



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4 (2): 157-169. Julio-Diciembre, 2013
http://www.rvcta.org
ISSN: 2218-4384 (versión en línea)
© Asociación RVCTA, 2013. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Artículo

Evaluación sensorial de láminas de mango (*Manguifera indica* L. cv. Keitt) fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío

Sensory evaluation of mango sheets (*Manguifera indica* L. cv. Keitt) fortified with calcium chloride by means of pulsed vacuum osmotic dehydration

Richard Alejandro **Gómez**

Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Escuela de Zootecnia, Programa de Tecnología de Alimentos. Avenida Universidad, Maturín, Estado Monagas, Venezuela.

Correspondencia: richardg97@hotmail.com

Aceptado 30-Septiembre-2013

Resumen

Se evaluó el efecto de la fortificación con cloruro de calcio (CaCl_2) de láminas de mango por medio de la deshidratación osmótica con pulsos de vacío, sobre los atributos sensoriales color, sabor y textura (dureza). Se utilizaron frutos de mango del cultivar Keitt cosechados en estado de madurez fisiológica a partir de los cuales se obtuvieron láminas de 4 x 4 x 0,5 cm. Las láminas de mango se sometieron a 4 tratamientos osmóticos que incluían distintas soluciones con concentraciones de CaCl_2 (0; 0,5; 1,5 y 2,5 %), durante 24 horas, aplicando pulsos de vacío. La preferencia de las láminas de mango fortificadas se determinó utilizando una escala hedónica de 9 puntos (desde 9: 'gusta extremadamente', pasando por 5: 'ni gusta ni disgusta', hasta 1: 'disgusta extremadamente'). En la prueba participó un panel de 100 consumidores no entrenados, de ambos sexos y con edades entre 18 y 50 años. A cada panelista se les entregó simultáneamente 4 muestras codificadas con números aleatorios de tres dígitos y se les pidió que probaran y calificaran los atributos color, sabor y textura (dureza), según su apreciación y de acuerdo a la escala. Para el análisis de los datos se utilizó el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis. Las diferencias entre los tratamientos se determinaron mediante una prueba de rangos. Se aplicó un análisis de correlación entre las variables sensoriales a través de la

prueba de rangos de Spearman. El panel detectó que el color de las láminas sometidas al tratamiento con 2,5 % CaCl_2 varió significativamente ($p \leq 0,01$) con relación a los demás. Un aumento de la concentración de CaCl_2 hizo más amargas y duras las láminas de mango. Hubo correlación altamente positiva entre la preferencia del sabor y la dureza y con el color de las muestras. Las láminas con 0 % CaCl_2 fueron las más aceptadas a nivel sensorial, pero para la fortificación con calcio las de mayor aceptabilidad fueron las sometidas a los tratamientos con 0,5 y 1,5 % CaCl_2 .

Palabras claves: atributos sensoriales, deshidratación osmótica, fortificación con calcio, mangos, vacío.

Abstract

The fortification effect of the calcium chloride (CaCl_2) was evaluated in mango slices using the osmotic dehydration with vacuum pulses over the sensorial characteristics of color, taste and texture (harshness). Mango fruits, cv. Keitt, were harvested in a physiological ripeness, in which slices of 4 x 4 x 0.5 cm were obtained. The mango slices were subjected to 4 osmotic treatments with solutions of different concentrations of CaCl_2 (0, 0.5, 1.5 and 2.5 %), during 24 hours and using vacuum pulses. The preference of the fortified mango slices was determined by using a 9-points hedonic scale (in which 9 establishes a 'I extremely like it' option, 5 for a 'I don't like it nor dislike it' one, up to 1 establishing a 'I extremely dislike it' option). In this test participated 100 non-trained consumers, both sexes, from 18 to 50 years old. Each participant was given simultaneously 4 encoded samples with 3 digits random numbers. They were asked to rate the color, taste and texture (harshness), according to their appreciation and the hedonic scale. For the data analysis, the non-parametric analysis of Kruskal-Wallis was made. The difference between treatments was established using a rank test. A correlation analysis was used between sensorial variables through Spearman's rank test. The panel detected that the color of the slices subjected to the 2.5 % CaCl_2 treatment, had a significant variation ($p \leq 0,01$) compared with the others. An increase of the CaCl_2 concentration made the mango slices bitter and harsher. There was a highly positive correlation between the preference of the flavor and harshness and the color of the samples. The slices with 0 % CaCl_2 were the most acceptable at a sensory level, but for a calcium fortification the most acceptable were 0.5 and 1.5 % CaCl_2 treatments.

Key words: calcium fortification, mangoes, osmotic dehydration, sensory attributes, vacuum.

INTRODUCCIÓN

El mango es una fruta tropical con gran aceptación, debido a sus atractivos colores y sabor exquisito, lo que hace que su cultivo sea un negocio altamente rentable. En Venezuela, sus posibilidades para exportación son excelentes, ya que se pueden producir mangos en épocas cuando los principales productores mundiales no lo hacen (Meneses, 2000). Se utiliza para consumo fresco y para la

producción de pulpa. Se ha incrementado su participación en los mercados internacionales y es uno de los productos agrícolas que genera divisas para la nación (Chavarri *et al.*, 2004). Sin embargo, ocurren grandes pérdidas entre su cosecha y el consumidor final, debido a que es una fruta altamente perecedera (Cañizares-Ch. *et al.*, 2006). Una de las técnicas empleadas para conservar esta fruta es la Deshidratación Osmótica (DO), la cual es una tecnología de preservación que reduce las pérdidas poscosecha

y proporciona una opción para transformarla, utilizando materiales comerciales y de fácil acceso, para así, disminuir las pérdidas y aumentar los ingresos en la cadena productiva (Ríos-Pérez *et al.*, 2005).

La DO consiste en la extracción de agua de una materia prima que es sumergida en una solución hipertónica. Esta extracción se debe a la fuerza impulsora que se crea por la alta presión osmótica (o baja actividad de agua) de la solución o por el gradiente de concentración entre la solución osmótica y el sólido a deshidratar (Rastogi y Raghavarao, 1996), produciéndose la migración de agua desde el sólido hacia la solución de hipertónica, la transferencia de solutos de la solución al sólido y la salida de solutos propios del alimento a la solución, siendo éste último cuantitativamente despreciable en comparación con los 2 primeros (Panagiotou *et al.*, 1998).

Tomando en cuenta las ventajas que se podrían obtener aprovechando este fenómeno se innovó una técnica denominada Deshidratación Osmótica con Pulso de Vacío (DOPV) (Navarro, 1998), la cual consiste en el intercambio interno de gases ocluidos en la matriz de un producto por un líquido o solución escogida, en este proceso se aplica un sistema de vacío que promueve la impregnación de los capilares de los tejidos y cuando la presión atmosférica es reestablecida los poros son extensamente inoculados con la solución externa y dependiendo del radio de compresión aplicado (Espinoza-Estaba *et al.*, 2006). Con la DOPV es posible incorporar sustancias preservantes, iones, ácidos, microorganismos con fines de fermentación y/o biopreservación, además de la fortificación de alimentos con compuestos fisiológicamente activos de importancia nutricional (Rodríguez *et al.*, 1999).

Uno de estos compuestos es el calcio, el cual es un mineral esencial para la salud ósea, debido a que el 99 % del calcio corporal se encuentra en el esqueleto y dientes. Es un mineral clave para la nutrición y para la

prevención de la osteoporosis, el cual es un grave problema de salud pública en el mundo. El restante 1 % está en la sangre, líquidos extracelulares y dentro de las células de los tejidos blandos, donde regula muchas funciones metabólicas importantes. El calcio afecta la función de transporte de las membranas celulares, quizás actuando como un estabilizador de membrana. También influye en la transmisión de iones a través de las membranas de los orgánulos celulares, la liberación de neurotransmisores en las uniones sinápticas, la función de hormonas proteicas y la liberación o activación de enzimas intracelulares y extracelulares (Mahan y Escott-Stump, 1998).

La aplicación de calcio en los alimentos se realiza a través de sales, como el cloruro de calcio (CaCl_2) el cual tiene un papel importante en la conformación de las membranas de la pared celular, fortalecimiento de su integridad y por ende la textura durante el tiempo de conservación, ya que el calcio influye en la permeabilidad de la membrana, activación de enzimas específicas y en la evolución de la senescencia de los frutos, considerando que un aumento de su concentración en el tejido, altera los procesos de la respiración y senescencia (García-Méndez y Praderas-Cárdenas, 2010).

Numerosas investigaciones se han realizado en relación a la deshidratación osmótica empleado el calcio como compuesto fisiológicamente activo. Lemus *et al.* (2010) utilizaron soluciones de alginato + CaCl_2 que aplicaron en cubos de manzana (*Malus domestica* Borkh.) variedad Anna, como tratamiento previo a la deshidratación osmótica en jarabe de sacarosa a 60 °Bx, con el fin de establecer el comportamiento cinético de los parámetros pérdida de agua, de masa y ganancia de sólidos. Se encontró que al aumentar la concentración de las soluciones, la pérdida de agua y de masa aumentó y la ganancia de sólidos disminuyó respecto a un testigo.

Landaeta *et al.* (2008) fortificaron mitades de duraznos (*Prunus persica* (L.) Batsch) con soluciones de 1, 3 y 5 % CaCl_2 y por medio de la DOPV encontraron que la mayor absorción del mineral con respecto al tratamiento control (13,798 mg $\text{CaCl}_2/100$ g) se presentó en el tratamiento con 5 % CaCl_2 (330,04 mg $\text{CaCl}_2/100$ g); y no hubo diferencias en cuanto al color, pero si en la textura y sabor.

Por otro lado, Sanjinez-Argandoña *et al.* (2010) estudiaron el efecto de la deshidratación osmótica y el CaCl_2 en rodajas de kiwi mínimamente procesadas. La deshidratación osmótica consistió en la inmersión de las muestras de frutos en solución de sacarosa a 60 % (sin CaCl_2) y en solución de sacarosa a 60 % con adición de CaCl_2 (0,1 M); concluyendo que el pretratamiento osmótico con adición de CaCl_2 incrementó la vida útil hasta 15 días, mientras que aquellas sin adición de CaCl_2 presentaron vida útil de 12 días. Sensorialmente, los consumidores que evaluaron las muestras prefirieron las rodajas de kiwi procesadas con pretratamiento osmótico y adición de cloruro de calcio.

La fortificación del mango con componentes fisiológicamente activos, como el calcio, podría jugar un papel muy importante en el bienestar físico del ser humano. Sin embargo, uno de los factores que influyen en la aceptabilidad de todo producto en el mercado son los atributos sensoriales que éste posea. Por esta razón, el presente trabajo tuvo como finalidad evaluar sensorialmente láminas de mango fortificadas con calcio mediante la técnica de DOPV, y así presentar una alternativa apetecible para el consumo de este mineral por parte de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se corresponde con una investigación previa (Gómez, 2009) y se utilizó la metodología de deshidratación osmótica a vacío descrita por Landaeta *et al.* (2008). El experimento se realizó en el

Laboratorio de Usos Múltiples del Programa de Tecnología de Alimentos, Escuela de Zootecnia de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos (Municipio Maturín, Estado Monagas, Venezuela).

Materia prima y pasos operacionales para la elaboración de las láminas de mango

Para el estudio se utilizaron frutos de mango (*Manguiфера indica* L. cv. Keitt) cultivados en la “Agropecuaria La Gloria” del Sector Tarragona, carretera nacional Maturín - Barcelona, Monagas, Venezuela (Fig. 1).

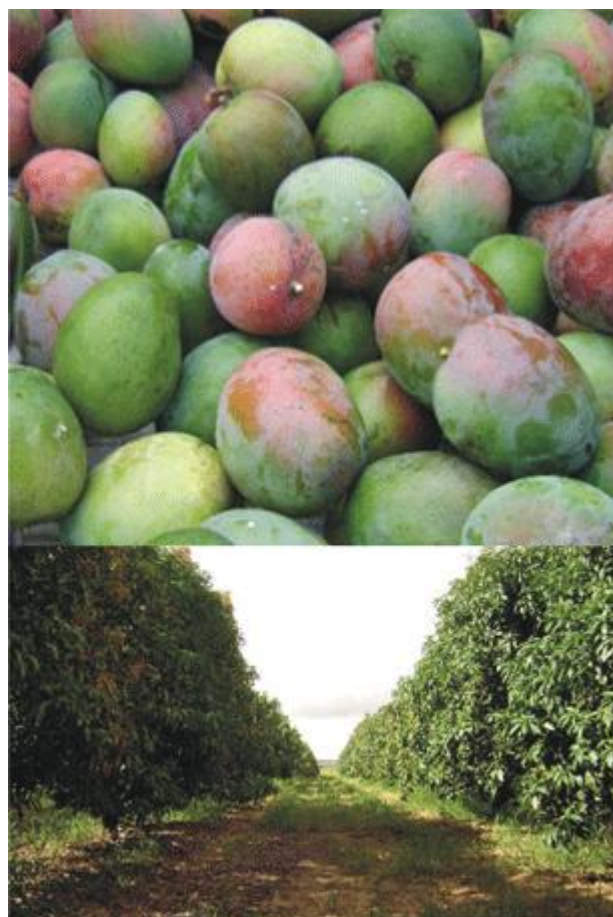


Figura 1.- Frutos de mango cultivar Keitt recolectados en la plantación.

Empleando el criterio establecido por Somaroo (2007), quien indica que estos deben

estar en estado de madurez fisiológica con un 75 % de la superficie externa con una coloración verde (10 °Bx aproximadamente), se recolectaron y seleccionaron frutos en base a un peso aproximado de 400 a 600 g cuidando que no presentaran daños causados por golpes, microorganismos e insectos. Luego fueron lavados, sumergiéndolos en agua potable a temperatura ambiental con el objetivo de remover la suciedad y reducir el número de microorganismos contaminantes. El pelado se realizó manualmente utilizando un pelador de hortalizas de acero inoxidable, para luego rebanarlos transversalmente por cada lado de la

semilla, con un grosor aproximado de 5 mm, en una rebanadora comercial de acero inoxidable. Después se cortaron manualmente empleando un instrumento de hojas cortantes de acero inoxidable diseñado por Somaroo (2007) con el cual se obtuvieron láminas de 4 x 4 x 0,5 cm (Fig. 2). Estas láminas de fruto se sometieron a escaldado con vapor de agua saturado (100 °C) durante 1 minuto y posteriormente se sumergieron en agua con hielo para su enfriamiento, esto con el objetivo de inactivar las enzimas, eliminar los gases ocluidos en el tejido, incrementar el color y eliminar la carga microbiana superficial.



Figura 2.- Pelado de los frutos (A) y cortado (B) de las láminas de mango.

Deshidratación Osmótica con Pulso de Vacío (DOPV) de las láminas de mango

Para el proceso de DOPV se prepararon 4 soluciones osmóticas de 65 °Bx en las que se utilizó azúcar refinada marca Montalbán (Central El Palmar, S. A., San Mateo, Aragua, Venezuela). Como fuente de calcio se usó cloruro de calcio (Riedel-de Haën, Alemania) en 4 concentraciones (0; 0,5; 1,5 y 2,5 %

CaCl₂), las cuales fueron establecidas tomando en cuenta el criterio utilizado por Landaeta *et al.* (2008) y ensayos previos al experimento. Como inhibidor enzimático se empleó ácido ascórbico al 0,2 % (Fisher Scientific. Company, L. L. C., Pittsburgh, PA, USA).

Para el experimento se sumergieron 5 lotes de muestras de mango de 10 láminas cada uno, para un total de 50 láminas por cada una de las soluciones osmóticas preparadas

contenidas en un desecador de vidrio de 10 litros de capacidad, el cual estuvo conectado a una bomba de vacío Siemens, tipo 1RF3052-4YF31 (presión de vacío máxima de 30 inHg), y se aplicó una presión de 23 inHg por 5 minutos cada 30 minutos durante las primeras 8 horas continuando el resto del experimento a

presión atmosférica hasta las 24 horas. Todo este proceso se realizó a temperatura ambiental. Los desecadores fueron colocados sobre un agitador magnético, modelo SP4625, utilizando la máxima capacidad de operación (10 unidades de velocidad) con el fin de que las láminas de mango estuvieran en contacto con toda la solución osmótica (Fig. 3).



Figura 3.- Equipo de deshidratación osmótica a vacío, instalado.

Una vez alcanzado el tiempo estipulado para la DOPV, se retiraron las muestras de cada desecador, eliminando el exceso de jarabe superficial empleando papel absorbente, para después ser empacadas al vacío en bolsas de polietileno utilizando una empacadora Vac Master, modelo SVP 20 (ARY, Inc., Kansas City, MO, USA), con una presión de vacío máxima de 30 inHg, y luego se almacenaron a temperatura de 4 °C para su posterior evaluación sensorial (Fig. 4).

Protocolo sensorial

Se realizó una prueba de preferencia empleando para ello una escala hedónica de 9

puntos (Cuadro 1), que permite medir el grado en que un producto gusta o disgusta.

Para la realización de esta prueba se utilizó un panel de consumidores integrado por 100 panelistas no entrenados, de ambos sexos, con edades comprendidas entre 18 y 50 años, pertenecientes a la comunidad universitaria donde se realizó el estudio. Empleando los criterios de Liria-Domínguez (2007) se le entregó simultáneamente a cada consumidor 4 muestras codificadas con números aleatorios de 3 dígitos empleando una función en Microsoft® Excel (“=ENTERO(ALEATORIO()*1000)”), y se le pidió que probara y calificara los atributos color, sabor y textura (dureza), según su apreciación tomando en cuenta la escala. Esta



Figura 4.- Láminas de mango deshidratadas osmóticamente con pulsos de vacío, empacadas a vacío (4 tratamientos).

Cuadro 1.- Escala hedónica de 9 puntos utilizada para la determinación de la preferencia de las láminas de mango.

Puntaje	Calificación
9	Gusta extremadamente
8	Gusta mucho
7	Gusta moderadamente
6	Gusta ligeramente
5	Ni gusta ni disgusta
4	Disgusta ligeramente
3	Disgusta moderadamente
2	Disgusta mucho
1	Disgusta extremadamente

prueba fue realizada en el Laboratorio de Usos Múltiples del Programa de Tecnología de Alimentos, Escuela de Zootecnia de la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos (Venezuela), bajo un ambiente a 22 °C, iluminado con bombillos de neón (luces blancas), con la finalidad de minimizar la distracción de los panelistas, los cuales fueron ubicados en sillas frente a las muestras a evaluar.

Análisis estadísticos

Para el análisis de los datos de la evaluación sensorial se utilizó un análisis de varianza (ANAVAR) no paramétrico de una vía, Kruskal-Wallis, para las diferentes variables (Landaeta *et al.*, 2008). Las

diferencias entre los tratamientos se determinaron mediante la prueba de promedio de rangos. Se aplicó un análisis de correlaciones entre las variables sensoriales a través de la prueba de rango de Spearman (Steel y Torrie, 1992). El software utilizado fue Statistix for Windows, versión 8.0 (Analytical Software, Tallahassee, FL, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aceptabilidad del color

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de las láminas de mango sometidas a deshidratación con los distintos tratamientos osmóticos, observándose que en el caso del atributo color se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre las muestras sometidas a los tratamientos 0 y 2,5 % CaCl_2 y estas a su vez difirieron del grupo homogéneo conformado por los tratamientos con 0,5 y 1,5 % CaCl_2 lo que evidencia que los consumidores detectaron diferencias de color entre estas muestras.

Las láminas de mango deshidratadas por medio de los tratamientos 0; 0,5; 1,5 y 2,5 % CaCl_2 mostraron valores promedios de preferencia de 6,9; 6,8; 6,5 y 6,3; respectivamente, y según la escala, estos valores se ubican en la calificación 'gusta moderadamente' a excepción del tratamiento con 2,5 % CaCl_2 que está cercano a la calificación 'gusta ligeramente', siendo las láminas de los primeros 3 tratamientos las más preferidas (especialmente el control).

El color es un fenómeno de percepción que depende del observador y de las condiciones en que se mira un material. Este atributo en un alimento se vuelve visible cuando la luz de una fuente luminosa choca con su superficie (Zuluaga *et al.*, 2010). En los procesos de deshidratación hay cambios y pérdidas de color, ya que se modifican las características de la superficie del alimento, y

Cuadro 2.- Preferencia de los atributos color, sabor y textura (dureza) en láminas de mango deshidratadas osmóticamente con diferentes concentraciones de CaCl_2 .*

Tratamientos	Color	Sabor	Textura (Dureza)
0 % CaCl_2	6,9 ^a	6,8 ^a	6,7 ^a
0,5 % CaCl_2	6,8 ^{ab}	6,1 ^b	6,3 ^{ab}
1,5 % CaCl_2	6,5 ^{ab}	5,9 ^b	6,0 ^b
2,5 % CaCl_2	6,3 ^b	4,9 ^c	5,2 ^c

* Prueba de promedios de Kruskal-Wallis.

Letras diferentes en superíndices de una misma columna indican promedios estadísticamente diferentes ($p \leq 0,01$).

por lo tanto su color y reflectancia. Asimismo, el pardeamiento enzimático que se origina por la polifenoloxidasas, provoca un oscurecimiento rápido principalmente en la parte externa de las muestras. Otra de las razones por la cual se presenta un cambio de coloración es la fotooxidación de los pigmentos por acción de la luz, que en combinación con el oxígeno produce una grave decoloración. La oxidación extensiva provoca la pérdida de color en carotenoides y cuanto más prolongado sea el proceso de deshidratación mayores son las pérdidas (Rahman y Perera 1999; Lee y Schwartz 2006; Zuluaga *et al.*, 2010). En este último punto, es importante mencionar que Castro *et al.* (2008), cuantificaron la pérdida de β -caroteno en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) luego de un proceso de DO (pretratamiento) seguido de secado en bandeja. El pigmento, en el pretratamiento, se cuantificó en el jarabe (agua-sacarosa) y se comparó con los contenidos de β -caroteno de la uchuva inicial y final. Hubo un 80 % de pérdida debido a lixiviación del pigmento de la fruta hacia la solución osmótica por efecto de los gradientes de concentración. Aunque también, en

contraposición, la pérdida de agua puede incrementar la concentración de carotenoides (Nimmanpipug y Therdthai, 2013; Phisut *et al.*, 2013). La concentración de los agentes osmóticos es un factor que influye en el proceso (Phisut *et al.*, 2013) y han sido observadas diferencias en el color y otros atributos sensoriales, comparando mango (Tommy Atkins) fresco e impregnado al vacío con sales de calcio a distintas concentraciones y mezclas (Ostos-A. *et al.*, 2012).

La apariencia es el atributo que más causa impacto a la hora de escoger por parte del consumidor, siendo el color la característica más relevante, constituyéndose en el primer criterio para su aceptación o rechazo. El color está relacionado con la calidad, el índice de madurez y la deterioración del producto. El consumidor espera un determinado color para cada alimento y cualquier alteración en éste parámetro puede influir en su aceptabilidad (Resende *et al.*, 2004).

Aceptabilidad del sabor

En relación al sabor se determinó que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las muestras sometidas a los tratamientos 0,5 y 1,5 % CaCl_2 , pero éstas sí difirieron estadísticamente de las muestras de los tratamientos 0 y 2,5 % CaCl_2 , las cuales presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre ellas. Las láminas deshidratadas a través de los tratamientos 0; 0,5; 1,5 y 2,5 % CaCl_2 presentaron valores promedios de preferencia de 6,8; 6,1; 5,9 y 4,9; respectivamente, lo que ubicó a 0 % CaCl_2 en la calificación ‘gusta moderadamente’, a 0,5 y 1,5 % CaCl_2 en ‘gusta ligeramente’, y 2,5 % CaCl_2 en ‘ni gusta, ni disgusta’. Entre los 4 tratamientos las láminas sometidas al tratamiento 0 % CaCl_2 fueron las que obtuvieron la mayor preferencia por parte de los consumidores, mientras que las provenientes del tratamiento 2,5 % CaCl_2

fueron las menos preferidas. El cloruro de calcio puede impartir un sabor amargo al paladar, no deseado (Casas-Forero y Cáez-Ramírez, 2011) y además se intensifica al aumentar su concentración en el alimento. Resultados similares a esta tendencia fueron publicados por Landaeta *et al.* (2008) en la evaluación sensorial de mitades de duraznos (*Prunus persica* L.) deshidratados osmóticamente a vacío, fortificadas con concentraciones de 1, 3 y 5 % de cloruro de calcio.

Aceptabilidad de la textura (dureza)

Al evaluar la dureza de las láminas de mango se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre todas las muestras. Los tratamientos 0; 0,5; 1,5 y 2,5 % CaCl_2 presentaron valores promedios de preferencia de 6,7; 6,3; 6,0 y 5,2; respectivamente, lo que ubicó a 0 % CaCl_2 en la clasificación ‘gusta moderadamente’, a 0,5 y 1,5 % CaCl_2 en ‘gusta ligeramente’ y 2,5 % CaCl_2 en ‘ni gusta, ni disgusta’. Entre los 4 tratamientos las láminas sometidas al tratamiento 0 % y 0,5 % CaCl_2 fueron las que obtuvieron la mayor preferencia por parte de los consumidores, mientras que las provenientes del tratamiento 2,5 % CaCl_2 fueron las menos preferidas. En este sentido, Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), Leyva-López *et al.* (2011) y Ostos-A. *et al.* (2012), explicaron que los iones de Ca^{+2} presentes en la solución osmótica después de acumularse en el interior de la estructura, interaccionan con el ácido péctico para formar pectato de calcio, reestructurando la integridad de ambas estructuras y en la medida que aumentan sus concentraciones tiende a existir un incremento de la firmeza; lo que ayuda a mantener la estructura de la fruta. Grass *et al.* (2003), por su parte, en la fortificación con calcio de muestras de berenjena, setas y zanahoria por impregnación a vacío, notaron ligera influencia del calcio sobre la conducta de impregnación;

pero notablemente afectó a berenjena y zanahoria modificando las respuestas mecánicas, pero no en las setas estudiadas (sin pectina en su arquitectura celular).

En melón (*Cucumis melo* L.) precortado, inmersos en soluciones de sales de calcio (lactato, cloruro y propionato; 0,5 y 1 %), éstas influyen en la retención de la textura sensorial (Casas-Forero y Cáez-Ramírez, 2011); y en papaya (*Carica papaya* L.) fresca, cortada en cubos, previamente sumergidos en soluciones de lactato y cloruro de calcio (1 y 3 %), Leyva-López *et al.* (2011) concluyeron que estos tratamientos no afectaron la aceptabilidad general, no obstante con cloruro de calcio 3 % hubo mayor aceptabilidad con respecto a apariencia y textura. En la deshidratación osmótica de rodajas de kiwi inmersas en soluciones de sacarosa con y sin adición de cloruro de calcio (0,1 M), Sanjinez-Argandoña *et al.* (2010), luego de una evaluación sensorial, determinaron que en el atributo textura, hubo diferencia significativa entre las muestras, siendo preferidas las muestras tratadas con adición de cloruro por presentar textura más firme. El resultado lo explican por la presencia del calcio; la formación de pectatos que favorecen disminuyendo la solubilidad de las sustancias pépticas y que, consecuentemente, favorecen a la firmeza del producto.

Correlaciones entre las propiedades sensoriales

En el Cuadro 3 se observa que hubo correlación altamente positiva de la preferencia del atributo sabor con la dureza y con el color de las muestras deshidratadas osmóticamente, lo que quiere decir que, a medida que aumentó la preferencia del sabor de las láminas también fue más aceptada la dureza y el color, o en el caso contrario. Esto coincide con los resultados del Cuadro 1 donde se muestra claramente que las láminas de mango con mayor contenido de calcio (2,5 % CaCl_2) fueron las que obtuvieron los valores más bajos de preferencia,

principalmente en el sabor. Estos resultados difieren de los obtenidos por Landaeta *et al.* (2008) en la deshidratación osmótica a vacío de mitades de durazno (fortificadas con calcio), quienes no encontraron una correlación significativa entre los atributos sensoriales; el sabor no estuvo asociado a un mayor o menor color de las mitades de durazno. La adición de CaCl_2 en los alimentos imparte un sabor amargo y una mayor dureza lo que hace que disminuya la aceptabilidad de estos por parte del consumidor, y se ha señalado que el atributo color es el menos afectado (Landaeta *et al.*, 2008; Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2010).

Sensorialmente, las láminas de mango sometidas al tratamiento control (0 % CaCl_2) fueron las de mayor preferencia por parte e los consumidores, sin embargo, para efectos de fortificación con calcio las de mayor preferencia correspondieron a los tratamientos con 0,5 y 1,5 % CaCl_2 .

Cuadro 3.- Análisis de correlación de Spearman aplicados a las observaciones de la prueba de preferencia para los atributos color, sabor y textura.

Atributos	Color	Sabor
Sabor	0,4915**	-
Textura (dureza)	0,4352**	0,5761**

Diferencia máxima permitida entre tratamientos: 0,00001.

** Diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

- El color de las láminas de mango sometidas al tratamiento con 2,5 % CaCl_2 difirió significativamente con relación a las sometidas a los otros tratamientos.

- El aumento de la concentración de CaCl_2 en las láminas de mango produjo que estas fueran más amargas y duras; generando rechazo.
- Hubo correlación altamente positiva de la preferencia del atributo sabor con la dureza y con el color de las muestras de láminas de mango deshidratadas osmóticamente con pulsos de vacío.
- A efectos de fortificación con calcio las de mayor preferencia correspondieron a los tratamientos con 0,5 y 1,5 % CaCl_2 .
- Las láminas de mango son una alternativa para dar valor agregado a estos frutos en la cadena agroalimentaria (productor-procesador-comercializador-consumidor).
- Evaluar el efecto del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, nutricionales y microbiológicas de las láminas de mango fortificadas con calcio.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Laboratorio de Usos Múltiples del Programa de Tecnología de Alimentos perteneciente a la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Oriente (UDO, Núcleo Monagas), a los profesores Blanca Somaroo de Fendel, Carmen Farías y Jesús Méndez por su asesoría, y a la “Agropecuaria La Gloria” por la donación de los frutos evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cañizares-Ch., Adolfo E; Bonafine, Osmileth y Laverde, Dierman. 2006. Manejo poscosecha del cultivo del mango en el oriente de Venezuela. INIA Divulga. 9:43-46.

Casas-Forero, N. y Cáez-Ramírez, G. 2011. Cambios morfológicos y de calidad por aplicación de tres fuentes de calcio bajo

tratamiento térmico suave en melón (*Cucumis melo* L.) fresco precortado. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 10(3):431-444.

Castro, Adriana M; Rodríguez, Ligia y Vargas, Edgar M. 2008. Secado de uchuva (*Physalis peruviana* L.) por aire caliente con pretratamiento de osmodeshidratación. Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica (Universidad de Antioquia, Colombia). 15(2):226-231.

Chavarri, Marleny; Vegas, Ariadne; Zambrano, Asia Y. y Demey, Jhonny R. 2004. Transformación de embriones somáticos de mango por biobalística. Interciencia. 29(5):261-266.

Espinoza-Estaba, Aurora; Landaeta-Coa, Gustavo; Méndez-Natera, Jesús Rafael y Núñez-Calcaño, Atilano. 2006. Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus persica*) en soluciones de sacarosa. Revista UDO Agrícola. 6(1):121-127.

García-Méndez, Auris Damely y Praderas-Cárdenas, Gladiana Mileidy. 2010. Influencia del cloruro de calcio y de un tipo de empaque sobre las propiedades fisicoquímicas y la textura de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) durante el almacenamiento. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 63(1): 5417-5427.

Gómez, Richard Alejandro. 2009. Fortificación de láminas de mango con calcio mediante deshidratación osmótica a vacío. Tesis. Universidad de Oriente, Monagas, Venezuela.

Grass, M.L.; Vidal, D.; Betoret, N.; Chiralt, A. and Fito, P. 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation: interactions with cellular matrix. Journal of Food Engineering. 56(2-3):279-284.

Landaeta, G.; Espinoza, A. y Méndez, J. 2008. Fortificación de mitades de duraznos con

- calcio por medio de la deshidratación osmótica a vacío. *Revista Tecnológica ESPOL*. 21(1):39-46.
- Lee, JaeHwan. and Schwartz, Steven J. 2006. Pigments in plant foods. In *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering*. Vol 1. (pp. 14-1 - 14-13). Boca Raton, FL, USA: CRC Press - Taylor & Francis Group, LLC.
- Lemus, Óscar; Suárez, Fredy y Galvis-V., Jesús Antonio. 2010. Efecto del uso de alginato y cloruro de calcio (CaCl_2) en la cinética de deshidratación osmótica de la manzana (*Malus domestica* Borkh.) variedad Anna. *Revista Épsilon*. 15:141-147.
- Leyva-López, Nayely; Heredia, J. Basilio; Contreras-Angulo, Laura Aracely; Mui-Rangel, María Dolores; Campos-Sauceda, Juan Pedro y González-Lizarraga, Irma. 2011. Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol) fresca cortada. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2(1):001-015.
- Liria-Domínguez, María Reyna. 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Lima, Perú: Instituto de Investigación Nutricional (IIN) - AgroSalud. 44 p.
- Mahan, L. Kathleen y Escott-Stump, Sylvia. 1998. *Nutrición y dietoterapia de Krause*. (9na. ed.). México D. F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Meneses, Omaira Josefina. 2000. Efecto de la temperatura y del período de almacenamiento en la conservación post-cosecha de frutos de mango (*Mangifera indica*) cultivares "Haden" y "Tommy Atkins". Tesis. Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente, Monagas, Venezuela.
- Navarro, P. 1998. Optimización de la deshidratación osmótica al vacío en piñas mínimamente procesadas empleando la metodología de superficie de respuesta. Tesis. Núcleo de Anzoátegui, Universidad de Oriente, Venezuela.
- Nimmanpipug, Nutthanun and Therdthai, Nantawan. 2013. Effect of osmotic dehydration time on hot air drying and microwave vacuum drying of papaya. *Food and Applied Bioscience Journal*. 1(1):1-10.
- Ostos-A., Sandra Liliana; Díaz-M., Amanda Consuelo y Suárez-M., Héctor. 2012. Evaluación de diferentes condiciones de proceso en la fortificación de mango (Tommy Atkins) con calcio mediante impregnación a vacío. *Revista Chilena de Nutrición*. 39(2):181-190.
- Panagiotou, Nicolaos M.; Karathanos, Vaios T. and Maroulis, Zacharias B. 1998. Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits. *International Journal of Food Science & Technology*. 33(3):267-284.
- Phisut, N.; Rattanawedee, M. and Aekkasak, K. 2013. Effect of osmotic dehydration process on the physical, chemical and sensory properties of osmo-dried cantaloupe. *International Food Research Journal*. 20(1):189-196.
- Rahman, M. Shafiur and Perera, Conrad O. 1999. Drying and food preservation. In *Handbook of food preservation*. (pp. 173-216). New York, NY, USA: Marcel Dekker.
- Rastogi N.K. and Raghavarao K.S.M.S. 1996. Kinetics of osmotic dehydration under vacuum. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie (LWT) - Food Science and Technology*. 29(7):669-672.
- Resende, Josane Maria; Coelho, Ana Flávia S.; de Castro, Elton C.; Saggin-Júnior, Orivaldo José; do Nascimento, Thiago e Benedetti, Benedito Carlos. 2004. Modificações sensoriais em cenoura minimamente processada e armazenada sob refrigeração. *Horticultura Brasileira*. 22(1):147-150.
- Ríos-Pérez, Margarita María; Márquez-Cardozo, Carlos Julio y Ciro-Velásquez, Héctor José. 2005. Deshidratación

- osmótica de frutos de papaya hawaiana (*Carica papaya* L.) en cuatro agentes edulcorantes. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. 58(2):2989-3002.
- Rodríguez, M.I.; Tapia, M.S y Roa, V. 1999. Impregnación de manzana con cultivos microbianos mediante el mecanismo hidrodinámico. En II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos "Dr. Asher Ludin". 24-28 Abril. (pp. 143). Caracas, Venezuela.
- Romero-Gomezcaña, N.R.; Saucedo-Veloz, C.; Sánchez-García, P.; Rodríguez-Alcázar, J.; González-Hernández, V.M.; Rodríguez-Mendoza, M.N. y Báez-Sañudo, R. 2006. Aplicación foliar de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$: fisiología y calidad de frutos de mango 'Haden'. *Terra Latinoamericana*. 24 (4):521-527.
- Sanjinez-Argandoña, Eliana Janet; Branco, Ivanise Guilherme; Takito, Suely y Corbari, Juliane. 2010. Influencia de la deshidratación osmótica y de la adición de cloruro de calcio en la conservación de kivis mínimamente procesados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brasil)*. 30(Supl. 1):205-209.
- Somaroo, B. 2007. Evaluación del efecto de la deshidratación por aire forzado en láminas de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Tommy Atkins. Tesis de Maestría. Universidad de Oriente, Puerto La Cruz, Venezuela.
- Steel, R. y Torrie, J. 1992. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. México D. F., México: Editorial Graf América.
- Zuluaga, Juan Diego; Cortés-Rodríguez, Misael y Rodríguez-Sandoval, Eduardo. 2010. Evaluación de las características físicas de mango deshidratado aplicando secado por aire caliente y deshidratación osmótica. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)*. 25(4):127-135.