Editorial. La recepción de un manuscrito no implica la aceptación ni publicación del mismo. En los manuscritos aceptados, el Comité Editorial se reserva el derecho de realizar las modificaciones editoriales necesarias para su publicación, al igual que su fecha de aparición en la Revista.

TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE LOS MANUSCRITOS

La Revista VITAE publica los siguientes tipos de manuscritos:

- Artículos Resultado de Investigación
- Artículos Cortos
- Revisiones Estructuradas
- Editorial y Comentarios Editoriales
- Cartas al Editor

Los artículos son clasificados en una de las siguientes secciones:

- Alimentos: Ciencia, Tecnología e Ingeniería
- Atención Farmacéutica
- Biotecnología
- Farmacología y Toxicología
- Industrial Farmacéutica
- Productos Naturales

PRESENTACIÓN DE MANUSCRITOS

La Revista VITAE acepta para evaluación manuscritos en español y/o en inglés. El envío del manuscrito se debe realizar a través de la plataforma Open Journal System, donde la Revista administra los procesos de evaluación y

publicación. Para ello, se debe dirigir a la página web: www.udea.edu.co/vitae. De igual manera, se debe adjuntar los documentos solicitados por el equipo editorial, tal como se especifica en la información consignada en dicha página: los formatos (información del manuscrito y de los autores) y la licencia de acceso abierto. En esta página web encontrará una versión amplia de estas instrucciones, donde podrá consultar todo lo relacionado a los parámetros de presentación del manuscrito e información completa acerca de la estructura de cada uno de los tipos de manuscrito y las normas de estilos de los mismos.

REVISIÓN PREVIA AL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS Y POLÍTICAS EDITORIALES:

Verificación del cumplimiento de las normas editoriales. El Equipo Editorial realiza una revisión en la que se verifica que el manuscrito cumpla con las normas estipuladas en este documento: entrega de la información solicitada, licenciamiento de la obra, estructura completa y adecuada del manuscrito y citación de acuerdo a las normas Vancouver. El autor puede verificar el cumplimiento de los requisitos antes de enviar el manuscrito utilizando la *Lista de Verificación* que se encuentra disponible en la página web, en *Author's forms and guidelines*.

Revisión Editorial. Posterior a la verificación del cumplimiento de las normas editoriales, antes de ser enviados a la evaluación por pares, el Comité Editorial realiza una evaluación previa de todos los manuscritos que cumplen las normas editoriales. El propósito de esta pre-revisión es garantizar que la estructura del manuscrito y los contenidos sean claros, pertinentes y reportados adecuadamente, con el fin de facilitar la evaluación por parte de los pares. Como resultado, el manuscrito puede ser enviado a revisión por pares, devuelto a los autores para correcciones o rechazado.

REVISIÓN POR PARES (PEER-REVIEW):

Una vez el Comité Editorial verifica que el manuscrito cumple con todos los parámetros establecidos por la Revista envía el manuscrito a dos pares, como mínimo, quienes deben emitir su concepto por escrito en el formato establecido para ello, a través de la plataforma *Open Journal*

System. El Equipo Editorial revisa y valora las evaluaciones, si es necesario se asesora de personas idóneas y como resultado, **acepta la publicación del manuscrito, lo devuelve a los autores para correcciones, o lo rechaza de forma definitiva.**

En los casos en que se solicitan correcciones, los autores deben enviar la nueva versión a través de la misma plataforma en un plazo máximo de catorce días calendario a partir de la fecha de notificación. En la corrección de pruebas de impresión final, sólo se permite cambios de forma relativos a redacción o estilo.

El manuscrito se publica en línea y de forma impresa, de la cual se envía tres ejemplares al autor principal.

COSTOS DE PUBLICACIÓN

El valor a pagar por manuscrito, exceptuando las cartas al editor y los comentarios editoriales, es de trescientos cincuenta mil pesos colombianos (\$440.000 COP), para transacciones nacionales, o doscientos dólares (\$220 USD), para transacciones internacionales. Este valor se paga cuando se notifica la aceptación para la publicación de la versión definitiva del manuscrito. La impresión de gráficos, figuras o fotografías en color es opcional y tiene un costo adicional por página necesaria de cien mil pesos colombianos (\$100.000 COP) para transacciones nacionales o sesenta y cinco dólares (\$65 USD) para transacciones internacionales.

LICENCIAMIENTO DEL MANUSCRITO

Los manuscritos publicados en la Revista VITAE quedan disponibles gratuitamente para la consulta pública, tanto en el sitio web como en los diferentes sistemas de indexación y bases de datos a los que está suscrita la Revista, bajo la Licencia Creative Commons, en el modo Attribution-Noncommercial-No Derivative Works aprobada en Colombia y por tanto son de acceso abierto (*Open Access*). Por tanto, los autores ceden, sin derecho a retribuciones económicas, a la Universidad de Antioquia, Revista VITAE, los Derechos sobre la publicación y reproducción en diferentes medios de difusión por el tiempo que establezca la normatividad vigente, mediante el documento de Licencia de Acceso Abierto a la Publicación propuesto para tal fin.

* La documentación requerida para presentar los manuscritos: los formatos, la lista de verificación, la licencia de acceso abierto a la publicación y una copia de estas instrucciones pueden ser descargados del sitio web www.udea.edu.co/vitae

INSTRUCTIONS TO AUTHORS*

Minutes No. 22 of June, 2012

SCOPE AND REVISION POLICIES

The Journal VITAE is a four-monthly scientific publication of the Pharmaceutical Chemistry Faculty of the University of Antioquia, which has the mission of spreading the voice about the development and the academic and research advances in the various fields of pharmaceutical, food and related sciences. The Journal publishes original and novel manuscripts, which are selected by the Editorial Board and evaluated by national and international peers. The responsibility over judgments, opinions and points of view expressed in the published manuscripts lies exclusively on the authors. The statement of the Faculty is recorded in the Editorial section.

RESERVATION OF RIGHTS

The evaluation and selection of the manuscripts submitted by the collaborators are in charge of the Editorial Board. The reception of a manuscript does not imply neither its approval nor publication. For the accepted manuscripts, the Editorial Board reserves the right to perform the necessary editorial modifications for its publication, as well as its release date in the Journal.

TYPES AND CLASIFICATION OF MANUSCRIPTS

The Journal Vitae publishes the following types of manuscripts:

- Articles of research results
- Short articles
- Structured Reviews
- Editorial section and Editorial comments
- Letters to the Editor

The articles are classified in one of the following sections:

- Foods: Science, technology and engineering.
- Pharmaceutical care
- Biotechnology
- Pharmacology and toxicology
- Pharmaceutical Industry
- Natural products

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

The Journal VITAE receives either English or Spanish written articles for evaluation. The submission of the article must be done through the Open Journal

System platform, where the Journal manages the evaluation and publication processes. For this, the authors must go to the web page: www.udea.edu.co/vitae. Likewise, the requested documentation by the Editorial team must be attached as it is specified through the information available in the web page: the forms (information about the manuscript and the authors) and the Open access license. In this web page the authors will find a larger version of these instructions, where will be able to find everything related to the submission parameters of the manuscript and complete information about the structure of every type of manuscript and its style rules.

PREVIOUS REVISION TO THE FULFILLMENT OF THE NORMS AND EDITORIAL POLICIES

Verification of the fulfillment of the editorial norms. The Editorial Team performs a revision in which is verified that the manuscript meets the stipulated norms in this document: submission of the requested information, licensing of the work, complete and proper structure of the manuscript and quotation in accordance with the Vancouver rules. The author may verify the fulfillment of the requirements before submitting the manuscript by using the List of verification, which is available in the web page in the Author's forms and guidelines sections.

Editorial revision. After the verification of the fulfillment of the editorial norms, and before being sent to the peers for evaluation, the Editorial Board performs a previous evaluation of all manuscripts that meet the editorial norms. The purpose of this previous revision is to guarantee that the structure of the manuscript and its contents are clear, relevant and properly reported, in order to facilitate the evaluation performed by the peers. As a result, the manuscript could be sent for peer review, returned to authors for corrections or rejected.

PEER REVIEW

Once the Editorial Board verifies that the manuscript meets all the established parameters by the Journal, the manuscript is sent to two peers, at least, who must give a written concept in the

established format for this, through the platform Open Journal System. The Editorial Team reviews and assesses the evaluations, taking advice from qualified people if necessary, and as a result may approve the publication of the manuscript, return it to the authors for corrections, or reject it definitively.

In those cases that corrections are requested, the authors must send the new version using the platform within 14 (fourteen) calendar days since the date of notification. In the correction of tests of final printing, only form changes related to redaction and style are allowed.

The manuscript is published online and in printed version, which is sent 3 (three) copies to the main author.

PUBLICATION CHARGES

The amount payable for a manuscript, excluding the letters to editor and the editorial comments, is three hundred and fifty thousand Colombian Pesos (\$440.000 COP) for national transactions, or two hundred dollars (\$220 USD) for international transactions. This amount is paid when the approval for the publication of the manuscript's final version is notified. The printing of graphics, figures or color photographs is optional and applies extra charge of one hundred Colombian Pesos (\$100.000 COP) per required page, for national transactions, or sixty five dollars (\$65 USD) for international transactions.

LICENSING OF THE WORK

The manuscripts published in The Journal VITAE remain freely available for public consultation on the web site as on the different indexing systems and data bases that the Journal is subscribed, under the license Creative Commons, in the mode Attribution-Noncommercial-No Derivative Works, adopted in Colombia, and therefore are of Open Access. Hence the authors give, without right to economical retributions, to the University of Antioquia, Journal VITAE, the copyrights on the publication and reproduction through different diffusion media by the time set in the current regulations, by filling the document of Open Access License to the publication proposed for this purpose.

* Requested documentation for the submission of manuscripts: forms, verification list, and the Open access license to the publication. A copy of these instructions can be downloaded from the web site: www.udea.edu.co/vitae

INFORMACIÓN GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Química Farmacéutica / Universidad de Antioquia

Grupos clasificados en convocatoria COLCIENCIAS 2013	Coordinador	Objetivo del Grupo
Grupo de Investigación en Sustancias Bioactivas (A1)	Prof. Edison Osorio. Magister en Ciencias Farmacéuticas. Doctor en Farmacia. Profesor Área de Fitoquímica. ejosorio48@gmail.com edison.osorio@udea.edu.co	Búsqueda de nuevas alternativas terapéuticas con compuestos activos a partir de fuentes naturales. Investigación en alimentos funcionales y materias primas funcionales útiles para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica.
Productos Naturales Marinos (A)	Prof. Diana Margarita Márquez Fernández Magister en Ciencias Químicas Doctora en Ciencias Químicas diana.marquez@udea.edu.co	Investigar la biodiversidad colombiana haciendo especial énfasis en los productos naturales marinos y búsqueda de productos naturales funcionales. Además hemisintetizar compuestos bioactivos, realizar marchas fitoquímicas, estandarizar y validar metodologías de análisis y control de calidad de medicamentos y productos afines.
Programa de Ofidismo y Escorpionismo (A1)	Prof. Sebastián Estrada. Magister en investigación y desarrollo de medicamentos. Sebastian.estrada@siu.udea.edu.co	Fortalecer la investigación interdisciplinaria en el campo de la toxínología. <ul style="list-style-type: none"> • Adelantar investigaciones relacionadas con la clínica, epidemiología y tratamiento específico de las intoxicaciones causadas por animales venenosos, plantas y microorganismos. • Realizar proyectos de investigación orientados a la búsqueda de moléculas o productos con aplicación farmacéutica, alimentaria o agrícola. • Evaluar el uso de los venenos de origen natural con potencial aplicación en los campos: farmacéutico, alimentario, cosmético y agrícola. • Consolidar y ampliar las estrategias educativas en el área de la toxínología para beneficio de la sociedad. • Formar estudiantes de pregrado y posgrado en las áreas misionales del programa y facilitar los intercambios colaborativos con sectores productivos y grupos de investigación nacionales e internacionales.
Biodegradación y Bioconversión de Polímeros - BIOPOLIMER (A)	Freimar Segura Sánchez. Magister en Ciencias Farmacéuticas. Doctor en Farmacotecnia y Biofarmacia de la Universidad de Paris Sud-Francia. Profesor del Área Industrial Farmacéutica. freimar.segura@udea.edu.co freimars@gmail.com	Biodegradar y/o bioconvertir residuos agroindustriales a productos de valor agregado como enzimas, compuestos aromáticos u otros con actividad biológica, utilizando hongos basidiomicetos o sus enzimas ligninolíticas aisladas, para obtener biocombustibles, productos farmacéuticos, alimentos para animales, o nutrientes humanos y estabilizarlos utilizando técnicas de inmovilización. Por medio de nanotecnología desarrollar transportadores inteligentes para medicamentos, cosméticos y alimentos que permitan utilizarlos de forma más segura, eficiente y eficaz.
Diseño y Formulación de Medicamentos, Cosméticos y Afines (A1)	Prof. Oscar Flórez Acosta. Doctor en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. Profesor Área Industrial Farmacéutica. Oscar.florez@udea.edu.co	Diseño, formulación y reformulación de productos farmacéuticos, cosméticos y afines.
Estudios de estabilidad de medicamentos, cosméticos y alimentos (Reconocido)	Cecilia Gallardo Cabrera. Doctora en Ciencias Químicas. Profesora Área de Producción Farmacéutica. cecilia.gallardo@udea.edu.co,	Contribuir al desarrollo de la industria y al mejoramiento de la salud pública, a través de la investigación e implementación de estudios de estabilidad en medicamentos, cosméticos y alimentos, de acuerdo a consideraciones científicas y regulaciones nacionales e internacionales. Desarrollo de tecnologías viables para la estabilización de dichas matrices.
Promoción y Prevención Farmacéutica (A1)	Prof. Pedro Amariles Muñoz. Magister en Farmacia Clínica y Farmacoterapia. Doctor en Farmacología. Profesor Área de Atención Farmacéutica. grupoppf@udea.edu.co www.udea.edu.co/pypfarmaceutica	Evidenciar la importancia y la contribución del profesional farmacéutico a la utilización, efectiva, segura y económica de los medicamentos, al igual que al mejoramiento de las condiciones de salud de la comunidad en contexto del Sistema General de Seguridad Social de Colombia. En este sentido, el grupo se orienta a: (1) diseñar y realizar trabajos de investigación relacionados con la implementación y valoración del efecto en salud de los servicios de Atención Farmacéutica: Seguimiento Farmacoterapéutico, Dispensación, Indicación Farmacéutica, Farmacovigilancia, Farmacoeconomía y Educación en Salud; (2) diseñar, desarrollar y valorar el efecto de herramientas informáticas sobre la eficacia y eficiencia en la realización de los servicios de Atención Farmacéutica; y (3) realizar labores de extensión y asesoría relacionadas con intervenciones en promoción de la salud; prevención de la enfermedad; y orientación al uso efectivo, seguro y económico de los medicamentos.
Grupo de Nutrición y Tecnología de Alimentos (A1)	Prof. José Edgar Zapata Montoya. Doctor en Biotecnología. Profesor Área de Ingeniería Aplicada edgar.zapata@udea.edu.co jedgar_4@yahoo.com	Desarrollar nuevas propuestas alimentarias basadas en métodos de conservación no térmicos y en procesos biotecnológicos. Revalorar subproductos proteicos por medio de hidrólisis enzimática, modelar biorreactores enzimáticos y fermentativos. Aprovechar excedentes de cosecha de frutas y hortalizas por medio de deshidratación osmótica, secado en lecho fluidizado y secado convectivo. Elucidar rutas metabólicas de microorganismo de interés alimentario y farmacéutico. Evaluar nuevas sustancias de origen natural con actividad antioxidantes.
Biotecnología Alimentaria -BIOALI (A)	Prof. José Contreras Calderón. Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Profesor Área de Ingeniería Aplicada. jose.contreras@udea.edu.co jccc78@hotmail.com	Bioconvertir materias primas y residuos agroindustriales en productos de interés alimentario mediante microorganismos. Desarrollar e implementar indicadores que permitan a la industria evaluar, controlar y mejorar la calidad de productos frescos y procesados. Diseñar, formular y estandarizar nuevos productos innovadores, funcionales y con alto valor añadido. Innovar en el desarrollo de empaques alimentarios inteligentes, funcionales y amigables con el medio ambiente. Brindar herramientas a comunidades de bajos recursos para que amplíen sus opciones y tengan acceso a alimentos saludables de bajo costo.
Grupo de Investigación en Análisis Sensorial (B)	Prof. Olga Lucía Martínez Álvarez. M.Sc. Salud Pública. Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Profesora Área de Ingeniería Aplicada. gruposenensorial@udea.edu.co; grupsensorial@gmail.com	Investigar los factores que intervienen en la calidad organoléptica de alimentos, bebidas, cosméticos, productos naturales, farmacéuticos y afines en las etapas de I+D+i. Realizar investigaciones sobre caracterización sensorial de materias primas y productos, incluyendo denominaciones de origen. Investigación y desarrollo ingenieril de sistemas tecnológicos de producción para el sector agroindustrial. Estudiar la correlación fisicoquímica, instrumental y sensorial.
Grupos sin categoría en convocatoria COLCIENCIAS 2013	Coordinador	Objetivo del Grupo
Grupo de Estudio e Investigaciones Biofarmacéuticas	Prof. Adriana María Ruiz Correa. MSc Ciencias Básicas Biomédicas (énfasis biodisponibilidad y bioequivalencia). Doctora en Ciencias Farmacéuticas. Profesora área Industrial Farmacéutica. amaria.ruiz@udea.edu.co	Profundizar en todos aquellos aspectos que afectan la absorción de los principios activos desde su forma de dosificación y desarrollar las metodologías necesarias para determinar estos efectos. Realizar estudios biofarmacéuticos, tanto <i>in vivo</i> como <i>in vitro</i> , para verificar si la sustancia activa llega al sitio de acción y de esta manera garantizar la eficacia terapéutica.
Grupo de Investigación en Tecnología en Regencia en Farmacia (creado en 2012)	Prof. Carlos Cataño Rocha. Magister en Ciencias Químicas. Profesor del área de Ciencias Farmacéuticas. Carlos.catano@udea.edu.co	Fortalecer la investigación en el campo de acción del Tecnólogo en Regencia de Farmacia con énfasis en Programas de Atención Primaria en Salud (APS) y en Temas de Terapias Alternativas y/o Complementarias
Grupo de Investigación en Alimentos Saludables -GIAS	Prof. María Orfilia Román Morales. Magister en Química. Profesora Área de Ingeniería Aplicada. mroman897@gmail.com grupogias@udea.edu.co	Diseñar, desarrollar y evaluar alimentos de alta aceptabilidad, nutritivos e inoocuos, acorde con la tendencia actual del desarrollo de la industria alimentaria, adicionados de fibra dietaria, compuestos bioactivos y/o ingredientes funcionales, con el fin de ofrecer a la población colombiana nuevos productos alimentarios con efectos saludables y/o funcionales.



La connaissance doit être universelle
Wissen muss sein universell
El coneixement ha de ser
Conoscenza deve essere
Conhecimento deve ser
El conocimiento debe ser

Knowledge must be **UNIVERSAL**

Our Journal is ready to make universal the results of your research. From 2012 all the manuscript can be submitted in English or Spanish, or both (bilingual edition). The process will be done with international peer reviewers using english forms.

vitae
REVISTA DE LA FACULTAD
DE QUÍMICA FARMACÉUTICA
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
MEDELLÍN, COLOMBIA

more info:

<http://www.udea.edu.co/vitae/>
vitae@udea.edu.co

Index in:



CUPÓN DE SUSCRIPCIÓN / SUBSCRIPTION COUPON

Nombres y apellidos
(Name and surname)

Cédula o Nit.
(I.D.)

Dirección
(Address)

Correo electrónico
(e-mail) Teléfono
(Phone N°)

Ciudad
(City) País
(Country)

Fecha
(Date) Firma
(Signature)

Forma de Pago

Banco
(Bank) Ciudad
(City)

Giro postal o bancario N°
(Money or banker's order N°)

Valor de la suscripción anual -tres números-

Colombia.....	\$120.000
Estudiantes (Anexar constancia).....	\$65.000
Exterior (Incluye transferencia bancaria).....	US\$ 70 EUR \$ 55

Todo pago debe hacerse a nombre de la Universidad de Antioquia – Revista VITAE.

Para su comodidad usted puede consignar el valor de la suscripción en las cuentas nacionales No. 180-01077-9 del Banco Popular o No. 1053-7037272 de Bancolombia, en cualquier oficina del país, a nombre de la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA centro de costos 8516. Si paga por este sistema, sugerimos tomar una fotocopia del recibo y enviarnos el original, adjuntando este cupón diligenciado.

Precio publicación por artículo: Colombia \$440.00; Exterior US\$220 - EUR\$180

Correspondencia, canje y suscripciones: Revista VITAE, Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Edificio de Extensión, Calle 70 No. 52-62 Piso 3 oficina 303. Teléfono: 57(4) 219 84 70. Apartado Aéreo 1226, Medellín, Colombia. Telefax (574) 219 54 59.

Dirección electrónica: www.udea.edu.co/vitae

Internet: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/vitae>

Esta revista se imprimió en:

L. Vieco S.A.S.
PBX: (574) 448 9610
comercial@lvieco.com
Medellín - Colombia