



ALIMENTOS

CIENCIA E INGENIERÍA
VOLUMEN 24 (1) - JUNIO 2016
ISSN 1390-2180



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



Diseño de portada:

Andrea Lara C. Lara Saltos / Cel.: 0998688779 / e-mail: kandicelara@yahoo.com

Diagramación e Impresión:



MEGAGRAF
IMPRESA
☎ (03) 2 820060 | 2 821938
✉ megagraf_diseño@hotmail.com

ALIMENTOS

CIENCIA E INGENIERÍA

Revista de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
Vol. 24 (1) - 2016





EDITORIAL

Estimados lectores,

La Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, tiene el agrado de presentar el volumen 24 (1) de la Revista Alimentos, Ciencia e Ingeniería.

Al igual que otras disciplinas del conocimiento humano, la ciencia y tecnología en alimentos tiene un continuo desarrollo, mediante la utilización de diferentes materias primas y procesos que permiten la obtención de nuevos productos, muchos de ellos con claras posibilidades de satisfacer los requerimientos de un mercado consumidor cada vez más demandante de productos que motiven sus sentidos y contribuyan a mejorar su salud.

Los artículos incluidos en este número presentan un uso innovador para el mucilago de chíá y goma guar en la elaboración de mayonesa, un estudio para determinar el efecto del extracto de manguiferina en la oxidación de aceites vegetales, se muestra una alternativa para mejorar el tiempo de vida útil de fresa mediante el uso de un recubrimiento comestible a base de gelatina y ácido cítrico, se analiza el efecto de un estabilizante y de la crema de leche en el comportamiento reológico de mezclas para la producción de uvilla y la evaluación de una muestra de yogur tipo II enriquecido con amaranto cocido.

Apreciados investigadores, aprovecho este espacio para agradecerles por sus valiosas contribuciones científicas en este número, a la vez que deseo motivar a que cada vez más profesionales continúen enviando los resultados de sus trabajos de investigación, para que sean publicados en nuestra revista. A este respecto, para beneficio de sus lectores y, especialmente, autores contribuyentes, me complace anunciar la inclusión de la revista en el Catálogo de Latindex, con efecto desde el número de diciembre de 2014. Quiero felicitar desde aquí a todas las personas que lo han hecho posible, estando segura de que la revista seguirá creciendo en madurez y se consolidará como un referente en el espacio científico ecuatoriano.

Cordialmente,

Dra. Jacqueline Ortiz Escobar

Decana FCIAL - UTA



TABLA DE CONTENIDOS

DESCRIPCIÓN

Pag. 03

AUDIENCIA

Pag. 03

INDEXACIÓN

Pag. 03

DIRECTORIO

Pag. 03

COMITÉ EDITORIAL

Pag. 03

ISSN

Pag. 03

TIRAJE

Pag. 03

CONVOCATORIA PRÓXIMO NÚMERO

Pag. 03

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Pag. 05

GUÍA PARA AUTORES

Pag. 69

Tipos de publicaciones

Principios generales

Proceso editorial

Formato

Contenido de los artículos de investigación

Contenido de los trabajos diferentes a los artículos de investigación



ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERIA

Revista de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato

DESCRIPCIÓN

La revista ALIMENTOS CIENCIA E INGENIERÍA (ACI) es una publicación semestral de artículos técnicos de Tesis de Grado, Trabajos Estructurados de Manera Independiente, Trabajos de Investigación realizados en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), así como contribuciones de otras Universidades e Instituciones con las cuales la Facultad mantiene convenios de cooperación mediante el intercambio científico y cultural con el propósito de contribuir en la búsqueda de respuestas adecuadas a las necesidades teórico-prácticas en materia de investigación, creación e innovación tecnológica.

AUDIENCIA

La revista ACI cubre una amplia temática enmarcada en los ámbitos de la Ingeniería de Alimentos y la Biotecnología especialmente en su aspecto aplicado, orientándose a una audiencia compuesta por científicos del área de la química, bioquímica, microbiología y tecnología alimentaria, así como relacionados con la nutrición.

INDEXACIÓN

Catálogo Latindex (desde Diciembre 2014)

DIRECTORIO

Dr. Galo Naranjo López, Rector, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dra. Adriana Reinoso Núñez, Vicerrectora Académica, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
MSc. Jorge León Mantilla, Vicerrector Administrativo, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dra. Jacqueline Ortiz Escobar, Decana FCIAL, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dra. Mayra Paredes Escobar, Subdecana FCIAL, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dr. Carlos Rodríguez Meza, Director DIDE, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

COMITÉ EDITORIAL

Editor

Dr. Ignacio Angós Iturgaiz, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Revisores internos

Dr. Milton Ramos Moya, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dra. Mirari Arancibia Soria, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dr. Orestes Darío López, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dr. Freddy del Pozo León, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dr. Ismael Carrillo Terán, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)
Dra. Sandra Horvitz Szoichet, Universidad Técnica de Ambato (Ecuador)

Revisores externos

Dra. Pamela Jaramillo, Secretaría Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (Ecuador)
Dr. Borja Velásquez, Universidad Politécnica de Valencia (España)
Dr. Juan Sebastián Ramírez, Universidad del Valle (Colombia)
Dr. Khalid Ziani, Ministerio de Industrias y Productividad (Ecuador)
Dr. Iñigo Arozarena Martincorena, Universidad Pública de Navarra (España)
Dr. Gabriel Davidov Pardo, University of Massachusetts-Amherst (EE.UU.)
MSc. Ximena Carrión Granda, Universidad Pública de Navarra (España)
Dr. Bruno Iñarra, AZTI Tecnalia (España)
Dra. Idoia Fernández Pan, Universidad Pública de Navarra (España)
Dr. Luis Ramos Sánchez, Universidad de Camagüey (Cuba)
Dr. Federico Gómez Galindo, Universidad de Lund (Suecia)
Dr. Gustavo V. Barbosa-Cánovas, Washington State University (EE.UU.)
Dra. Claudia Ochoa Martínez, Universidad del Valle (Colombia)
Dra. María Fernanda Villacís, Nestlé S.A. (Reino Unido)
Dra. Gloria Bobo García, Universidad Pública de Navarra (España)
Dra. Gloria Serrano Bueno, Instituto de Bioquímica Vegetal y Fotosíntesis, CSIC-Universidad de Sevilla (España)
Dra. Gemma Montalvo García, Universidad de Alcalá (España)
Dr. Mauricio Mendoza García, Universidad Autónoma de Bucaramanga (Colombia)

ISSN

1390-2180 (Edición impresa)

TIRAJE

350 ejemplares impresos en papel. Accesible online a través de:
http://fcial.uta.edu.ec/fcial3/index.htm#xl_xr_page_revistaaci (Formato FlippingBook / PDF)

REVISTA ELECTRÓNICA

Accesible a través del link: <http://fcial.uta.edu.ec/revistas/> (En construcción)

CONVOCATORIA PRÓXIMO NÚMERO

Fecha límite para entrega de manuscritos: 15 Septiembre 2016. **Publicación:** Diciembre 2016

Dirección postal: Secretaría de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato, Av. Los Chasquis y Río Payamino, casilla 18-01-0334, Ambato (Ecuador).

Dirección electrónica (Editor): revista.fcial@uta.edu.ec

Teléfono: +593 (03) 2400 987 Ext. 103.



INDICE

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Sustitución parcial de trigo por maíz morado (*Zea mays* L.) en la elaboración de empanadas
Partial replacement of wheat flour by purple corn (*Zea mays* L.) on pastry elaboration
S. Santacruz, S. Lizano

Pag. 05-15

Evaluación del uso del mucilago de chía y goma guar en la elaboración de mayonesa
Evaluation of chia mucilage and guar gum in the preparation of mayonnaise
M. L. Maldonado, C. Germán, I. Angós

Pag. 16-30

Efecto de un extracto de hojas de *Mangifera indica* L. en la oxidación de aceites vegetales
Effect of an extract of *Mangifera indica* L. leaves on the vegetable oils oxidation
B. Navas, R. Narcise, A. Carrasquero

Pag. 31-39

Conservación de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) mediante recubrimiento comestible de gelatina y ácido cítrico
Preservation of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) by an edible film based on gelatine and citric acid
K. Vélez, M. Castro, M. I. Mantuano

Pag. 40-51

Efecto de la incorporación de crema de leche en la reología de mezcla de helado de uvilla (*Physalis peruviana*)
Effect of milk cream incorporation on rheology of goldenberry (*Physalis peruviana*) ice cream mix
A. Pilamala, W. Teneda

Pag. 52-59

Evaluación de una muestra seleccionada de yogur tipo II enriquecido con *Amaranthus caudatus* L. cocido
Evaluation of a selected sample of Type II yoghurt enriched with cooked *Amaranthus caudatus* L.
S. Carpio Álvarez

Pag. 60-68



Sustitución parcial de trigo por maíz morado (*Zea mays* L.) en la elaboración de empanadas

Partial replacement of wheat flour by purple corn (*Zea mays* L.) on pastry elaboration

S. Santacruz^{1,2*}, S. Lizano²

¹Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador

²Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador

Artículo recibido: 07/01/2016

Artículo aceptado: 08/06/2016

RESUMEN

La sustitución parcial de trigo por otros cereales en la elaboración de alimentos puede contribuir con el aporte de compuestos de interés tales como sustancias bioactivas. El maíz morado, rico en antocianinas, es demandado en la industria de alimentos y farmacéutica. Sin embargo, se dispone de información limitada sobre el efecto que tienen los procesos de cocción de alimentos en el contenido de antocianinas. El presente trabajo trata sobre la sustitución parcial de harina de trigo por maíz morado en la elaboración de empanadas. Se estudiaron las propiedades reológicas de la masa y se valoraron las características físicas, químicas y sensoriales de las empanadas. Al mismo tiempo, se evaluó el efecto del tipo de grasa en las características del producto frito. Adicionalmente, se busca conocer el efecto de la concentración de maíz morado y la fritura en la estabilidad de las antocianinas presentes en el maíz. Tres porcentajes de sustitución de trigo fueron usados, 10, 20 y 30 %. La masa de maíz morado fue caracterizada por medio de un farinógrafo y un extensógrafo. Las variables de control de las empanadas después de la fritura fueron humedad, absorción de grasa, tiempo de fritura y contenido de antocianinas. Los análisis estadísticos mostraron que el porcentaje de sustitución fue el único factor que influyó en las variables de control. La sustitución del 30 % mostró ser la más adecuada para productos sometidos a fritura. La intención de compra fue del 94 % para dichas empanadas. La concentración de las antocianinas (cianidina-3- β -glucósido) en la harina de maíz morado antes de la fritura fue 1553 mg/100 g harina (b. s.). El proceso de fritura degradó las antocianinas entre un 19 y 26 %. El mayor porcentaje de sustitución produjo la menor degradación de antocianinas durante la fritura. Las empanadas obtenidas presentaron una buena aceptabilidad entre el consumidor.

Palabras clave: antocianinas, fritura, compuestos bioactivos, degradación

ABSTRACT

Partial substitution of wheat by other cereals in food production may help to increase the content of bioactive substances in food. Purple corn has a high content of anthocyanins and therefore is utilised in food and pharmaceutical industries. However, little is known about the effect of cooking on the anthocyanins present in food. The present work deals with the partial replacement of wheat flour by purple corn flour on the elaboration of empanadas. The rheological properties of the dough were evaluated together with the physico-chemical properties of empanadas. The effect of the fat source on the characteristics of the fried product was also studied. Additionally, the effect of purple corn concentration and frying process on the stability of the anthocyanins was studied. Three levels of substitution of wheat flour were used, 10, 20 and 30 %. Purple corn dough was characterized by using farinograph and extensograph. Empanadas were elaborated with three kinds of fat. The control variables of empanadas after frying were moisture, fat absorption, time of frying and anthocyanins content. Statistical analyses

* Autor de correspondencia: Stalin Santacruz. E-Mail: stalin.santacruz@gmail.com



showed that the percentage of replacement was the only factor that influenced on the control variables. The level of replacement of 30 % showed to have appropriate characteristics to be used on frying products. Empanadas with 30 % of substitution were evaluated with sensory analyses, 94 % of the people showed an intention to buy the product. The anthocyanins (cyanidin-3- β -glucoside) concentration on purple corn flour before frying was 1553 mg/100 g flour (d. b.). The frying process showed a degradation of anthocyanins between 19 and 26 %. Substitution of wheat flour by purple corn flour can be done up to 30 % without changing the characteristics of empanadas. Empanadas elaborated by frying show good acceptability among consumers. Additionally, empanadas elaborated with the highest level of substitution show the lowest degradation of anthocyanins during frying.

Keywords: anthocyanins, frying, bioactive compounds, degradation



1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial va acompañado de una mayor demanda de alimentos, entre ellos el trigo. Ecuador debido a su baja producción de trigo importa aproximadamente el 96 % de dicho cereal (MAGAP, 2002).

En los últimos años se ha incrementado la demanda de alimentos funcionales. Es por ello que la industria panadera, entre otras, ha trabajado en el desarrollo de alimentos con esas características (Lascano, 2010). La sustitución parcial de trigo por otros cereales puede contribuir con el aporte de compuestos de interés tales como sustancias bioactivas. El maíz cumple como componente básico de la dieta de la población rural ecuatoriana. En el país existen alrededor de 29 razas de maíz. Entre las principales razas que todavía se cultivan en la sierra del Ecuador se encuentra el Racimo de uva, de la cual proviene el maíz morado (Jacho, 2009). El maíz morado (*Zea mays* L.) es originario de los Andes Peruanos y es característico por poseer la coronta y los granos de un color morado, debido a la presencia de antocianinas.

Las antocianinas son de amplia distribución en la naturaleza. Poseen conocidas propiedades farmacológicas utilizadas para la terapia de un amplio espectro de enfermedades como por ejemplo efectos anticancerígenos, antiinflamatorios y antidiabéticos (Torrico, 2006; Wagner, 1982).

En el Perú su consumo es popular y masivo en forma de chicha y mazamorra (Arroyo et al., 2007). El maíz morado es demandado en la industria farmacéutica y de alimentos y bebidas, esto debido a su alto contenido de antocianinas. Sin embargo, se dispone de información limitada sobre el efecto que tienen los procesos de cocción de alimentos en el contenido de antocianinas (Acevedo, 2003). Las antocianinas son compuestos lábiles y su estabilidad es muy variable en función de su estructura y la composición de la matriz en la que se encuentran (Delgado y Paredes, 2003). Su estabilidad se ve afectada por el pH, temperatura de almacenamiento, presencia de enzimas, luz, oxígeno, entre otros (Leyva, 2003). En relación al efecto de la temperatura, el consenso general es que los pigmentos antocianínicos son notoriamente destruidos por el calor durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Markakis, 1982).

A pesar del gran valor nutricional que presenta el maíz morado, su presencia comercial en los mercados del Ecuador es limitada y su frecuencia de consumo ha disminuido considerablemente en la población, siendo necesario caracterizarlo para rescatar su valor nutricional (Mayorga, 2010). El Programa Nacional de Maíz perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP), inició en el 2006 una colección que actualmente incluye 65 accesiones de maíz morado. Con ellas se pretende liberar una variedad mejorada de maíz que permita incentivar el mercado de exportación.

Por las razones antes expuestas, el presente trabajo busca rescatar el uso del maíz morado mediante su utilización en preparaciones alimenticias de alto consumo. Para ello, la presente investigación busca reemplazar la harina de trigo por harina de maíz morado en la preparación de empanadas. Para ello, se estudiarán las propiedades reológicas de la masa y se valorarán las características físicas, químicas y sensoriales de las empanadas. Al mismo tiempo, se evaluará el efecto del tipo de grasa en las características del producto frito. Adicionalmente, se busca conocer el efecto de la concentración de maíz morado y la fritura en la estabilidad de las antocianinas presentes en el maíz.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La harina de maíz morado utilizada, se obtuvo a partir de las corontas de maíz de raza Racimo de Uva proporcionadas por el INIAP (Quito, Ecuador). El maíz recibió una limpieza preliminar mediante corrientes de aire seco con el fin de eliminar polvo, paja y demás impurezas para posteriormente ser molido mediante un molino de rodillos. Los demás ingredientes utilizados en la preparación de las empanadas se adquirieron en un supermercado local de la ciudad de Quito.

2.1 Preparación de empanadas

La preparación de la masa base para la elaboración de empanadas de trigo- maíz morado está basada en una receta típica de empanadas de viento ecuatorianas (Anónimo, 2014). La Tabla 1 muestra la formulación de la masa base aplicada.



Tabla 1. Formulación de una masa base para empanadas

Ingrediente	Concentración (g/100 g) ¹
Mezcla de harinas	100
Grasa	10
Azúcar	5
Sal	2
Polvo de hornear	1

¹Concentración en función del peso de la mezcla de harinas

La cantidad de agua utilizada en la mezcla dependió del tipo de grasa utilizado, sin embargo todos los valores oscilaron entre un 52 y 56 % (Tabla 2). El proceso de fritura se realizó por el método de inmersión. Se utilizó

una relación grasa:empanada de 10:1 (p/p). La grasa fue calentada a una temperatura de 180 °C. Alcanzada esta temperatura se sumergió la empanada totalmente en la grasa (Cuesta et al., 1993).

Tabla 2. Cantidad de agua requerida para la preparación de empanadas con diferentes tipos de grasa y con diferentes niveles de sustitución de harina de trigo.

Harina de maíz morado (%)	Cantidad de agua requerida (g/100 g) ¹		
	Aceite	Manteca vegetal	Mantequilla
10	54	55	56
20	53	54	55
30	52	53	54

¹Cantidad de agua requerida por cada 100 g de mezcla de harinas

2.2 Tiempo de fritura

El tiempo de fritura se determinó contabilizando el tiempo desde que la empanada entró en contacto con la grasa de fritura hasta que decreció el burbujeo en la misma. Este tiempo fue suficiente para deshidratar el producto y desarrollar color en la superficie de la empanada.

2.3 Contenido de grasa y proteína

Los contenidos de grasa y proteína así como la humedad de las empanadas antes y después de la fritura fueron determinados de acuerdo a métodos de la AOAC (1990).

2.4 Pruebas reológicas. Farinógrafo Brabender

Los farinogramas de las mezclas de harina de trigo con maíz morado se realizaron de acuerdo con el método de la AACC (1995). El farinógrafo Brabender permite evaluar la calidad de la harina durante el amasado

mediante parámetros como la capacidad de absorción de agua, el tiempo que tarda la masa en alcanzar la consistencia óptima y la estabilidad al amasado.

2.5 Pruebas reológicas. Extensógrafo Brabender

El extensógrafo Brabender mide la extensibilidad de la masa y la resistencia que opone a la ruptura tras un período de reposo. El extensograma se realizó mediante el método de la AACC (1995). Los parámetros del extensograma reportados correspondieron a las masas reposadas después de 135 min.

2.6 Absorción de grasa

El contenido de grasa absorbida fue calculado por medio de un balance de masa conjuntamente con la información de humedad de la empanada antes y después de la fritura acorde con la Ecuación 1.

$$PGA = (P_{\text{aceite}}/P_{\text{muestra}}) \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$



Donde:

PGA es el porcentaje de grasa absorbida

P_{aceite} , es el peso calculado del aceite absorbido por la empanada

$P_{muestra}$, es el peso de la empanada después de la fritura

2.7 Cuantificación de antocianinas por espectrofotometría

Para conocer el contenido de antocianinas se utilizó el método de pH diferencial (Giusti y Wrolstad, 2001). El contenido de antocianinas fue calculado como cianidina-3- β -glucósido, antocianidina mayoritaria en la variedad de maíz morado (Montilla et al., 2008) mediante las Ecuaciones 2 y 3.

$$CA = \frac{A_{PM} \cdot FD \cdot 1000}{\epsilon \cdot l} \quad \text{Ec. 2}$$

$$A = (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{pH_{1,0}} - (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{pH_{4,5}} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

CA es el contenido de antocianinas (mg/L)

$A_{\lambda_{vis-max}}$ es la absorbancia máxima medida a 510 nm

A_{700} es la absorbancia medida a 700 nm

$pH_{1,0}$ es la acidez, medida potenciométricamente, a la que se miden las absorbancias en primera instancia

$pH_{4,5}$ es la acidez, medida potenciométricamente, a la que se miden las absorbancias en última instancia

ϵ es la absorptividad molar de la antocianidina mayoritaria (26900 L cm⁻¹ mol⁻¹)

PM es el peso molecular (449,2 g·mol⁻¹)

FD es el factor de dilución.

2.8 Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3² con tres repeticiones. Los factores fueron el porcentaje de sustitución de harina de trigo con niveles de sustitución de 10, 20, y 30 % y el tipo de grasa en la formulación, mantequilla (Q), aceite (A) y manteca vegetal (M). Las variables analizadas fueron humedad, absorción de grasa y tiempo de fritura.

Los porcentajes de sustitución de harina de trigo por maíz morado fueron seleccionados en base a estudios preliminares y de acuerdo a los resultados de Morales y Villagrán (1978). El empleo de tres tipos distintos de grasa se debió a

que son las más utilizadas en la industria panadera en el Ecuador, conociendo que su uso o preferencia en las industrias está dado únicamente por su costo en el mercado. El porcentaje empleado en todas las formulaciones fue del 10 %, puesto que el contenido graso en panes de la Costa y Sierra del Ecuador se halla entre un 10 y 15 % (Morales y Villagrán, 1978). Los valores promedio obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias mediante la prueba de Tukey asumiendo un 5 % de probabilidad de error.

2.9 Análisis sensorial

El estudio sensorial aplicado en esta investigación consistió en el uso de una prueba triangular y el trabajo con un grupo focal. Se trabajó con los mejores tratamientos del diseño experimental, esto es 30A y 30M. La prueba triangular fue realizada a 35 personas, 20 mujeres y 15 hombres, comprendidos entre los 17 y 60 años de edad. Las muestras 30A y 30M fueron presentadas a los jueces de manera aleatoria en seis combinaciones posibles. Posteriormente se realizó el trabajo con un grupo focal con la finalidad de conocer las opiniones y actitudes del consumidor hacia el producto. El grupo focal estuvo conformado por las 35 personas que realizaron la prueba triangular anteriormente indicada. Las variables que se evaluaron fueron actitud de compra y aspectos a mejorar en el producto. Con respecto a esta última, los consumidores escogieron entre el sabor, apariencia y textura de la empanada. Las preguntas expuestas a los jueces durante esta prueba, fueron elaboradas con el fin de conocer la aceptación y factibilidad con la que cuenta el producto para salir al mercado. Con este propósito se informó a cada juez, antes de la encuesta, sobre las características y beneficios a la salud que posee el consumo de maíz morado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Contenido de grasa y proteína

El contenido promedio de grasa de la harina de maíz morado fue de 4,77 ± 0,13 g/100 g, valor muy próximo a los 4,80 g/100 g reportados por el Instituto Nacional de Nutrición (1975). Sin embargo, esta determinación es menor a la establecida por Jacho (2009) en 11 accesiones de maíz morado colectadas en la serranía del Ecuador, quien encontró un promedio de 6,65 g/100 g. La diferencia puede deberse a que el contenido de grasa depende de la variedad de



maíz, las condiciones de cultivo y del procesamiento al que se somete al maíz tras la cosecha (Gallegos, 2011). El contenido de proteína en la harina de maíz morado fue de $8,73 \pm 0,13$ g/100 g. Porcentaje similar al reportado por Jacho (2009), quien identificó un promedio de 8,41 g/100 g en 11 accesiones de maíz morado recolectadas en la serranía del Ecuador.

3.2 Pruebas reológicas. Farinógrafo Brabender

La Tabla 3 registra los datos correspondientes al análisis farinográfico. En relación a la absorción de agua, los porcentajes de sustitución de 10 % y 30 % tuvieron niveles de absorción de agua

del 64 y 62 % respectivamente. Mientras mayor es el porcentaje de sustitución de harina de trigo, la absorción de agua disminuye. La mezcla con 90 % harina de trigo (10 % maíz morado) mostró una mayor capacidad de absorción de agua, posiblemente debido al mayor contenido de gluteninas y gliadinas presentes en el trigo (Rodríguez Sandoval et al., 2005).

Las tres mezclas experimentales tuvieron un tiempo de llegada similar, que osciló entre 2 y 2,5 min. Este resultado se traduce en similares tasas de hidratación para las 3 mezclas de harinas (Mayorga, 2010).

Tabla 3. Resultado del farinograma para las mezclas de harina de trigo y maíz morado.

Harina maíz morado (%)	Absorción agua (%)	Tiempo (min)			Índice tolerancia (UB)
		Llegada	Amasado	Estabilidad	
10	64	2,0	4,5	6,5	30
20	63	2,5	5,0	6,0	40
30	62	2,5	5,0	5,5	40

n=1

Se estableció que la mezcla con 10 % de maíz morado requirió de un tiempo de amasado de 4,5 min. Este valor se encuentra dentro del rango considerado ideal (2,5–4,5 min) por la industria panadera para la elaboración de pan (Calaveras, 1996). Si el amasado se realiza en tiempos inferiores a los mencionados, no se producirá una completa absorción de agua y la consistencia de la masa no será idónea para la elaboración de productos de panificación. Por otro lado, las sustituciones del 20 y 30 % de maíz morado reportaron tiempos de amasado de 5 min. El mayor tiempo de amasado se encuentra relacionado con una menor formación de gluten y de absorción de agua (Alvarado y Aguilera, 2001).

Tal como se observa en la Tabla 3, el aumento del porcentaje de harina de maíz morado en las mezclas experimentales, generó un descenso en el tiempo de estabilidad de las harinas. Esto se debe a la disminución en la cantidad de proteínas formadoras del gluten. La mezcla con 10 % de harina de maíz morado mostró un tiempo de estabilidad de 6,5 min, clasificándola

como harina de buena calidad para la elaboración de pan (Lascano, 2010). Las mezclas con 20 y 30 % de maíz morado al presentar tiempos de 6 y 5,5 min respectivamente, no son recomendables para la elaboración de productos fermentados, puesto que no favorecerán a la retención de gas para el esponjamiento de la masa (Ramírez, 2003).

Las sustituciones del 10, 20 y 30 % de harina de maíz morado presentaron índices de tolerancia entre 30 y 40 UB que, junto a las características de estabilidad, sugiere que las mezclas de harina son buenas para la elaboración de productos de panificación (Calaveras, 1996).

3.3 Pruebas reológicas. Extensógrafo Brabender

Los resultados del extensograma (Tabla 4) muestran que las resistencias máximas fueron de 680, 610 y 500 UB para las mezclas de harinas con el 10, 20 y 30 % de sustitución respectivamente. Ello se traduce en que la extensibilidad y la resistencia máxima de la



masa disminuyen al aumentar el porcentaje de harina de maíz morado. Esto representa una disminución en la fuerza de la harina debido a la

reducción en su contenido de proteína (glutelina y gliadina).

Tabla 4. Resultados del extensograma para las mezclas de harina de trigo y maíz morado luego de un período de reposo de 135 min.

Harina maíz morado (%)	Extensibilidad a (mm)	Resistencia a la extensión (UB)		Energía (cm ²) ¹	b/a
		b	Máxima		
10	188	415	680	163	2,2
20	160	410	610	122	2,6
30	130	410	500	85	3,15

¹Energía necesaria para desarrollar una masa, representada en el extensograma por el área bajo la curva. n=1

La energía desarrollada por cada muestra de harina disminuyó con la adición de harina de maíz morado luego de 135 min de reposo. Se reportó un área de 163 cm² para la mezcla con 10 % de harina de maíz morado, valor que está dentro de los límites de 130-170 cm², establecido por Quaglia (1991) para productos de panificación. Por otro lado, las sustituciones con 20 % y 30 % dieron como resultado áreas de 122 cm² y 85 cm², respectivamente. De acuerdo a estos valores, las mezclas con el 20 y 30% de sustitución no soportan períodos largos de fermentación y deben destinarse a la formulación de productos como galletas, bizcochos y empanadas (Ramírez, 2003).

Los resultados del extensograma mostraron una relación directa entre el porcentaje de sustitución de harina de maíz morado y la cifra de proporción (b/a). La masa preparada con 30 % de harina de maíz morado presentó una cifra de proporción de 3,15 UB. Este valor indica que la masa tendrá mayor tendencia a encogerse y formará productos de panificación con menor volumen que con las otras dos sustituciones del 20% (2,6 UB) y 10% (2,2 UB). Esto se debe a la menor cantidad de proteínas formadoras de gluten presentes en las mezclas con altos contenidos de harina de maíz morado.

3.4 Contenido de humedad antes y después de la fritura

El análisis estadístico reveló que el tratamiento con menor contenido de humedad en la masa y estadísticamente diferente al resto fue el que tuvo 30 % de sustitución. Este fue el mejor tratamiento debido a que altos contenidos de

humedad favorecen los procesos de hidrólisis de la grasa (Suaterna, 2009). La determinación de humedad una vez finalizado el proceso de fritura reveló que el menor contenido de humedad se obtuvo en las empanadas elaboradas con un 30 % de sustitución. Esta menor humedad generó un mayor tiempo de vida útil de las empanadas (Toledo, 1982).

3.5 Absorción de grasa

Los valores de absorción de grasa oscilaron entre el 8,6 y 11,5 %. Valores bajos en comparación con otros productos fritos que tienen absorciones de grasa entre el 5 y el 40 % del peso final del alimento frito (Suaterna, 2009). El nivel de sustitución del 30 % produjo la mayor absorción de grasa y fue estadísticamente diferente a los otros tratamientos. Esta tendencia es opuesta a lo observado por Badui (2006) quien encontró que altos niveles de humedad conducen a una mayor absorción de grasa. La diferencia en resultados puede deberse a que un menor contenido de agua genera menor formación de vapor en el alimento. La menor producción de vapor puede conducir a un efecto de succión de grasa hacia el interior del alimento (Lawson, 1999; Vitrac et al., 2000). Adicionalmente, el bajo porcentaje de absorción de grasa en las empanadas que tuvieron 10 % de sustitución pudo deberse a la formación de una costra en la superficie de la empanada que dificultó la migración de la grasa hacia el interior, localizando la grasa absorbida a nivel superficial (Costa y Oliveira, 1999).

3.6 Tiempo de fritura



El análisis estadístico mostró que mientras mayor fue el porcentaje de sustitución, mayor fue el tiempo requerido para efectuar el proceso de fritura. Las empanadas preparadas con 10 % de sustitución presentaron el menor tiempo de fritura (2,2 min) y estadísticamente fueron diferentes a los otros niveles de sustitución con tiempo de fritura de 2,3 y 2,4 min. Los bajos tiempos de fritura pueden ayudar a reducir costos y aumentar niveles de producción. Adicionalmente, bajos tiempos de fritura permiten obtener una textura blanda, lo que puede influir en una buena aceptabilidad del producto por parte del consumidor. La textura blanda se puede explicar debido a que durante los primeros minutos de fritura se produce la gelatinización de los almidones sin ninguna o poca formación de costra en la superficie de la empanada (Andersson et al., 1994).

3.7 Cuantificación del contenido de antocianinas

El contenido de antocianinas monoméricas (cianidina-3-β-glucósido) fue de 1553 mg /100 g de harina de maíz morado. Los resultados obtenidos en esta investigación fueron similares a los datos encontrados por Jing et al. (2007) mediante el método del pH diferencial. En dicho estudio se identificó un contenido de antocianinas monoméricas entre 290 y 1333 mg /100 g, en 18 muestras de maíz morado cosechadas en 5 diferentes localidades del Perú. De manera similar, Salinas Moreno et al. (2005) realizaron en México la caracterización de antocianinas monoméricas presentes en cuatro variedades nativas de maíz morado con valores

de 504 a 1473 mg/100 g. Cevallos-Casals y Cisneros-Zevallos (2003) estudiaron los compuestos fenólicos del maíz morado andino encontrando un valor de 1640 mg/100 g de maíz morado. Las diferencias en el contenido de antocianinas puede deberse a diferencias en las condiciones de cultivo de los maíces en estudio, como por ejemplo las bajas temperaturas y escasez de agua que generan un impacto en la acumulación de antocianinas en las mazorcas de maíz morado (Jing et al., 2007).

El análisis estadístico reveló que no hubo diferencia significativa en el contenido de antocianinas para un mismo porcentaje de sustitución fuera cual fuese el tipo de grasa empleada en la fritura. El tratamiento que presentó mayor contenido de antocianinas después de la fritura, siendo a su vez estadísticamente diferente al resto de tratamientos, fue el correspondiente al 30 % de sustitución, con un contenido entre 3,428 y 3,496 mg/g de masa.

La Tabla 5 muestra el efecto del proceso de fritura sobre el contenido de antocianinas presentes en la harina de maíz morado durante la elaboración de empanadas. Se observó la degradación de las antocianinas en un 26,21, 20,40 y 19,34 % para porcentajes de sustitución del 10, 20 y 30 % respectivamente. El menor porcentaje de degradación de antocianinas presentado para las empanadas preparadas con 30 % de harina de maíz morado puede deberse a que a concentraciones altas de antocianinas, se presentan fenómenos de auto asociación (Hoshino et al., 1981) protegiendo de esta manera la molécula de antocianina y aumentando su estabilidad.

Tabla 5. Contenido de antocianinas en la harina de maíz morado antes y después de la fritura.

	Sustitución de maíz morado (%)		
	10	20	30
Empanada antes de la fritura (mg/g harina de maíz) (b.h.)	14,44±0,35	16,70±0,74	15,95±0,06
Empanada después de la fritura (mg/g harina de maíz) (b.h.)	10,65±0,28	13,29±0,59	12,86±0,13
Degradación de antocianinas (%)	26,21	20,40	19,34

n=3

Zhao et al. (2008), describieron la estabilidad térmica de las antocianinas presentes en extractos de maíz morado chino por calorimetría diferencial de barrido. Dichos autores reportaron una degradación del 50 % de

antocianinas sometidas a un proceso de calentamiento a 150 °C por 10 min. La menor degradación de antocianinas obtenida en el presente estudio (entre 19 y 26 %) podría deberse al corto tiempo de fritura empleado.



3.8 Ponderación de variables

Con la finalidad de identificar el mejor tratamiento de elaboración de empanadas, se realizó una ponderación asignando puntaje a cada variable. Debido al interés que generan los alimentos con compuestos antioxidantes, la variable “contenido de antocianinas” fue considerada la más importante y se le asignó el valor de 4. A la variable “absorción de grasa” se le asignó un valor de 3, debido a que el nivel de grasa influye en la palatabilidad del producto. La variable “humedad” recibió una ponderación de 2 buscando elaborar un alimento que se asemeje a empanadas de marca ya posicionadas en el mercado, además de reducir los procesos de hidrólisis de la grasa. Finalmente, se asignó el valor 1 a la variable “tiempo de fritura” debido a que todos los tratamientos presentaron un tiempo similar de fritura de

aproximadamente 2 min. La ponderación de variables dio como resultado que los tratamientos preparados con 30 % de sustitución (30A, 30M y 30Q), tuvieron la mayor calificación y por ende fueron los mejores. Un estudio de costos de la grasa utilizada reveló que los tratamientos más económicos fueron 30A y 30M, y estos fueron seleccionados para continuar con el estudio sensorial.

3.9 Análisis sensorial

Tal como se muestra en la Tabla 6, 20 de los 35 jueces fueron capaces de identificar las empanadas elaboradas con aceite y con manteca vegetal, lo que demuestra que existieron diferencias significativas entre las muestras ($p < 0,01$), siendo el tipo de grasa el factor que influyó significativamente en las características del producto.

Tabla 6. Prueba de identificación de tríos para empanadas con 30 % de harina de maíz morado.

Total de jueces	35
Aciertos	20
Valor crítico	19
Probabilidad	1%

En cuanto al trabajo con el grupo focal, una vez que se informó al juez sobre las características y beneficios para la salud que posee el consumo de maíz morado, el consumidor manifestó su actitud de compra ante el alimento entregado. Los resultados mostraron que el 94 % de los consumidores encuestados comprarían el producto si este saliese al mercado. Por otro lado, se identificaron los aspectos o inconformidades respecto a las empanadas que pudieran afectar la decisión de compra. Se estableció que el 91 % de los jueces se manifestó insatisfecho con la apariencia, el 6 % con el sabor y el 1 % de los jueces consideraron que la textura es un aspecto a mejorar.

4. CONCLUSIONES

El comportamiento reológico de las masas elaboradas con mezclas de harinas de trigo y maíz morado en proporciones de 10, 20 y 30 % indican que las tres masas muestran características de amasado similares a pesar de la disminución en su calidad proteica. Sin embargo, las cualidades de extensión natural de la masa se vieron influenciadas por el porcentaje

de sustitución con harina de maíz morado. Las sustituciones del 20 y 30 % dan como resultado harinas débiles y deben destinarse a la formulación de productos como galletas, bizcochos o empanadas. De acuerdo a lo esperado se determinó un incremento en el contenido de antocianinas conforme fue aumentando la sustitución de trigo por harina de maíz morado. La misma correlación se pudo observar con la absorción de grasa y el tiempo de fritura. Se pudo comprobar que las sustituciones de hasta el 30 % de harina de trigo por maíz morado, presentaron características apropiadas para la elaboración de productos de panificación sometidos a un proceso de fritura que además presentaron una buena aceptabilidad entre el consumidor. Adicionalmente, empanadas preparadas con el mayor porcentaje de sustitución produjeron la menor degradación de antocianinas. En relación al análisis sensorial, se sugiere la realización de una prueba escalar con los dos mejores tratamientos, a fin de conocer los criterios de nivel de agrado y nivel de preferencia de los consumidores hacia una determinada formulación.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AACC. (1995). Approved Methods of Analysis, 9th ed. St. Paul, Minnesota (USA): American Association of Cereal Chemists (AACC International).
- Acevedo, A. (2003). *Efecto de la temperatura y un copigmento en la estabilidad de antocianinas de la col morada en una bebida*. (Tesis de grado), Universidad de las Américas, Puebla (México).
- Alvarado, J., y Aguilera, J. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos*. Zaragoza (España): Acribia.
- Andersson, A., Gekas, V., Lind, I., Oliveira, F., Öste, R., y Aguilera, J. M. (1994). Effect of preheating on potato texture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(3), 229-251. doi: 10.1080/10408399409527662
- Anónimo. (2014). Receta de las empanadas de viento, *El Universo*. Retrieved from <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/10/29/nota/4164631/receta-empanadas-viento>
- AOAC (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Washington DC (USA): Association of Official Analytical Chemists.
- Arroyo, J., Ruez, E., Rodríguez, M., Chumpitaz, V., Burga, J., De la Cruz, W., y Valencia, J. (2007). Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays* L.) en ratas hipercolesterolémicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 24(2), 157-162.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. (4 ed.). México: Pearson Educación.
- Calaveras, J. (1996). *Tratado de Panificación y Bollería*. Madrid (España). Madrid Vicente Ediciones.
- Cevallos-Casals, B. A., y Cisneros-Zevallos, L. (2003). Stoichiometric and Kinetic Studies of Phenolic Antioxidants from Andean Purple Corn and Red-Fleshed Sweetpotato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(11), 3313-3319. doi: 10.1021/jf034109c
- Costa, R. M., y Oliveira, F. A. R. (1999). Modelling the kinetics of water loss during potato frying with a compartmental dynamic model. *Journal of Food Engineering*, 41(3), 177-185.
- Cuesta, C., Sánchez-Muniz, F. J., Garrido-Polonio, C., López-Varela, S., y Arroyo, R. (1993). Thermoxidative and hydrolytic changes in sunflower oil used in fryings with a fast turnover of fresh oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 70(11), 1069-1073. doi: 10.1007/bf02632144
- Delgado, F., y Paredes, O. (2003). *Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses*. Boca Raton, Florida (USA): CRC Press.
- Gallegos, P. (2011). *Desarrollo y evaluación de la tecnología para la elaboración de masa base y harina, para la preparación de humitas*. (Tesis grado), Escuela Politécnica Nacional, Quito (Ecuador).
- Giusti, M., y Wrolstad, R. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York (USA): John Wiley & Sons.
- Hoshino, T., Matsumoto, U., y Goto, T. (1981). Self-association of some anthocyanins in neutral aqueous solution. *Phytochemistry*, 20(8), 1971-1976. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0031-9422\(81\)84047-2](http://dx.doi.org/10.1016/0031-9422(81)84047-2)
- INN (1975). Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos. Guayaquil (Ecuador): Instituto Nacional de Nutrición. Ministerio de Previsión Social y Sanidad.
- Jacho, L. (2009). *Caracterización Molecular y Análisis químico nutritivo de 27 accesiones de maíz chulpi (Zea mays. L.) y 65 accesiones de maíz negro colectadas en la serranía del Ecuador*. Universidad Central del Ecuador, Quito (Ecuador).
- Jing, P., Noriega, V., Schwartz, S. J., y Giusti, M. M. (2007). Effects of Growing Conditions on Purple Corn (Zea mays L.) Anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8625-8629. doi: 10.1021/jf070755q
- Lascano, A. (2010). *Estudio reológico de mezclas de harinas de cereales: cebada,*



- maíz, quinua, trigo y tubérculo: papa nacionales con trigo importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias. (Tesis grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Lawson, H. (1999). *Aceites y Grasas Alimentarios. Tecnología, utilización y nutrición*. Zaragoza (España): Ed. Acribia.
- Leyva, D. (2003). *Determinación de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en licores y fruto de mora*. (Tesis grado), Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca (México).
- MAGAP. (2002). Proyecto SICA-BM/MAG. Esquema Legal de Producción y Comercialización Agrícola en el Ecuador. Quito (Ecuador): Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Markakis, P. (1982). *Anthocyanins as Foods Colors*. New York (USA): Academic Press.
- Mayorga, V. (2010). *Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo "Racimo de uva" (Zea mays L.)*. (Tesis grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Montilla, E., A., A., y Winterhalter, P. (2008). *Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (Zea mays) boliviano*. (Tesis grado), Universidad Mayor San Simón Cochabamba, Cochabamba, Bolivia.
- Morales, C., y Villagrán, F. (1978). *Optimización de mezclas fenológicas de maíz y trigo en panificación*. (Tesis grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador).
- Quaglia, G. (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación*. Zaragoza (España): Ed. Acribia.
- Ramírez, S. (2003). *Evaluación de las mezclas de emulsificante y gomas para la elaboración de pan fermentado*. (Tesis grado), Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa (México).
- Rodríguez Sandoval, E., Fernández Quintero, A., y Ayala Aponte, A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *Ingeniería e Investigación*, 25(Abril), 72-78. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325110>
- Salinas Moreno, Y., Sánchez, G., Hernández, D., y Lobato, N. (2005). Characterization of Anthocyanin Extracts from Maize Kernels. *Journal of Chromatographic Science*, 43(9), 483-487. doi: 10.1093/chromsci/43.9.483
- Suaterna, A. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1), 39-53.
- Toledo, R. (1982). *Fundamentals of Food Processing Engineering*. New York (USA): Van Nostrand Reinhold.
- Torrico, D. (2006). *Análisis de compuestos fenólicos y estabilidad del color en el jugo de cáscaras de uvas Muscadinas (Vitis rotundifolia)*. (Tesis grado), Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- Vitrac, O., Trystram, G., y Raoult-Wack, A.-L. (2000). Deep-fat frying of food: heat and mass transfer, transformations and reactions inside the frying material. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9), 529-538. doi: 10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<529::AID-EJLT529>3.0.CO;2-F
- Wagner, G. (1982). Cellular and subcellular localization in plant metabolism *Recent Advances in Phytochemistry*. New York (USA): Plenum Press.
- Zhao, X., Corrales, M., Zhang, C., Hu, X., Ma, Y., y Tauscher, B. (2008). Composition and Thermal Stability of Anthocyanins from Chinese Purple Corn (Zea mays L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10761-10766. doi: 10.1021/jf8025056



Evaluación del uso del mucílago de chía y goma guar en la elaboración de mayonesa

Evaluation of chia mucilage and guar gum in the preparation of mayonnaise

M. L. Maldonado¹, C. Germán, I. Angós

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador

Artículo recibido: 07/01/2016

Artículo aceptado: 18/06/2016

RESUMEN

En el presente trabajo se llevó a cabo la evaluación viscosimétrica y sensorial de la mayonesa elaborada con mucílago de chía (*Salvia hispanica*) y goma guar. Las concentraciones utilizadas de estabilizador fueron 0,0, 0,2, 0,5, 0,7 y 1,0 g·kg⁻¹. Todas las muestras analizadas mostraron un comportamiento no newtoniano, pseudoplástico ($n < 1$) con umbral de fluencia, pudiendo ser modelizadas mediante la ecuación de Herschel-Bulkley. La mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar resultó ser la más aceptable desde el punto de vista sensorial, mostrando para el parámetro sabor un puntaje de 4,8 sobre 5, resultando superior a las mayonesas comerciales Maggie® y Alacena® tomadas como referencia. Desde el punto de vista reológico, esta mayonesa presentó un índice de consistencia de $18,35 \pm 0,95$ Pa·sⁿ y un índice de comportamiento al flujo de $0,78 \pm 9,86E-03$. Además, presentó una vida útil, determinada mediante la medición del índice de peróxidos, de 15 días a 5 °C, 8 días a 20 °C y 5 días a 35 °C. El análisis de costes efectuado estimó que el costo de producción de la mayonesa elaborada con de 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar, resultó ser de 4,10 USD por kg de mayonesa elaborada en condiciones de planta piloto.

Palabras clave: espesante, reología, vida útil, análisis sensorial, costo de producción.

ABSTRACT

In the present work viscosimetric and sensory evaluation of mayonnaise made with mucilage chia (*Salvia hispanica*) and guar gum were carried out. The stabilizer concentrations used were 0.0, 0.2, 0.5, 0.7 and 1.0 g·kg⁻¹. All samples tested showed non-Newtonian behavior, with pseudoplastic character ($n < 1$) and yield stress, being able to be modeled using the Herschel-Bulkley equation. Mayonnaise made with 0.5 g·kg⁻¹ of guar gum was the most acceptable from a sensory point of view, showing a score of 4.8 out of 5 for taste, thus being superior to commercial mayonnaise Maggie® and Alacena® taken as reference. From the rheological point of view, this mayonnaise presented a consistency index of 18.35 ± 0.95 Pa·sⁿ and a flow behavior index of $0.78 \pm 9.86E-03$. It also presented a shelf-life determined by measuring the peroxide value of 15 days at 5 °C, 8 days at 20 °C and 5 days at 35 °C. The estimated production cost of the mayonnaise made with 0.5 g kg⁻¹ guar gum was found to be \$ 4.10 for kg of mayonnaise elaborated in pilot plant conditions.

Keywords: thickener, rheology, shelf life, sensory analysis, production cost.

¹ Autor de correspondencia: María Luisa Maldonado. E-Mail: marilu.ldu@outlook.com



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumidor prefiere alimentos naturales, sanos y frescos pero además agradables a la vista y al paladar, nutritivos y de fácil manejo y consumo. Por lo cual un alto número de investigaciones se orientan hacia la búsqueda de aditivos alimentarios naturales y de fácil extracción (Burey et al., 2008; Imeson, 2009; Kiosseoglou y Sherman, 1983; Ma y Barbosa-Cánovas, 1995a, 1995b). La tendencia industrial está enfocada en conseguir alimentos cada vez más naturales, es decir, de composición y características más cercanas a las originales, y respondiendo a las exigencias del consumidor actual (Carocho et al., 2014; Durán, 2001).

La mayonesa o mahonesa es una salsa emulsionada fría elaborada principalmente a base de huevo entero, aceites vegetales comestibles e ingredientes acidificantes, de origen mallorquín, divulgada a partir del siglo XVIII a través de la gastronomía francesa (Wikipedia, 2016). Según diversas estadísticas, este producto es adquirido habitualmente por el 71,6 % de las familias del Ecuador (INEC 2012).

La adición a la mayonesa de espesantes de origen natural es un aspecto tecnológico ampliamente documentado, habiéndose estudiado diversas matrices, como la fibra de trigo (Valenzuela, 2010), gluten de trigo, proteína de soja o algarroba (Bengoechea, 2006), goma guar (ALTESA), palmitato de sacarosa (Partal et al., 1997) o polialcoholes (Sánchez et al., 2000).

El mucílago de chíá es una potencial fuente de hidrocoloides con diferentes propiedades funcionales atractivas para la industria, tales como su gran capacidad de retención de agua, su poder emulsificante, sus propiedades espesantes, la aptitud para estabilizar espumas y su solubilidad en agua en un amplio rango de temperaturas. El mucílago de chíá, además, puede ser incorporado en diferentes alimentos y formulaciones, al tener la capacidad de formar películas comestibles, en combinación con proteínas, mejorando las propiedades mecánicas y funcionales de las mismas (Aguilar, 2014).

La goma guar es un aditivo habitualmente empleado en la formulación de alimentos como espesante que permite una reducción parcial del contenido lipídico en las emulsiones (Sanderson, 1981; Su et al., 2010).

El objetivo de la presente investigación fue llevar a cabo la comparación del efecto del mucílago de

la chíá frente al comportamiento de la goma guar como estabilizadores² en las propiedades reológicas y sensoriales de la mayonesa, para determinar la concentración óptima aplicable en la mejora tecnológica de la formulación de esta salsa.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Composición de las mayonesas

Las muestras fueron preparadas de acuerdo a una formulación base (Tabla 1), sobre la que se añadió el tipo y nivel de aditivo, tal como se muestra en la Tabla 2.

La adición de los espesantes supuso la reducción de las proporciones relativas de cada componente de la formulación base pero, dada su ínfima aportación al volumen total (máximo 0,1 % de la formulación), se consideraron despreciables a efectos de cálculo para facilitar la formulación. Las mayonesas comerciales de referencia, presentaron la formulación que se ofrece en la Tabla 3, desconociéndose las proporciones, por tratarse de un producto sometido a secreto industrial.

Tabla 1. Formulación de la mayonesa base (control sin aditivos)

Ingrediente	% (peso)
Aceite	65,0
Vinagre	9,0
Huevo	21,5
Azúcar	1,5
Sal	2,0
Mostaza	0,5
Pimienta	0,5

Adaptado de Bailey (1984)

² Denominación oficial descrita en el Codex Alimentarius (OMS-FAO 1994)



Tabla 2. Formulación de las mayonesas estudiadas

Código	Tratamientos
MSE	Mayonesa base sin estabilizante (control)
MMC02	Mayonesa con 0,2 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MMC05	Mayonesa con 0,5 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MMC07	Mayonesa con 0,7 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MMC10	Mayonesa con 1,0 g·kg ⁻¹ de mucílago de chía
MGG02	Mayonesa con 0,2 g·kg ⁻¹ de goma guar
MGG05	Mayonesa con 0,5 g·kg ⁻¹ de goma guar
MGG07	Mayonesa con 0,7 g·kg ⁻¹ de goma guar
MGG10	Mayonesa con 1,0 g·kg ⁻¹ de goma guar

Tabla 3. Formulación de las mayonesas comerciales de referencia

AlaCena (Alicorp)	Maggi (Nestlé)
Aceite soja	Aceite soja
Huevo	Agua
Sal	Yema de huevo
Extracto de limón	Azúcar
Jugo limón	Vinagre
Agua	Sal
Vinagre	Goma xantana
Almidón modificado	Sorbato potásico
Azúcar	Mostaza
Goma xantana	Ácido cítrico
Mostaza	Pimienta
Sorbato potásico	EDTA
Glutamato monosódico	Betacaroteno
Betacaroteno	
EDTA cálcico	



2.2. Elaboración de las mayonesas

La dosificación se realizó de acuerdo a la formulación planteada (Tabla 1 y Tabla 2). Se añadieron en un vaso de 1000 mL el huevo, la sal, la pimienta, la mostaza, el vinagre y el estabilizador en las proporciones correspondientes. Previamente, en el caso del mucílago de chí, se llevó a cabo la extracción empleando la metodología descrita por Capitani et al. (2015).

Con un batidor de inmersión se mezclaron los ingredientes y posteriormente se agregó en forma de chorro fino y constante el aceite, hasta culminar con su emulsificación.

La mayonesa se colocó en envases de vidrio de 500 mL etiquetando adecuadamente cada uno de los tratamientos.

2.3. Determinación de propiedades reológicas

Se utilizó un viscosímetro rotacional Quimis Q860M21 de medición relativa y un vaso de precipitados de 500 mL, en el cual se introdujo la muestra a analizar a temperatura ambiente (20 °C). Se seleccionó el rotor adecuado al rango de medición que, de acuerdo a las pruebas preliminares efectuadas, resultó ser el husillo #4 ya que se adaptó óptimamente a las características del producto estudiado. Se procedió a realizar las lecturas de viscosidad respectivas para cada muestra, siguiendo las directrices de Steffe (1996) y Schramm (2000).

La ecuación de Herschel-Bulkley (Ec. 1) permitió modelizar el comportamiento reológico de las muestras de mayonesa, determinando el umbral de fluencia mediante la ecuación de Casson (Ec. 2), ya que el equipo empleado, un viscosímetro rotativo de medición relativa, no permitía la obtención directa de dicho parámetro. La linealización logarítmica de la ecuación de Herschel-Bulkley (Ec. 3) permitió obtener el índice de consistencia y el índice de comportamiento al flujo (Ramírez, 2006).

$$\sigma = \sigma_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad \text{Ec. 1}$$

$$\sigma^{0,5} = \sigma_0^{0,5} + K^{0,5} \cdot \dot{\gamma}^{0,5} \quad \text{Ec. 2}$$

$$\ln(\sigma - \sigma_0) = \ln K + n \cdot \ln \dot{\gamma} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde,

σ : Esfuerzo cortante (Pa)

σ_0 : Umbral de fluencia (Pa)

K: Índice de consistencia ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$)

$\dot{\gamma}$: Gradiente de cizalladura (s^{-1})

n: Índice de comportamiento al flujo (adimensional)

2.4. Determinación del mejor tratamiento

Para la determinación del mejor tratamiento se realizaron catas de todos los tratamientos aplicando un diseño de bloques incompletos (DBIE) para ocho tratamientos más un control externo (mayonesa comercial Maggie®). Se organizó un panel de cata de 45 catadores, los cuales degustaron dos muestras cada uno, seleccionadas al azar, evaluando la aceptabilidad de la consistencia del producto. Finalmente, se determinó la existencia de diferencias significativas entre los niveles de ambos factores mediante un ANOVA bifactorial (tratamiento y catador) sin interacción. La comparación de medias dentro de cada factor se llevó a cabo mediante un test de mínimas diferencias significativas (LSD) empleando un nivel de significación del 95 % (Cochran y Cox, 1990; Milliken y Johnson, 1992).

2.5. Determinación de vida útil

Se llevó a cabo mediante la determinación del índice de peróxidos (IP) en la mayonesa mejor valorada sensorialmente. Para ello, durante 18 días se almacenaron muestras de mayonesa en incubadoras acondicionadas a 5, 20 y 35 °C, llevándose a cabo muestreos los días 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, en los que se determinó el IP mediante el método NTE INEN-ISO 3960 (2013). El cálculo de la cinética de reacción y la energía de activación asociada al proceso degradativo se llevó a cabo bajo las directrices descritas por Taoukis et al. (1997).

2.6. Comparación sensorial de la mejor formulación frente a referencias comerciales

Se evaluó la aceptación de los parámetros sensoriales color, olor, sabor y consistencia de la mejor formulación, comparándolos frente a los obtenidos en dos mayonesas comerciales (Maggie® y AlaCena®). Las muestras se dieron a probar a un conjunto de 20 catadores. Para ello se aplicó un diseño factorial completo, en el que cada catador evaluó las tres muestras. Dichas muestras se presentaron identificadas de forma aleatoria. Se



determinó la existencia de diferencias significativas entre los niveles de ambos factores (catador y muestra) mediante un ANOVA bifactorial con interacción. La comparación de medias dentro de cada factor se llevó a cabo mediante el test de Tukey empleando un nivel de significación del 95 % (Cochran y Cox, 1990; Milliken y Johnson, 1992).

2.7. Procesamiento y análisis estadístico de datos experimentales

La información fue tabulada y analizada mediante la utilización de los paquetes informáticos Excel, InfoStat y STATGRAPHICS Centurion XVII. Las determinaciones físico-químicas y sensoriales se llevaron a cabo por duplicado, expresándose como valores promedio con sus respectivas desviaciones típicas. La determinación de diferencias entre medias se llevó a cabo mediante análisis de la varianza (ANOVA), empleando un nivel de significancia del 95 %.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Reología

3.1.1. Obtención de datos reológicos

Se graficaron los valores de esfuerzo de corte frente a la gradiente de cizalladura (reogramas) para identificar de forma cualitativa el tipo de comportamiento de las diferentes formulaciones de mayonesa (Figura 1). De forma general, se observó un comportamiento reológico pseudoplástico con umbral de fluencia para todas las mayonesas elaboradas. Como excepción, se pudo comprobar que el análisis reológico del tratamiento con goma guar a dosis de $1,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ presentó problemas técnicos al aumentar el gradiente de cizalladura durante las pruebas (el equipo llegó al torque límite estipulado por el fabricante), de forma que su estudio se tuvo que limitar a las primeras etapas de cizallado.

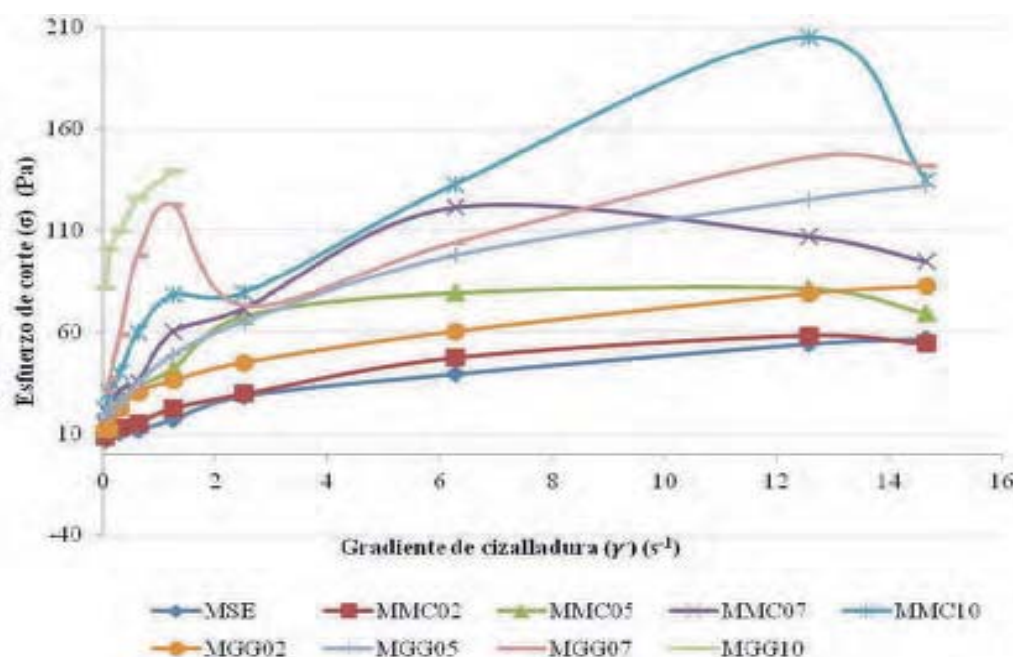


Figura 1. Reogramas de las diferentes formulaciones de mayonesas. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con $0,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MMC05: mayonesa con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MMC07: mayonesa con $0,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MMC10: mayonesa con $1,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de mucílago de chíá; MGG02: mayonesa con $0,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG05: mayonesa con $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG07: mayonesa con $0,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar; MGG10: mayonesa con $1,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de goma guar.



3.1.2. Ajuste de modelos reológicos

El índice de consistencia mostró una tendencia ascendente conforme aumentó la proporción de mucilago de chía y goma guar en cada uno de los tratamientos (Tabla 4). Se puede observar que la mayoría de las mayonesas se ajustó convenientemente a los modelos de Casson, para el cálculo del umbral de fluencia, y de Herschel-Bulkley para el cálculo de los índices de

consistencia e índice de comportamiento de flujo, pero son a destacar varias excepciones, el tratamiento con mucilago de chía a dosis de 0,5 g·kg⁻¹ y con goma guar a dosis de 0,7 g·kg⁻¹, cuyos ajustes (coeficientes de determinación), revelaron un comportamiento reológico que merecería un estudio aparte mediante modelos de ajuste alternativos.

Tabla 4. Parámetros reológicos obtenidos a partir de los modelos de Casson y Herschel-Bulkley

Código	Tipo mayonesa	Contenido estabilizante (g·kg ⁻¹)	τ_0 (Pa)	R ²	K (Pa·s ⁿ)	n (adim)	R ²
a0b0	MSE	0,0	6,87	0,9757	7,71	0,78	0,9017
a1b1	MMC	0,2	9,20	0,9543	9,50	0,66	0,9788
a1b2	MMC	0,5	18,71	0,6875	18,78	0,51	0,8610
a1b3	MMC	0,7	22,06	0,8878	23,13	0,57	0,8694
a1b4	MMC	1,0	28,20	0,8239	25,03	0,75	0,8843
a2b1	MGG	0,2	14,50	0,9203	17,46	0,53	0,9787
a2b2	MGG	0,5	17,79	0,9538	18,35	0,78	0,9768
a2b3	MGG	0,7	47,61	0,6670	32,98	0,39	0,5347
a2b4	MGG	1,0	75,92	0,9220	67,41	0,73	0,9017

El valor máximo ($67,41 \pm 0,33$ Pa·sⁿ) se obtuvo para el tratamiento MGG10 (mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar), mientras que el valor mínimo ($7,71 \pm 0,12$ Pa sⁿ) se obtuvo en el tratamiento MSE (mayonesa sin estabilizante), reportándose la existencia de diferencias significativas entre los índices de consistencia de

los tratamientos (Figura 2). Se observa que la mayonesa elaborada con goma guar presentó un notable incremento en la consistencia al pasar de 0,7 a 1,0 g·kg⁻¹, lo cual pudo deberse al incremento del carácter de gel de la emulsión, fenómeno ya reportado por otros autores (ALTESA; Belitz et al., 2009).

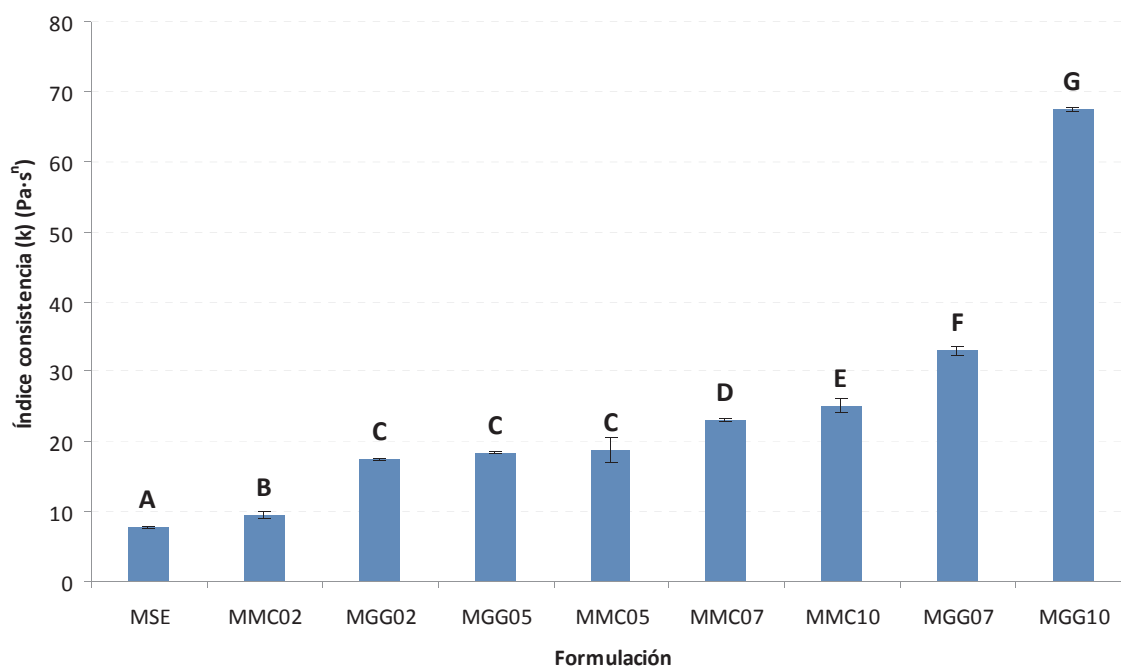


Figura 2. Índice de consistencia promedio e intervalo de confianza LSD de mayonesas elaboradas con mucílago de chía y goma guar como estabilizadores. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chía; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

Los valores de índice de comportamiento al flujo, resultaron menores a uno ($n < 1$) lo que refleja que todas las mayonesas presentaron un carácter pseudoplástico (Figura 3).

El tratamiento MGG07 (mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar) resultó conferir el mayor carácter pseudoplástico a la mayonesa presentando el valor $0,39 \pm 4,30E-4$, mientras que el tratamiento MSE (mayonesa sin estabilizante o control) presentó el valor $0,78 \pm 0,03$, resultando próximo al carácter newtoniano.

La Figura 3 muestra que el índice de comportamiento tuvo una estrecha relación con la

proporción de estabilizador empleado en ambos casos, aspecto observado por otros autores (Capitani et al., 2015; Thomareis y Chatziantoniou, 2011). Además se observa que los tratamientos MMC10, MGG05 y MSE presentaron el mismo grado de pseudoplasticidad, lo cual indica un comportamiento potencialmente similar ante el cizallado. El resto de los tratamientos presentó un grado mayor de pseudoplasticidad que conlleva una mayor sensibilidad al cizallado.

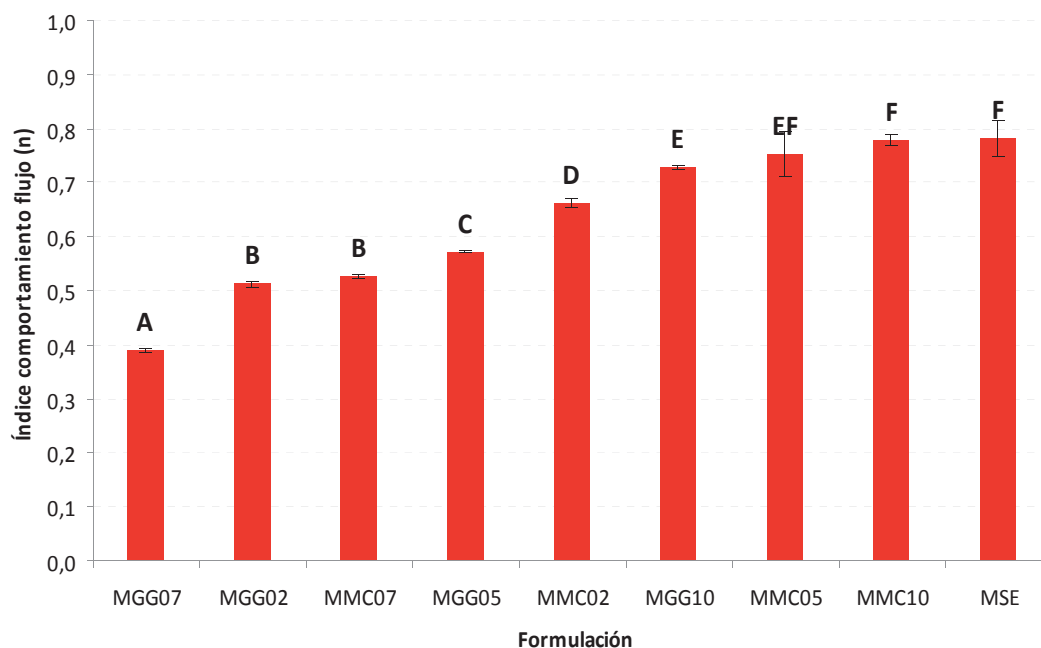


Figura 3. Índice de comportamiento al flujo promedio e intervalo de confianza LSD de mayonesas elaboradas con mucilago de chí y goma guar como estabilizadores. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucilago de chí; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucilago de chí; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucilago de chí; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucilago de chí; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar.

3.2. Determinación de mejor tratamiento

El análisis sensorial reveló que la formulación de mayonesa mejor valorada por el panel de cata fue la elaborada con un 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar, obteniendo un promedio de 4,6 sobre una escala de 5 (Figura 4), aunque a nivel estadístico no se observaron diferencias significativas respecto a las formulaciones MGG07, MGG02, MSE, MMC07, MMC05 y Maggie®. Las diferencias entre la valoración de las diferentes mayonesas podrían atribuirse parcialmente a la consistencia de las mismas, determinándose que la textura óptima se

encontró en un rango de valores relativamente amplio entre 7,70 y 32,98 Pa·sⁿ. Índices de consistencia superiores resultaron ser peor valorados por el panel de cata. El índice de comportamiento al flujo no permitió asociar diferencias entre las preferencias de los catadores, a pesar de las marcadas diferencias entre la pseudoplasticidad de las muestras estudiadas (Figura 3). Estos estudios reflejan la necesidad de llevar a cabo pruebas complementarias acerca de la tixotropicidad de las muestras o su elasticidad, mediante pruebas de viscoelasticidad.

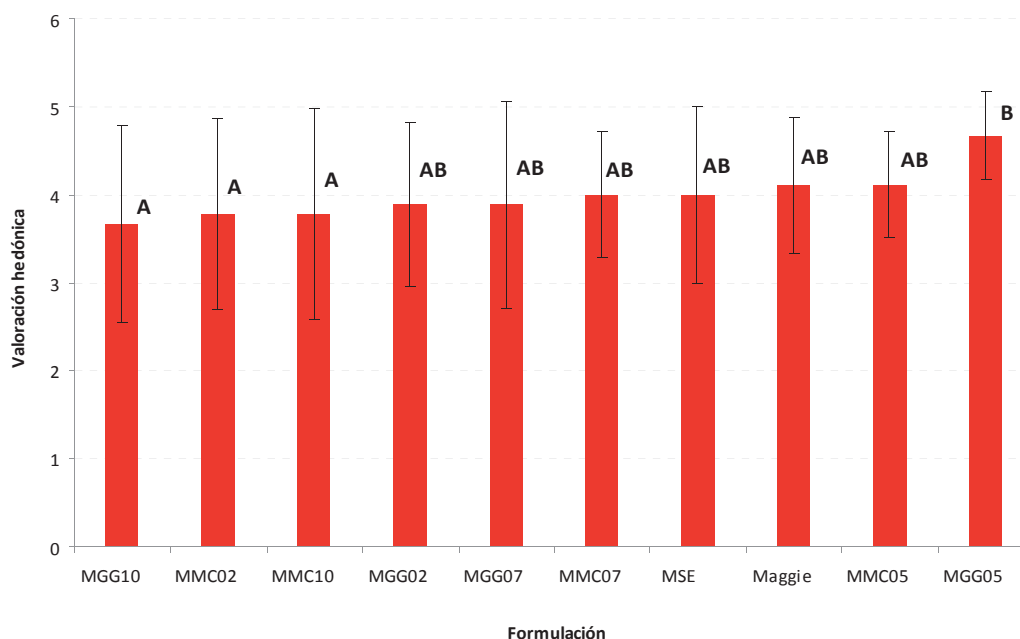


Figura 4. Valoración hedónica de la consistencia de mayonesas elaboradas con mucílago de chí y goma guar como estabilizadores. Escala de 0 a 5 puntos. Valores promedio e intervalos de confianza LSD de 5 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza. MSE: mayonesa sin estabilizante, MMC02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de mucílago de chí; MMC05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de mucílago de chí; MMC07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de mucílago de chí; MMC10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de mucílago de chí; MGG02: mayonesa con 0,2 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG05: mayonesa con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG07: mayonesa con 0,7 g·kg⁻¹ de goma guar; MGG10: mayonesa con 1,0 g·kg⁻¹ de goma guar; Maggie: control comercial.

3.3. Vida útil del mejor tratamiento

En base a la evolución en el tiempo del índice de peróxidos (Figura 5), se estableció que el modelo de reacción a que obedeció el deterioro de las mayonesas estudiadas fue de orden 1. Este

resultado difiere de otros trabajos, en los que se describe el orden 0 como predominante en las reacciones de oxidación de alimentos lipídicos (García Baldizón y Molina Córdoba, 2011; Martínez et al., 1998; Robertson, 2012).

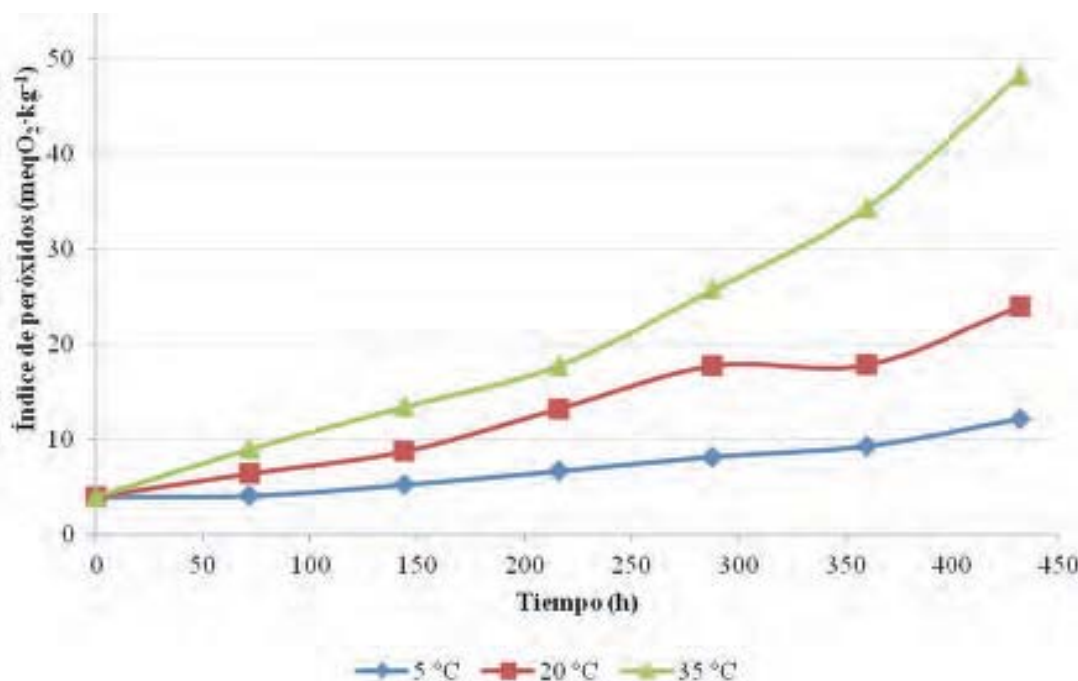


Figura 5. Índice de peróxidos promedio de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar en función del tiempo a 5, 20 y 35 °C

La Tabla 5 muestra el proceso de cálculo de la vida útil de la mejor formulación de mayonesa, determinada a 5, 20, 35 °C, utilizando las respectivas ecuaciones. Para ello se despejó el valor t (horas), empleando como valor de IP el

límite máximo (9,96 meq O₂·kg⁻¹) establecido por la normativa INEN (2013).

Se obtuvieron unos valores de vida útil estimada de 15 días a 5 °C, 8 días a 20 °C y 5 días a 35 °C.

Tabla 5. Determinación de la vida útil de mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar a partir de la evolución en el tiempo del índice de peróxidos a 5, 25 y 35 °C

T (°C)	Ecuación	R ²	Vida útil (h)	Vida útil (días)
5	$\ln IP = 1,3052 + 0,0027 t$	0,9814	371	15
20	$\ln IP = 1,5436 + 0,0040 t$	0,9549	187	8
35	$\ln IP = 1,6648 + 0,0053 t$	0,9671	119	5

Para el cálculo de la relación entre la vida útil y la temperatura de almacenamiento, se obtuvo el logaritmo decimal de la vida útil de la mejor formulación de mayonesa, se representó frente a

las temperaturas de almacenamiento y se ajustó un modelo lineal correspondiente a una cinética de orden 1 (Labuza, 1982, 1984) (Figura 6).

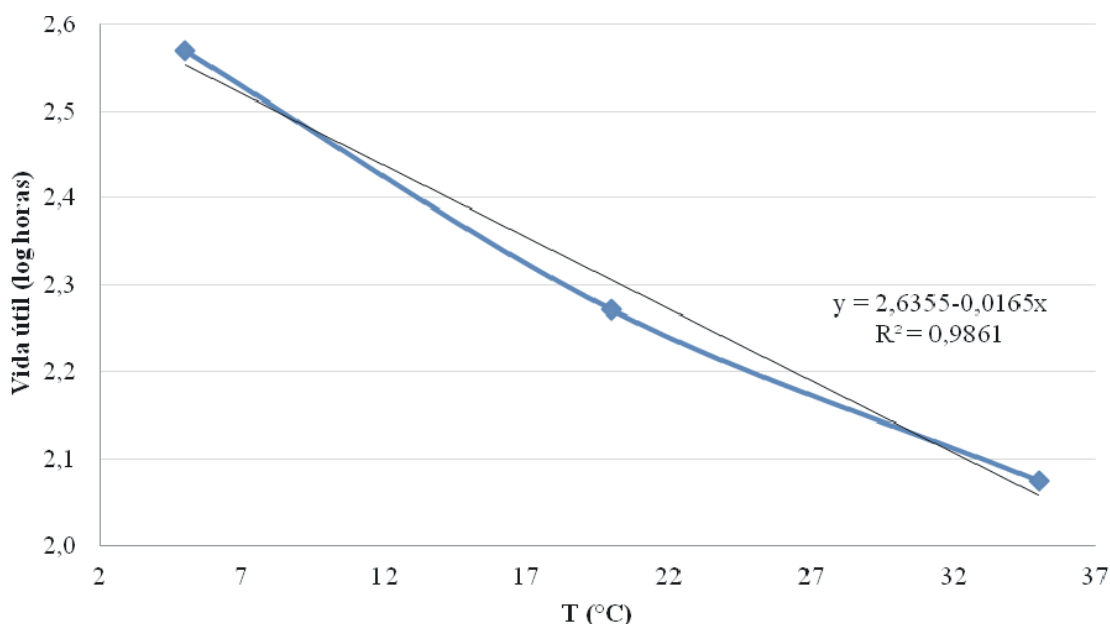


Figura 6. Relación entre la vida útil y la temperatura de almacenamiento de la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar.

Tras la linealización, se obtuvo la Ec. 4:

$$VU = 10^{2,6355 - 0,0165 \cdot T} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde,

VU: vida útil (horas)

T: temperatura de almacenamiento (°C)

Hay que precisar que, si bien la fórmula obtenida es de utilidad para predecir el comportamiento del producto a diferentes condiciones de temperatura, su vida útil está, en un sentido más amplio, condicionada por un conjunto de factores que no se tienen en cuenta en la ecuación, como la dinámica de acción enzimática o de desarrollo de los microorganismos presentes en las formulaciones experimentales.

A partir de los valores de vida útil a cada temperatura se determinó, mediante la ecuación de Arrhenius, que la energía de activación que caracterizó el proceso de oxidación de los lípidos presentes en la mayonesa elaborada, en el intervalo de temperatura estudiado, fue de 16,5 kJ·mol⁻¹. Datos bibliográficos reportados

por Özdemir y Devres (2000), sugieren que, para que las reacciones de oxidación de lípidos procedan, se requiere una energía de activación entre 41-104 kJ·mol⁻¹. Teniendo en cuenta que, cuanto menor sea la energía de activación, una reacción se produce de forma más rápida, hay que considerar que la mayonesa elaborada en el presente trabajo resultó más fácilmente alterable. Esto, probablemente pudo ser debido a que, al estar los lípidos en forma de emulsión, presentaron un ratio superficie/volumen considerablemente mayor al de un lípido en estado líquido, mostrando mayores posibilidades de oxidación. Ello podría haberse acentuado a causa de otros factores como la temperatura y la exposición a la luz, que actúan como catalizadores de la reacción de peroxidación lipídica (Camean et al., 1995).

3.4. Evaluación sensorial del mejor tratamiento

La Figura 7 muestra un resumen de las medias e intervalos de confianza y los resultados del test de Tukey al 95 % de confianza, provenientes de los test ANOVA efectuados.

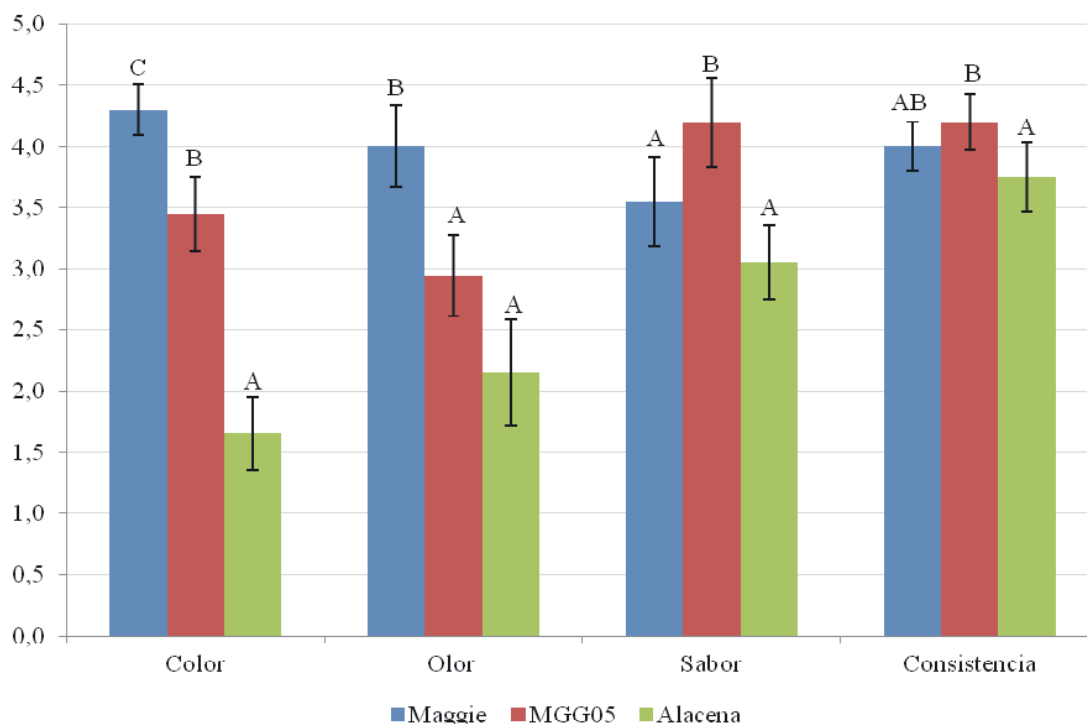


Figura 7. Evaluación sensorial comparativa de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar respecto a dos mayonesas comerciales, Maggie® y AlaCena®, líderes en el mercado. Valores promedio e intervalos de confianza de 20 repeticiones. Superíndices diferentes denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

En la Figura 7, se aprecia que la mayonesa elaborada con goma guar presentó un color menos intenso que la mayonesa Maggie®, pero mayor que la mayonesa AlaCena®.

En relación al parámetro olor, la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar presentó un nivel de intensidad similar a la mayonesa AlaCena®, pero inferior al nivel de intensidad de la mayonesa Maggie®, que alcanzó un valor promedio de 4,0 sobre 5. En relación a la importancia relativa que tiene este parámetro en los procesos de formulación de nuevos alimentos, hay que señalar que no puede considerarse un factor prioritario debido al bajo grado de sensibilidad del olfato humano (Valls et al., 1999). La mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar obtuvo una valoración del sabor (4,2 sobre 5) superior al de las dos mayonesas comerciales evaluadas. La apreciación de este parámetro puede considerarse como la resultante de la combinación de los parámetros textura y olor, por lo que se considera un parámetro de máxima importancia en la evaluación de la aceptabilidad de la mayonesa (Navas, 2007).

Finalmente, no se observaron diferencias significativas en la valoración de la consistencia de la mayonesa Maggie® frente a la elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar, aunque sí se vió una mayor apreciación de la consistencia de la mayonesa experimental frente a la mayonesa AlaCena®.

3.5. Estimación del costo de producción del mejor tratamiento

La Tabla 6 desglosa la relación de rubros necesarios para la elaboración de la mayonesa elaborada con $0,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de goma guar. En base a un volumen de producción de 50 kg, envasada en 250 recipientes de vidrio de 200 g de capacidad, el costo, a nivel de fabricación en planta piloto, resultó ser de 0,82 USD/ud producida (4,1 USD/kg).



Tabla 6. Costos de producción de 50 kg de mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar en envases de vidrio de 200 g

Rubros	Valor (USD)
1. Materiales directos e indirectos	133,35
2. Equipos y utensilios	0,23
3. Suministros	12,45
4. Personal	18,00
Costo total	164,03
Costo de producción unitario (200 g)	0,82

4. CONCLUSIONES

Todas las mayonesas elaboradas presentaron un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$) con umbral de fluencia, pudiendo ser modelizadas mediante la ecuación de Herschel-Bulkley. Así mismo, los valores de índice de consistencia (k), resultaron directamente relacionados con la proporción de estabilizador utilizado en cada formulación. En relación a ello, la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar resultó seleccionada para los estudios sensoriales detallados, por presentar la textura preferida por el panel de cata durante las evaluaciones preliminares, pero sin poderse diferenciarse significativamente de la elaborada mediante mucílago de chíya en esa misma proporción. Adicionalmente, la mayonesa elaborada con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar presentó una valoración sensorial similar a las referencias comerciales en cuanto a color, olor y consistencia. Sin embargo, presentó una valoración superior de sabor. En relación a dichos estudios, se recomendaría llevar a cabo estudios con mayor profundidad en el apartado reológico que permitiesen correlacionar las características organolépticas apreciadas por los panelistas, con aspectos importantes en la degustación, como la dependencia temporal de las características reológicas de las mayonesas, determinaciones que sólo pueden llevarse a cabo mediante estudios de viscoelasticidad.

La evolución del índice de peróxidos se pudo modelizar mediante ecuaciones cinéticas de orden de 1, en el intervalo de temperatura de 5 a 35 °C. De acuerdo a dichas ecuaciones el tiempo estimado de vida útil de la mayonesa elaborada

con 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar fue 15 días a 5 °C, 8 días a 20 °C y 5 días a 35 °C, obteniéndose una energía de activación de 16,5 kJ·mol⁻¹. El costo de elaboración de mayonesa empleando 0,5 g·kg⁻¹ de goma guar, elaborada en condiciones de planta piloto, resultó ser de 4,1 USD/kg.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Ismael Carrillo, Liliana Acurio y Dolores Robalino su colaboración en el desarrollo de la parte experimental y el análisis de datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. E. (2014). *Caracterización de propiedades fisicoquímicas, térmicas, reológicas y propiedades barrera a los gases de películas comestibles elaboradas a partir de mucílago de Salvia hispanica y pectina cítrica*. (Tesis Grado), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Buenavista, Saltillo; Coahuila (Mexico).
- ALTESA. La goma guar y su uso en alimentos. *Industria Alimentaria*, 4-14. http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar_1839.pdf
- Bailey, A. (1984). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona (España): Editorial Reverté.



- Belitz, H. D., Grosch, W., y Schieberle P. (2009). *Food Chemistry. 4th revised and extended Edition*. Berlin - Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bengoechea, C. (2006). *Estudio reológico de emulsiones alimentarias estabilizadas con proteínas vegetales*. (Tesis Doctoral), Universidad de Sevilla, Sevilla (España).
- Burey, P., Bhandari, B. R., Howes, T., y Gidley, M. J. (2008). Hydrocolloid gel particles: Formation, characterization, and application. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5), 361-377. doi: 10.1080/10408390701347801
- Camean, A., Lopez-Artiguez, M., Martinez, D., Menendez, M., Repetto, G., Repetto, M., Rodríguez-Vicente, M., Sanz, P., Soria, M., y Soriano, M. (1995). *Toxicología Avanzada* (Días de Santos, S.A. ed.). Madrid, España.
- Capitani, M. I., Corzo-Ríos, L. J., Chel-Guerrero, L. A., Betancur-Ancona, D. A., Nolasco, S. M., y Tomás, M. C. (2015). Rheological properties of aqueous dispersions of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. *Journal of Food Engineering*, 149, 70-77. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.09.043>
- Carocho, M., Barreiro, M. F., Morales, P., y Ferreira, I. C. F. R. (2014). Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 377-399. doi: 10.1111/1541-4337.12065
- Cochran, W. G., y Cox, G. M. (1990). *Diseños experimentales*. Mexico D.F. (Mexico): Ed. Trillas.
- Durán, L. (2001). Aditivos naturales. *Arbor*, 168(661), 87-107.
- García Baldizón, C., y Molina Córdoba, M. E. (2011). Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. *Revista Ingeniería-Engineering Research*, 18(1-2).
- Imeson, A. (2009). *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*.
- INEC (2012). Ficha técnica de Alimentos, Mayonesa., from Instituto Nacional de Estadística y Censos http://www.inec.gob.ec/estadisticas/SIN/co_alimentos.php?id=23995.01.14
- INEN (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO 3960:2013. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de peróxido. Determinación yodométrica (visual) del punto final. (IDT): Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- Kiosseoglou, V. D., y Sherman, P. (1983). Influence of egg yolk lipoproteins on the rheology and stability of O/W emulsions and mayonnaise 1. Viscoelasticity of groundnut oil-in-water emulsions and mayonnaise. *Journal of Texture Studies*, 14(4), 397-417. doi: 10.1111/j.1745-4603.1983.tb00358.x
- Labuza, T. P. (1982). *Shelf-life Dating of Foods*. Westport, Connecticut (USA): Nutrition Press.
- Labuza, T. P. (1984). Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Journal of Chemical Education*, 61(4), 348. doi: 10.1021/ed061p348
- Ma, L., y Barbosa-Cánovas, G. V. (1995a). Rheological characterization of mayonnaise. Part I: Slippage at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25(3), 397-408. doi: 10.1016/0260-8774(94)00011-w
- Ma, L., y Barbosa-Cánovas, G. V. (1995b). Rheological characterization of mayonnaise. Part II: Flow and viscoelastic properties at different oil and xanthan gum concentrations. *Journal of Food Engineering*, 25(3), 409-425. doi: 10.1016/0260-8774(94)00010-7
- Martinez, C., Mucci, A., Cruz, M. J. S., Hough, G., y Sanchez, R. (1998). Influence of temperature, fat content and package material on the sensory shelf-life of a commercial mayonnaise *Journal of Sensory Studies*, 13(3), 331-346. doi: 10.1111/j.1745-459X.1998.tb00093.x



- Milliken, G. A., y Johnson, D. E. (1992). *Analysis of Messy Data* (Vol. Vol. 1: Designed Experiments): Ed. Chapman & Hall.
- Navas, M. (2007). *Estimacion de la vida util sensorial y fisicoquimica de la mayonesa baja en grasa*. Universidad de la Salle, Bogota (Colombia). Retrieved from <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16061/43982024.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- OMS-FAO (1994). Codex Alimentarius. CODEX STAN 168-1989. Norma Regional Europea del Codex para la Mayonesa Vol. 11 (pp. 123-128).
- Özdemir, M., y Devres, O. (2000). Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 44(1), 31-38. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(99\)00162-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00162-4)
- Partal, P., Guerrero, A., Bejarano, M., y Gallegos, C. (1997). Comportamiento reológico no estacionario de emulsiones aceite en agua estabilizadas con un palmitato de sacarosa. *Grasas y Aceites*, 48(6), 425-436.
- Ramírez, J. (2006). *Introducción a la reología de los alimentos*. Cali (Colombia): Editorial Recitela.
- Robertson, G. L. (2012). *Food Packaging: Principles and Practice, Third Edition*: Taylor & Francis.
- Sánchez, M. C., Berjano, M., Guerrero, A., y Gallegos, C. (2000). Evolución de las propiedades reológicas de emulsiones aceite vegetal en agua durante el proceso de emulsificación y almacenamiento. *Grasas y Aceites*, 51(4), 230-236.
- Sanderson, G. R. (1981). Polysaccharides in foods. *Food Technology*, 83, 50-57.
- Schramm, G. (2000). *A Practical Approach to Rheology and Rheometry. 2nd Ed.* (R. Steinbrüggen, Trans.): Gebrueder HAAKE GmbH, Karlsruhe (RFA).
- Steffe, J. F. (1996). *Rheological Methods in Food Process Engineering*. East Lansing, Michigan (USA): Freeman Press.
- Su, H. P., Lien, C. P., Lee, T. A., y Ho, J. H. (2010). Development of low-fat mayonnaise containing polysaccharide gums as functional ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(5), 806-812. doi: 10.1002/jsfa.3888
- Taoukis, P. S., Labuza, T. P., y Saguy, I. S. (1997). Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction. In K. J. Valentas, E. Rotstein y R. P. Singh (Eds.), *Handbook of Food Engineering Practice* (pp. 361-403). New York (USA): CRC Press.
- Thomareis, A. S., y Chatziantoniou, S. (2011). 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11) Evaluation of the Consistency of Low-Fat Mayonnaise by Squeezing Flow Viscometry. *Procedia Food Science*, 1, 1997-2002. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.294>
- Valenzuela, C. F. (2010). *Caracterización reológica de mayonesa formulada con fibra de trigo*. (Ingeniero en Alimentos Tesis Grado), Universidad de Chile, Santiago de Chile (Chile). Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/qf-valenzuela_cf/pdfAmont/qf-valenzuela_cf.pdf
- Valls, J. S., Prieto, E. B., y De Castro Martín, J. J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos* (Vol. 4): Edicions Universitat Barcelona.
- Wikipedia. (2016). Mayonesa. <https://es.wikipedia.org/wiki/Mayonesa>



Efecto de un extracto de hojas de *Mangifera indica* L. en la oxidación de aceites vegetales

Effect of an extract of *Mangifera indica* L. leaves on the vegetable oils oxidation

B. Navas^{1*}, R. Narcise¹, A. Carrasquero²

¹Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Apartado 4579 Maracay, Venezuela

²Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Departamento de Química. Maracay, Venezuela

Artículo recibido: 17/03/2016

Artículo aceptado: 11/06/2016

RESUMEN

El efecto de la adición de un extracto de hojas secas de mango en la estabilidad oxidativa de la oleína cruda de palma y del aceite refinado de maíz, fue evaluado bajo condiciones de oxidación acelerada a 75 °C. El extracto fue preparado en reflujo, utilizando n-hexano como disolvente no polar. Se registraron los espectros UV-Visible de las disoluciones aceite-extracto, observándose bandas de absorción asociadas a la presencia de compuestos biofenólicos, excluyendo a los flavonoides que fueron extraídos solamente en etanol (98 % v/v). Los experimentos de oxidación acelerada mostraron que el extracto fue capaz de inhibir la formación de peróxidos en la oleína de palma cuando se comparó con el mismo aceite sin la adición del mismo. El efecto antioxidante resultó proporcional a la cantidad de extracto empleado, con las menores concentraciones de peróxidos a una concentración de 4,0 % y después de 10 días de incubación. Se obtuvieron resultados similares en el aceite refinado de maíz a las concentraciones más elevadas a pesar de la alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados característicos de este tipo de aceite. Se concluyó que el extracto puede ser empleado como un antioxidante natural a fin de mantener la calidad de los aceites vegetales estudiados.

Palabras clave: Autooxidación, hojas de mango, antioxidantes, biofenoles, flavonoides

ABSTRACT

The effects of the addition of a dried mango leaves extract to crude palm olein and refined corn oil on their oxidation stability were evaluated under accelerated oxidation conditions at 75 °C. The extract was prepared under reflux using n-hexane as the non polar solvent. The UV-Visible spectra of the oil-extract dissolutions were recorded and absorption bands associated to the presence of biophenolic compounds were observed, excluding the flavonoids which only were extracted with ethanol. The accelerated autooxidation experiments showed that the mango leaves extract was able to inhibit the peroxides accumulation in the palm olein when compared to the oil without extract. This antioxidant effect was proportional to the amount of extract employed with the lowest peroxide concentration using 4.0 % of extract after 10 incubation days. Similar results were obtained with the refined corn oil at the higher concentrations, despite of the high proportion of polyunsaturated fatty acids characteristic of this type of oil. It was concluded that this extract can be employed as a natural antioxidant to maintain quality of the studied vegetable oils.

Keywords: Autooxidation, mango leaves, antioxidant, biophenols, flavonoids

* Autora de correspondencia: Beatriz Navas. E-Mail: navasbeatriz@gmail.com



1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad hay un gran interés en la búsqueda de productos naturales que exhiban actividades antioxidantes y antirradicales, debido a que los radicales que se forman en las moléculas de oxígeno, generan especies como el oxígeno singlete, los peróxidos y los radicales hidroxílicos, que pueden afectar a los sistemas biológicos, incluyendo el sistema inmune en los seres humanos (Ahsan et al., 2003).

En la naturaleza están presentes compuestos orgánicos de tipo fenólico que son capaces de neutralizar radicales libres a través de mecanismos que involucran la formación de otros radicales menos reactivos, los cuales se estabilizan por medio de la deslocalización de los electrones no compartidos, debido a la presencia de estructuras aromáticas de tipo bencénico. Esta relación entre la estructura y la reactividad de los compuestos fenólicos frente a los radicales libres ha sido comprobada por Bendary et al. (2013) y Murillo Pulgarín et al. (2013).

Por otro lado, las investigaciones en el campo de los alimentos se orientan hacia dos tendencias principales; la primera dirigida a evaluar la presencia de radicales libres, enfocándose en los alimentos preparados por medio de frituras a altas temperaturas o en aquellos que contienen grasas y aceites susceptibles de oxidarse durante el almacenamiento. La segunda línea de investigación está orientada hacia la búsqueda de alimentos y productos naturales que contengan compuestos bioactivos, o que se les puedan agregar este tipo de compuestos, a fin de reducir la presencia de los radicales nocivos para la salud.

En un estudio fitoquímico preliminar, Olabinri et al. (2010) encontraron que las hojas de mango contienen diversos compuestos fenólicos, en los que se incluyen los ácidos benzoico, *p*-hidroxibenzoico, vainílico, siringico, ferúlico y gálico, además del galato de etilo y de moléculas de la familia de los flavonoides. Todos estos compuestos exhiben propiedades antioxidantes en diversos sistemas biológicos (Wang et al., 2015), lo cual sugiere que las hojas de este árbol frutal pueden ser empleadas como materia prima para la obtención de productos con propiedades antioxidantes.

Sultana et al. (2012), señalan que las hojas, partes del fruto, la piel y la semilla del mango muestran actividades antioxidantes al emplear sistemas *in Vitro*, como por ejemplo, la prueba del radical 2,2-Difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) y la evaluación del poder reductor empleando ferrocianuro de potasio. Además, se pudo comprobar que extractos obtenidos de estas partes de la planta inhiben la peroxidación del ácido linoleico.

Resultados semejantes fueron obtenidos por Olabinri et al. (2010) y Joona et al. (2013) cuando evaluaron las propiedades antioxidantes de extractos de hojas de mango utilizando etanol como disolvente. En esos trabajos se concluyó que las hojas son fuentes potenciales de compuestos bioactivos con actividades antioxidantes (Masibo y He, 2008). Por lo tanto, el propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de un extracto de hojas de mango a dos aceites vegetales comestibles, oleína cruda de palma y aceite refinado de maíz, sobre la estabilidad oxidativa en condiciones de autooxidación acelerada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material

Hojas de mango de la variedad Bocado fueron recolectadas en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias en Maracay. En el mes de octubre del año 2014 se seleccionaron al azar cuatro árboles de mango localizados en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, ubicado en la ciudad de Maracay. En cada árbol se tomaron cinco hojas jóvenes en forma aleatoria y una altura de dos metros desde el nivel del suelo, las cuales fueron cortadas con una tijera de acero inoxidable a ras del raquis. Todas las hojas fueron colocadas en una misma bolsa de plástico y trasladadas al laboratorio. Posteriormente las hojas fueron lavadas con agua destilada y secadas en estufa a 70 °C por 48 h y, una vez secas se molieron en un molinillo eléctrico marca Moulinex (Estados Unidos), recogiendo la fracción que pasó por un tamiz de 1 mm, obteniéndose una masa total de 50 g. La harina con un contenido de humedad del 8 % fue colocada en un frasco de vidrio color ámbar con tapa hermética y almacenada en refrigeración a 5 °C por una semana.

2.2. Aceites vegetales

Se empleó un aceite refinado de maíz comercial elaborado por la empresa Remavenca C.A. (Venezuela) en octubre de 2015. Asimismo, se utilizó una muestra de oleína de palma obtenida por extracción mecánica, la cual fue proporcionada por Empresas Diana C.A. (Venezuela). Esta oleína al igual que el aceite refinado de maíz carecía de antioxidantes añadidos.



2.3. Preparación del extracto

Se aplicó el método de extracción de Soxhlet (EPA 1996). En un matraz de 250 mL de capacidad se adicionaron 200 mL de n-hexano grado HPLC (Merck, Alemania) como disolvente, más unas perlas de vidrio para regular la ebullición. En el cuerpo extractor se colocó un cartucho con 10 g de la harina preparada anteriormente, se dejó en reflujo a la temperatura de ebullición del disolvente durante tres horas empleando una manta eléctrica como fuente de calor. El matraz del Soxhlet fue removido y se colocó en el baño de maría del rotoevaporador (Büchi Rotovapor R100, Alemania) para evaporar la mayor parte del disolvente. El residuo se llevó a sequedad removiendo el remanente de n-hexano con una corriente de nitrógeno seco, luego el residuo se pesó para obtener el rendimiento. Finalmente, el material residual fue disuelto con 5 mL de la oleína de palma para obtener una disolución madre de $0,2 \text{ g mL}^{-1}$, que sería utilizada en los ensayos de estabilidad de aceites.

Simultáneamente, una masa de 10 g de las hojas molidas fue colocada en un frasco ámbar y se agregaron 100 mL de etanol (98 % v/v), se dejó en agitación mecánica a temperatura ambiente (27 °C) por tres horas para luego filtrar en papel Whatman N° 1. Este extracto se denominó "extracto alcohólico" y contenía todos los compuestos solubles en un disolvente de mayor polaridad que el n-hexano.

2.4. Espectros de absorción UV-Visible

En primer lugar se diluyeron 100 µL de cada extracto en 10 mL de n-hexano o etanol. Se registraron los espectros de absorción en la región entre 190 y 790 nm, utilizando celdas de cuarzo de 1 cm de paso de luz y un espectrofotómetro Agilent 8453, acoplado a un computador personal y controlado por el software Chemstation (Agilent). Para la determinación cualitativa de la presencia de flavonoides, se tomaron 5 mL del extracto en n-hexano y se equilibraron con 5 mL de etanol para luego agitar en forma continua durante 30 min. Se separó la capa alcohólica y en ella, así como en el extracto etanólico de hojas de mango, se agregaron 3 gotas de una disolución de tricloruro de aluminio al 1 % (Merk, Alemania) en etanol. Se registraron los espectros UV-Visible a fin de determinar desplazamientos en los máximos de absorción que pudieran estar asociados a la presencia de flavonoides.

2.5. Ensayos de estabilidad de los aceites tratados con el extracto de hojas de mango

El siguiente procedimiento fue aplicado para cada aceite por separado a fin de estudiar el efecto del extracto de mango sobre su estabilidad en condiciones de oxidación acelerada. En este sentido, en 16 vasos de precipitados de 100 mL de capacidad se pesaron 50 g del aceite a ser evaluado. Se formaron cuatro grupos correspondientes a los siguientes tratamientos de un arreglo completamente aleatorizado: Control, al cual no se agregó el extracto, T1, T2 y T3 con 0,5; 2 y 4 % del extracto respectivamente. Por lo tanto, cada tratamiento estaba conformado por cuatro unidades experimentales que consistían en los cuatro vasos de precipitados con la mezcla de aceite y extracto de hojas de mango.

Los vasos fueron tapados con papel de aluminio y colocados de forma aleatoria en el interior de una estufa sin circulación forzada de aire (Selecta modelo 206 A, España) a la temperatura de 75 ± 3 °C, con el fin de acelerar las reacciones de autooxidación. Periódicamente una muestra del aceite en cada unidad experimental fue extraída para la determinación del índice de peróxidos, de acuerdo con el método oficial Cd 8-53 AOCS (2009), el cual consiste en la oxidación del ión yoduro por los peróxidos contenidos en el aceite y la posterior valoración del yodo liberado, utilizando una disolución patrón de tiosulfato de sodio y almidón como indicador. De los cuatro índices de peróxidos de cada tratamiento, se obtuvo la media aritmética con su respectivo intervalo de confianza, para una probabilidad del 95 % y tres grados de libertad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Obtención del extracto de hojas de mango y espectros de absorción UV/Visible

A partir de una masa de 10 g de hojas secas y molidas de mango, que fue sometida a la extracción por el método de Soxhlet empleando n-hexano como disolvente, se obtuvo un residuo seco con un fuerte color verde que pesó 1,04 g, representando un rendimiento de extracción de aproximadamente el 10 %.

La figura 1A muestra los espectros de absorción de la oleína cruda de palma sin adicionar el extracto y en presencia de 0,5 % del extracto. En el primer espectro solo se observó un pico con un máximo de absorción alrededor de los 200 nm, que es debido a transiciones electrónicas del tipo $\pi \rightarrow \pi^*$ asociadas a los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados, específicamente al ácido oleico que contiene un enlace doble entre los carbonos 9 y 10 en una disposición geométrica tipo *Cis*.

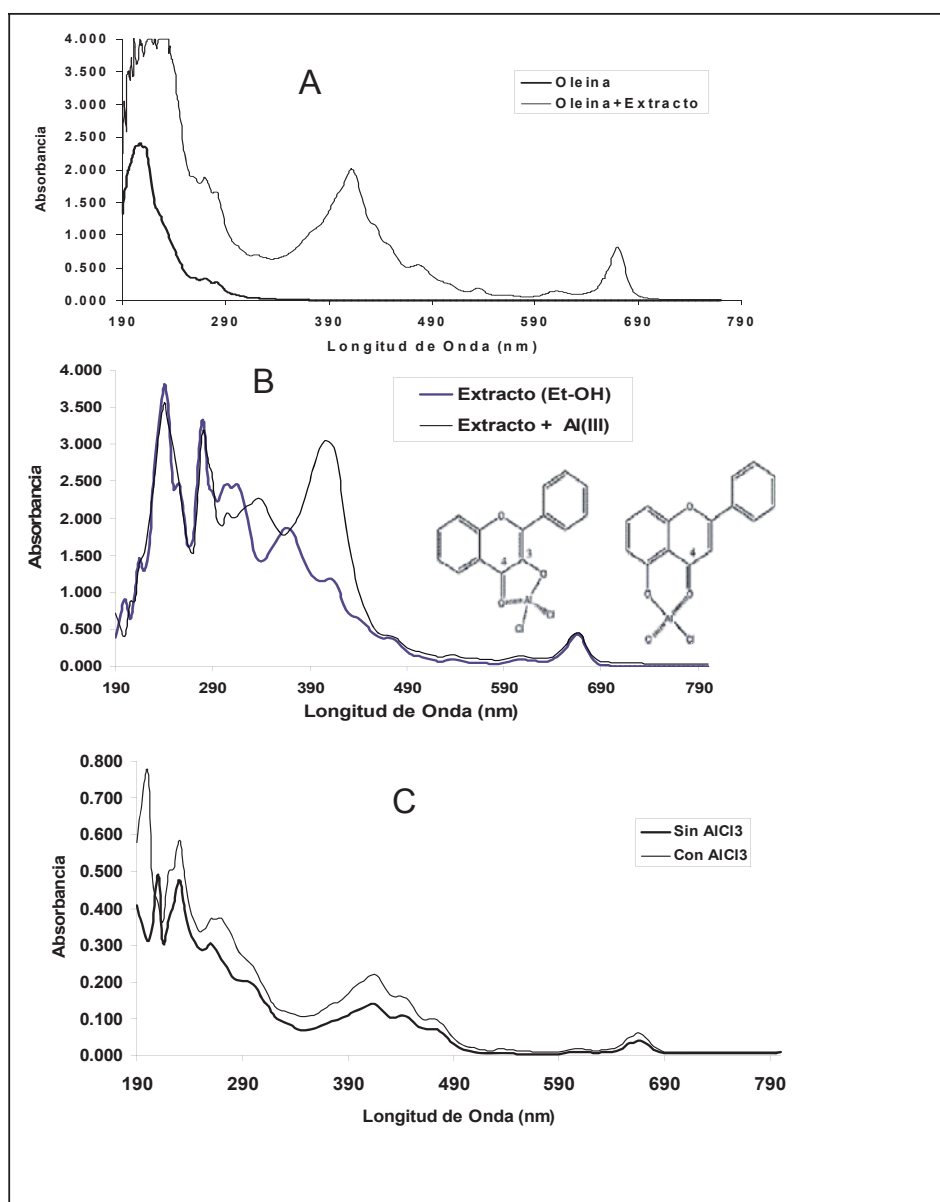


Figura 1. Espectros de absorción UV visible

Al adicionar el extracto de hojas de mango se aprecian nuevos picos, principalmente en la región entre 300 y 400 nm, que pueden ser debidos a la presencia de distintos tipos de compuestos fenólicos (Marcano y Hasegawa, 2002). La banda de absorción alrededor de los 680 nm es producida por las clorofilas presentes en el extracto y que son las responsables del color verde. Estos espectros muestran que las hojas de mango contienen moléculas solubles en medios no polares, por lo cual se disuelven también en el

aceite y sus señales espectroscópicas pueden estar asociadas a la presencia de compuestos del tipo de los polifenoles, que exhiben propiedades antioxidantes a través de mecanismos que involucran la desactivación de los radicales libres de oxígeno.

Por otro lado, el etanol fue empleado para obtener un extracto crudo de las mismas hojas, pero que contuviese los compuestos orgánicos solubles en este disolvente de mayor polaridad, como por ejemplo compuestos fenólicos de interés por sus



propiedades antioxidantes. Los picos observados en la región UV entre 240 y 390 (figura 1B) pudieran ser atribuidos a la presencia de flavonas, flavonoles, auronas y chalconas. Además, los compuestos del tipo de los flavonoides presentan otras bandas de absorción (Banda II) entre 240 - 270 nm, por lo cual los picos observados en esa región del espectro, también podrían estar relacionados con la absorción de radiación por esos mismos compuestos (Marcano y Hasegawa, 2002).

Barreto et al. (2008), señalaron que los tres de los polifenoles más importantes en las hojas de mango son la mangiferina, el ácido gálico y el galato de metilo. Asimismo, Severi et al. (2009) encontraron que la mangiferina, que es el C-glucopiranosido del 1,3,6,7-tetrahidroxixantona, es el fenol más importante de las hojas de mango y presenta bandas de absorción ultravioleta en el intervalo de picos mostrado en el espectro del presente estudio. Con el propósito de observar el efecto del tricloruro de aluminio en la posición de los picos de absorción, se agregó este compuesto al extracto etanólico de hojas de mango, detectándose un desplazamiento batocrómico del pico que originalmente se encontraba a 370 nm y que luego de la adición del reactivo se localiza en 410 nm. Un desplazamiento similar hacia longitudes de onda más largas se detectó en un pico que pasó de estar en 315 nm y que luego se observó a 340 nm. Estos desplazamientos pueden estar asociados con la presencia de biofenoles que poseen dos grupos hidroxilos en posición *orto* o que pueden formar quelatos entre un carbonilo C4 y un OH libre en C5 o C3.

Hasta ahora se han mostrado los espectros de los extractos de hojas de mango utilizando dos disolventes de polaridades opuestas (etanol y n-hexano). La mayor cantidad de picos de absorción se aprecia en el extracto en etanol, por lo cual se ha señalado que las moléculas presentes en las hojas son más solubles en un medio de mayor polaridad. Con el fin de establecer si todos los componentes solubles en etanol podían también ser solubles en el disolvente apolar, se tomó una masa de 10 g de la oleína de palma que contenía el extracto y se puso en contacto 5 mL de etanol al 98 %, se agitó durante 5 min y se dejó en reposo hasta que se separaron las dos fases líquidas. Con una pipeta se tomó la capa alcohólica y se registró el espectro UV-Visible, obteniéndose un número

menor de picos de absorción (figura 1C), si se compara con el extracto alcohólico original de las hojas de mango, lo que indica que solo una parte de los componentes de las hojas pueden ser disueltos en ambos disolventes.

Al adicionar el tricloruro de aluminio no se observaron desplazamientos batocrómicos, lo que descarta la presencia de los flavonoides que formen complejos con el $AlCl_3$. Por lo tanto, el aceite tratado con el extracto orgánico carece de este tipo de flavonoides, lo cual podría afectar la capacidad del extracto para proteger al aceite de las reacciones de autooxidación.

3.2. Estabilidad de los aceites vegetales en condiciones de oxidación acelerada empleando el extracto de hojas de mango

El perfil de ácidos grasos en la oleína de palma mostró una alta proporción de ácidos grasos oleico y palmítico, representando cerca del 80 % del perfil, mientras que los ácidos más insaturados, son minoritarios con proporciones inferiores al 10 %. Este perfil de ácidos grasos determina en gran medida la estabilidad de la oleína de palma cuando se sometida a las altas temperaturas necesarias para la preparación de alimentos fritos (Chowdhury et al., 2008).

La existencia de una sola instauración doble hace que la formación de los peróxidos como productos primarios de la oxidación sea más lenta, ya que se requiere de un mayor número de colisiones entre la cadena del ácido graso y las moléculas excitadas de oxígeno para dar origen a la reacción (Frost y Pearson, 1963), tal como se muestra en la figura 2. Una vez que se han formado estos intermediarios inestables, los enlaces peróxidos se rompen, generándose productos secundarios de la oxidación del tipo de los aldehídos y cetonas de cadenas cortas.

En la figura 3 se muestra la cinética de acumulación de peróxidos durante el almacenamiento a 75 °C en los aceites tratados con las distintas concentraciones del extracto orgánico de hojas de mango. Se puede observar una mayor acumulación de peróxidos en el tratamiento control, donde se cuantificó un valor de peróxidos superior a los 10 mEq $O_2 \cdot 100 g^{-1}$ a los 7 días de iniciado el ensayo.

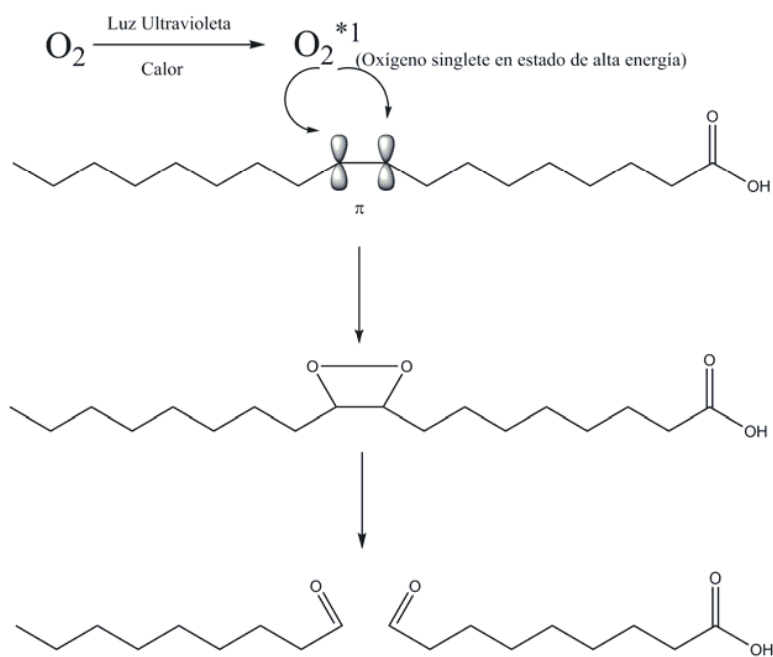


Figura 2. Esquema de la reacción de autooxidación de la oleína de palma

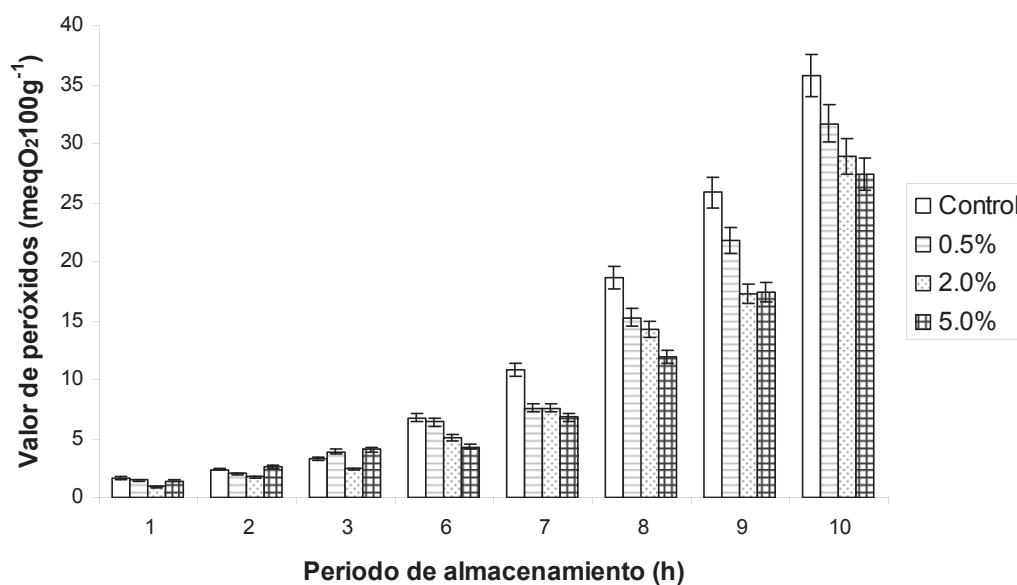


Figura 3. Cinética de acumulación de peróxidos en la oleína de palma



En los tratamientos donde estuvo presente el extracto orgánico, la concentración de peróxidos fue menor. Por ejemplo, las barras que indican los intervalos de confianza en la figura 3 muestran que las diferencias entre los tratamientos y el control no pueden ser atribuidas únicamente a errores experimentales durante la determinación analítica, sino que puede estar asociada con la presencia de sustancias con propiedades antioxidantes en el extracto.

Este efecto de protección se hizo mayor a medida que se incrementó la concentración del extracto. Por ejemplo, a partir del sexto día de almacenamiento, la acumulación de peróxidos en el tratamiento control siguió siendo mayor que en aquellos en los que estuvieron presentes las distintas dosis del extracto. Esto fue debido a la facilidad con la cual las moléculas de oxígeno presentes en el medio de reacción se adicionan a

los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados (Navas et al., 2006), por lo cual al séptimo día de almacenamiento se alcanzó una concentración de $10 \text{ mEq O}_2 \cdot 100 \cdot \text{g}^{-1}$, mientras que en los aceites restantes se requirió de un día más para obtener el mismo valor del índice de peróxidos.

Al final del experimento, es decir, luego de diez días de almacenamiento el tratamiento control incrementó su índice de peróxidos hasta un valor cercano a los $40 \text{ mEq O}_2 \cdot 100 \cdot \text{g}^{-1}$, que sigue siendo superior a los valores cuantificados en cada tratamiento y sin observarse el solapamiento de las barras del intervalo de confianza. Estos resultados muestran el efecto antioxidante del extracto de hojas de mango en la oleína de palma, que puede ser explicado con base en la desactivación de las especies reactivas de oxígeno por parte de los fenoles disueltos en la matriz oleosa (figura 4).

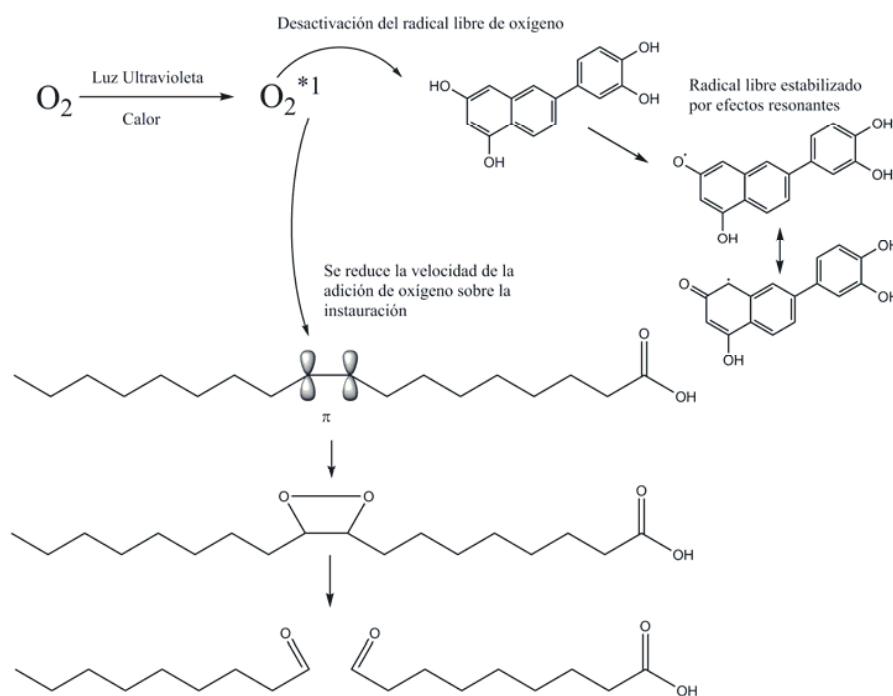


Figura 4. Efecto antioxidante del extracto de hojas de mango.



Los radicales libres de oxígeno que se forman por la acción de la temperatura reaccionan más rápidamente con las moléculas fenólicas, ya que la energía de activación necesaria es menor que en el caso del ácido graso monoinsaturado. Los nuevos radicales libres formados se estabilizan por la deslocalización del electrón no compartido en la estructura aromática del anillo bencénico. De esta forma se reduce la velocidad de oxidación de la oleína.

En el caso del aceite de maíz se observó una situación similar, en la cual el extracto fue capaz de reducir la velocidad de oxidación del aceite (figura 5), aún cuando se apreció un efecto prooxidante a la dosis de 0,5 % del extracto. En general, la formación de peróxidos en este aceite es mucho más rápida que en la oleína de palma, lo cual se debe a que en el perfil de ácidos grasos del aceite de maíz predomina el ácido linoleico con un 75 % (Navas et al., 2006).

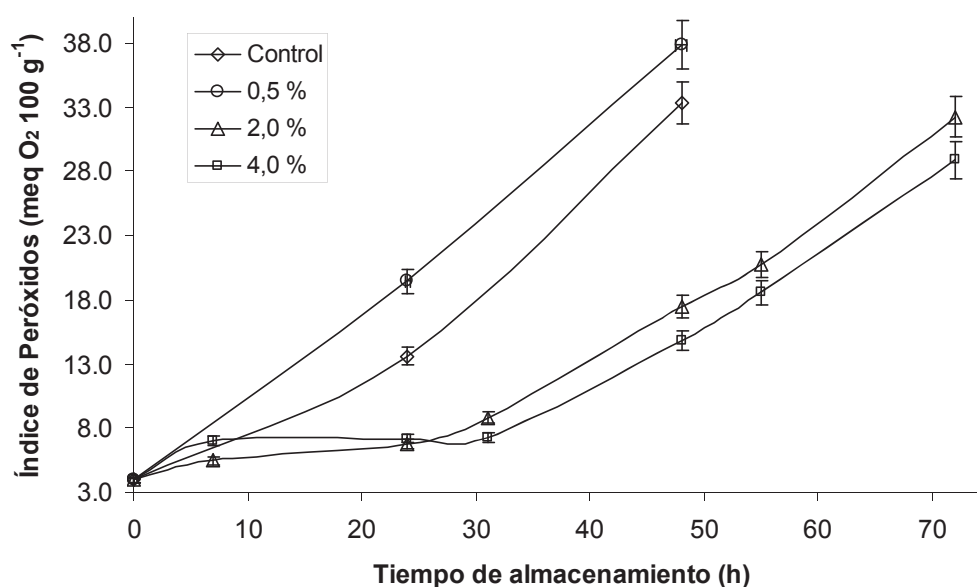


Figura 5. Cinética de acumulación de peróxidos en el aceite refinado de maíz.

La estructura del ácido graso linoleico presenta dos dobles enlaces que lo hace más susceptible a la oxidación. No obstante, al emplear concentraciones de 2,0 y 4,0 % del extracto se observó un efecto antioxidante (figura 5) con periodos de inducción de 25 y 30 h respectivamente, mientras que en el control este mismo tiempo fue inferior a las 5 h.

4. CONCLUSIONES

El extracto de mango empleando un solvente no polar como el n-hexano exhibe capacidades antioxidantes que protegen tanto a la oleína cruda de la palma como al aceite refinado de maíz de la acción de las moléculas reactivas de oxígeno. Se puede afirmar por lo tanto, que la adición de este extracto, una vez eliminado el disolvente orgánico, aporta a ambos aceites una protección

contra la oxidación y, por lo tanto, el consumo de alimentos fritos en estos aceites podría aportar al consumidor una fuente de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahsan, H., Ali, A., y Ali, R. (2003). Oxygen free radicals and systemic autoimmunity. *Clinical and Experimental Immunology*, 131(3), 398-404. doi: 10.1046/j.1365-2249.2003.02104.x
- AOCS (2009). Official Method Cd 8-53. Peroxide Value, Acetic Acid-Chloroform Method. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. USA.



- Barreto, J. C., Trevisan, M. T. S., Hull, W. E., Erben, G., de Brito, E. S., Pfundstein, B., Würtele, G., Spiegelhalter, B., y Owen, R. W. (2008). Characterization and Quantitation of Polyphenolic Compounds in Bark, Kernel, Leaves, and Peel of Mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5599-5610. doi: 10.1021/jf800738r
- Bendary, E., Francis, R. R., Ali, H. M. G., Sarwat, M. I., y El Hady, S. (2013). Antioxidant and structure-activity relationships (SARs) of some phenolic and anilines compounds. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(2), 173-181. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2013.07.002>
- Chowdhury, K., Banu, L., Khan, S., y Latif, A. (2008). Studies on the Fatty Acid Composition of Edible Oil. *Bangladesh Journal Of Scientific And Industrial Research*, 42(3), 311-316. doi: <http://dx.doi.org/10.3329/bjsir.v42i3.669>
- EPA (1996). Hazardous Waste Test Methods / SW-846. Method 3540C: Soxhlet Extraction Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods, (pp. 8). USA: US Environment Protection Agency.
- Frost, A. A., y Pearson, R. G. (1963). *Kinetics and Mechanism* (2 ed.). New York (USA): John Wiley and Sons Inc.
- Joona, K., Sowmia, C., Dhanya, K. P., y Divya, M. J. (2013). Preliminary phytochemical investigation of *Mangifera indica* leaves and screening of antioxidant and anticancer activity. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4(1), 1112-1118.
- Marcano, D., y Hasegawa, M. (2002). *Fitoquímica Orgánica*. Caracas (Venezuela): Litopar.
- Masibo, M., y He, Q. (2008). Major Mango Polyphenols and Their Potential Significance to Human Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(4), 309-319. doi: 10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x
- Murillo Pulgarín, J. A., García Bermejo, L. F., y Carrasquero-Durán, A. (2013). Aplicación de la quimioluminiscencia luminol-perborato-co(II) para la enseñanza de las relaciones estructura-reactividad en moléculas orgánicas. *Paradigma*, 34(2), 93-108.
- Navas, P. B., Carrasquero-Durán, A., y Flores, I. (2006). Effect of black tea, garlic and onion on corn oil stability and fatty acid composition under accelerated oxidation. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(3), 243-247. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.01056.x
- Olabinri, B. M., Olaleye, M. T., Bello, O. O., Ehigie, L. O., y Olabinri, P. F. (2010). In vitro Comparative Antioxidative Potentials of Mango and Pawpaw Leaf Extracts. *International Journal of Tropical Medicine*, 5(2), 40-45. doi: 10.3923/ijtm.2010.40.45
- Severi, J. A., Lima, Z. P., Kushima, H., Brito, A. R., Santos, L. C., Vilegas, W., y Hiruma-Lima, C. A. (2009). Polyphenols with antiulcerogenic action from aqueous decoction of mango leaves (*Mangifera indica* L.). *Molecules*, 14(3), 1098-1110. doi: 10.3390/molecules14031098
- Sultana, B., Hussain, Z., Asif, M., y Munir, A. (2012). Investigation on the antioxidant activity of leaves, peels, stems bark, and kernel of mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Food Science*, 77(8), C849-C852. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02807.x
- Wang, W., Guo, J., Zhang, J., Peng, J., Liu, T., y Xin, Z. (2015). Isolation, identification and antioxidant activity of bound phenolic compounds present in rice bran. *Food Chemistry*, 171, 40-49. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.08.095



Conservación de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) mediante recubrimiento comestible de gelatina y ácido cítrico

Preservation of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) by an edible film based on gelatine and citric acid

K. Vélez, M. Castro, M. I. Mantuano¹

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. Circunvalación, Manta, Ecuador

Artículo recibido: 07/01/2016

Artículo aceptado: 18/06/2016

RESUMEN

Actualmente la tecnología de conservación de alimentos es fundamental en la alimentación humana. Los frutos de fresas confieren un importante aporte nutricional, sin embargo su vida útil es limitada al ser susceptibles a daños físicos, mecánicos, y al deterioro microbiológico, basándose en estos aspectos, en este trabajo se estudió el efecto de recubrimientos comestibles a base de gelatina y ácido cítrico sobre la vida útil de las fresas comerciales (*Fragaria x ananassa* Duch.). Las muestras fueron tratadas con recubrimientos de gelatina y ácido cítrico en diferentes concentraciones, posteriormente envasados en bandejas de poliestireno y almacenados a 4 °C y 90 % de humedad relativa durante 15 días. Se evaluó pérdida de peso, sólidos solubles, acidez titulable, índice de deterioro, y textura instrumental cada 48 horas mientras que los análisis microbiológicos se evaluaron cada 96 horas. Se determinó que el recubrimiento A2B2 extendió la vida útil de los arilos en 4 días en comparación con el testigo y los otros tratamientos. Adicionalmente, se observó que las fresas tratadas con recubrimiento de gelatina y ácido cítrico al 2 % de concentración, presentaron mayor firmeza, y menor pérdida de peso en comparación con los otros tratamientos y el testigo. En relación al análisis microbiológico, los resultados demuestran que el tratamiento A2B2 fue estadísticamente diferente ($P < 0,05$) a los otros tratamientos y al testigo, observándose también un menor crecimiento de mohos y levaduras (3,15 log) menos con respecto al testigo y (0,13 log) con respecto a los otros tratamientos, al final de los 12 días de almacenamiento. Estos resultados demuestran la eficacia del recubrimiento con gelatina y ácido cítrico para mantener las propiedades físico-químicas, así como de control microbiano, en las frutas de fresa.

Palabras clave: película comestible, frutas, conservación, vida útil, mohos y levaduras

ABSTRACT

Currently the technology of food preservation is essential in human nutrition. The fruits of strawberries give an important nutritional contribution, but its life is limited to be susceptible to physical, mechanical damage, and microbiological deterioration, based on these aspects, this paper the effect of edible coatings was studied based on gelatin and citric acid on the life of commercial strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). The samples were treated with gelatin coatings and citric acid in different concentrations, Afterwards, the samples were packaged in polystyrene trays, and stored at 4 °C and 90 % relative humidity for 15 days. Weight loss was assessed, soluble solids, titratable acidity, deterioration and instrumental texture every 48 hours while the microbiological tests were assessed every 96 hours. It was determined that the coating A2B2 extended the life of the arils in 4 days compared to the witness and other treatments. Additionally, it was observed that the treated gelatin coating and citric acid 2 % concentration, strawberries presented greater firmness, and less weight loss compared to other treatments and witness. Regarding the microbiological analysis, the results show that treatment A2B2 was statistically different ($P < 0.05$) than the other treatments and witness, also observed slower growth of moulds and yeasts (3.15 log) less compared to witness and (0.13 log) compared to other treatments, at the end of 12 days of storage. These results demonstrate the effectiveness of the coating with gelatin and citric acid to maintain the physicochemical properties and microbial control in strawberry fruits.

Keywords: edible film, fruits, conservation, citrus, food, shelf life, mould and yeast

¹ Autor de correspondencia: María Isabel Mantuano. E-Mail: maisabelmc@hotmail.es



1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa en Ecuador se realiza principalmente en la región interandina, en las provincias de Pichincha, Tungurahua, Imbabura, Chimborazo y en menor escala en Cotopaxi. Esta producción se destina a otros sectores de la misma región y a otras regiones del país.

Las fresas se caracterizan, por ser frutas blandas, con una alta tasa de respiración y por esto son altamente perecederas, susceptibles a daños mecánicos, deterioro fisiológico, pérdida de agua y alteraciones microbiológicas (Mitcham, 2014; Sanz et al., 1999). Además, Mertely et al. (2002) y Shafir et al. (2006) mencionan que la vida útil de las fresas es con frecuencia limitada por infecciones fúngicas, principalmente por la podredumbre causada por *Botrytis cinerea* que genera daños como pérdida de firmeza, color y sabor.

La utilización de recubrimientos comestibles (RC) acompañados de bajas temperaturas es una alternativa que permite reducir la velocidad de deterioro de la calidad de los frutos durante su almacenamiento (Fraire et al., 2003). La conservación en frío reduce la tasa de respiración y la pérdida de humedad y retarda el crecimiento microbiano hasta 6 o 7 días (El Ghaouth et al., 1991; Mitcham, 2014; Robertson, 2012).

Por otro lado, la aplicación de recubrimientos y películas comestibles también es un método de conservación que se ha empleado durante siglos principalmente para prevenir la pérdida de humedad y mantener la calidad y textura de los alimentos durante su almacenamiento (Jooyandeh, 2011).

En varias investigaciones realizadas con la finalidad de extender la vida útil y mejorar la calidad de los frutos de fresas, se han aplicado recubrimientos comestibles, destacando entre estas investigaciones la de Ribeiro et al. (2007), quienes estudiaron la capacidad de extender la vida de anaquel de frutos de fresas con recubrimientos a base de polisacáridos (almidón, carragenina y quitosano). Por otro lado López-Mata et al. (2012), estudiaron el potencial de mejora de un recubrimiento de quitosano en la calidad

microbiológica de las fresas. Además el estudio de Trejo-Márquez et al. (2007) sobre la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina y ácido acético en fresas, mostró que la gelatina es un buen material de recubrimiento. Lee et al. (2004), señalaron que las películas comestibles y los recubrimientos biodegradables a base de gelatina podrían tener un futuro promisorio como materiales de empaque, los cuales pueden llegar a sustituir a las películas plásticas sintéticas. Esto se debe principalmente a que las películas comestibles a base de gelatina reducen la permeabilidad al oxígeno, la difusión del vapor de agua y la migración de grasas (Krochta y De Mulder-Johnston, 1997).

Los ácidos orgánicos ejercen sobre los microorganismos dos tipos de efectos distintos, aunque estrechamente relacionados. En primer lugar, existe un efecto antimicrobiano debido a la acidez en sí, esto es, a la bajada del pH extracelular. El segundo tipo, más importante en la práctica, es el efecto antimicrobiano específico debido a la forma no disociada. La adición de un ácido en las películas comestibles potencia y encubre sabores, inhibe el crecimiento de hongos y bacterias y la germinación de esporas, teniendo como ventajas el ser poco tóxicos y fácilmente degradables. Los efectos anteriormente observados han estimulado la búsqueda de nuevos sistemas naturales de conservación, basados en recubrimientos comestibles (RC) (González-Aguilar et al., 2009).

En base a lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de gelatina y ácido cítrico sobre las características físico-químicas y microbiológicas de fresas almacenadas a 4 °C.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de la variedad Camarosa, adquiridas en el mercado mayorista de la Parroquia los Esteros del Cantón Manta, provincia de Manabí, Ecuador. Los frutos fueron



seleccionados de forma, tamaño, peso y grado de madurez uniformes. Una vez seleccionados fueron trasladados al laboratorio donde se realizó el proceso de limpieza y desinfección mediante la aplicación de una solución acuosa de hipoclorito al 2,5 % durante 2 minutos, dejando escurrir a temperatura ambiente entre 20 y 22 °C por 10 minutos. A continuación las fresas fueron sumergidas en la solución de recubrimiento (Tabla 1) durante 5 minutos. Trascurrido este tiempo se las dejó escurrir en un colador de acero inoxidable tratando de mantenerlas separadas entre ellas hasta lograr la adherencia total del recubrimiento en las fresas (45 min). Posteriormente fueron empacadas en bandejas de polipropileno con tapa, en una cantidad de 6 fresas por cada bandeja y almacenadas por un periodo de 15 días a una temperatura de 4 °C.

Tabla 1. Composición de las soluciones de los cuatro tratamientos empleados para el recubrimiento en fresas.

Tratamiento	% gelatina	% ácido cítrico
A1B1	2,5	0,45
A1B2	3,5	0,45
A2B1	2,5	0,55
A2B2	3,5	0,55

2.1 Solución de recubrimiento a base de gelatina

Antes de la rehidratación de la gelatina, se procedió a separar el volumen de agua a utilizar en tres partes aproximadamente iguales. En una se rehidrató la gelatina sin sabor mediante un agitador magnético a 140 revoluciones por minuto (rpm) y temperatura de 50 °C. En la segunda porción de agua que fue mantenida a 25 °C, se añadió glicerol gota a gota con agitación constante de 1400 rpm hasta su completa disolución. La tercera porción de agua se llevó a 25 °C manteniendo una agitación constante de 1400 rpm. A dicha porción se

le agregó Tween 80 y ácido cítrico manteniendo a agitación hasta su total homogenización (5 min). Una vez obtenidas las diferentes soluciones se procedió a la mezcla de las mismas a una temperatura de 25 °C y 1400 rpm durante 20 min.

2.2 Pérdida de peso

Para determinar la pérdida de peso se registró el peso inicial y el peso de las fresas a lo largo de su almacenamiento mediante el uso de una balanza digital (ADAM - PGL 4001, USA). Los resultados fueron expresados como porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial (González-Aguilar et al., 2009).

2.3 Determinación de pH, acidez titulable (AT) y sólidos solubles totales (SST)

25 g de muestra de fresa fueron trituradas y filtradas en tela de lienzo para la determinación del pH por el método potenciométrico, con electrodo de vidrio, según el método oficial AOAC 981.12 (1982). Para la determinación de la acidez titulable, aproximadamente 25 g de fresas fueron comprimidos de forma manual y filtrados en tela de lienzo. En el jugo obtenido se analizó el porcentaje de acidez. La acidez titulable se determinó por valoración con NaOH 0,1 N (AOAC 1980b). Los resultados fueron reportados como porcentaje de ácido cítrico.

Aproximadamente 25 g de fresas fueron comprimidas de forma manual y filtradas en tela de lienzo. Con el jugo obtenido se analizó la cantidad de sólidos solubles utilizando un refractómetro manual (Atago, Japón), reportándose como ° Brix (AOAC 1980a).

2.4 Firmeza instrumental

El análisis de firmeza se realizó en 3 frutas de cada tratamiento y a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) mediante un texturómetro (Shimadzu, Japón). Los resultados fueron analizados mediante el software Trapezium x. La fruta se colocó en una placa circular de 12 cm de



diámetro y el ensayo de penetración se realizó con un punzón de 8 cm de longitud y 2 mm de diámetro a una velocidad de 20 mm/s, con una penetración en la fruta de 10 mm. Los resultados se expresaron como la fuerza máxima (N) necesaria para penetrar en el fruto (Castro et al., 2015)..

2.5 Análisis microbiológicos

Los recuentos de mohos y levaduras se realizaron de acuerdo con el método oficial AOAC 997.02. (2000) los días 0, 4, 7, 11 y 14 del período de almacenamiento.

En una bolsa estéril se pesaron 25 g de fresa. La muestra fue depositada en un matraz de 500 mL incorporándole 225 mL de buffer (Butterfield). Posteriormente, se realizó la dilución 1/10 (10^{-1}), se homogenizó por 2 minutos, se realizaron las diluciones seriadas de la muestra. Para ello se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} y añadieron 9 mL de buffer (Butterfield) para obtener una dilución 10^{-2} . De la misma forma se hizo para obtener la dilución 10^{-3} . Finalmente, 1 mL de cada una de estas diluciones fue inoculado en placas Petrifilm para el recuento de mohos y levaduras.

Las placas se incubaron en posición horizontal con el lado transparente hacia arriba a 25 °C durante 5 días.

2.6 Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados por medio de ANOVA y un test de DMS, empleando un nivel de significancia de 5 % con el paquete estadístico INFOSTAT, Versión Profesional 2008.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Pérdidas de peso

En la Figura 1 se observa el descenso del peso de las fresas tratadas con y sin recubrimiento y almacenadas en refrigeración durante 15 días. Los datos

muestran que en los tratamientos con mayor concentración de gelatina la pérdida de peso fue significativamente menor, siendo el tratamiento A2B2, seguido del tratamiento A2B1, los que evidenciaron los valores más bajos presentando una pérdida de peso del 3,77 % y 4,29 %. En contraste, los tratamientos que mostraron un mayor porcentaje de pérdida fueron los tratamientos A1B1 y A1B2, con valores de 6,77 % y 6,84 % respectivamente, para el día 15 del periodo de almacenamiento.

La diferencia estadística de la pérdida de peso entre los tratamientos se podría atribuir al efecto de la concentración de gelatina, ya que a mayor concentración de gelatina se logró menor pérdida de peso y viceversa, probablemente porque la mayor concentración de esta le brindó a la película mayor capacidad de retención del agua y la reducción de su tasa metabólica evitando el exceso de transpiración y por ende la disminución de su peso.

Las pérdidas de peso en los frutos se incrementan como consecuencia de la transpiración después de la cosecha y significa una disminución de la calidad y aceptabilidad (Jiménez-Cuesta et al., 1983). En esta investigación se observó que los tratamientos presentaron una disminución de peso a lo largo del almacenamiento, un efecto similar fue reportado por Trejo-Márquez et al. (2007) en su investigación sobre fresas conservadas con recubrimiento a base de gelatina y ácido acético, y afirman que las menores pérdidas de peso se produjeron en los tratamiento con relación al control. Los resultados obtenidos también coinciden con los expuestos por Martínez-Romero et al. (2006) sobre la aplicación de un recubrimiento de aloe vera gel en uvas y cerezas, ya que se redujo el nivel de pérdida de peso en comparación con los frutos control.

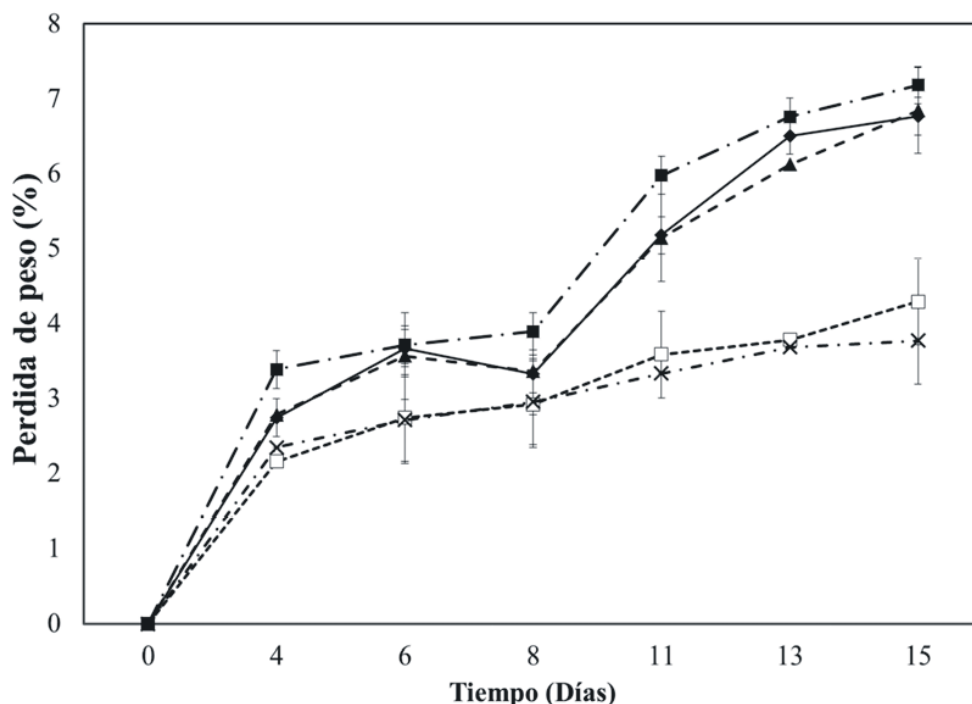


Figura 1. Pérdida de peso en fresas recubiertas con gelatina y ácido cítrico, almacenadas durante 15 días a 4 °C y 90% de humedad relativa. ♦ A1B1 (2,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), □ A2B1 (3,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), ▲ A1B2 (2,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), × A2B2 (3,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), ■ Testigo. Barras de error: desviación típica (n=3)

3.2 pH

A pesar del incremento, entre 4,2 y 4,7 que se pudo observar en el pH de todos los tratamientos entre el inicio y el final del estudio, no se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Los resultados obtenidos coinciden por un lado con los de la investigación hecha por Han et al. (2004) quienes afirmaron observar un incremento del pH en los frutos durante su almacenamiento. Igualmente, Trejo-Márquez et al. (2007) también reportaron haber observado un aumento en el pH de sus frutos en su investigación sobre fresas recubiertas a base de gelatina y ácido acético. Esto probablemente se debió a la utilización de los ácidos orgánicos como fuente energética para sustentar el proceso de maduración del fruto, lo que causa generalmente una disminución en la acidez y aumento del pH (Chitarra y Chitarra,

1990).

3.3 Acidez titulable

En la Figura 2 se muestran diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la acidez de las fresas estudiadas, evidenciándose que el tratamiento A2B2 mostró una mayor retención de la acidez al llegar al día 15 del periodo de almacenamiento. Esto probablemente se pudo producir por la reducción de la actividad metabólica, que a su vez redujo la utilización de compuestos ácidos en procesos de respiración, lo que resultó efectivo también en el control de pérdida de peso. Resultados similares fueron reportados por Figueroa et al. (2013) y Rathore et al. (2007), en cuanto a disminución de acidez titulable en frutas de mango recubiertas con almidón de yuca. Dichos autores asocian este comportamiento a la atmósfera modificada generada por los recubrimientos, que



permite ralentizar el proceso metabólico en los frutos y, en consecuencia, retrasar la degradación enzimática del ácido cítrico o la conversión del mismo en azúcar durante la maduración. Dias et al. (2011), afirman que la concentración de ácidos orgánicos tiende a disminuir en la mayoría de los frutos debido a la utilización de los mismos como sustrato respiratorio y como esqueletos de carbono, para la síntesis de nuevos compuestos. Por otra parte, Pinto et al. (2006) señalan que la disminución de la acidez de las frutas se debe probablemente a la reducción de la actividad metabólica.

Los resultados de esta investigación

concuerdan con la investigación de Ramírez et al. (2013) sobre la aplicación de recubrimientos a base de gel de penca de sábila y gelatina en fresas y la que se reportó haber observado una disminución de acidez en sus tratamientos. Además coinciden con los resultados de Trejo-Márquez et al. (2007), sobre fresas recubiertas a base de gelatina y ácido acético, en el que se afirma que la acidez de los frutos disminuyó como consecuencia del tiempo de almacenamiento.

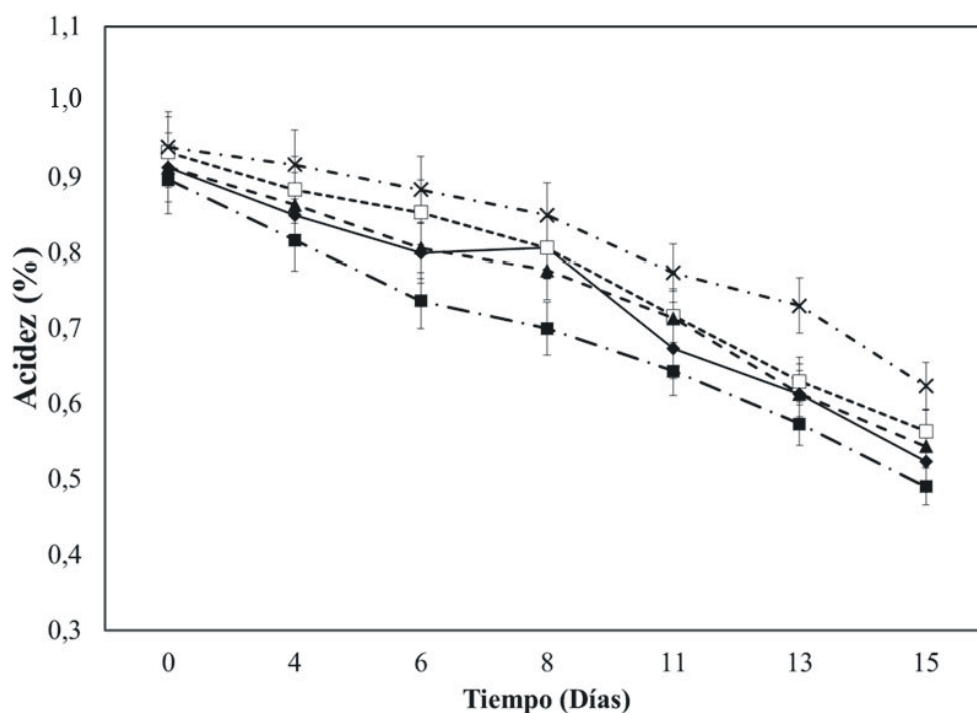


Figura 2. Variación de acidez en fresas recubiertas con gelatina y ácido cítrico, almacenadas durante 15 días a 4 °C y 90% de humedad relativa. ♦ A1B1 (2,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), □ A2B1 (3,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), ▲ A1B2 (2,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), × A2B2 (3,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), ■ Testigo. Barras de error: desviación típica (n=3)

3.4 Sólidos solubles totales

Los datos expresados en la Figura 3 muestran que entre los tratamientos no

existieron diferencias significativas ($P>0,05$) en el contenido de sólidos solubles totales, aunque sí que se pudo observar una disminución de SST (6,23 a



5,60 °Brix) desde el primer día que se realizó la evaluación (día 4) hasta el final (día 15). Posiblemente, este comportamiento pueda atribuirse al proceso normal de senescencia de los frutos. Según Fennema (1993) y Moing et al. (2001) podría haber ocurrido un descenso en los sólidos solubles debido a la constante

hidrólisis de almidón durante la maduración. A este respecto, los resultados alcanzados en este estudio son similares a lo expuesto por Martínez-Romero et al. (2006), y Ramírez et al. (2013) en sus respectivos estudios..

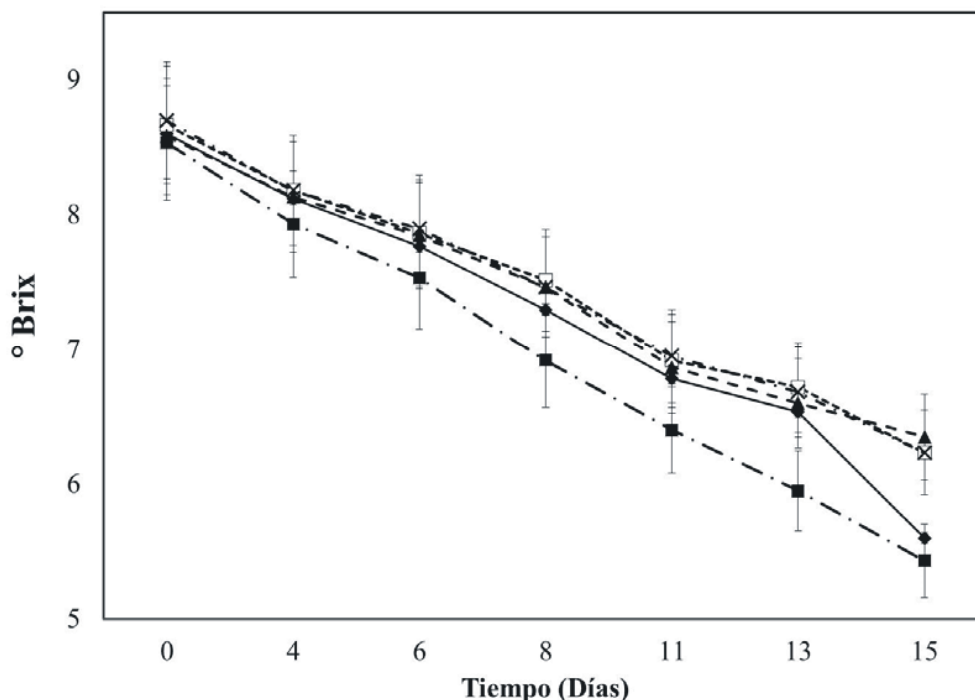


Figura 3. Variación de °Brix en fresas recubiertas con gelatina y ácido cítrico, almacenadas durante 15 días a 4 °C y 90% de humedad relativa. ♦ A1B1 (2,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), □ A2B1 (3,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), ▲ A1B2 (2,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), × A2B2 (3,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), ■ Testigo. Barras de error: desviación típica (n=3)

3.5 Textura

La Figura 4 muestra el efecto de recubrimientos a base de gelatina y ácido cítrico en los cambios de la fuerza de penetración de las fresas durante 15 días de almacenamiento a 4 °C. Los datos obtenidos muestran que no existieron diferencias estadísticas significativas ($P>0,05$) en la textura de los de las fresas sometidas a los diferentes recubrimientos

observándose un efecto similar en todos los tratamientos, reportándose una pérdida progresiva generalizada en la textura durante su almacenamiento, significativamente menor que la observada en las fresas testigo Al cabo de los 15 días de almacenamiento se observaron valores entre 0,57 N y 0,72 N para las fresas recubiertas, mientras que las fresas testigo mostraron valores de textura de 0,29 N. La pérdida de firmeza observada



probablemente pudo ser debida a lo expuesto por Sakurai y Nevins (1997) quienes indicaron que la degradación de los componentes de la pared celular, específicamente de la pectina, pudo deberse a la acción de enzimas específicas tales como la pectinesterasa y la poligalacturonasa, ocasionando el ablandamiento de los frutos y por ende la

pérdida de textura. Este comportamiento podría ser debido a que los recubrimientos no tuvieron una acción directa sobre la actividad enzimática. Resultados similares a los observados en este estudio se han obtenido en otros estudios como el de López-Chipantasi (2012) y el estudio de Valera et al. (2011).

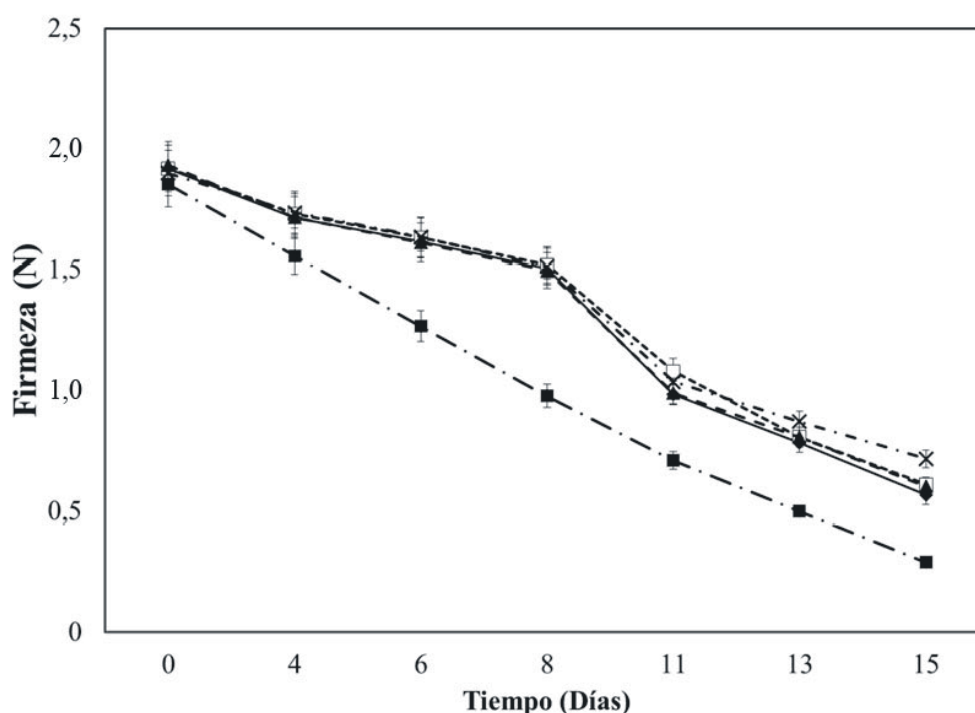


Figura 4. Firmeza en fresas recubiertas con gelatina y ácido cítrico, almacenadas durante 15 días a 4 °C y 90% de humedad relativa. ♦ A1B1 (2,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), □ A2B1 (3,5 % gelatina+0,45 % ácido cítrico), ▲ A1B2 (2,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), × A2B2 (3,5 % gelatina+0,55 % ácido cítrico), ■ Testigo. Barras de error: desviación típica (n=3)

3.6 Recuentos de mohos y levaduras

La Tabla 2 muestra los recuentos de mohos y levaduras en fresas almacenadas 15 días a 4 °C. Los resultados muestran diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre el tratamiento A2B2 respecto al resto de tratamientos, siendo además el más efectivo en la inhibición del crecimiento de mohos y levaduras. En el caso de las muestras del tratamiento A2B2, presentaron un menor

desarrollo de hongos en comparación a los otros tratamientos aumentando de 3 log UFC·g⁻¹ para el día 0 de almacenamiento a un valor de 3,4 log UFC·g⁻¹ al día 15 de almacenamiento. En el caso del tratamiento A1B2 pasó de 3 log UFC·g⁻¹ para el día 0 a 4,6 log UFC·g⁻¹ para el día 15 de almacenamiento, siendo este el tratamiento con mayor desarrollo de mohos y levaduras. En todos los tratamientos se observó un incremento de hongos durante



su almacenamiento, probablemente debido a que el tratamiento previo de desinfección que se utilizó no fue lo suficientemente efectivo para bajar la carga microbiana, dado que los frutos poseen una elevada flora inicial, como menciona Ponluisa Quispe (2010) y que, debido a su contenido acuoso y su desarrollo en el suelo, las hace susceptibles al deterioro (Hernández-Muñoz et al., 2006).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ramírez et al. (2013),

quienes mencionaron que se observó un incremento de las UFC de hongos en relación al tiempo de almacenamiento de mora de Castilla recubierta mediante un recubrimiento comestible emulsionado. A su vez, los resultados difieren de los obtenidos por Pastor Navarro (2010) quien en su investigación sobre la aplicación de hidroxipropilmetilcelulosa en uvas, logró inhibir el desarrollo fúngico con el paso de los días.

Tabla 2. Recuento de mohos y levaduras (log UFC·g⁻¹) en fresas recubiertas con gelatina y ácido cítrico almacenadas durante 15 días a 4 °C.

Tratamiento	Día 0	Día 4	Día 7	Día 11	Día 15
A1B1	3,00 ^A	3,30 ^C	3,37 ^B	3,90 ^C	4,35 ^C
A1B2	3,00 ^A	3,25 ^B	3,58 ^C	3,72 ^B	3,97 ^A
A2B1	3,00 ^A	3,40 ^D	3,97 ^D	4,18 ^D	4,60 ^D
A2B2	3,00 ^A	3,18 ^A	3,27 ^A	3,38 ^A	3,40 ^B

Los valores corresponden a la media de 3 réplicas. Las letras en superíndices distintas corresponden a valores estadísticamente diferentes entre tratamientos ($\alpha=0,05$)

4. CONCLUSIONES

Las fresas tratadas con recubrimiento a base de 3,5 % de gelatina y 0,55 % de ácido cítrico mostraron un efecto favorable en la conservación de los parámetros fisicoquímicos de calidad durante 8 días en refrigeración, permitiendo alargar la vida útil de esta fruta y mantener su calidad fisicoquímica de forma óptima.

Desde el punto de vista microbiológico, se presentaron variaciones en función del tiempo de almacenamiento, incrementándose las UFC de mohos y levaduras en todos los tratamientos. Sin embargo, a través de la aplicación del recubrimiento se logró retardar su desarrollo, en mayor proporción en el tratamiento A2B2. Este trabajo muestra que la aplicación de recubrimientos comestibles a base de 3,5 % de gelatina y 0,55 % de ácido cítrico en fresas podría ser utilizado como una opción para contrarrestar las

pérdidas y daños que sufre la fruta en la poscosecha, pudiéndose implementar como una nueva alternativa de comercialización que ayude a obtener mayores beneficios económicos a los productores y expendedores de esta fruta en nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (1980a). AOAC Official Method 932.12. Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Products. Refractometer Method (pp. 1): AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC (1980b). AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titratable) of Fruit Products. Part A: Indicator Method. (pp. 1). : AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC (1982). AOAC Official Method 981.12. pH of Acidified Foods (pp. 2). : AOAC INTERNATIONAL.



- AOAC (2000). AOAC Official Method 997.02. Yeast and Mold Counts in Foods. Dry Rehydratable Film Method (Petrifilm™ Method) (pp. 2). : AOAC INTERNATIONAL.
- Castro, M., Ziani, K., y Santacruz, S. (2015). Conservación de arilos de rambután (*Nephelium lappaceum*) mediante recubrimientos comestibles de quitosano y áloe vera. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 23(2), 32-43. doi: http://fcial.uta.edu.ec/images/stories/2015/Revista/Alimentos_23_2_2015/HTML/index.html#/35/zoomed
- Chitarra, M. I. F., y Chitarra, A. B. (1990). *Armazenamiento pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*: Lavras: ESAL/FAEPE.
- Dias, T. C., Mota, W. F. d., Otoni, B. d. S., Mizobutsi, G. P., y Santos, M. G. P. d. (2011). Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 666-670.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R., y Boulet, M. (1991). Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries. *Journal of Food Science*, 56(6), 1618-1620. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb08655.x>
- Fennema, O. R. (1993). *Química de los alimentos*. Zaragoza (España): Acribia.
- Figueroa, J., Salcedo, J., y Narváez, G. (2013). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (Tommy Atkins). *Temas agrarios*, 18(2), 94-105.
- Fraire, M., Yanez, M., Nieto, D., y Vazquez, G. (2003). Hongos patógenos en fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en postchosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3).
- González-Aguilar, G. A., Valenzuela-Soto, E., Lizardi-Mendoza, J., Goycoolea, F., Martínez-Téllez, M. A., Villegas-Ochoa, M. A., Monroy-García, I. N., y Ayala-Zavala, J. F. (2009). Effect of chitosan coating in preventing deterioration and preserving the quality of fresh-cut papaya 'Maradol'. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 15-23. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.3405>
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W., y Traber, M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33(1), 67-78. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.01.008>
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M. J., y Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39(3), 247-253. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.11.006>
- Jiménez-Cuesta, M., Martínez-Jávega, J. M., y Cuquerella, J. (1983). *Plastic individual sear-packaging of Spanish fruit*. Paper presented at the XV International Congress of Refrigeration.
- Jooyandeh, H. (2011). Whey protein films and coatings: A review. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(3), 296-301. doi: <http://dx.doi.org/10.3923/pjn.2011.296.301>
- Krochta, J. M., y De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, 51(2), 61-77.
- Lee, K. Y., Shim, J., y Lee, H. G. (2004). Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate*



- Polymers*, 56(2), 251-254. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2003.04.001>
- López-Chipantasi, M. (2012). *Aplicación de recubrimientos comestibles en carambola (Averrhoa carambola L.)*. (Tesis Grado), Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito (Ecuador).
- López-Mata, M., Ruiz-Cruz, S., Navarro-Preciado, C., Ornelas-Paz, J., Estrada-Alvarado, M., Gassos-Ortega, L., y Rodrigo-García, J. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 14(1), 33-43.
- Martínez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., y Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93-100. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.006>
- Mertely, J. C., MacKenzie, S. J., y Legard, D. E. (2002). Timing of Fungicide Applications for Botrytis cinerea Based on Development Stage of Strawberry Flowers and Fruit. *Plant Disease*, 86(9), 1019-1024. doi: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.9.1019>
- Mitcham, E. J. (2014). Strawberry. In K. C. Gross, W. C. Y. y M. Saltveit (Eds.), *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks* (Vol. 66): Unites States Department of Agriculture (USDA). Agricultural Research Service (ARS). Beltsville Area (BARC). Retrieved from <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/strawberry.pdf>.
- Moing, A., Renaud, C., Gaudillère, M., Raymond, P., Roudeillac, P., y Denoyes-Rothan, B. (2001). Biochemical Changes during Fruit Development of Four Strawberry Cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(4), 394-403.
- Pastor Navarro, C. (2010). *Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación*. (Tesis Doctoral), Universitat Politècnica de València, Valencia (España). Tesis doctoral no publicada. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10251/8534>
- Pinto, L. K. d. A., Martins, M. L. L., Resende, E. D. d., Almeida, R. F. d., Vitorazi, L., y Pereira, S. M. d. F. (2006). Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. *Food Science and Technology (Campinas)*, 26(4), 744-748.
- Ponluisa Quispe, S. D. (2010). *Efecto de la aplicación de tratamientos de desinfección utilizando Tsunami 100 y Vitalin, en la calidad microbiológica de fresa (Fragaria ananassa) variedades Albión y Diamante producidas en el cantón Cevallos*. (Tesis grado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato (Ecuador). Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3299>
- Ramírez, J., Aristizábal, I., y Restrepo, J. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila. *Vitae*, 17(3), 172-183. doi: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169829162003>
- Rathore, H., Masud, T., Sammi, S., y Soomro, A. (2007). Effect of storage on physico-chemical composition and sensory properties of mango (*Mangifera indica* L.) variety Dosehari. *Pakistan Journal of Nutrition*,



- 6(2), 143-148. doi: <http://dx.doi.org/10.3923/pjn.2007.143.148>
- Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A., y Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63-70. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.015>
- Robertson, G. L. (2012). *Food packaging. Principles and practice* (3 ed.). New York (USA): CRC Press.
- Sakurai, N., y Nevins, D. J. (1997). Relationship between Fruit Softening and Wall Polysaccharides in Avocado (*Persea americana* Mill) Mesocarp Tissues. *Plant and Cell Physiology*, 38(5), 603-610.
- Sanz, C., Pérez, A. G., Olías, R., y Olías, J. M. (1999). Quality of Strawberries Packed with Perforated Polypropylene. *Journal of Food Science*, 64(4), 748-752. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15124.x>
- Shafir, S., Dag, A., Bilu, A., Abu-Toamy, M., y Elad, Y. (2006). Honey bee dispersal of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* T39: effectiveness in suppressing *Botrytis cinerea* on strawberry under field conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 116(2), 119-128. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-006-9047-y>
- Trejo-Márquez, M. A., Ramos-López, K., y Pérez-Guillén, C. (2007). *Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (Fragaria vesca L.) almacenada en refrigeración*. Paper presented at the V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha Y Agroexportaciones. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/>
- Valera, A., Materano, W., Maffei, M., I., Q., y Zambrano, J. (2011). Uso de recubrimientos comestibles y baja temperatura para mantener la calidad de frutos de mango 'Bocado' durante el almacenamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 28 (1), 600-608.



Efecto de la incorporación de crema de leche en la reología de mezcla de helado de uvilla (*Physalis peruviana*)

Effect of milk cream incorporation on rheology of goldenberry (*Physalis peruviana*) ice cream mix

A. Pilamala¹, W. Teneda

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato, Ecuador

Artículo recibido: 28/05/2016

Artículo aceptado: 25/06/2016

RESUMEN

El mercado actual, demanda helados con excelentes características de textura y cuerpo, las cuales junto con el sabor, determinan, en gran medida, su aceptabilidad, por estas razones, el objetivo principal del presente estudio fue evaluar el efecto del estabilizante y de la crema de leche sobre los parámetros reológicos y el comportamiento de la viscosidad aparente con respecto al tiempo en la etapa de maduración durante la elaboración de helados de uvilla. Mediante el diseño factorial A*B planteado, cuyos factores de estudio fueron porcentaje de estabilizante ($a_0 = 0,3\%$ y $a_1 = 0,4\%$) y crema de leche ($b_0 = 2\%$, $b_1 = 4\%$ y $b_2 = 6\%$), se comprobó el comportamiento pseudoplástico del producto tanto en la mezcla base como en la mezcla final del producto congelado, cuyos valores variaron de 0,31–0,43 y 0,21–0,52, respectivamente; en cuanto al índice de consistencia, se observó una relación directamente proporcional con el porcentaje de estabilizante empleado, el mayor valor se obtuvo en los tratamientos a_1b_0 , a_1b_1 y a_1b_2 , por consiguiente estadísticamente se verificó la existencia de diferencias significativas ($p > 95\%$) en los factores de estudio tanto para la mezcla base como para la mezcla del producto final, a la vez se evidenció la propiedad tixotrópica de la mezcla base durante la etapa de maduración, permitiendo establecer un tiempo de batido de aproximadamente de 15 minutos, tiempo en el cual la mezcla recién muestra un cambio de su viscosidad aparente en el tiempo.

Por medio de la evaluación sensorial se seleccionó al tratamiento a_1b_0 , correspondiente a 0,4 % de estabilizante y 2 % crema de leche, como el mejor; este producto contiene 1,51 % de proteína, 2,52 % de grasa, por lo que según la normativa vigente, se catalogaría como helado de leche con características sensoriales y microbiológicas aceptables para el consumidor.

Palabras clave: congelación, viscosidad aparente, tixotropía, pseudoplasticidad.

ABSTRACT

Nowadays, market demands ice creams with excellent texture and body characteristics, which in addition to flavor determine its acceptability. To fulfil these requirements, this study aimed at assessing the effect of the stabilizer and cream on the rheological parameters and on the apparent viscosity behavior over time during the maturation stage in the preparation of goldenberry ice cream. By means of a A*B factorial design whose factors were the percentage of stabilizer ($a_0 = 0,3\%$ and $a_1 = 0,4\%$) and cream percentage ($b_0 = 2\%$, $b_1 = 4\%$ and $b_2 = 6\%$), it was probed that both, the base mixture and the final frozen product behaved as pseudoplastic materials with values varied from 0,31–0,43 and 0,21–0,52, respectively. In relation to the consistency index, a direct relationship was observed between the amount of stabilizer and this parameter. The highest value was obtained for a_1b_0 , a_1b_1 and a_1b_2 treatments. A thixotropic behavior of the base mixture during the maturation stage was also observed and let us to determine the whipping time as 15 min. Treatment a_1b_0 was selected as the best one by means of sensory evaluation. Product made by this formulation contains 1.51 % protein and 2.52 % fat and could be classified as milk ice cream with appropriate microbiological and sensorial characteristics for the consumers.

Keywords: freezing, apparent viscosity, thixotropy, pseudoplasticity

¹ Autor de correspondencia: Araceli Pilamala. E-Mail: aa.pilamala@uta.edu.ec



1. INTRODUCCION

El helado es un sistema coloidal de gran complejidad formado, por lo general, por cuatro componentes: aire, grasa y cristales de hielo dispersos en una matriz consistente en una solución de azúcares, proteínas, estabilizadores, emulsionantes, colorantes y aromas (Goff, 2016). Debido a su complejidad, el helado ha sido estudiado por muchos investigadores que buscan para dilucidar la influencia de la utilización de diferentes ingredientes y la microestructura formada en el extremo de procesamiento en la química física, las características estructurales y sensoriales del producto. Muchos de estos estudios buscan el enriquecimiento nutricional o la reducción en la cantidad de calorías del helado mientras se mantiene la calidad sensorial (Akalin y Erişir, 2008; Lim et al., 2008; Padiernos et al., 2009).

El mercado actual demanda helados con características a la altura de las expectativas del consumidor en cuanto a textura y cuerpo las cuales, en conjunto con el sabor, determinan, en gran medida, la aceptabilidad de éstos. Ello marca la tendencia hacia el uso de estabilizantes integrados, que potencializan sinergismos entre componentes, obteniendo productos finales de mejor calidad (Posada David et al., 2012). De esta forma, elegir una combinación de emulsionantes y estabilizantes para un helado no es un aspecto sencillo fácil, ya que su papel es determinante para la consistencia y el aspecto del helado, por lo que la elección de la mezcla más adecuada se realiza mediante la selección de los criterios que consideran la fórmula, el proceso, las exigencias referentes al equipamiento (viscosidad, transferencias, envase: extrusión o a granel, condiciones de endurecimiento, almacenaje), el comportamiento frente a la fusión, el aspecto organoléptico y el precio (Tharp y Yound, 2009).

La funcionalidad del estabilizador en los helados es compleja debido al hecho de que es un alimento en el que se producen múltiples interacciones debidas a su contenido de grasa, proteína y sales, cuyo comportamiento químico y físico se ve afectado por la cantidad y la presencia física de agua/hielo. Además, algunos de los componentes se combinan con ingredientes estabilizadores para proporcionar mayor dominio en la movilidad del agua y, por lo tanto, afectando la textura (características de

palatabilidad), la funcionalidad física (compatibilidad con las máquinas) y la estabilidad física de alimentos y bebidas durante la producción, distribución y consumo final (Tharp y Yound, 2009).

En relación a lo anteriormente expuesto, la presente investigación tuvo el propósito de evaluar el efecto del estabilizante en la mezcla de helados de uvilla y establecer el tiempo óptimo de maduración.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Elaboración de los helados

La elaboración del producto se realizó de acuerdo a la tecnología desarrollada por la Asociación de Productores “Tierra Productiva” (Fig. 1). Para cumplir con el objetivo de la investigación se planteó un diseño experimental factorial A*B con dos réplicas. Los factores de estudio fueron (A): porcentaje de estabilizante (0,3 % y 0,4 %) y (B): porcentaje de crema (2 %, 4 % y 6 %).

2.2 Estimación de los parámetros reológicos en la pulpa de uvilla, mezcla base y en la mezcla total del producto.

Estos parámetros se determinaron con un viscosímetro rotacional LVT-D, acoplado con el brazo protector y los rotores cilíndricos LV. Las lecturas de viscosidad aparente fueron registradas para efectuar el cálculo del esfuerzo de cizalla, con la aplicación de la ecuación propuesta por Alvarado (1996) mediante la cual, por análisis de regresión, se determinó el índice de consistencia y el índice de comportamiento de flujo.

2.3 Evaluación sensorial

Para su efecto se planteó el empleo de una escala hedónica en la que se evaluó la preferencia de los consumidores por el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad de las distintas formulaciones. Una vez llevada a cabo la evaluación sensorial, se procedió a analizar los resultados mediante la un análisis de varianza, empleando un nivel de significancia del 5 %, a fin de seleccionar al mejor tratamiento.

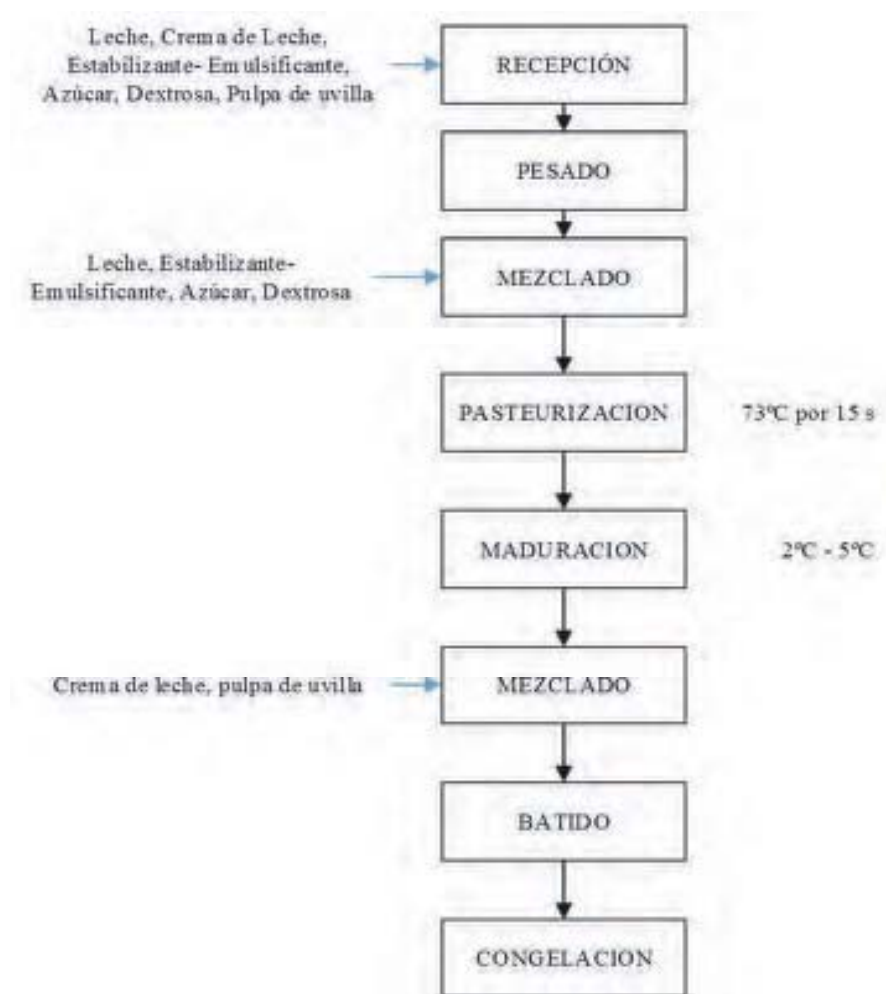


Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración de helados de uvilla

2.4 Caracterización físico-química del mejor tratamiento

Se determinó la grasa láctea mediante el método oficial 2000.18 de la AOAC (2000) y el contenido de proteína mediante el método oficial 991.20 de la AOAC (1991) en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos de la Unidad de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos. La determinación de sólidos totales se realizó mediante el método descrito en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2173 (2013), la cuantificación de humedad mediante el método oficial 941.08 de la AOAC (1941), la determinación de la relación peso/volumen mediante el método oficial 968.14 de la AOAC (1968).

2.5 Análisis microbiológicos

Se determinó la presencia de *Staphylococcus aureus* mediante el método oficial 2003.07 de la

AOAC (2006) y de coliformes totales según el método oficial 991.14 de la AOAC (1994).

3. RESULTADOS

3.1 Estimación de los parámetros reológicos en la pulpa de uvilla, en la mezcla base y en la mezcla total del producto.

Como se observa en la Figura 2, la viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de velocidad de deformación, esto permite confirmar el comportamiento no newtoniano de tipo pseudoplástico tanto de la pulpa de uvilla como de las mezclas. Este comportamiento indicó una reorganización continua de la estructura, dando como resultado una menor resistencia al flujo debida a la presencia de los sólidos solubles y estabilizantes.

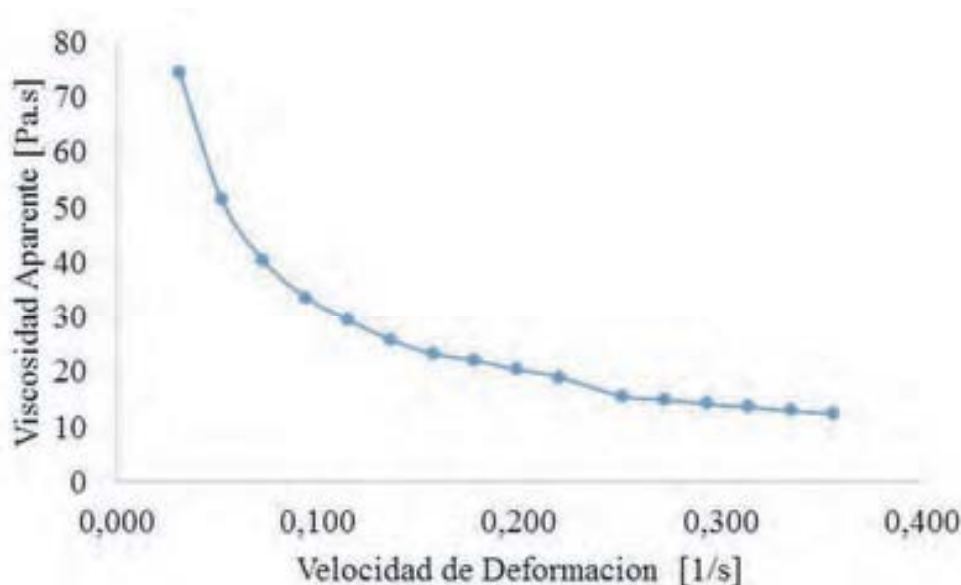


Figura 2. Relación de viscosidad aparente con respecto al tiempo del tratamiento a_1b_0 (0,4 % de estabilizante y 2 % crema de leche)

De acuerdo a los resultados observados en las Tablas 1 y 2 se observa que los tratamientos a_1b_0 , a_1b_1 y a_1b_2 presentaron los valores más altos de consistencia debido a la aparición de una estructura reticular tridimensional, originada por la unión de las moléculas del estabilizante, el resto de tratamientos presentaron valores menores por lo que el estabilizante no favoreció la formación de la unión de las moléculas del estabilizante con el resto de los componentes de la matriz, lo cual originó una baja viscosidad del fluido. Esto ocurrió tanto en la mezcla base como en la mezcla total del producto. En las Tablas 1 y 2, se reportan los valores del índice de consistencia de la pulpa de uvilla, así como de los tratamientos resultantes. Este parámetro es un indicativo de la forma como están interrelacionadas los compuestos del producto. De esta forma, se observa que la pulpa de uvilla presentó valores estrechamente relacionados con el contenido de sólidos solubles siendo sus valores de 1,35 a 0,43 Pa·sⁿ. Estos datos indican que la uvilla en su estado natural presentó cantidades suficientes de compuestos gelificantes, mientras que para el caso de los tratamientos resultantes en la mezcla base se observó que los tratamientos que mayor valores presentaron fueron las combinaciones experimentales a_1b_0 , a_1b_1 y a_1b_2 , las cuales en su composición contenían el 0,4 % de estabilizante. El contenido inicial de estabilizante en la crema de leche fue de 2 %, 4 % y 6 % respectivamente. Dicho

valor, tras pasar por el proceso de maduración y el batido-congelación, se redujo aproximadamente al 63 %, de forma que pudo observarse, para el tratamiento a_1b_0 , un valor promedio de 6,9 y 2,0 Pa·sⁿ. De esta forma, para la mezcla base y mezcla final del producto, se pudo apreciar que su disminución fue de, aproximadamente, el 71 %.

Por otro lado, en la Tabla 1 y 2, se reportan los valores del índice de comportamiento de flujo, el mismo que indica el grado de desviación con relación al comportamiento newtoniano que presentan los fluidos. Teniendo en cuenta que los valores menores a 1 indican el carácter pseudoplástico de las muestras, se pudo observar que los tratamientos que mayor pseudoplasticidad presentaron fueron a_1b_0 y a_1b_1 en la mezcla base, mientras que los tratamientos de similar comportamiento fueron a_1b_0 y a_1b_2 . A la vez cabe mencionar que presentaron comportamiento tixotrópico ya que tardaron un tiempo de 15 minutos en alcanzar una viscosidad de equilibrio tras el cambio en el ritmo de cizalla durante la etapa de maduración.

Se determinó estadísticamente para los parámetros reológicos de la mezcla base y mezcla total que existieron diferencias significativas con referencia a los factores A (porcentaje de estabilizante) y factor B (porcentaje de crema de leche).



Tabla 1. Parámetros reológicos de la pulpa de uvilla (*Physalis peruviana*) con incorporación de diversos porcentajes de estabilizante (0: 0,3 %; 1: 0,4 %) y diversos porcentajes de crema de leche (0: 2 %; 1: 4 %; 2: 6 %). K = Índice de consistencia, n = índice de comportamiento al flujo

Muestra	Sólidos solubles totales (°Brix)	n (adimensional)	K (Pa·s ⁿ)
Pulpa de uvilla	13,5	0,74	1,35
	16,3	0,24	0,43

Tabla 2. Parámetros reológicos de la mezcla base y la mezcla total

Tratamiento	Réplica	Mezcla base		Mezcla total	
		K (Pa·s ⁿ)	n	K (Pa·s ⁿ)	n
a0b0	1	4,90	0,40	1,25	0,37
a0b1	1	3,98	0,33	0,88	0,54
a0b2	1	3,50	0,39	1,30	0,21
a1b0	1	7,66	0,34	1,95	0,30
a1b1	1	5,47	0,31	2,22	0,39
a1b2	1	6,63	0,37	1,30	0,21
a0b0	2	5,10	0,43	1,53	0,44
a0b1	2	3,93	0,38	1,59	0,38
a0b2	2	3,29	0,40	1,88	0,43
a1b0	2	6,15	0,33	2,08	0,30
a1b1	2	5,33	0,34	2,58	0,28
a1b2	2	5,55	0,36	2,70	0,29

Factor a= Porcentaje de estabilizante (0: 0,3%; 1: 0,4%). Factor b= Porcentaje de crema de leche (0: 2 %; 1: 4 %; 2: 6 %). K = índice de consistencia (Pa·sⁿ). n = índice de comportamiento al flujo.

3.2 Evaluación sensorial

De acuerdo con los resultados expuestos en la Figura 3, se puede apreciar que todos los tratamientos desarrollados presentaron una buena valoración en los características evaluadas sin embargo los tratamientos a₁b₀ y a₁b₁ tuvieron una marcada similitud en la apreciación por parte de los

catadores sin embargo el mejor tratamiento a considerarse fue el a₁b₀ por la razón que es el tratamiento que menor porcentaje de grasa contiene y que mayor valor en cuanto a sus parámetros reológicos.

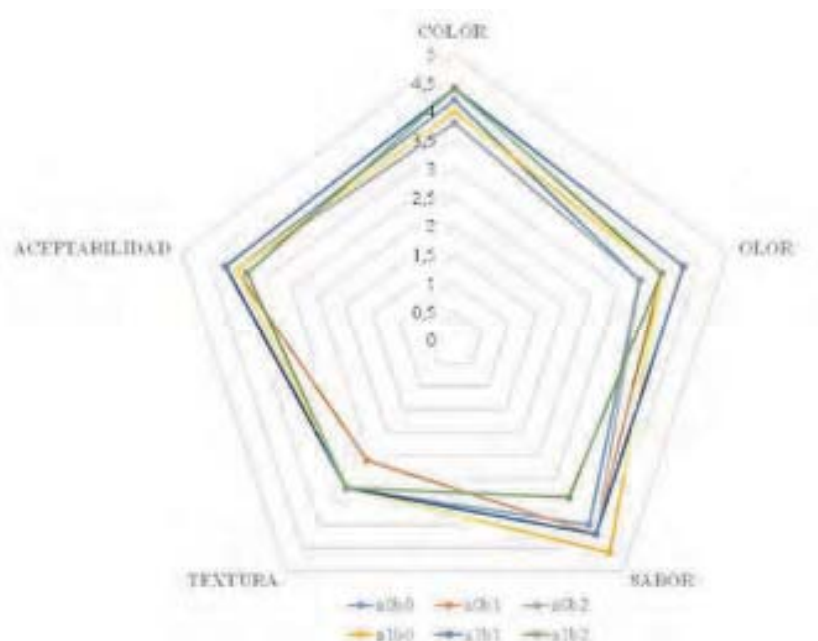


Figura 3. Evaluación sensorial de helados de uvilla elaborados mediante diferentes concentraciones de estabilizante (0: 0,3 %; 1: 0,4 %) y crema de leche (0: 2 %; 1: 4 %; 2: 6 %)

3.3 Caracterización físico-química del mejor tratamiento

Los valores de la composición proximal del helado (Tabla 3) fueron bajos en comparación a los valores reportados por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 0706 (2005), por lo que se podría suponer que se vieron afectados por la incorporación de la

pulpa de uvilla, la misma que contiene gran cantidad de agua en su composición. Por otro lado, se puede apreciar que sería un producto bajo en grasa en vista de que su valor es demasiado inferior al reportado.

Tabla 3. Parámetros bromatológicos de la mezcla base y la mezcla total

Parámetro	Promedio	Desv. Típica
Humedad	61,51	1,44
Sólidos totales	38,49	1,46
Proteína	1,54	0,04
Grasa	2,41	0,16
Relación volumen/peso	68,50	4,95

En cuanto a los análisis microbiológicos cabe mencionar que existió ausencia de crecimiento microbiano por tanto se confirmó que las condiciones en las que se llevó a cabo la elaboración de este producto fueron lo suficientemente asépticas.

Finalmente, mediante un análisis de costos se estimó el precio por litro de producto fue de \$3,24 considerando una utilidad del 5 %, que al compararlo con el precio de un producto en el mercado es similar por tanto, es factible su comercialización.



Tabla 4. Análisis de costo del mejor tratamiento (0,4 % Estabilizante y 2 % Crema de leche

Material	Cantidades (kg/L)	Valor unitario (USD/L)	Valor total (USD/L)
Leche	0,390	0,6	0,23
Uvilla	0,391	3,5	1,37
Crema de leche	0,020	1,5	0,03
Azúcar	0,156	1,2	0,19
Estabilizante	0,004	36	0,14
Dextrosa	0,039	1,6	0,06
Benzoato de sodio	0,000	15	$1,5 \cdot 10^{-3}$
SUB TOTAL			2,03
Rubros y empaques		25 %	0,51
Mano de obra		10 %	0,20
Equipos y maquinaria		5 %	0,10
Agua		5 %	0,10
Electricidad		10 %	0,20
Utilidad		5 %	0,10
TOTAL			3,24

4. CONCLUSIONES

La incorporación de pulpa de uvilla reduce en un 71 % la viscosidad del producto, por lo que se refleja que para el tratamiento a_1b_0 en la mezcla base presentó un valor de $6,9 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$ pero en el momento de incorporar la pulpa esta se vio afectada y disminuyó a $2 \text{ Pa} \cdot \text{s}^n$. Sensorialmente se estableció que el producto de la formulación 0,4 % estabilizante y 2 % crema de leche, que presentó mayor viscosidad tanto en el mezcla base como en la mezcla final fue el que mayor valoración por parte de los catadores presentó.

El mejor tratamiento a_1b_0 presentó menor contenido en grasa y proteína cuyos valores fueron 2,52 % y 1,51 % respectivamente, por lo cual nuestro producto no podría considerarse como helado de crema en vista que no cumple con los requisitos establecidos por la norma, sin embargo se lo catalogaría como un producto apto a ser consumido. Finalmente, por un análisis de costos se estimó el precio por litro de producto fue de \$4,8, que al compararlo con el precio de un producto en el mercado es similar, por tanto, sería factible su comercialización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akalın, A. S., y Erişir, D. (2008). Effects of Inulin and Oligofructose on the Rheological Characteristics and Probiotic Culture Survival in Low-Fat Probiotic Ice Cream. *Journal of Food Science*, 73(4), M184-M188. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00728.x
- Alvarado, J. d. D. (1996). *Principios de Ingeniería aplicados a alimentos*. Quito (Ecuador): Radio Comunicaciones.
- AOAC (1941). AOAC Official Method 941.08. Total Solids in Ice Cream and Frozen Desserts. Gravimetric Method. (pp. 1): AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC (1968). AOAC Official Method 968.14. Weight per Unit Volume of Packaged Ice Cream (pp. 2). : AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC (1991). AOAC Official Method 991.20. Nitrogen (Total) in Milk (pp. 2). : AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC (1994). AOAC Official Method 991.14. Coliform and *Escherichia coli* Counts in Foods. Dry Rehydratable Film. (Petrifilm™ *E. coli*/Coliform Count Plate™ and Petrifilm™ Coliform Count Plate™) Methods (pp. 2). : AOAC INTERNATIONAL.



- AOAC (2000). AOAC Official Method 2000.18. Fat Content of Raw and Pasteurized Whole Milk. Gerber Method by Weight (pp. 2). : AOAC INTERNATIONAL.
- AOAC (2006). AOAC Official Method 2003.07. Enumeration of *Staphylococcus aureus* in Selected Types of Processed and Prepared Foods. 3M™ Petrifilm™ Staph Express Plate Method (pp. 2). : AOAC INTERNATIONAL.
- Goff, H. D. (2016). The Ice Cream eBook Retrieved from <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/ice-cream-ebook>
- INEN (2005). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0706. Helados. Requisitos (pp. 9).
- INEN (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 2173. Productos vegetales y de frutas. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico (IDT) (pp. 9): Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización.
- Lim, S., Swanson, B. G., Ross, C. F., y Clark, S. (2008). High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for improved body and texture of lowfat ice cream. *Journal of Dairy Science*, 91(4), 1308-1316.
- Padiernos, C. A., Lim, S.-Y., Swanson, B. G., Ross, C. F., y Clark, S. (2009). High hydrostatic pressure modification of whey protein concentrate for use in low-fat whipping cream improves foaming properties. *Journal of Dairy Science*, 92(7), 3049-3056.
- Posada David, L. R., Sepúlveda Valencia, J. U., y Restrepo Molina, D. A. (2012). Selección y evaluación de un estabilizante integrado de gomas sobre las propiedades de calidad en mezclas para helado duro. *Vitae*, 19(2), 166-177.
- Tharp, B., y Yound, S. (2009). Estabilizadores en los alimentos. *Industria Alimenticia*. Retrieved from <http://www.industriaalimenticia.com/articles/82980-estabilizadores-en-los-alimentos>



Evaluación de una muestra seleccionada de yogur tipo II enriquecido con *Amaranthus caudatus* L. cocido

Evaluation of a selected sample of Type II yoghurt enriched with cooked *Amaranthus caudatus* L.

S. Carpio Álvarez¹

Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador

Artículo recibido: 28/05/2016

Artículo aceptado: 25/06/2016

RESUMEN

La innovación del consumo de yogur y la promoción de granos andinos como el amaranto, motivaron a la propuesta de elaboración de yogur Tipo II enriquecido con *Amaranthus caudatus* L. cocido. Para ello, un panel de evaluadores en base a las características organolépticas y usando el análisis de varianza multivariado de dieciocho tratamientos, definió como la más aceptable la muestra A3E2 con 15 % de amaranto cocido y 0,3 % de estabilizante, de muestras presentadas al azar en el rango de enriquecimiento con amaranto cocido del 5, 10, 15, 20, 25 y 30 % y de adición de estabilizante GRINDSTED SBB 255® del 0, 0,3 y 0,5 %, empleándose sorbato de potasio como conservante. Para determinar el tiempo de cocción del amaranto a ebullición, se eligió el criterio de elección organoléptico del panel de evaluadores, estableciéndose por medio del análisis de varianza el tiempo de 40 minutos. Para establecer la vida útil o de estante de la muestra elegida (A3E2) se mantuvo a 4 °C y se realizaron pruebas organolépticas, distribución del amaranto, presencia de sinéresis, viscosidad empírica en copa Ford, pH, coliformes totales, recuento de *E. coli*, y recuento de mohos y levaduras, evaluándose cada siete días a partir del segundo día de elaboración, pasando satisfactoriamente estas pruebas. Los resultados del análisis bromatológico revelaron un contenido de proteína del 3,85 %, un 5,37 % de fibra y un 1,11 % de grasa, lo cual demuestra las bondades nutricionales. Se concluyó que es factible elaborar un yogur batido Tipo II enriquecido con *Amaranthus caudatus* L., rico en proteínas y fibra, con características organolépticas aceptables, estabilidad y una vida de estante apropiada hasta los treinta días a partir de su elaboración. Para el análisis de datos se utilizó el software InfoStat® con Test de Duncan con un nivel de significación del 0,05.

Palabras clave: desarrollo nuevos productos, vida útil, análisis sensorial, microbiología, valor nutricional

ABSTRACT

The innovation in yogurt consumption and the promotion of Andean grains like amaranth, motivated the proposal of development Type II yogurt enriched with cooked *Amaranthus caudatus* L., for this, a panel of evaluators based on organoleptic features and using multivariate variation analysis in eighteen treatments, defined as the most acceptable the A3E2 sample with 15 % of cooked amaranth and 0.3 % of stabilizer, out of samples presented randomly in the range of enrichment with cooked amaranth by 5, 10, 15, 20, 25 and 30 %; and addition of stabilizer GRINDSTED SBB 255® by 0, 0.3 and 0.5 %; potassium sorbate was used as preservative. In order to determine the cooking time of amaranth during boiling, it was based on the organoleptic criteria selection by evaluators panel, through variation analysis it was determined in 40 minutes. As to determine the shelf life of the chosen sample A3E2, it was kept at 4 °C and were carried out organoleptic tests, amaranth distribution, presence of syneresis, empiric viscosity in Ford cup, pH, total Coliforms, *E. coli* count, mold and yeast count, this was evaluated every seven days starting on the second day of elaboration, the product successfully passed all these tests. The results of the bromatological analysis were protein 3.85%, fiber 5.37 % and fat 1.11 %, which demonstrates its nutritional benefits. The conclusion was that it is feasible to elaborate yogurt Type II enriched with *Amaranthus caudatus* L., rich in protein and fiber, with acceptable organoleptic characteristics, stability and shelf life appropriate up to thirty days upon elaboration. For data analysis was used InfoStat® with Duncan Test with a significance level of 0.05.

Keywords: new product development, shelf life, sensory analysis, microbiology, nutritional value

¹ Autor de correspondencia: Santiago Carpio Álvarez. E-Mail: santiago.carpio@ucuenca.edu.ec



1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo integrar al yogur batido Tipo II semillas cocidas de *Amaranthus caudatus* L. de la variedad INIAP-Alegría, con el fin de enriquecerlo nutricionalmente y obtener un alimento que aproveche las bondades nutricionales del yogur y del amaranto, presentándose como una propuesta innovadora que beneficie a la alimentación y nutrición de la población, al desarrollo de nuevos productos lácteos y a la promoción y producción de este grano andino.

La caracterización del producto propuesto es la denominación de yogur Tipo II (mín. 1 % - máx. < 2,5 % de materia grasa), elaborado con leche semidescremada y cultivada con las bacterias *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*. El peso total de las sustancias no lácteas agregadas a las leches fermentadas por norma no debe ser superior al 30 % del peso total del producto, por lo que se puede integrar el grano de amaranto cocido

hasta este porcentaje (INEN, 2011), que adicionado a un estabilizante y un conservante brinda características organolépticas aceptables, estabilidad del producto y una vida de estante apropiada hasta los 30 días a partir de su elaboración, y según los resultados de análisis bromatológico de la muestra elegida, alcanza un nivel de enriquecimiento de proteínas del 3,85 % y de fibra del 5,37 % y mantiene la cantidad de grasa para yogur Tipo II con un 1,11 %.

El grano de amaranto tiene un contenido de proteínas cercano al 16 %, siendo excepcional en cuanto a su calidad por su alto contenido de lisina y, por lo tanto, un complemento nutricional óptimo para los cereales convencionales deficientes en ese aminoácido. El grano de amaranto es de forma lenticular, tiene un diámetro de 1-1,5 mm, el embrión es anular y circunda externamente a todo el perispermo (Dyner et al., 2007).

La variedad INIAP-Alegría, generalizada en el Ecuador y que se utiliza en la presente investigación, presenta las características bromatológicas en la Tabla 1 (INIAP, 2010).

Tabla 1. Propiedades bromatológicas del *Amaranthus caudatus* L. variedad INIAP-Alegría en base seca comestible

Parámetro	Unidad	Valor
Proteína	%	15,5
Cenizas	%	3,06
Grasa	%	8,78
Fibra bruta	%	4,7
Carbohidratos	%	68,41
Calcio	%	0,09
Fósforo	%	0,74
Magnesio	%	0,29
Sodio	%	0,02
Potasio	%	0,54
Hierro	mg	7,1
Manganeso	mg	2,4
Zinc	mg	3,0
Cobre	mg	0,7

Ayala (2004) da a conocer la evaluación del contenido de los aminoácidos del amaranto en relación a la lisina, metionina, treonina y triptófano en las proteínas de los granos andinos, ver Tabla 2, siendo elevados al ser comparados con los cereales (pobres en lisina y treonina) y las leguminosas (pobres en aminoácidos azufrados: metionina y cistina), por lo que propone que mezclas de cereales con otros alimentos pueden mejorar el cómputo aminoacídico y la calidad biológica de la

proteína. También presenta los macronutrientes y fibra dietética de la quinua, cañihua, amaranto y trigo, ver Tabla 3, siendo la cañihua el grano andino de mayor contenido de fibra y luego está el amaranto. El amaranto tiene alto contenido de calcio, magnesio y fósforo; mientras que la quinua tiene muy buena concentración de potasio relacionado con una mayor resistencia al frío, en la Tabla 4 se presenta el contenido de minerales en la quinua y en el amaranto (Ayala, 2004).



Tabla 2. Contenido de aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano en los granos andinos y en trigo (g de aminoácidos/100 g de proteínas)

Aminoácidos	Quinua (a)	Cañihua (a)	Amaranto	Trigo (b)
Lisina	6,8	5,9	6,7	2,9
Metionina	2,1	1,6	2,3	1,5
Treonina	4,5	4,7	5,1	2,9
Triptófano	1,3	0,9	1,1	1,1

(a) Valores promedio de las variedades de la tabla de composición de alimentos peruanos.

(b) FAO, 1972. Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteína

Tabla 3. Composición de los granos andinos en comparación con el trigo (g/100 g)

Componente	Quinua (a)	Cañihua (a)	Amaranto	Trigo
Proteína	1,7	14,0	12,9	8,6
Grasa	6,3	4,3	7,2	1,5
Carbohidrato	68,0	64,0	65,1	73,7
Fibra	5,2	9,8	6,7	3,0
Ceniza	2,8	5,4	2,5	1,7
Humedad %	11,2	12,2	12,3	14,5

(a) Valores promedio de las variaciones de la tabla de composición de los alimentos peruanos.

Tabla 4. Contenido de minerales (mg/g materia seca) en los granos andinos

Minerales	Amaranto	Quinua
Fósforo	570	387
Potasio	532	697
Calcio	217	127
Magnesio	319	270
Sodio	22	11,5
Hierro	21	12
Cobre	0,86	3,7
Manganeso	2,9	7,5
Zinc	3,4	4,8

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Selección de la muestra de yogur batido Tipo II enriquecido con semillas cocidas de *Amaranthus caudatus* L.

Para determinar el tiempo de cocción del amaranto a ebullición, se basó en el criterio de elección de diez evaluadores entrenados, eligiéndose 2 muestras de un total de 12 muestras de amaranto sometido a cocción desde los 5 minutos hasta los 60 minutos, con intervalos de 5 minutos. Las muestras elegidas corresponden a los 35 y 40 minutos de cocción, posteriormente por medio del análisis de varianza se eligió la muestra definitiva de amaranto cocido que corresponde a los 40 minutos de cocción, para con esta aplicar y evaluar las concentraciones de mezclas con el yogur, en que diez evaluadores entrenados, en base a un

diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial de 6 niveles de amaranto cocido del 5; 10; 15; 20; 25 y 30% y 3 niveles de estabilizante GRINDSTED SBB 255® del 0; 0,3 y 0,5%, que dan 18 tratamientos, eligieron la mejor mezcla desde el punto de vista organoléptico, siendo la A3E2 con 15% de amaranto cocido y 0,3 de estabilizante, y que por tanto esta sería también la de mayor aceptación en el mercado. Las variables o características organolépticas que se evaluaron fueron: color, aroma, acidez, sabor, apariencia y textura; con una escala de evaluación hedónica de: 1= no gusta; 2 = gusta poco; 3 = gusta medianamente; 4 = Gusta; 5 = Gusta mucho.

Para determinar la vida útil o de estante de la muestra elegida como la mejor por el panel de expertos, se realizaron pruebas organolépticas, de pH, Coliformes totales, recuento de *E. coli*, recuento de mohos y levaduras, contenido de



materia grasa, contenido de proteína, contenido de fibra, viscosidad empírica en copa Ford, evaluándose cada 7 días a partir del segundo día de elaboración (con el fin de que se establezca el producto y desarrolle sus características). Para el análisis de datos se utilizó el software InfoStat®, usando el Test de Duncan con un nivel de significación del 0,05 (Di Rienzo et al., 2014).

2.2. Proceso de elaboración de yogur batido Tipo II enriquecido con semillas cocidas de *Amaranthus caudatus* L.

Se realizó una ficha base para la elaboración de yogur enriquecido con *Amaranthus caudatus* L. elegido por el panel de evaluadores, con leche semidescremada, azúcar, estabilizante GRINDSTED SBB 255® (compuesto de gelatina, almidón, pectina y azúcar) en un 0,3 % en peso, y amaranto cocido en un 15 % en peso. La ficha se presenta en la Tabla 5. Como conservante se empleó sorbato de potasio en 800 ppm en el producto terminado, según las Normas del Codex Alimentarius (FAO-OMS, 2003, 2016).

Tabla 5. Ficha base para la elaboración de yogur enriquecido con *Amaranthus caudatus* L. de la mezcla elegida

Ingrediente	Proporción (%)
Leche semidescremada	74,50
Azúcar	10,20
Estabilizante GRINDSTED SBB 255	0,30
Amaranto cocido	15,00
TOTAL	100,00

La elaboración del yogur enriquecido con amaranto se basa en los siguientes procesos:

2.2.1. Elaboración del yogur Tipo II

Se utiliza leche semidescremada, adicionada con azúcar y estabilizante de la casa Danisco® código GRINDSTED SBB 255®, esta mezcla se pasteurizó entre 85 a 90 °C por 20 minutos, luego se enfrió a 42 °C para realizar la siembra e incubación con la cepa de la casa Danisco® código YO-MIX 883 LYO 50 DCU®, entre 3 a 6 horas hasta que alcance un pH igual o menor a 4,5; para proceder con al batido del coágulo y a la adición del sorbato de potasio y en seguida se enfría a 4 °C.

2.2.2. Elaboración de *Amaranthus caudatus* L. cocido

Se realizó la cocción del amaranto en agua a ebullición por 40 minutos, se añadió el sorbato de potasio, se drena y se enfrió a 4 °C por 2 horas.

2.2.3. Mezcla de yogur con amaranto cocido

Se realizó la mezcla del yogur con el amaranto cocido en relación en peso de 85 % yogur con 15 % de amaranto cocido, se agitó suavemente, se envasó y se almacenó a 4 °C.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación de tiempo de cocción del amaranto a ebullición

Las muestras 1 y 2 que corresponden a 35 y 40 minutos de cocción de *Amaranthus caudatus* L., cocido a ebullición, fueron elegidas previamente de un total de 12 muestras de amaranto sometido a cocción desde los 5 minutos hasta los 60 minutos, con intervalos de 5 minutos, los resultados se muestran en la Tabla 6.



Tabla 6. Resultados del análisis de varianza de evaluación de tiempos de cocción

Variable	N	R ²	Aj	CV
Calificación hedónica sobr...	40	0,06	0,00	16,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,28	3	0,43	0,82	0,4923
Tiempo cocción	1,23	1	1,23	2,36	0,1334
Tratamiento	0,02	1	0,02	0,05	0,8276
Tiempo cocción*Tratamiento...	0,02	1	0,02	0,05	0,8276
Error	18,70	36	0,52		
Total	19,98	39			

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,5000 gl: 36

Tiempo cocción	Medias	n	E.E.
35	4,10	20	0,16 A
40	4,45	20	0,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,5000 gl: 36

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Sabor	4,25	20	0,16 A
Textura	4,30	20	0,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,5000 gl: 36

Tiempo cocción	Tratamiento	Medias	n	E.E.
35	Textura	4,10	10	0,23 A
35	Sabor	4,10	10	0,23 A
40	Sabor	4,40	10	0,23 A
40	Textura	4,50	10	0,23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Se evidenció que no hay diferencias significativas entre las muestras en base al análisis de los tiempos de cocción, sabor, textura y sus combinaciones entre sí y se elige la muestra 2 con 40 minutos de cocción, por presentar mejor calificación en la media en la escala hedónica y por tener un mayor tiempo de cocción que asegura la calidad microbiológica del producto.

3.2. Elección de la mejor mezcla por características organolépticas

Se presentaron al azar al panel de diez evaluadores entrenados, 18 tratamientos con el fin de que elijan la mejor muestra en base a la evaluación de las características organolépticas, cubriendo el rango de enriquecimiento con amaranto cocido en porcentajes del 5; 10; 15; 20; 25 y 30% y de adición de estabilizante GRINDSTED SBB 255® en porcentajes del 0; 0,3 y 0,5%. En la Figura 1 se indican las diversas mezclas de yogur con amaranto en base al análisis de varianza multivariado y las que son significativamente semejantes.

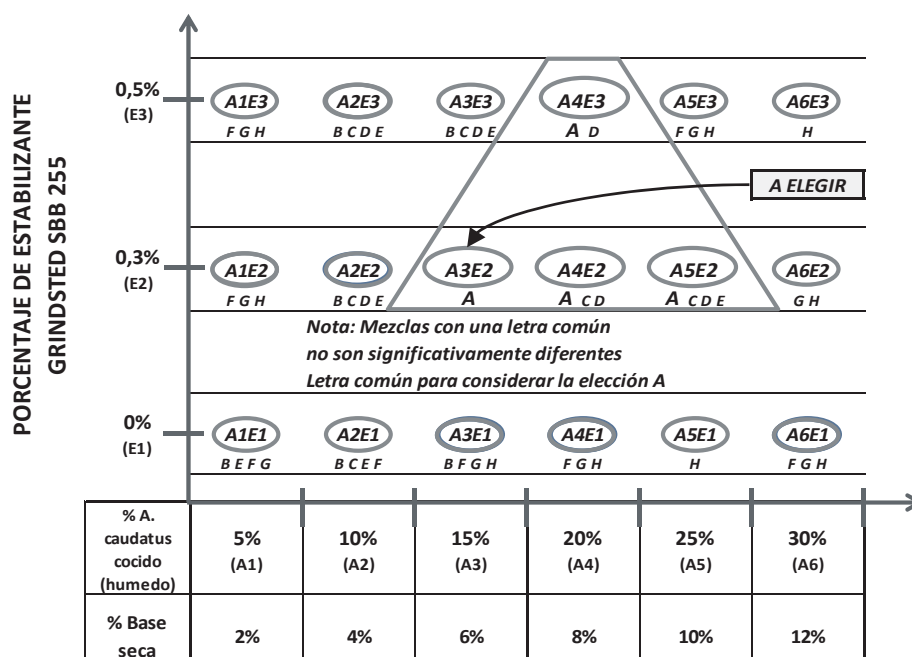


Figura 1. Elección de la mezcla de yogur con *Amaranthus caudatus* L. cocido, en función de sus características organolépticas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Como resultado de la evaluación, se evidencia que no hubo diferencias significativas de las características organolépticas entre las muestras A3E2, A4E2, A5E2 y A4E3, que fueron las más valoradas, por lo que se pudo elegir cualquiera de estas, y se tomó la decisión de seleccionar la muestra A3E2, por tener mejor resultados de apariencia, que está relacionada con el color y la aceptación del producto. La composición de la muestra elegida A3E2 en peso fue de 15 % de *Amaranthus caudatus* L. cocido, equivalente a 6 % de amaranto en base seca, y 0,3 % de estabilizante GRINDSTED SBB 255®, que cumple con el propósito de elaborar un yogur enriquecido y la normativa INEN (2011).

3.3. Evaluación organoléptica para establecer la vida útil de la muestra seleccionada

El panel de diez evaluadores expertos, analizó las características organolépticas para establecer la vida útil del producto durante 28 días con intervalos de 7 días, a partir del segundo día de su elaboración (en total 30 días a partir de la producción). En la Tabla 7 se presentan los Resultados del análisis de varianza de las características organolépticas durante la vida de estante.



Tabla 7. Resultados del análisis de varianza de las características organolépticas durante la vida de estante. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variable	N	R ²	Aj			
CV Calificación hedónica	300					
0.20	0.12	9.44				
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-	
valor						
Modelo.	13,79	29	0,48	2,39		
0,0002						
Tratamiento(%Amaranto+%Est..	7,19	4	1,80	9,02	<0,0001	
Caract. org.	4,19	5	0,84	4,20	0,0011	
Tratamiento(%Amaranto+%Est..	2,41	20	0,12	0,61	0,9076	
Error	53,80	270	0,20			
Total	67.59	299				

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,5000 gl: 270

Tratamiento(%Amaranto+%Est..	Medias	n	E.E.
A3E2 (Día 2)	4,90	60	0,06 A
A3E2 (Día 9)	4,88	60	0,06 A
A3E2 (Día 16)	4,75	60	0,06 A B
A3E2 (Día 23)	4,58	60	0,06 B
A3E2 (Día 30)	4,52	60	0,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Duncan Alfa=0,05

Error: 0,5000 gl: 270

Caract. org.	Medias	n	E.E.
Color	4,88	50	0,06 A
Textura	4,82	50	0,06 A
Sabor	4,72	50	0,06 A B
Apariencia	4,72	50	0,06 A B
Aroma	4,72	50	0,06 A B
Acidez	4,50	50	0,06 B

Según el análisis de varianza en las medias no hubo diferencia significativa desde el día 2 hasta el día 16, y tampoco desde el día 16 hasta el día 30, por lo que al haber un punto de enlace el día 16 para los dos grupos, se consideró viable una vida útil de hasta 30 días a partir de la elaboración, en que el valor de la media es de 4,52/5 lo cual corroboró su nivel de aprobación cercano a 5. Igualmente las calificaciones organolépticas de color, textura, sabor, apariencia, aroma y acidez estuvieron sobre 4,5/5 lo cual demostró la aceptabilidad del producto en la vida útil de 30 días a partir de la producción.

3.4. Evaluación del pH para establecer la vida útil de la muestra seleccionada

La muestra se mantuvo a temperatura de 4 °C y se midió su pH durante 28 días con intervalos de 7 días, a partir del segundo día de su elaboración (en total 30 días a partir de la producción). Los resultados se muestran en la Figura 2. Se observa que los valores de pH son similares con variaciones de -0,01 en las dos últimas fechas, siendo el comportamiento apropiado para mantener la acidez del yogur enriquecido con amaranto

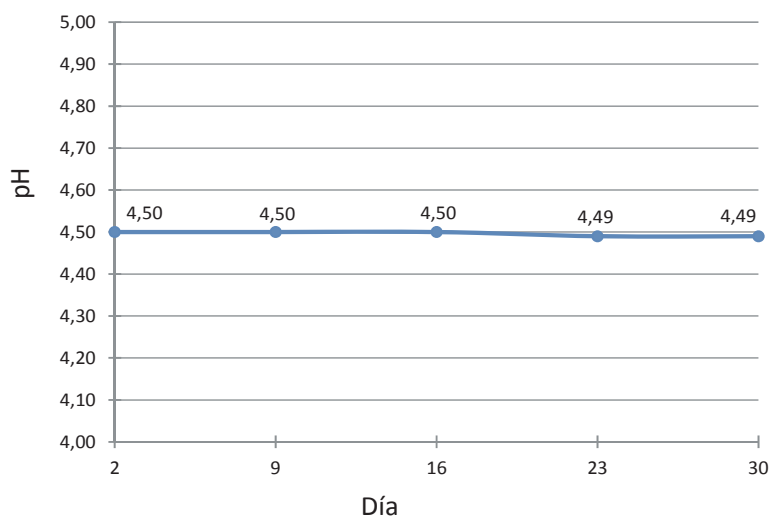


Figura 2. Evaluación del pH de yogur enriquecido con *Amaranthus caudatus* L.

3.5. Evaluación de la viscosidad empírica para establecer la vida útil de la muestra seleccionada

La muestra se mantuvo a temperatura de 4 °C midiéndose su viscosidad empírica durante 28 días con intervalos de 7 días, a partir del segundo día de

su elaboración (en total 30 días a partir de la producción), medidos en tiempo de vaciado en segundos de 20 gramos en una copa Ford No. 4. Los resultados se muestran en la Figura 3.

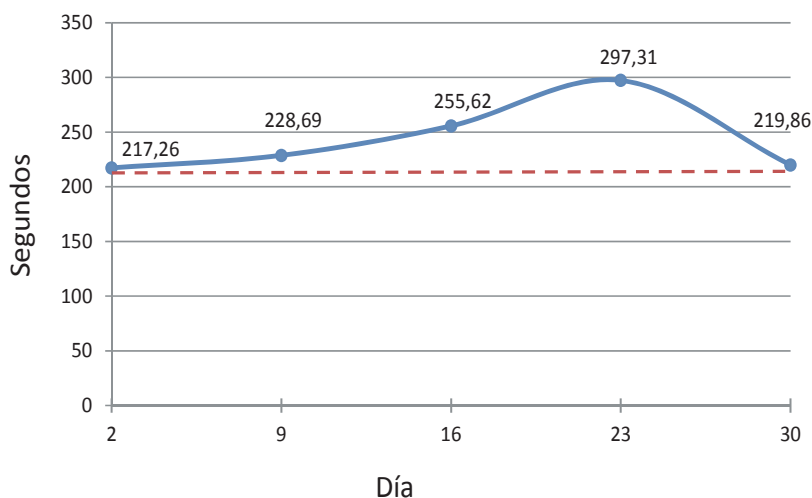


Figura 3. Evaluación de la viscosidad empírica de yogur enriquecido con *Amaranthus caudatus* L.



El comportamiento de la viscosidad es el apropiado para dar consistencia al yogur, ya que nunca disminuye y tiende a aumentar hasta en un 36,85 % en su punto máximo a los 23 días de elaboración, para luego disminuir a un valor similar al inicial a los 30 días de elaboración, por lo que al término de la vida de estante se mantiene la viscosidad con 219,86 segundos, similar a su valor inicial de 217,26 segundos (aumenta en un 1,20 %), lo cual demuestra que el yogur enriquecido tiene una consistencia uniforme y favorable para el consumidor.

3.6. Evaluación de la distribución apropiada del amaranto y presencia de sinéresis para establecer la vida útil de la muestra seleccionada

Se mantuvo la muestra a temperatura de 4 °C en una probeta durante 28 días evaluándose a partir del segundo día de fabricación con intervalos de 7 días, evidenciándose ausencia de sinéresis y una distribución uniforme del amaranto, lo que demuestra la estabilidad del producto y el efecto apropiado del estabilizante.

3.7. Análisis microbiológico para determinar la vida útil de la muestra seleccionada

Se realizaron los análisis microbiológicos a muestras en custodia por un periodo de 28 días a partir del segundo día de producción, esto es en los días 2, 9, 16, 23 y 30, los resultados del recuento de Coliformes totales, *E. coli*, Mohos y Levaduras en todas estas fechas demostraron ausencia de los mismos, por lo que se ratifica que el yogur enriquecido con amaranto es apto para el consumo humano y que el diseño del producto y proceso son los apropiados.

3.8. Evaluación bromatológica de la muestra seleccionada

Los resultados del análisis bromatológico de la muestra seleccionada dan niveles de enriquecimiento del 3,85 % de proteína y de 5,37 % de fibra y mantiene la característica de yogur Tipo II al dar como resultado 1,11% de materia grasa.

4. CONCLUSIONES

Se estableció y validó el diseño del producto y proceso para elaborar un yogur Tipo II enriquecido con *Amaranthus caudatus* L. en la muestra seleccionada A3E2, compuesta de 85 % de yogur y 15 % de amaranto cocido en peso, con el uso estabilizante GRINDSTED SBB 255® y sorbato

de potasio como conservante, dando como resultado un producto enriquecido en proteína (3,85 %) y fibra (5,37 %), y manteniendo la característica de yogur Tipo II (1,11% de grasa). Los resultados de los análisis fisicoquímicos, bromatológicos, microbiológicos, y organolépticos, confirman la calidad nutricional, microbiológica y estabilidad del producto en el tiempo de vida útil de 30 días desde su elaboración, concluyéndose que es viable esta propuesta y que podría considerarse para la producción industrial, lo cual beneficiaría a la industria láctea y al fomento del cultivo de amaranto y principalmente a la alimentación, nutrición y salud de los consumidores.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de los laboratorios bromatológico y microbiológico de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca y al panel de evaluadores docentes y estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Hospitalidad de la Universidad de Cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, G. (2004). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. In G. Ayala (Ed.), *Raíces Andinas - Contribuciones al conocimiento y a la capacitación*. Lima (Perú): Universidad Internacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2014). *InfoStat versión 2014*. Córdoba (Argentina): Universidad Nacional de Córdoba.
- Dyner, L., Drago, S., Piñeiro, A., Sánchez, H., González, R., Villaamil, E., et al. (2007). Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(1), 69-77.
- FAO-OMS. (2003). Norma del Codex Leches Fermentadas. CODEX STAN 243-2003.
- FAO-OMS. (2016). Lista de especificaciones del Codex relativas a los aditivos alimentarios. CAC/MISC 6-2016.
- INEN. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395. Leches fermentadas. Requisitos. Quito (Ecuador).
- INIAP. (2010). INIAP ALEGRÍA - Variedad mejorada de amaranto - *Amaranthus caudatus* L. Quito (Ecuador).



ALIMENTOS, CIENCIA E INGENIERÍA

Revista de la **Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. Ambato (Ecuador).**

GUÍA PARA AUTORES (v.10)

Tipos de publicaciones

Los trabajos considerados para publicación en la revista podrán pertenecer a las siguientes categorías:

Artículos de investigación, que presenten resultados de trabajos originales de investigación científica o técnica, de **5000 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 14 hojas escritas a doble espacio, Times New Roman 12 puntos).

Artículos de revisión, enfocados a la actualización del estado de la técnica o el conocimiento en un campo científico particular, en base la revisión de trabajos publicados o no, **10000 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 28 hojas).

Notas de investigación, que presenten resultados preliminares provenientes de investigaciones originales que, por su carácter y alcance, requieren de una rápida difusión, no teniendo una extensión mayor a **2500 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 7 hojas).

Cartas al Director, en las que se manifiesten críticas, análisis y/o interpretaciones sobre trabajos publicados en la revista que, a juicio del Comité Editorial, complementen y enriquezcan la discusión sobre las temáticas abordadas, de **750 palabras** de extensión máxima (aproximadamente 2 hojas).

Principios generales

Las contribuciones a la presente publicación son responsabilidad exclusiva de los autores, no comprometiéndolos a la Universidad Técnica de Ambato en general ni a la Facultad de Ciencia y Tecnología de Alimentos en particular.

Mediante el envío de sus trabajos originales a la revista, los autores asumen implícitamente una posición ética respecto a la autoría de los

trabajos por la cual cada uno de ellos acepta la publicación del trabajo, siendo incluido como autor por haber tenido una relación directa con la elaboración del trabajo, sea esta de planificación, diseño, ejecución, análisis de datos, redacción, revisión o edición del manuscrito. No se considera éticamente aceptable la inclusión de autores con vinculación indirecta, (p. ej.: haber financiado o auspiciado el trabajo de investigación) o vinculación nula (p. ej.: ser parte del mismo grupo de investigación, pero sin relación con el trabajo concernido).

Los trabajos deberán ser originales e inéditos, no haberse enviado previa o simultáneamente a otra publicación, sea en formato papel o electrónica, y cumplir con todas las especificaciones de estilo descritas en el documento *Guía para Autores* para que sean aceptados. Todas las referencias a trabajos ajenos, han de ser convenientemente expresadas de forma implícita o explícita, reduciendo al mínimo las citas textuales. Se considerará autoplagio la copia textual o duplicación de material de trabajos previos de los autores sin una indicación clara del origen del mismo.

El Comité Editorial se reserva el derecho de rechazar todo artículo que no esté conforme a las prescripciones mencionadas.

Proceso editorial

A la recepción de los trabajos originales, el Editor valorará la pertinencia de la temática, el interés del trabajo, su originalidad mediante examen con el software Urkund (<http://www.urkund.com/en>) y el cumplimiento de la adecuación del formato a la Guía para Autores vigente. Tras esta verificación previa, los trabajos se enviarán de forma anónima a dos revisores elegidos por el Editor.

En el plazo máximo de 30 días naturales, se determinará la aceptación o no de los trabajos remitidos para su ingreso en el proceso de revisión. En caso positivo, se remitirá a los autores las correcciones que los revisores hayan estimado conveniente llevar a cabo. Los autores dispondrán de un nuevo plazo de 30 días para llevar a cabo las correcciones y remitir de nuevo su trabajo a la revista, explicitando todas las modificaciones llevadas a cabo en relación al documento enviado en primera instancia a la revista.

Si el resultado de la corrección es a satisfacción del Editor, será aceptado para su inmediata publicación en la revista. En caso negativo, se



continuará el proceso de revisión, pudiendo los autores renunciar a él en cualquier momento. A este respecto, una solicitud de publicación decaerá si, tras la demanda de la revista de llevar a cabo correcciones en un artículo, no se recibe respuesta por parte de los autores en un periodo de tiempo de 6 meses, momento a partir del cual, se deberá iniciar un nuevo proceso editorial.

La revista garantiza la completa confidencialidad de cualquier documento recibido durante el proceso de edición de los trabajos y el reconocimiento de la propiedad intelectual de los autores sobre mismos.

Se permite la reproducción total o parcial de los artículos publicados en la revista, previa autorización por escrito del Editor de la misma así como de los Autores de los artículos.

Las citas o menciones en otras publicaciones se harán de acuerdo a los siguientes ejemplos:

Cita directa o explícita: (Llerena et al., 2014)

Cita indirecta o implícita: Llerena et al. (2014)

Referencia bibliográfica (estilo APA 6ª Ed.):

Llerena, W., Samaniego, I., Ramos, M., y Brito, B. (2014). Caracterización físico-química y funcional de seis frutas tropicales y andinas ecuatorianas. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 22(2), 13-22.

Formato

El artículo deberá ser remitido en formato electrónico, por correo electrónico o correo postal adjuntando CD-ROM o medio de almacenamiento digital análogo, editable mediante software de procesamiento de texto, preferentemente Microsoft Word o similar, con la siguiente configuración de página:

- Formato A4.
- Márgenes laterales de 3,0 cm y superior e inferior de 2,5 cm.
- Tipografía Times New Roman de 12 puntos en el cuerpo de texto principal.
- Una sola columna, escrita a doble espacio
- Líneas numeradas de forma continua.

En el correo electrónico o CD-ROM deberán entregarse las tablas y figuras incluidas en cada

artículo en sus formatos nativos originales (Excel, Powerpoint, etc.), de manera que puedan ser editadas durante el proceso de maquetación, debiendo estar numeradas de la misma forma en que aparecen en el artículo.

Contenido de los artículos de investigación

• Primera página

1. Título

Se escribirá en castellano, tamaño Times New Roman 14, centrado, en letras mayúsculas, tendrá **menos de 16 palabras**. Se proporcionará debajo, en el mismo formato, la traducción al idioma inglés.

2. Autores

Para cada autor se incluirá el primer y, en su caso, segundo nombre de pila, el primer apellido, la dirección institucional, mediante un superíndice en números arábigos, y el correo electrónico de contacto del autor de correspondencia, que se significará mediante un asterisco (*).

3. Resumen/Abstract

El resumen se hará en castellano, no excediendo de **300 palabras**. Se escribirá en un sólo párrafo a espacio simple, en el que se incluirá una breve introducción, el objetivo de la investigación, los métodos utilizados y los principales resultados y conclusiones. No se incluirán aquí subdivisiones ni citas bibliográficas. El resumen se traducirá al idioma inglés y se colocará en párrafo aparte del mismo teniendo la palabra *Abstract* como encabezado.

4. Palabras clave/Keywords

Se proporcionarán, a continuación del Resumen, **entre tres y cinco palabras clave** en castellano **no incluidas en el título**, lo más descriptivas posibles del trabajo efectuado, de forma que faciliten la búsqueda del artículo a través de los sistemas de indexación y búsqueda bibliográfica. De igual manera, tras el *Abstract*, se proporcionarán las mismas palabras clave (*Keywords*), escritas en idioma inglés.

• Estructura del trabajo

El trabajo se escribirá en texto a columna simple, tamaño Times New Roman 12, justificado. Las secciones se subdividirán, en caso necesario, mediante esquema numerado (1.1, 1.1.1, 1.1.1.1; 1.2, etc.), debiendo las siguientes **secciones**:

Resumen (ya descrito en la descripción de la **Primera página**)



1. Introducción, en la que se justificará la motivación que ha llevado a los autores a emprender la investigación y los objetivos perseguidos. Aportará una adecuada base de conocimiento sobre el tema estudiado, evitando extenderse en la descripción de las referencias y la discusión sobre las mismas.
2. Material y métodos utilizados en la investigación, describiendo todo de forma tal que el lector pueda ser capaz de entender completamente o replicar las condiciones experimentales bajo las cuales han trabajado los autores. A este respecto, es necesario mencionar marca y modelo de los principales equipos utilizados y referenciar de forma precisa las técnicas analíticas empleadas, de preferencia, optando por normas estandarizadas y reconocidas en el ámbito internacional, salvo cuando los métodos hayan sido publicados con anterioridad, en cuyo caso, se mencionarán como referencia, describiendo únicamente las modificaciones sustanciales.
Se pide a los autores describir adecuadamente el diseño experimental elegido, las herramientas matemáticas y estadísticas utilizadas y el empleo de unidades de medida y notación del Sistema Internacional, así como adherirse a las normas internacionales de nomenclatura binomial de plantas y animales y hacer uso de abreviaturas previamente explicadas en el texto.
3. Resultados y discusión de los mismos, aportando las tablas, figuras, gráficos y diagramas que sean necesarias. Los resultados serán claros y concisos. Todo aporte de información original por parte de los autores deberá ser contrastado, en la medida de lo posible, con referencias a otros autores, explicando el significado que la nueva información supone dentro del contexto científico-técnico en el que se sitúa el artículo. La mera descripción numérica o textual de los resultados, dejada a libre interpretación del lector, no será considerada aceptable por el Comité Editorial en ningún caso.
4. Conclusiones, en las que se resuman los principales resultados obtenidos en la investigación. Esta sección, podrá tener entidad propia o integrarse dentro de la sección precedente.

Agradecimientos, sección opcional de la que se servirán los autores para el reconocimiento a aquellas personas u organismos que proveyeron de ayuda durante la elaboración del trabajo, bien aportando fuentes de financiación, material experimental, corrigiendo el manuscrito o aportando su opinión crítica.

Referencias bibliográficas, en las que se incluirán las fuentes de información utilizadas por los autores en la introducción, material y métodos y discusión de los resultados. Todas las citas utilizadas en el texto han de estar presentes en las referencias y cada referencia, ha de estar citada en el texto. El formato utilizado para la inclusión de las citas y referencias bibliográficas será **APA 6ª edición** (<http://www.apastyle.org>). A este respecto, se recomienda a los autores la utilización de software de gestión bibliográfica (Endnote, Refworks, Mendeley, etc.) para evitar errores de formato y facilitar el flujo de trabajo al Comité Editorial. En cualquier caso, las referencias han de estar completas, de forma que el lector pueda localizar sin dificultad la fuente de información utilizada por los autores. Se recomienda la inclusión del identificador digital de objeto (DOI) de los artículos, cuando esté disponible (<http://www.doi.org/>).

• Inserción de elementos no textuales en el trabajo

1. Tablas: se proporcionarán aparte del texto principal y numerarán en Times New Roman 10, en la parte superior, de forma correlativa (Tabla 1, Tabla 2, etc.) según se vayan citando en el texto. Cada tabla deberá venir acompañada, a continuación de su numeración, de un título adecuadamente informativo, aportando las condiciones experimentales si es necesario, de forma que el lector no tenga la necesidad de referirse al texto para entender el contenido de la tabla (**autoexplicativa**). Los autores podrán utilizar notas al pie de las tablas para aclarar cualquier información o abreviatura utilizada, empleando para ello superíndices. Los autores deberán asegurarse de que la información ofrecida por las tablas no duplica la ofrecida por las figuras y viceversa. Al aportar información analítica, los autores deberán especificar los valores promedio y estadísticos de variabilidad de los datos (desviación típica, error estándar, coeficiente de variación, etc.), además del número de réplicas llevadas a cabo en cada determinación. Las probabilidades se indicarán mediante la



siguiente convención: * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$. El texto dentro de las tablas será Times New Roman 10. Se recomienda emplear las herramientas de formato propias del procesador de textos Microsoft Word para crear las tablas. La inserción de tablas en formato gráfico (JPEG, TIFF etc.) está fuertemente desaconsejada, por no permitir la correcta edición de las mismas en la versión final de la revista.

2. **Figuras:** se proporcionarán aparte del texto principal y numerarán, en Times New Roman 10, en la parte inferior, fuera de la propia figura, de forma correlativa (Figura 1, Figura 2, etc.) según se vayan citando en el texto. Cada figura deberá venir acompañada, a continuación de su numeración, de un título adecuadamente informativo, de forma que el lector no tenga la necesidad de referirse al texto para entender el contenido de la figura (autoexplicativa). Las figuras han de ser presentadas en formatos gráficos de adecuada calidad, como JPEG (con compresión no superior al 80%) o TIFF. Los formatos optimizados para presentación en pantalla (GIF, BMP, PICT, etc.) no ofrecen suficiente calidad para la impresión en formato papel, por lo que ha de evitarse su uso. Se recomienda, para elementos a color, una resolución mínima de 300 ppp (píxeles por pulgada), para medios tonos o escala de grises, una resolución mínima de 500 ppp y para elementos bitmap (blanco/negro) una resolución mínima de 1000 ppp.

La revista se publica en formato digital a color pero, dado que la versión impresa de la revista se edita en blanco y negro, se recomienda a los autores elaborar las figuras de forma que sigan siendo comprensibles en la gama de tonalidades de escala de grises, maximizando el contraste de los elementos gráficos, empleando símbolos claramente diferenciados, etc.

3. **Ecuaciones:** se intercalarán en el texto principal a medida que sea necesario, numerándose de forma correlativa mediante la notación Ecuación 1, Ecuación 2, etc. Para su incorporación al texto, se aconseja el uso del editor de ecuaciones del procesador de textos Microsoft Word o análogo (MathType, LaTeX, etc.). Todos los términos de cada ecuación deberán ser explicados convenientemente, incluyendo las unidades de cada término.

Contenido de trabajos diferentes a los artículos de investigación

Para las revisiones, notas de investigación y cartas al Editor, el formato de estos trabajos será similar al de los artículos de investigación en cuanto al tipo y tamaño de letra en el cuerpo principal (Times New Roman 12) y las figuras y tablas (Times New Roman 10). La estructura de las notas de investigación será análoga a la de los artículos de investigación, salvo en su extensión. Las revisiones incluirán resumen y palabras clave, pero no material y métodos ni resultados y discusión, aunque sí pueden incluir una sección de conclusiones, además de las referencias bibliográficas. Las cartas al Editor, podrán tener estructura libre.





UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E
INGENIERÍA EN ALIMENTOS

LABORATORIOS DE
INVESTIGACIÓN Y
PLANTA PILOTO
FCIAL



