

Estabilidad del polvo de aguacate adicionado con componentes activos durante el almacenamiento

Avocado powder stability added with active components during storage

Estabilidade do pó de abacate com adição de ingredientes ativos durante o armazenamento

MARILZA PIEDAD RUIZ-RUIZ¹, MISAEL CORTES-RODRIGUEZ²,
JESUS HUMBERTO GIL-GONZALEZ³

RESUMEN

La estabilidad de las propiedades del polvo de aguacate adicionado con vitaminas y minerales (PA+CA) empleando secado por atomización, bajo diferentes temperaturas de almacenamiento (15, 25 y 35°C) y tipo de atmósfera de empaque (vacío y nitrógeno) durante 180 días, fueron evaluadas. Los resultados obtenidos indican

Recibido para evaluación: 20 de Enero de 2017.

Aprobado para publicación: 17 de Julio de 2017.

- 1 Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en producción, desarrollo y transformación agropecuaria (GIPDTA). Doctora en Ciencias Agrarias. Caldas, Colombia.
- 2 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Grupo de Investigación de Alimentos Funcionales (GAF). Doctor en Ingeniería de Alimentos. Medellín, Colombia.
- 3 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Grupo de Investigación SIMBIOMENA. Doctor en Química. Medellín, Colombia.

Correspondencia: e-mail: mcortesro@unal.edu.co

mayores cambios negativos en la calidad del PA+CA y una disminución en sus propiedades nutricionales, asociado a los bajos porcentajes de retención de vitamina A (36,44 a 36,48%) y vitamina D (50,01 a 52,53%), con el incremento en la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Desde el punto de vista de la fortificación mineral, el PA+CA se presenta como una excelente opción para la industria farmacéutica y de alimentos, con recuperación total del Ca y el Fe adicionados. Además, el PA+CA se conservó como un producto microbiológicamente seguro hasta el final del almacenamiento (valores de humedad <4% y actividad de agua <0,4). Dada la composición en ácidos grasos insaturados y las características físicas y fisicoquímicas del PA+CA, es altamente susceptible a procesos oxidativos que afectan su tiempo de vida útil, por lo que se recomienda almacenarlo a temperaturas $\leq 15^{\circ}\text{C}$, en empaque de foil de aluminio y atmósfera inerte para proteger sus cualidades.

ABSTRACT

The stability of the properties of avocado powder added with vitamins and minerals (PA+CA) using different storage temperatures (15, 25 and 35°C) and type of atmosphere packaging (vacuum and nitrogen) for 180 days, were evaluated. The results indicate higher negative changes in the quality of PA+CA and decrease in their nutritional properties, associated with low retention percentage of vitamin A (36,48 to 36,44%) and vitamin D (50,01 to 52,53%), with the increase in temperature and storage time. From the point of view of mineral fortification, the PA+CA is presented as an excellent choice for the pharmaceutical and food industry, with full recovery of Ca and Fe added. The PA+CA was retained as a microbiologically safe product until the end of storage (low values of moisture <4% and water activity <0,4). Associated with the composition of unsaturated fatty acids and physical and physicochemical characteristics of the PA+CA, it is highly susceptible to oxidative processes that affect their lifetime, so it is recommended to store under temperatures $\leq 15^{\circ}\text{C}$, in packaging aluminum foil and inert atmosphere to protect their qualities.

RESUMO

A estabilidade das propriedades do pó de abacate com adição de vitaminas e minerais (PA+CA) utilizando secagem por pulverização, sob diferentes temperaturas de armazenamento (15, 25 e 35°C) e tipos de embalagem de atmosfera (vácuo e azoto), foram avaliados durante 180 dias. Os resultados indicam maiores alterações negativos na qualidade do PA+CA que as mostras de tempo zero, com o aumento da temperatura e tempo de armazenamento, indicando uma diminuição nas propriedades nutricionais, associados com baixo percentual de retenção de vitamina A (36,44-36,48%) e vitamina D (50,01-52,53%). Do ponto de vista da fortificação mineral, o PA+CA apresenta-se como uma escolha excelente para a indústria farmacéutica e de alimentos, com a recuperação total de adição de Ca e Fe. Além disso, o PA+CA foi preservada como um produto microbiologicamente seguros até o final do armazenamento (valores de umidade <4% e

PALABRAS CLAVES:

Persea americana Mill variedad Hass, Secado por atomización, Vitaminas, Minerales, Compuestos fisiológicamente activos.

KEYWORDS:

Persea americana Mill variety Hass, Spray drying, Vitamins, Minerals, Physiologically active compounds.

PALAVRAS-CHAVE:

Persea americana Mill Hass, Secagem por atomização, Vitaminas, Minerais, Compostos fisiologicamente activa.

atividade de água <0,4). Dada a composição de ácidos graxos insaturados e características físicas e físico-químicas do PA+CA, é altamente suscetível em processos oxidativos que afetam a sua vida, por isso é recomendado para armazená-lo as temperaturas <15 °C, em foil de embalagem de alumínio e atmosfera inerte para proteger suas qualidades.

INTRODUCCIÓN

El aguacate es una fruta tropical de gran interés para la industria de alimentos, rico en compuestos activos y con declaraciones sobre beneficios en la salud del consumidor [1, 2], lo que lo hace altamente apreciado en mercados internacionales, principalmente la variedad Hass, cuya composición lipídica se encuentra constituida por un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados [1, 2]. Sin embargo, el aguacate es un fruto climatérico altamente perecedero y con barreras fitosanitarias de ingreso a varios mercados internacionales, por lo que la implementación de métodos de conservación, en particular el secado por atomización o aspersión (SA) ha sido utilizado por sus características de estabilidad, fácil manejo y reconstitución del producto en polvo [3, 4, 5], permitiendo ampliar el rango de comercialización y de vida útil del aguacate como materia prima en polvo. Actualmente, los productos alimenticios en polvo son utilizados como colorantes, aromatizantes, saborizantes, principios activos [3, 5, 6, 7, 8], y en la elaboración de tabletas de frutas y otros alimentos en polvo [5, 7, 9]. Actualmente, el SA es considerado una de las tecnologías que protegen los componentes activos (CA) por encapsulación [4, 7, 10, 11, 12]. Sin embargo, el proceso puede generar pérdidas de CA y reacciones de oxidación, las cuales pueden continuar durante el almacenamiento. Bajo este contexto, las condiciones de almacenamiento (temperatura, tiempo y envasado) y el empaque a utilizar juegan un papel fundamental en la degradación de los CA y en general de la vida útil del alimento [4, 5, 7, 9]. Estudios previos sobre el almacenamiento de productos en polvo, reportan aumentos en la oxidación, disminución de CA y degradación del color [4, 13, 14, 15]. El objetivo de esta investigación fue evaluar la estabilidad de las propiedades físicas y fisicoquímicas del polvo de aguacate adicionado con vitaminas y minerales (PA+CA) obtenido mediante SA, bajo diferentes condiciones de almacenamiento.

MÉTODO

Se utilizaron aguacates variedad Hass (28-32% de materia seca), maltodextrina (MD) dextrosa equivalente 18-20 (Tecnas S.A), goma arábica (GA) (Tic Pretested Gum Arabic FT Powder, Tic Gums, USA), sal grado alimenticio, y limones variedad común (*Citrus arautiifolia*).

La emulsión de alimentación al SA fue elaborada según Marulanda *et al.* (2014) [16], adicionando los CA al final de la homogenización. En la emulsión los sólidos aportados por el aguacate fueron 56,8%. Como CA se utilizaron hierro aminoquelado (10% de Fe) y citrato de calcio (21% de Ca) (Bellchem Internacional S.A., Colombia), vitamina A acetato (500,000 UI) (MicrovitTM A Prosol500, Francia) y vitamina D₃ (500,000UI) (Sintofarm, Italy). Para el proceso de SA se utilizó un secador piloto de flujo co-corriente (Vibrasec S.A. modelo PSALAB automatizada), presión de vacío de 1,4" H₂O, temperatura de entrada y salida del aire de 150°C y 90°C, y velocidad del disco atomizador de 27.152 rpm.

Las muestras de PA+CA fueron almacenadas en cámaras climáticas a condiciones controladas de 65% de humedad relativa, temperaturas de 15, 25 y 35°C, tiempos de almacenamiento (TA) de 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 días, y atmósfera de empaque vacío (EV) y N₂ (EN) (pureza 99,9%, Cryogas, Colombia), mediante empacadora al vacío con mezclador de gases (Talsa S.A, Colombia), y como empaque bolsas de película laminada de pet, foil de aluminio con permeabilidad O₂<1 cc/(m²*24 h*atm), permeabilidad al vapor de agua < 1 g/(m²*24 h*atm) (ALICO - Colombia).

Se determinaron las propiedades físicas y fisicoquímicas: humedad (X_w) método 925.45/2002 AOAC [17]; actividad de agua (a_w) empleando un higrómetro de punto de rocío a 25°C (Aqualab serie 3TE, Decagon Devices Pullman WA, USA); color: coordenadas CIE-L*a*b* (L*: luminosidad, a*: cromaticidad roja-verde y b*: cromaticidad amarillo-azul), espectrofotómetro de esfera (X-Rite, modelo SP64, Inc, MI, USA), iluminante D65 y observador 10°; Índice de peróxidos (IP) expresados como kg H₂O₂/kg polvo según Bae y Lee (2008) [13], y la actividad antioxidante (AA) mediante las metodologías radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•) [18] y 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS•+) [19], expresados como mg trolox/ 100 g muestra. Para la microscopio-

pía electrónica de barrido se empleó un microscopio SEM (Jeol 5910LV), visualizadas a 15kV. Las vitaminas A y D₃ se determinaron en un cromatógrafo líquido de alta resolución (Shimatzu Prominence, Tokio, Japan) en fase reversa, detector de arreglo de diodos, columna Luna 5µm C18 (4,6 mm × 250 mm) Phenomenex ®), fase móvil de acetonitrilo/metanol/agua (45,3/51,2/3,5) en condiciones isocráticas a un flujo de 1,0 mL/min y temperatura de 45°C, siendo la detección de estas a 325 y 265 nm, respetivamente. Se utilizaron rectas de calibración a partir de estándares de referencia: vitamina A (retinol acetato 99,9%, Sigma-Aldrich), vitamina D₃ (Colecalciferol 99,9%, Supelco). La extracción se realizó sobre 5 g de muestra en polvo, según Cortés (2004) [20] modificada, donde el extracto oleoso recolectado de los lavados preliminares de la muestra con hexano se aforaron hasta llegar a un volumen de 25 mL con más hexano; posteriormente una alícuota de 1 mL se secó con N₂ gaseoso y el residuo obtenido se disolvió en 3 mL de isopropanol grado HPLC, se filtró en membranas de nylon de 0,45 µm y se inyectó un volumen de 20µL en el HPLC. Los contenidos de vitaminas fueron reportados como porcentaje de recuperación (C/Co x 100), donde C y Co son los contenidos de vitamina a los tiempos de control (t) y a tiempo 0, respectivamente. La cuantificación de hierro y calcio se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica, según la norma técnica colombiana 5151 [21]. Todas las variables fueron determinadas por triplicado.

Los valores experimentales fueron analizados a partir de un modelo multifactorial completamente aleatorizado de tres factores de efectos fijos: temperatura, tiempo y atmósfera de empaque. Para cada variable se realizó un análisis independiente a partir de ANOVAS, utilizando el método LSD (mínimas diferencias significativas) como método de comparaciones múltiples,

con un nivel de confianza del 95% empleando el Software SAS/STAT® VIII (Statistical Analysis Software©, SAS Institute Inc. Singapore).

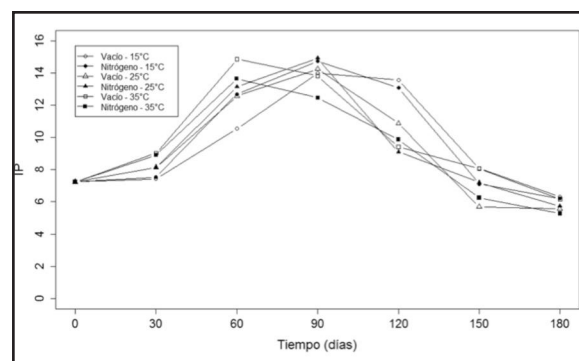
RESULTADOS

El ANOVA reportó diferencias estadísticas significativas por interacción triple (p<0,05), para las variables fisicoquímicas IP, Xw, a_w, L*, a* y b*. El cuadro 1 presenta los valores p para cada variable respuesta, según los factores evaluados (EN y EV, temperatura y TA) y sus interacciones.

Para el IP el ANOVA no presentó diferencias significativas por efecto del tipo de empaque y la interacción A*C. La figura 1 presenta los valores promedios para IP, en función de los factores evaluados.

Se observó que las altas temperaturas de almacenamiento aceleraron la producción de peróxidos, alcanzando la rancidez más rápidamente. Resultados similares también han sido reportados para otros productos en polvo [13, 15].

Figura 1. Cambios IP (meq H₂O₂/kg polvo) para el PA+CA.



Cuadro 1. Valores p para las variables respuesta.

Fuente	IP	Xw	ABTS	DPPH	a _w	L*	a*	b*
A: Tiempo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B: Temperatura	0,0135	0,0001	0,0012	0,1601*	0,0001	0,0146	0,0001	0,0001
C: Empaque	0,3250*	0,7968*	0,5735*	0,1871*	0,0058	0,9958*	0,0002	0,7067*
A*B	0,0001	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
A*C	0,2268*	0,0829*	0,0707*	0,0596*	0,0001	0,0001	0,0001	0,0020
B*C	0,0024	0,2356*	0,4927*	0,4272*	0,2047*	0,5976*	0,0007	0,0001
A*B*C	0,0001	0,0027	0,5631*	0,4075*	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

*no significativas.

El aumento de la oxidación puede ser explicado en parte, por la alta superficie específica de la partícula de polvo, los cambios físicos y químicos ocurridos en los materiales de pared y la difusión molecular del aceite a través de ellos. Por otro lado, la oxidación lipídica puede ser catalizada por enzimas o reacciones de peroxidación asociadas a la presencia de metales, donde el aguacate es una fuente natural de minerales como el Fe y el Cu (12,0 y 12,67 mg/kg respectivamente) [22], sumado a la fortificación con Fe.

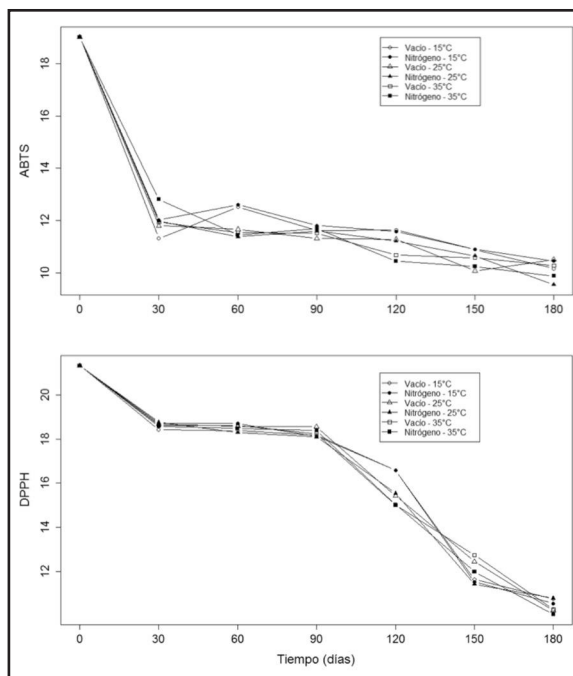
Con respecto a la AA en el PA+CA, el ANOVA no presentó diferencias significativas por efecto de C, ni las interacciones A*C, B*C y A*B*C para ambas variables (cuadro 1). La figura 2 presenta los valores promedios de AA en función de los factores evaluados.

Se observó que en el tiempo 0 se obtuvieron los mayores valores de AA por ambos métodos, y que estos disminuyeron paulatinamente hasta el día 180. El efecto deteriorativo del incremento de la temperatura y el TA, y las condiciones del proceso de SA, y los ayudantes de pared sobre la AA ha sido reportado para varios productos en polvo [23, 12, 4, 5, 6, 7], generando pérdidas de la AA, en comparación con el fruto fresco, para el que se reportan valores de 202 mg trolox/ 100 g pulpa de aguacate y de 15,2 μmol trolox/g por DPPH y ABTS, respectivamente [22].

Wang *et al.*, (2010) [24] evaluaron la AA, el contenido de procianidinas y pigmentos en aguacates de diferentes variedades, encontrando que la AA del aguacate esta correlacionada con el contenido de fenoles y procianidinas. Al evaluar los componentes del fruto variedad Hass, los autores indican valores de DPPH• μmol Trolox/g para la piel ($189,8 \pm 10,8$), seguido de la semilla ($164,6 \pm 5,1$) y por último la pulpa ($1,3 \pm 0,1$). Resultados similares han sido reportados por otros investigadores [22, 25]. En tanto que la AA para el extracto de aguacate Hass por DPPH• es de $165,10 \pm 4,36 \mu\text{mol}$ Trolox/100 g bh [26]. Así, los valores obtenidos de AA en este estudio para el PA+CA fueron bajos, lo cual está relacionado con los efectos de oxidación antes mencionados, y el proceso de SA [8, 12].

Para los cambios de color en el PA+CA, el ANOVA no reportó diferencias estadísticamente significativas para el parámetro L* por efecto de C y B*C, en tanto que para a* y b* todos los factores fueron significativos, excepto únicamente por efecto del tipo

Figura 2. Valores ABTS• y DPPH•, expresados como mg trolox/100 g de PA+CA.

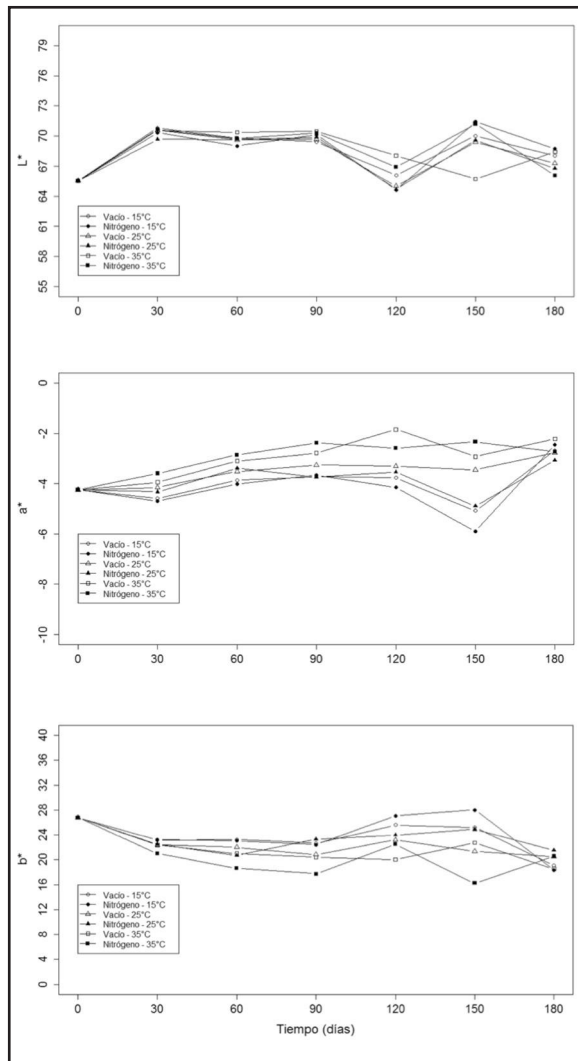


de empaque en b* (cuadro 1). La figura 3 presenta los valores promedios de las coordenadas de color en función de los factores evaluados.

Se observó que independiente del tipo de envasado, con el aumento de la temperatura y el TA se presentó una decoloración, que se refleja en un incremento de luminosidad (polvos más claros) apreciable por el ojo humano, y manteniendo la cromaticidad amarilla, ubicando el producto en el II cuadrante del plano cromático a*b*. El aumento en la decoloración del polvo se presentó a partir del día 30, manteniéndose en valores cercanos durante el resto del periodo evaluado, donde parte de la variación puede ser atribuida al color inicial del fruto fresco empleado.

El color en el fruto de aguacate está relacionado principalmente con la presencia de compuestos carotenoides [24]. Similar a la AA, las condiciones del proceso de SA y los materiales de pared empleados afectan mayoritariamente los parámetros de color [3, 8]. En este sentido, la degradación del color se asocia, a que bajo tratamientos térmicos los carotenoides se destruyen y quedan expuestos a la degradación [8, 12]. Con respecto a los componentes clorofílicos, es-

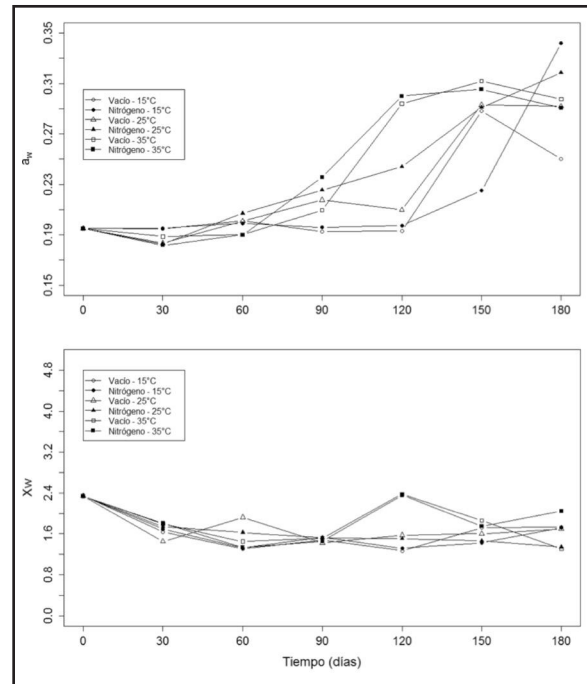
Figura 3. Cambios en las coordenadas de color para el PA+CA.



tos también son altamente lábiles. Resultados similares de degradación de color han sido reportados para otros productos en polvo [8, 14, 15, 27].

Con respecto a la a_w , los cambios presentados no alteran la estabilidad del producto desde el punto de vista microbiológico ($a_w < 0,4$), donde el ANOVA no reportó diferencias estadísticas significativas por efecto de C y la interacción B*C. Para X_w , se puede observar en el análisis de varianza (cuadro 1) como los factores A, B y A*B presentaron diferencias significativas para EN y EV. La figura 4 presenta los valores medios encontrados para X_w y a_w en función de los factores evaluados.

Figura 4. Cambios en X_w y a_w para el PA+CA durante el almacenamiento.



Los rangos de X_w encontrados corresponden a la humedad de productos en polvo pegajosos, los cuales no superan el 4%; siendo un factor delimitante para la estabilidad de los productos en polvo durante el almacenamiento [5, 28], asociado a las diferencias del grado de intercambio por la permeabilidad del empaque al vapor de agua [29].

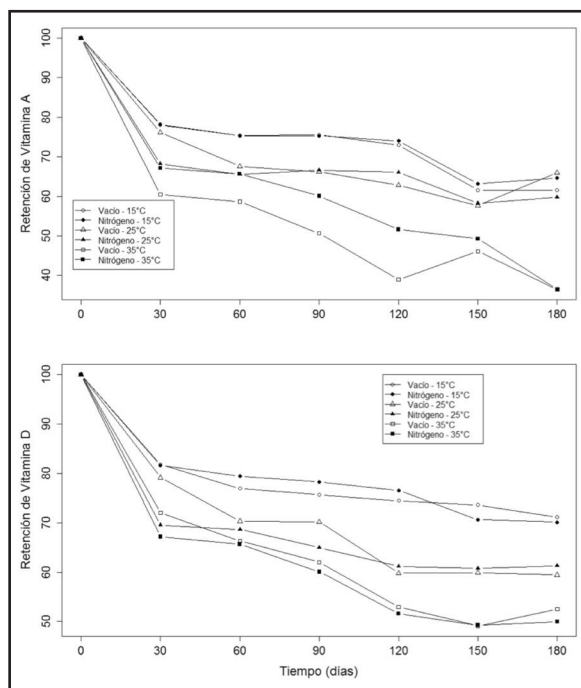
Los cambios de X_w y a_w ocurridos durante este estudio se relacionan con las condiciones del empaque, además del uso de los materiales de pared que ayudan a mantener la estabilidad [5, 8], donde un aumento del vapor de agua del entorno se relacionó con el aumento del contenido de X_w y de la a_w , asociado a la movilidad de las partículas con las mayores temperaturas de almacenamiento.

Retención de vitaminas en PA+CA. La figura 5 presenta los valores medios para el porcentaje de retención de la vitamina A y D en función de los factores evaluados. De forma general, se presentó una disminución en el contenido de vitaminas con el aumento de la temperatura y el TA, donde la vitamina A fue más lábil y la temperatura de 35°C presentó los menores % de retención.

Se considera que la inclusión o la protección de CA puede ser mejorado mediante la técnica de encapsulación, por la cual un ingrediente sensible se atrapa en el interior de un material de revestimiento.

El mecanismo de encapsulación empleado en este estudio podría clasificarse como de tipo matriz [11], donde el CA se encuentra dispersado en el material de pared, como MD y GA los cuales son empleados regularmente al ser considerados estables y mejoradores de las propiedades de instantización [5, 10, 30], por lo que también puede encontrarse en la superficie, y quedar expuesto superficialmente a las condiciones externas [31]. Cada CA es diferente, lo que implica que la encapsulación tendrá un efecto diferente sobre su recuperación al final del proceso. Además, las vitaminas liposolubles, presentan mecanismos de reacción similares a la oxidación de las grasas, alta sensibilidad al tratamiento térmico y otros agentes como la presencia de O_2 , luz y los metales naturales [32] y adicionados en la fortificación. Por otro lado, la formación de peróxidos y la baja a_w también favorecen su degradación. Resultados similares de disminución de los CA a través del incremento de la temperatura y/o TA han sido reportados [12, 8, 4, 15, 14, 27].

Figura 5. Porcentaje de retención de la vitamina A y Vitamina D para PA+CA.



Con respecto a los minerales adicionados en la fortificación, no se presentaron cambios por efecto de la temperatura y el TA (retención de 100% para Ca y Fe), dado que los minerales tienden a ser estables, por lo que la técnica puede ser considerada altamente efectiva para su encapsulación.

Microestructura. La figura 6 presenta las micrografías SEM para el PA+CA. Como puede observarse, en el tiempo 0 el PA+CA presentó una forma amorfa de estructura superficial colapsada, aglomerada y con tamaños de partícula de 17,2 a 32,2 μm .

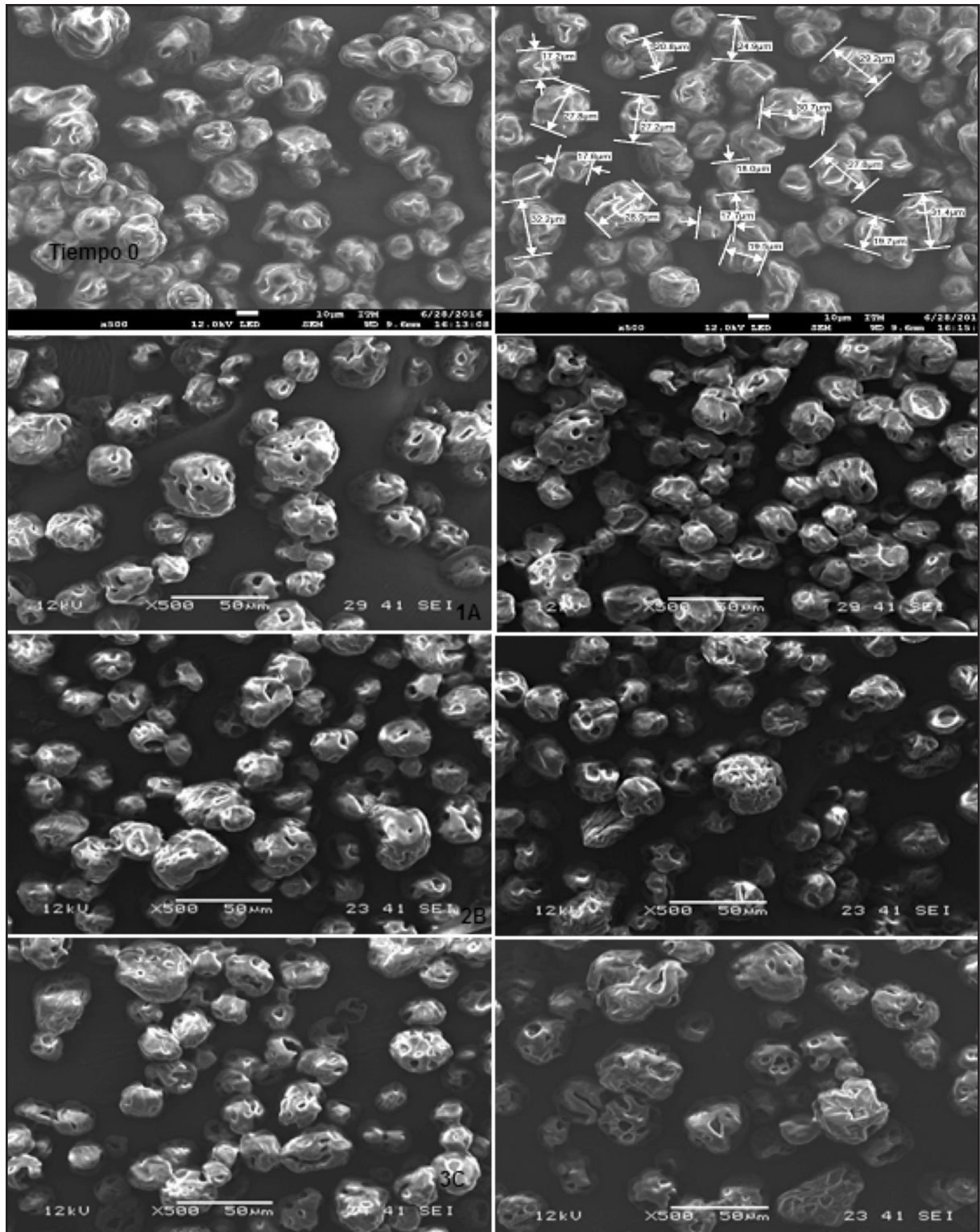
Estos resultados son similares a los reportados para aceite de aguacate microencapsulado [13], donde las micrografías también presentaron un alto grado de aglomeración, pero partículas de forma esférica. La superficie agrietada en las micropartículas ha sido correlacionada con una alta velocidad de evaporación [27]. Para SA se reportan tamaños de micropartículas de 3-100 μm [11], los cuales concuerdan con los encontrados en esta investigación.

Con el incremento de la temperatura y el TA se presentó un aumento en la ruptura de la partícula y la fusión entre estas, lo cual generó un aumento del apelmazamiento en la superficie del límite del espacio de cabeza del empaque, también reportado por Liu *et al.* (2010) [14], y un aumento en la cohesividad asociado a la unión de las partículas por fusión de la grasa.

Por otro lado, el análisis microestructural se relacionó directamente con los valores encontrados para el IP del polvo a través del TA, dado que la fusión de las partículas y el colapso estructural de la micropartícula del polvo pueden favorecer el aumento del contenido de aceite superficial, lo que resulta en una baja protección frente a la oxidación [5, 15].

En general, los resultados reportados bajo estudios de almacenamiento para productos alimenticios en polvo indican que las temperaturas de almacenamiento $\geq 20^\circ C$ generan un deterioro en la calidad total del producto (parámetros de color, contenido de humedad, propiedades físicas y fisicoquímicas del polvo), sumado a la pérdida de CA [15, 28, 29], donde estas propiedades varían también dependiendo del tipo de material de empaque empleado [29, 33]; por lo tanto, es recomendable realizar un consumo temprano del producto con el fin de obtener los efectos deseados de salud [33].

Figura 6. Micrografías SEM para PA+CA.



1A. Tiempo 90 días EN (izq.) y EV (der) almacenados a 15 °C; 2B. Tiempo 90 días EN (izq.) y EV (der) almacenados a 25 °C; 3C. Tiempo 90 días EN (izq.) y EV (der) almacenados a 35 °C

CONCLUSIONES

Para el PA+CA los mayores cambios deteriorativos en el producto fueron atribuidos a la temperatura, el TA, y sus interacciones, en tanto que la atmósfera de empaque no fue relevante; asociado a la composición de ácidos grasos insaturados y CA, y las características físicas y fisicoquímicas del PA+CA como producto en estado amorfo, lo cual lo hace altamente susceptible a procesos oxidativos que afectan su tiempo de vida útil, por lo que se recomienda su almacenamiento a temperaturas de refrigeración, bajo empaque de foil de aluminio en una atmósfera con gases inertes para proteger sus cualidades. Se considera que desde el punto de vista de la fortificación mineral, el PA+CA, se presenta como una excelente opción para la industria farmacéutica y de alimentos.

REFERENCIAS

- [1] DREHER, M.L. and DAVENPORT, A.J. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 2013, p. 738-750.
- [2] CARVALHO, C.P. and VELÁSQUEZ, M.A. Fatty acid content of avocados (*Persea americana* Mill. cv. Hass) in relation to orchard altitude and fruit maturity stage. *Agronomía Colombiana*, 33(2), 2015, p. 220-227.
- [3] KRISHNAIAH, D., NITHYANANDAM, R. and SARBATLY, R. A critical review on the spray drying of fruit extract: Effect of additives on physicochemical properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(4), 2014, p. 449-473.
- [4] MORAGA, G., IGUAL, M., GARCÍA-MARTÍNEZ, E., MOSQUERA, L.H. and MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. *Journal of Food Engineering*, 112(3), 2012, p. 191-199.
- [5] MOSER, P., SOUZA, R.T.D. and NICOLETTI-TELLIS, V.R. Spray Drying of Grape Juice from Hybrid CV. BRS Violeta: Microencapsulation of Anthocyanins Using Protein/Maltodextrin Blends as Drying Aids. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), 2016, p. 1-11.
- [6] SORMOLI, M.E. and LANGRISH, T.A. Spray drying bioactive orange-peel extracts produced by Soxhlet extraction: Use of WPI, antioxidant activity and moisture sorption isotherms. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 2016, p. 1-8.
- [7] BUSCH, V.M., PEREYRA-GONZALEZ, A., ŠEGATIN, N., SANTAGAPITA, P.R., ULRIH, N.P. and BUERA, M.P. Propolis encapsulation by spray drying: Characterization and stability. *LWT-Food Science and Technology*, 75, 2017, p. 227-235.
- [8] OBEROI, D.P.S. and SOGI, D.S. Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165, 2015, p. 172-178.
- [9] SAIFULLAH, M., YUSOF, Y.A., CHIN, N.L., AZIZ, M.G., MOHAMMED, M.A.P. and AZIZ, N.A. Dissolution profiling and its comparison of natural fruit powder effervescent tablets. *Journal of Food Engineering*, 178, 2016, p. 60-70.
- [10] MAHDAVI, S.A., JAFARI, S.M., ASSADPOOR, E. and DEHNAD, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 2016, p. 379-385.
- [11] RAY, S., RAYCHAUDHURI, U. and CHAKRABORTY, R. An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 2016, p. 76-83.
- [12] SOGI, D.S., SIDDIQ, M. and DOLAN, K.D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 2015, p. 564-568.
- [13] BAE, E.K. and LEE, S.J. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25(8), 2008, p. 549-560.
- [14] LIU, F., CAO, X., WANG, H. and LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. *Powder Technology*, 204(1), 2010, p. 159-166.
- [15] KHA, T.C., NGUYEN, M.H., ROACH, P.D. and STATHOPOULOS, C.H. A storage study of encapsulated gac (*Momordica cochinchinensis*) oil powder and its fortification into foods. *Food and Bioprocess Processing*, 96, 2015, p. 113-125.
- [16] MARULANDA, A.M., GAVIRIA, J., RUIZ-RUIZ, M. y CORTES, M. Estabilidad de un sistema coloidal a base de aguacate con fines de secado por aspersión. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(Suplemento II), 2014, p. 534-536.
- [17] OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (AOAC). 17th ed. Arlington (USA): VA. AOAC International, 2002, 520 p.

- [18] BERGER, J., RANA, R.J. and JAVEED, H. Radical Quenching of 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl: a Spectrometric Determination of Antioxidant Behavior. *Journal of Chemical Education*, 85(3), 2008, p. 408 -410.
- [19] RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M. and RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1999, p. 1231-1237.
- [20] CORTES, M. Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E [Ph.D. Tesis Ingeniería de Alimentos]. Valencia (España): Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Ingeniería, 2004, 320 p.
- [21] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). NTC 5151. Alimento para animales. Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica. Bogotá D.C. (Colombia): 2003.
- [22] DAIUTO, É.R., TREMOCOLDI, M.A., ALENCAR, S.M.D., VIEITES, R.L. and MINARELLI, P.H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2014, p. 417-424.
- [23] NUNES, J.C., LAGO, M.G., CASTELO-BRANCO, V.N., OLIVEIRA, F.R., TORRES, A.G., PERRONE, D. and MONTEIRO, M. Effect of drying method on volatile compounds, phenolic profile and antioxidant capacity of guava powders. *Food Chemistry*, 197(part A), 2016, p. 881-890.
- [24] WANG, W., BOSTIC, T.R. and GU, L. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chemistry*, 122(4), 2010, p. 1193-1198.
- [25] TELESZKO, M. and WOJDYŁO, A. Comparison of phenolic compounds and antioxidant potential between selected edible fruits and their leaves. *Journal of Functional Foods*, 14, 2015, p. 736-746.
- [26] MORENO, E., ORTIZ, B.L. y RESTREPO, L.P. Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana de Química*, 43(3), 2014, p. 41-48.
- [27] TAN, S.P., TUYEN, C.K., PARKS, S.E., STATHOPOULOS, C.E. and ROACH, P.D. Effects of the spray-drying temperatures on the physicochemical properties of an encapsulated bitter melon aqueous extract powder. *Powder Technology*, 281, 2015, p. 65-75.
- [28] GIUFFRIDA, D., DUGO, P., TORRE, G., BIGNARDI, C., CAVAZZA, A., CORRADINI, C. and DUGO, G. Evaluation of carotenoid and capsaicinoid contents in powder of red chili peppers during one year of storage. *Food Research International*, 65(part B), 2014, p. 163-170.
- [29] MUZAFFAR, K. and KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarind pulp powder. *Powder Technology*, 291, 2016, p. 322-327.
- [30] ALVES, S.F., BORGES, L.L., DOS-SANTOS, T.O., DE PAULA, J.R., CONCEIÇÃO, E.C. and BARA, M.T.F. Microencapsulation of essential oil from fruits of *Pterodon emarginatus* using gum arabic and maltodextrin as wall materials: composition and stability. *Drying Technology*, 32(1), 2014, p. 96-105.
- [31] PANG, S.F, YUSOFF, M.M. and GIMBUN, J. Assessment of phenolic compounds stability and retention during spray drying of *Orthosiphon stamineus* extracts. *Food Hydrocolloides*, 37, 2014, p. 159-165.
- [32] GONNET, M., LETHUAUT, L. and BOURY, F. New trends in encapsulation of liposoluble vitamins. *Journal of Controlled Release*, 146(3), 2010, p. 276-290.
- [33] NUNES, M.A., COSTA, A.S., BARREIRA, J.C., VINHA, A.F., ALVES, R.C., ROCHA, A. and OLIVEIRA, M.B.P. How functional foods endure throughout the shelf storage? Effects of packing materials and formulation on the quality parameters and bioactivity of smoothies. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 2016, p. 70-78.