

Correlación de las variables fisicoquímicas de láminas de mango (*Mangifera indica* L.) fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío

Richard Alejandro Gómez

Universidad de Oriente, Escuela de Zootecnia, Programa de Tecnología de Alimentos,
Campus Los Guaritos, Avenida Universidad, Maturín, Edo. Monagas, Venezuela
richardg97@hotmail.com

Resumen. El presente estudio se realizó con el finalidad de conocer el grado de asociación entre las variables fisicoquímicas de láminas de mango (*Mangifera indica* L.) fortificadas con cloruro de calcio (CaCl_2) mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío. 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. Posteriormente se evaluaron y correlacionaron las variable fisicoquímicas (actividad de agua, humedad (%), cenizas (%), contenido de calcio, sólidos solubles, acidez titulable, pH, textura y color). Existe una correlación positiva altamente significativa entre la A_w y el % humedad, el pH, la coordenada L del color y la textura (dureza). También entre el contenido de calcio y el % ceniza, la coordenada b del color y los sólidos solubles y entre el % humedad con el color L y la textura. Hubo una correlación positiva entre el % de humedad con el pH y entre el contenido de calcio con los sólidos solubles. Se presentó una correlación altamente negativa entre A_w y % de ceniza, contenido de calcio, la coordenada b del color, la acidez titulable y sólidos solubles; entre el % de humedad con el contenido de calcio y el % de ceniza y también entre el % ceniza y pH. Una correlación negativa entre el % de humedad, el contenido de calcio y el % de ceniza fue significativa.

Palabras Clave: Correlación, CaCl_2 , mango, deshidratación osmótica.

1. Introducción

El mango es una planta que pertenece a la familia Anacardiaceae, de nombre científico *Mangifera indica* L. [1]. Tiene una gran aceptación en el mercado mundial. En Venezuela es muy demandada debido a sus atractivos colores y sabor exquisito, lo que hace que su cultivo sea un negocio altamente rentable. Sus posibilidades para exportación son excelentes, ya que en Venezuela se pueden producir mangos en épocas cuando los principales productores mundiales no lo hacen [2]. Por lo general es consumido en estado fresco y representa una importante fuente nutritiva por su contenido de vitaminas y minerales [3].

En los países tropicales, dada la gran producción de las frutas y debido a la estacionalidad de la mayoría, surge la necesidad de utilizar tratamientos de

conservación, que permitan disponer de ellas durante todo el año [4]. Uno de estos tratamientos es la Deshidratación Osmótica (DO) la cual consiste en la eliminación parcial de agua, donde se sumerge la materia prima en una solución hipertónica que tiene una alta presión osmótica y baja actividad de agua, siendo la fuerza impulsora para que el agua del alimento se difunda en el medio, originándose así una transferencia de masa desde la región de mayor concentración hacia la de menor concentración [5].

Por otro lado, la impregnación al vacío (IV) es un método reciente de procesamiento mínimo que aprovecha la micro estructura porosa de las matrices de los alimentos, para reemplazar el gas ocluido en su estructura celular por solutos contenidos en un líquido de impregnación mediante acción capilar y gradientes de presión impuestas en el sistema. Involucra un intercambio de materia promovido por la acción de un mecanismo hidrodinámico (MHD) entre un sistema sólido-líquido, acoplado a un fenómeno de deformación-relajación en la matriz sólida del alimento. Este proceso está influenciado por la porosidad, propiedades mecánicas, tamaño y forma del alimento, viscosidad de la solución de impregnación o solución externa, propiedades físicas y químicas de los compuestos fisiológicamente activos, presiones y tiempos de vacío [6]. Con el MHD es posible incorporar, fortificar y/o enriquecer con sustancias preservantes, iones, ácidos, microorganismos con fines de fermentación y/o biopreservación, vitaminas y minerales como el calcio [7].

Tomando en cuenta las ventajas que se podrían obtener aprovechando éste fenómeno se innovó una técnica denominada la Deshidratación Osmótica con Pulsos de Vacío (DOPV) [8], 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 restablecida los poros son extensamente inoculados con la solución externa y dependiendo del radio de compresión aplicado. Esto trae como consecuencia la disminución de la actividad de agua del alimento, ya que si se utiliza una solución concentrada de soluto (solución osmótica), se obtiene un producto de humedad intermedia [9]. Tomando como premisa éste comportamiento se estudió el grado de asociación las variables fisicoquímicas de láminas de mango fortificadas con cloruro de calcio mediante el proceso de Deshidratación Osmótica con Pulsos de Vacío.

2. Materiales y Métodos

Este trabajo corresponde a una investigación previa [10] donde se utilizó una metodología de deshidratación osmótica a vacío establecida [11]. El estudio se ejecutó en el Laboratorio de Usos Múltiples del Programa Tecnología de Alimentos, ubicado en la Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, *Campus* Los Guaritos. Se utilizaron mangos de la variedad Keitt, donados por una Agropecuaria del sector Tarragona, ubicado en la carretera nacional Maturín – Barcelona, Venezuela. Para la elaboración de las soluciones osmóticas se empleó azúcar refinada marca Montalban, producida por Central El Palmar, S.A., ubicado en San Mateo, estado Aragua, Venezuela. Como fuente de calcio se empleó CaCl_2 elaborado por Riedel-de Haën,

Alemania y Ácido Ascórbico fabricado por Fischer Chem Aler Guide, Estados Unidos.

Los frutos fueron cosechados utilizando un criterio empleado en un experimento anterior [12] donde se indica que estos deben estar en estado de madurez fisiológica con un 75 % de la superficie externa con una coloración verde (10 °Brix aproximadamente, determinados por refractometría [13]), se seleccionaron en base a un peso aproximado de 400 – 600 g cuidando que no presentaran daños causados por golpes, microorganismos e insectos, con la finalidad de emplear una materia prima de excelente calidad. El valor promedio de la A_w de las láminas frescas (inicial) fue de 0,9982, determinada a través de un hidrómetro eléctrico (AQUALAB Decagón de la serie 3 con una precisión de aproximadamente + 0,003). Estos fueron lavados, pelados manualmente, rebanados y cortados hasta obtener láminas de 4 x 4 x 0,5 cm, las cuales se escaldaron colocándolas en contacto con vapor de agua saturado a 100 °C durante un minuto, suspendidas sobre una rejilla en un recipiente cerrado con agua en ebullición. Posteriormente, las muestras fueron sumergidas en agua con hielo para su enfriamiento, esto con el objetivo de reducir la actividad enzimática, eliminar los gases ocluidos en el tejido, incrementar el color propio de la fruta y reducir la carga microbiológica superficial que pueda estar presente.

Se prepararon cuatro tipos de soluciones osmóticas de formulación constante en sacarosa (65%) y ácido ascórbico (0.2%), con 4 niveles de adición para el CaCl_2 (2,5; 1,5; 0,5 y 0%). Dichas soluciones poseían una relación fruta / jarabe de 1:4 y sus A_w eran de 0,841; 0,846; 0,863 y 0,873 respectivamente. Se colocaron cinco lotes de muestras de mango de 40 láminas cada uno, para un total de 200 láminas experimentales por cada una de las soluciones contenidas en un desecador de vidrio de 10 litros de capacidad, el cual estuvo conectado a una bomba de vacío SIEMENS tipo 1RF3052-4YF31 con una capacidad máxima de 30 pulg Hg. y se aplicó vacío por 5 minutos cada 30 minutos durante las primeras 8 horas continuando el resto del experimento a presión atmosférica hasta la 24 horas. Todo éste proceso se realizó a temperatura ambiente. 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.

Análisis Físicoquímicos

Se determinó actividad de agua, % humedad, % cenizas, contenido de calcio, sólidos solubles, acidez titulable, pH, textura (dureza) y color a las muestras deshidratadas. Todos los análisis se hicieron por triplicado, empleando la siguiente metodología:

Actividad de agua (A_w): La A_w de las muestras se determinó mediante un hidrómetro eléctrico (AQUALAB Decagón de la serie 3 con una precisión de aproximadamente + 0,003). En el porta-muestras se colocaron 10 g. de muestra de fruta aproximadamente previamente picadas y se llevaron al interior del equipo hasta que éste mostró la lectura de A_w correspondiente.

% Humedad: La determinación de humedad se realizó por el método de calentamiento directo en estufa a vacío [14]. En crisoles previamente rotulados se

pesaron 3 g de las muestras de mango picadas en trozos pequeños para que existiera un mayor contacto entre la superficie de la fruta y el aire caliente de la estufa, luego se llevaron a la estufa de vacío (NAPCO modelo 5831) a 60 °C y se aplicó el vacío a una presión de 24 pulg. de Hg. durante 8 hrs. Posteriormente se sacaron los crisoles de la estufa, se dejaron enfriar en un desecador para luego ser pesados. Con estos datos de pesos se calculó el porcentaje de humedad en las muestras por la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = ((P1-P2) \div Pm) \times 100 . \quad (1)$$

Dónde: P1 es el peso del crisol con la muestra deshidratada en la estufa a vacío, P2 es el peso del crisol vacío y Pm es el peso de la muestra inicial.

% Cenizas: La determinación del contenido de cenizas se realizó por la siguiente metodología [15]. Se pesaron 10 g aproximadamente de muestras de mango y se colocaron en crisoles pesados previamente, estos se llevaron a la mufla (marca FELISA modelo FE-360) a temperaturas comprendidas entre 550 – 600 °C durante 4 horas aproximadamente. Luego los crisoles se retiraron del equipo y se colocaron en desecadores hasta que éstos se enfriaron. Se pesaron y se calculó el porcentaje de cenizas en las muestras empleando la siguiente ecuación:

$$\% \text{Cenizas} = ((P1-P2) \div Pm) \times 100 . \quad (2)$$

Dónde: P1 es el peso del crisol con las cenizas, P2 es el peso del crisol vacío y Pm es el peso de la muestra inicial.

Determinación de calcio: El contenido de calcio se determinó por el método de permanganometría [16]. Las cenizas obtenidas por incineración en la mufla a 550 – 600 °C, se humedecieron con 5 mL de HCl 1:1 y se colocaron en una plancha de calentamiento hasta que se secaran. Se les volvió a agregar 5 mL de HCl 1:1 y se dejaron en calentamiento por 30 minutos. Se filtró la solución ácida a través de papel de filtro, en un balón aforado de 100 mL. Las cenizas que quedaron en el papel de filtro, se llevaron al mismo crisol donde se encontraban las primeras cenizas y se colocaron en la mufla para una nueva incineración. Después se les agregaron 5 mL de HCl 1:1 a las cenizas obtenidas y se llevaron a calentamiento durante 5 minutos. Se volvió a filtrar la solución utilizando el mismo embudo y el mismo matraz aforado para luego aforar y obtener la solución de cenizas.

Se tomó una alícuota de 50 mL de la solución de cenizas y se llevó a un vaso de precipitado al cual se le adicionaron 50 mL de agua destilada. Esta solución se llevó a calentamiento hasta ebullición, para luego agregarle 10 mL de oxalato de amonio al 4% (aporta el ión oxalato para unirse al calcio de la solución) y dos gotas de solución indicadora de rojo de metilo. Se agregó la solución de amonio al 25% lentamente, hasta alcanzar el viraje de la solución (de naranja a rosado, pH 5). Se dejó hervir hasta que el precipitado fuera granular. Luego se dejó en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente.

Se filtró la solución a través de un papel de filtro con la ayuda de pequeñas porciones de agua destilada (20 mL por tres veces consecutivas). El papel de filtro con el precipitado se colocó en el mismo vaso donde ocurrió la precipitación y se lavaron los cristales de calcio con 10 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 8% para disolver el oxalato de calcio. Se calentó la mezcla hasta ebullición. Posteriormente, se agregaron 50 mL de agua caliente y se titularon con permanganato de potasio (KMnO₄) 0,05 N (previamente estandarizado) hasta obtener una coloración rosada persistente. Se anotó

el volumen gastado de KMnO_4 y se calculó los miligramos de calcio por cada 100 g de muestra a través de la siguiente ecuación:

$$\text{mg Ca} = ((N \times V \times \text{PE}) \div \text{Pm}) \times 100 . \quad (3)$$

Dónde: N es la normalidad de KMnO_4 (0,05 N), V es el volumen gastado de KMnO_4 , PE es el peso equivalente del calcio (20 mg/m-eq) y Pm es el peso de la muestra inicial.

Sólidos Solubles (°Brix): Los sólidos solubles se determinaron por refractometría [13], para lo cual se utilizó un refractómetro marca ABBE. Se trituraron 20 g de muestra con la ayuda de un procesador de alimentos, luego se pesaron 15 g en un beacker de 250 mL, a los que se les añadió 40 mL de agua destilada. Se calentó la muestra durante una hora en baño de maría a 70 °C. Luego la mezcla se llevó a un balón aforado de 100 mL (previamente pesado), se dejó enfriar y se aforó. Se pesaron los 100 mL de solución (la diferencia de peso con la tara del balón de 100 mL, correspondió al peso de 100 mL de solución). Se filtró la solución para finalmente medir los sólidos solubles tomando dos gotas, las cuales se colocaron entre los prismas del refractómetro previamente calibrado, se cerró el prisma para luego hacer la lectura de los sólidos solubles y se calcularon aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{SS} = (m \times s) \div 15 . \quad (4)$$

Dónde: SS es el contenido de sólidos solubles en el alimento, expresado en °Brix, m es la masa de los 100mL de muestra preparada (en gramos) y s es el contenido de sólidos solubles en la muestra preparada, determinado por medio de la lectura del refractómetro, una vez corregida para la temperatura registrada en el mismo refractómetro.

Acidez Titulable: La determinación de acidez titulable se realizó usando la siguiente metodología [17]. Se pesaron 40 g de muestra de fruta y se homogeneizaron. Luego se colocaron 30 g de esta mezcla en un beacker de 250 mL más 100 mL de agua destilada para después someterla a calentamiento hasta ebullición por 30 minutos, se dejó enfriar para luego aforar y filtrar. De éste filtrado se tomaron tres alícuotas de 25 mL que se agregaron en un beacker de 250 mL por separado con 3 gotas de fenolftaleína y se titularon con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N. El volumen de NaOH gastado se anotó para calcular la acidez titulable empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez Titulable} = ((20 \times V \times N \times \text{PE}) \div 3V_m) \times 100 . \quad (5)$$

Dónde: V es el volumen gastado de NaOH , en mililitros, N es la normalidad de NaOH (0,1 N), PE es el peso equivalente del ácido predominante en la fruta (70 g para el mango, corresponde al ácido cítrico) y V_m es el volumen de la muestra, en mililitros.

pH: La determinación de pH se realizó usando la siguiente metodología [18]. Se pesaron 10 g de muestra de fruta en un beacker de 200 mL al cual se le agregaron 90 mL de agua destilada, se homogeneizaron con la ayuda de un procesador de alimentos. Posteriormente, se filtró la mezcla para luego determinarle el pH con un potenciómetro modelo 420 marca ORION.

Textura: Se determinó la textura de las láminas de mango mediante una prueba de corte [19], para lo cual se utilizó un texturómetro modelo Lloyd 500 con una capacidad máxima de 500 N de fuerza con un dispositivo share blade y una lámina

lisa de acero inoxidable de 6,4 x 10 x 0,1 cm. Las muestras de mango se colocaron individualmente en la plataforma del equipo adaptado previamente para éste análisis. Desde el brazo mecánico del texturómetro descendió la lámina de corte a una velocidad de 5 cm/min hasta la penetración completa de la muestra. Se anotó la fuerza máxima en Newton (Kg.m/seg) ejercida por el equipo para penetrar la lámina.

Color: El color de las muestras se determinó a través de las coordenadas L^* , a^* , b^* , las cuales son las coordenadas de claridad o brillantez (L) y cromaticidad (a) que corresponde al componente rojo-verde para valores positivos y negativos respectivamente y (b) para el componente amarillo-azul, de igual manera para valores positivos y negativos [20]. Para esto se utilizó un Colormeter COLOR TEC PCM/PSM con medida de color en el rango de 400 a 700 nm, sensor 12 mm, cabezal tipo cono portátil y ventana de zafiro. Las muestras se colocaron en bandejas sobre una superficie de color blanco, y posteriormente se tomó la medida del color ubicando el colorímetro sobre la superficie de la muestra a evaluar. Se realizaron mediciones tanto en las muestras de mango frescas como deshidratadas con la finalidad de observar la coloración inicial y final de las muestras.

Análisis Estadístico

Se aplicó un análisis de correlaciones entre las variables fisicoquímicas, utilizando la prueba de correlación de PEARSON con un nivel de significancia de $P < 0,01$ (correlación altamente significativa) y $P < 0,05$ (correlación significativa) [21].

3. Resultados y Discusión

Los resultados de la correlación de los análisis fisicoquímicos (A_w , % humedad, % cenizas, contenido de calcio, pH, color, textura, acidez titulable y sólidos solubles) de las láminas de mango fortificadas con $CaCl_2$ se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis de correlación de PEARSON aplicados a las variables fisicoquímicas de láminas de mango fortificadas con CaCl₂ mediante DOPV.

Variables	Aw	% Humedad	% Cenizas	Cont. Calcio	pH	Color			Textura	% Acidez
						a	b	L		
% Humedad	0,975**									
% Cenizas	-0,554**	-0,428*								
Cont. Calcio	-0,539**	-0,430*	0,868**							
pH	0,565**	0,488*	-0,660**	-0,599**						
Color	a	0,319	0,293	-0,199	-0,293	0,094				
	b	-0,566**	-0,551**	0,650**	0,438*	-0,358	0,081			
	L	0,941**	0,920**	-0,471*	-0,496*	0,439*	0,315	-0,460*		
Textura	0,656**	0,667**	-0,193	-0,221	0,029	0,225	-0,320	0,599**		
% Acidez	-0,877**	-0,922**	0,104	0,166	-0,300	-0,249	0,355	-0,838**	-0,659**	
SS	-0,982**	-0,987**	0,404*	0,409*	-0,468*	-0,307	0,530**	-0,935**	-0,689**	0,944**

** Correlación altamente significativa (P< 0,01)

* Correlación significativa (P< 0,05)

Hubo una correlación altamente positiva entre la A_w y el % humedad, el pH, la coordenada L del color y la textura (dureza) lo cual quiere decir que a medida que disminuyó la A_w en las láminas de mango en todos los tratamientos también disminuyó el % humedad, el pH, la coordenada L del color y la textura (dureza). A medida que se deshidrata osmóticamente el alimento, se producen cambios en la composición y propiedades del mismo, tales como propiedades ópticas y mecánicas, como el color y la textura, lo cual dependerá de las condiciones del proceso y de las características del producto [22]. En los procesos de deshidratación hay cambios y pérdidas de color, ya que se modifican las características de la superficie del alimento, y 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 [23]. La caída de la dureza en la muestra evaluada puede relacionarse con la mayor salida de agua del producto, la deshidratación de la estructura celular y el incremento del tiempo de relajación, el cual reduce el mayor deterioro de la textura del producto.

Por otro lado, la inmersión de las frutas en una solución osmótica activa un mecanismo de transferencia de fluidos, entre la parte extracelular y la fase líquida externa, lo que genera la disminución del % humedad y de la A_w del producto, y ésta es más rápida cuando se aplica vacío [24].

Hubo una correlación altamente negativa entre la A_w con el % cenizas, el contenido de calcio, la coordenada b del color, la acidez titulable y los sólidos solubles lo cual se interpreta que a medida que disminuyó la A_w en las láminas de mango se acentuaron las variables mencionadas en la fruta deshidratada.

Se evidenció una correlación negativa entre el % humedad con el % cenizas y el contenido de calcio, mientras que fue altamente negativa con la coordenada b del color, la acidez titulable y los sólidos solubles, esto significa que cuando disminuyó el % humedad aumentó el % cenizas, el contenido de calcio, la coordenada b del color, la acidez titulable y los sólidos solubles. En contraposición, la correlación entre el % humedad y el pH fue positiva, mientras que con la coordenada b del color y la textura (dureza) fue altamente positiva. Este comportamiento al igual que la A_w se debe a la salida de agua de las láminas de mango durante el proceso de deshidratación que hace que se incrementen las concentraciones de los valores evaluados.

La correlación del % cenizas y el contenido de calcio con respecto a los sólidos solubles fue positiva, ya que el incremento de la concentración de la solución osmótica acentúa la ganancia de sólidos. La salida de fluidos desde la matriz del fruto se lleva a cabo en las etapas iniciales del proceso, para luego dar paso a una segunda etapa denominada impregnación, en la cual la ganancia de sólidos es mayor que la pérdida de agua. Inicialmente, el potencial químico del agua es más alto en el tejido vegetal, y el potencial químico de la sacarosa es mayor en la solución, pero luego de anulado el potencial químico del agua y quedando la solución hipertónica aún rica en sacarosa, comienza a manifestarse el potencial químico del soluto lo cual le permite penetrar la matriz del fruto [25].

Por otro lado, la correlación entre el % cenizas y el contenido de calcio con relación al pH fue altamente negativa, lo que indica que un incremento en los dos primeros parámetros incide en la caída del pH. A pesar que no se evidenció una correlación significativa entre dichos parámetros y la acidez, se puede inferir que este comportamiento se debe a la presencia de ácido ascórbico contenido en la solución osmótica y absorbido a través de los poros de la fruta. Sin embargo, la relación que existe entre la concentración de CaCl_2 y el grado de impregnación del ácido ascórbico en las láminas de mango se debe probablemente a que el CaCl_2 posee un peso molecular menor (111 g/mol) al del ácido ascórbico (176,1 g/mol) por lo tanto el CaCl_2 es el primero en ingresar en los poros de la fruta durante el proceso osmótico. En tal sentido, estudios realizados señalan que cuando se usan solutos de bajo peso molecular las moléculas migran más fácilmente al interior de los tejidos de la fruta que aquellas de alto peso molecular [26].

Hubo una correlación altamente positiva entre el % cenizas con respecto a la coordenada b del color, así como al contenido de calcio, pues los iones Ca^{+2} presentes en la solución osmótica interactúan con las pectinas del mango lo cual produce un sistema gelificado en el interior de la estructura, incrementando la caída de presión del líquido a la entrada del poro [27].

Se detectó una correlación positiva entre el contenido de calcio con la coordenada b del color y los sólidos solubles, es decir que a medida que aumentó el contenido de calcio en las muestras de fruta también aumentó la coordenada b del color y los sólidos solubles. Adicionalmente, la correlación es negativa entre el contenido de calcio y la coordenada L del color. Esta tendencia se debe al ingreso de las moléculas de CaCl_2 y sacarosa a los poros de la fruta, lo cual produce que aumente el contenido de calcio y los sólidos solubles, además de la salida de los gases ocluidos en los poros de la fruta ocasionando el aumento de la coordenada b y la reducción de la coordenada L.

Vale acotar, que la adición de CaCl_2 a la DOPV genera que el catión Ca^{++} interactúe con la matriz celular de la fruta, modificando sus propiedades estructurales, mecánicas y sensoriales obteniéndose un producto con una mayor resistencia al corte a medida que se incrementa la concentración de CaCl_2 . Sin embargo, durante este estudio no se presentaron asociaciones significativas entre el contenido de calcio y la textura (dureza) de las muestras evaluadas. Éste comportamiento puede relacionarse con la mayor salida de agua del producto, la deshidratación de la estructura celular y el incremento del tiempo de relajación, el cual reduce el mayor deterioro de la textura del producto.

4. Conclusiones

Luego de la evaluación realizada se determinó que:

- Existe una correlación positiva altamente significativa entre la A_w y el % humedad, el pH, la coordenada L del color y la textura (dureza). También entre el contenido de calcio y el % ceniza, la coordenada b del color y los sólidos solubles y entre el % humedad con el color L y la textura.

- Hubo una correlación positiva entre el % de humedad con el pH y entre contenido de calcio con los sólidos solubles.
- Se presentó una correlación altamente negativa entre Aw y % de ceniza, contenido de calcio, la coordenada b del color, la acidez titulable y sólidos solubles; entre el % de humedad con el contenido de calcio y el % de ceniza y también entre el % ceniza y pH.
- Una correlación negativa entre el % de humedad, el contenido de calcio y el % de ceniza fue significativa.
- La asociación entre el contenido de calcio y la textura (dureza) fue no significativa.

5. Agradecimientos

A los directivos del Programa de Tecnología de Alimentos adscrito a la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Oriente, núcleo Monagas por facilitar su Laboratorio de Usos Múltiples para ejecutar los ensayos de éste trabajo, y a los profesores Blanca Somaroo de Fendel, Carmen Farías y Jesús Méndez por el apoyo y la asesoría prestada, y a la Agropecuaria la Gloria por la donación de los frutos evaluados

6. Referencias

- [1] Avilán, L., Rengifo, C. El mango. América, Caracas, Venezuela (1990)
- [2] Meneses, O. 2000. Efecto de la temperatura y del período de almacenamiento en la conservación post-cosecha de frutos de mango (*Manguiфера indica*) cultivares “Haden” y “Tommy Atkins”. Trabajo de grado para Ingeniero Agrónomo. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela (2000)
- [3] Luh, B. Tropical fruit beverages. En: Fruit and vegetable juice processing technology. 3^o edición. AVI Publishing, California, USA, pp. 344 – 435 (1980)
- [4] Benítez, R. Impregnación de duraznos (*Prunus persica*), con ácido ascórbico, mediante la aplicación de deshidratación osmótica al vacío. Trabajo de grado para Licenciado en Tecnología de Alimentos. Escuela de Zootecnia. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela (2004)
- [5] Kaymak, F, Sultanoglu, M: Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apple. Journal of Food Engineering: 46, 243-247 (2000)
- [6] Ostos, SL, Díaz, AC, Suarez, H: Evaluación de diferentes condiciones de proceso en la fortificación de mango (Tommy Atkins) con calcio mediante impregnación a vacío. Revista chilena de nutrición. Vol. 39, No 2; 181-190 (2012)
- [7] Tapia, M., Roa, V. Impregnación de manzana con cultivos microbianos mediante el mecanismo hidrodinámico. II Congreso Venezolano de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Caracas, Venezuela (1999)
- [8] Navarro, P, Corzo, O: Optimización de la deshidratación osmótica al vacío de piña mínimamente procesada. Acta Científica Venezolana. Vol. 50, No 2; 359 (1999)

- [9] Espinoza, A, Landaeta, G, Méndez, J, Núñez, A: Efecto del cloruro de calcio sobre la deshidratación osmótica a vacío en mitades de duraznos (*Prunus pérsica*) en soluciones de sacarosa. Revista Científica UDO Agrícola. Universidad de Oriente. Venezuela. Vol. 6, No. 1; 121- 127 (2006)
- [10] Gómez, RA. Fortificación de láminas de mango con calcio mediante deshidratación osmótica a vacío. Trabajo de grado para Licenciado en Tecnología de Alimentos. Escuela de Zootecnia. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela (2009)
- [11] Landaeta, G, Espinoza, A, Méndez, J: Fortificación de mitades de duraznos con calcio por medio de la deshidratación osmótica a vacío. Revista Tecnológica ESPOL. Vol. 21, No. 1; 39-46 (2008)
- [12] Somaroo, B. Evaluación del efecto de la deshidratación por aire forzado en láminas de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Tommy Atkins. Trabajo de grado para Magister Sctearium en Ciencia de los Alimentos. Universidad de Oriente. Puerto la Cruz, Venezuela (2007)
- [13] COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación de Sólidos Solubles. 924-83. FONDONORMA. Caracas. Venezuela (1983)
- [14] COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación de Humedad. 1553-80. FONDONORMA. Caracas. Venezuela (1980)
- [15] COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación de Cenizas. 1783-81. FONDONORMA. Caracas. Venezuela (1981)
- [16] COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación de Calcio. 1158-82. FONDONORMA. Caracas. Venezuela (1982)
- [17] COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación de Acidez Titulable. 1151-77. FONDONORMA. Caracas. Venezuela (1977)
- [18] COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Determinación de pH. 1315-79. FONDONORMA. Caracas. Venezuela (1979)
- [19] Landaeta, G. Fortificación de cascos de durazno con calcio por medio de la deshidratación osmótica a vacío. Trabajo de grado para Licenciado en Tecnología de Alimentos. Escuela de Zootecnia. Universidad de Oriente. Maturín, Venezuela (2004)
- [20] CIE. Colorimetry Oficial Recommendations of the Internacional Comisión on Illumination. Publication CIE N° 15 (E: 1.3.1). Bureau. Paris (1971)
- [21] Steel, R., Torrie, J. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Editorial Graf América, México (1992)
- [22] Silva, R, Denoya, G, Languasco, J, Della Rocca, P: Evaluación de los parámetros de color y de textura del zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) sometido a diferentes tratamientos de deshidratación osmótica. Proyecciones. Vol. 11, No. 1; 69 – 80 (2013)
- [23] Gómez, R: Evaluación sensorial de láminas de mango (*Manguifera indica* L. cv. Keitt) fortificadas con cloruro de calcio mediante deshidratación osmótica con pulsos de vacío. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Vol. 4, No. 2; 157-169 (2013)
- [24] López, L, Dávila, L: Salado de merluza por pila seca, húmeda y por deshidratación osmótica a vacío (*Merluccius gayi peruanus*). Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. Vol. 8, No. 2; 07-14 (2005)

- [25] Chaparro, L, Soto, N, García, T, Gutiérrez, J, Palmero, J: Efecto de la presión de vacío, sólidos solubles totales y tiempo de procesamiento sobre la deshidratación osmótica de rebanadas de melón. *Bioagro*. Vol. 22, No. 3; 223-228 (2010)
- [26] Heng, W, Gilbert, J: Osmotic dehydration of papaya: Influence of Process Variables on the Quality. *Sciences Aliments*. 10, 831-848 (1990)
- [27] Fennema, O. *Química de los alimentos*. Acribia. Zaragoza, España (2000)