

Desarrollo de snacks a base de fruta fortificados con calcio mediante impregnación a vacío

Morales-Torres C. O.¹, Sánchez-Herrera J. C.^{1,*}, Hernández-Carrión M.¹

Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos, Grupo de Diseño de Productos y Procesos (GDPP), Carrera. 1 # 18^a-12, La Candelaria, C.P. 111711, Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.

* jc.sanchez@uniandes.edu.co

RESUMEN:

A lo largo del tiempo, Colombia ha sufrido problemas en el marco socioeconómico, los cuales han impactado en el bienestar nutricional de un sector significativo de la población, particularmente los niños y mujeres en estado de gestación, siendo contrastantes con los altos índices de biodiversidad del país. A raíz de esto, se decidió llevar a cabo el desarrollo de un snack a partir de frutas de la región (carambolo, pitahaya y manzana), presentando así una alternativa viable para minimizar la existente brecha nutricional. Se llevó a cabo una fortificación con calcio a través de una impregnación a vacío y se obtuvo su índice de biodisponibilidad. La pitahaya, siendo el fruto con una mayor porosidad en su matriz, presentó el mayor índice de biodisponibilidad (60.89%). También se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas de los snacks, de las cuales se concluye que no se presentaron cambios físicos notables en los mismos luego de ser sometidos a la impregnación. Además, las cifras promedio de pH (2.8–3.7) y °Brix (12.9–17.9) dan evidencia de niveles adecuados de estabilidad. Los resultados sugieren que es posible desarrollar un producto con alto valor agregado que ayudaría a suplir los requerimientos mínimos diarios de calcio y comercialmente escalable.

Palabras clave: Desnutrición, fortificación, impregnación, biodisponibilidad, propiedades organolépticas

ABSTRACT:

Over time, Colombia has suffered from problems related to the socio-economic framework, which have had an impact on the nutritional well-being of a significant segment of the population, particularly children and pregnant women, being those problems contrasting with the country's high biodiversity indexes. For this reason, a snack made with typical fruits of the region (star fruit, pitahaya, and apple) was developed, thus presenting a viable alternative to minimize the existing nutritional gap. A fortification, with calcium, was carried out through vacuum impregnation and its bioavailability index was determined. Pitahaya presented the highest bioavailability index (60.89%) related to its greater porosity. Furthermore, physicochemical characterizations were performed. Results showed that there were non-significant physical changes in the snacks after impregnation. In addition, the mean values of pH (2.8-3.7) and ° Brix (12.9-17.9) give evidence of adequate levels of stability. The results suggest that it is possible to develop a product with high added value that would help to supply the minimum daily requirements of calcium and that is commercially scalable.

Key words: malnutrition, fortification, impregnation, bioavailability, organoleptic properties

Área: Desarrollo de nuevos productos

Sección: Sección A. Innovación y desarrollo de nuevos productos.

INTRODUCCIÓN

Colombia es conocida como uno de los países cuya variedad de especies bióticas presenta mayor pluralidad en el mundo (Rangel, 2005). Actualmente, se estima que hay una variedad de aproximadamente 400 frutos o semillas endémicas en el territorio nacional (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2019). Sin embargo, aunque Colombia ha sido, en términos de flora, un país privilegiado, la rampante desigualdad socioeconómica que aqueja el país ha causado notables problemas de desnutrición que han afectado las poblaciones más vulnerables, en especial los niños y las mujeres en estado de gestación (Serpa *et al.*, 2016).

A nivel nutricional, el calcio se presenta como uno de los micronutrientes más importantes para la salud humana. Entre sus funciones se encuentra fortalecer y mantener adecuadamente la consistencia ósea y dental del cuerpo (Barrera *et al.*, 2009). No obstante, este micronutriente presenta déficit en países en vía de desarrollo, esto debido a que en estos países su consumo estimado se encuentra entre el 25-33% del total requerido diario (Pettifor, 2008), basado en el requerimiento mínimo recomendado por persona de 1g/día (García-Casal *et al.*, 2013).

En la actualidad existen estudios que demuestran el mejoramiento de la calidad nutricional de las frutas, cuando son fortificadas con calcio, aumentando su valor nutricional (Anino *et al.*, 2006). Además, fortificar las frutas con calcio puede prevenir el ablandamiento de la matriz durante el procesamiento, debido a la formación de puentes de calcio entre el ácido carboxílico urónico y la pectina del fruto (Vicente *et al.*, 2007). A favor de estos beneficios se han desarrollado varias técnicas cuya finalidad radica en la fortificación y/o conservación de los alimentos, entre las cuales se encuentra la impregnación a vacío (Faicán *et al.*, 2018).

Actualmente, el mercado de frutas endémicas abarca un 36% del total del mercado, cuyo valor en el último año fue de US\$4.483M (Ministerio de Agricultura Colombia, 2020). El carambolo (*Averrhoa carambola* L.) es un fruto llamativo debido a su aroma y forma de estrella (Gonzales *et al.*, 2001). Además, presenta un contenido de calcio promedio de 33.95mg/100g de pulpa (Cubillos & Isaza, 1999). La pitahaya se caracteriza por su alta capacidad antioxidante y alto contenido en fibra (Luu, 2021). Además, contiene proteína (10.0 – 12.1 g/100g), fibra (7.8– 8.1 g/100g), potasio, calcio (6.72 mg/100 g), magnesio, sodio, hierro y zinc. Por último, la manzana se encuentra entre las 10 frutas más consumidas en Colombia, con un total de 2.27 kg per cápita anual (Ministerio de Salud, 2018). Su porosidad y baja tasa de deformación bajo condiciones de vacío, la hacen ideal para ser sometida a impregnación (Carciofit *et al.*, 2012). Además, es considerada como una buena fuente de minerales esenciales: sodio (54.5 mg/100g), potasio (936 mg/100g), calcio (15.74 mg/100g), magnesio (17.37 mg/100g) (Pushendra *et al.*, 2018).

Pese a que el mercado agropecuario en Colombia se encuentra en continuo crecimiento, no se ha documentado la existencia de estudios que evalúen la biodisponibilidad de micronutrientes en frutas endémicas. Por este motivo, el objetivo de esta investigación fue desarrollar y caracterizar snacks de carambolo, pitahaya y manzana fortificadas con calcio mediante impregnación a vacío.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

Para la formulación de los snacks se adquirieron carambolo, pitahaya y manzana en estado de maduración fisiológica en un supermercado local (Bogotá, Colombia). La fruta se lavó, peló manualmente y se cortó en tajadas de 2 mm. Para la fortificación, se empleó cloruro de calcio (CaCl_2 , Merck, 99.5%) a una concentración de 20 g/L de acuerdo con la metodología descrita por Mateus *et al.* (2016).

2. Métodos

2.1 Acondicionamiento de las frutas e impregnación a vacío.

Previo a la impregnación a vacío, las frutas se deshidrataron en un horno de convección (ISOCIDE™-Esco Isotherm) a 60°C durante 6 horas. A continuación, se tomaron 40 g de fruta deshidratada, se colocaron en una trampa de vacío creada manualmente haciendo uso de refractarias circulares con cierre hermético de 600 mL de capacidad y conectadas a una bomba Festo® (Fig 1A y 1B). Se tomaron 50 mL de solución isotónica y se aplicó una presión de vacío de 88kPa (0.1 bar) por 15 min. Se restauró la presión y se dejó reposar el sistema por 10 min. Las muestras se almacenaron en refrigeración (4°C) hasta su análisis.

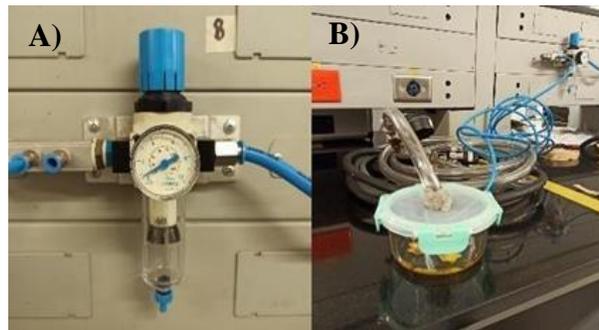


Figura 1. Trampa de vacío. A) Indicador de presión de vacío, B) Montaje completo

2.2 Análisis fisicoquímico

La ganancia de peso de los snacks se evaluó por diferencia de peso, antes y después de la impregnación. La humedad se determinó haciendo uso de una termobalanza (Precisa, XM 60). El pH se midió en los snacks licuados después de la impregnación haciendo uso de un multiparámetro (Mettler Toledo, Seven Multi). Los °Brix de los snacks, se midieron haciendo uso de un refractómetro (Atago®, PAL-BX/RI). Todas las mediciones se hicieron por duplicado a temperatura ambiente (23°C).

2.2.1. Análisis de las propiedades organolépticas

Para el análisis de la textura se utilizó un texturómetro (TA.HD *plus C* texture Analyser). Para la prueba de punción se utilizó una sonda P/2N de 2 mm de diámetro a una velocidad de 0.5 mm/seg y una profundidad de penetración del 10% respecto al grosor del snack. Para la medición de la resistencia de cizalla se utilizó una sonda HDP/BS a una velocidad de 0.5 mm/seg y una distancia de 65 mm.

Se analizó el color de los snacks haciendo uso de un colorímetro (CR-20) utilizando un observador a 10° e iluminante estándar D65. Se utilizaron las coordenadas CIELAB para la determinación de los parámetros L*, a* y b*. El croma (C_{ab}*), tono (h_{ab}) y diferencia global de color (ΔE), respecto al fruto fresco, se calcularon de acuerdo con la metodología descrita por Rao *et al.* (2005).

2.2.2. Determinación de biodisponibilidad

El modelo de digestión *in vitro* se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Amaya *et al.* (2021). La concentración de calcio presente en cada uno de los snacks después del proceso de impregnación se evaluó haciendo uso de un espectrofotómetro (Thermo scientific, Genesys 10S UV-Vis) a una longitud de onda de 575 nm (Barrera *et al.* 2009). Para la obtención de la recta de calibrado ($y = 0.3092x - 0.2984$; $R^2 = 0.9227$), se emplearon diferentes disoluciones de calcio (0.5 M – 3M). La biodisponibilidad del calcio asociado a los snacks formulados se calculó mediante la comparación de su concentración antes y después del proceso de impregnación.

2.2.3. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados utilizando el software Minitab®. Cada propiedad se midió por duplicado para cada fruto antes y después de la impregnación. El análisis de varianza de un factor (ANOVA) y la prueba de Tukey se utilizaron para determinar la existencia de diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis fisicoquímico

1.1 Análisis Físico

De acuerdo con los valores expuestos en la Tabla 1, se observó un aumento generalizado en el peso de las muestras una vez llevado a cabo el proceso de impregnación. Se encontró que la ganancia de peso para el carambolo (81.9%) y la manzana (184.0%) fue mayor que aquella evidenciada en la pitahaya (23.5%) siendo la pitahaya la que presentó un peso significativamente mayor ($p < 0.05$) al carambolo y la manzana. No se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) en la humedad de los frutos posterior al proceso de impregnación, lo cual sugiere un factor de absorción del agente de impregnación independiente al contenido de humedad inicial del fruto. Dicho resultado es favorable ya que la humedad promedio del snack, independientemente del fruto, siguió un estándar replicable.

Teniendo en cuenta que la porosidad es un factor que influye de manera directa en los porcentajes de humedad de las frutas y con base en los distintos estudios realizados para determinar la porosidad de los frutos, se reporta, para los niveles de humedad expuestos en la tabla 1, una porosidad de 50.3% para el carambolo, 60.0% para pitahaya y 40.0% para manzana (Aremua & Akinoso, 2014; Senero *et al.*, 2007; Shafiee, 2009). Lo anterior demuestra que el porcentaje de porosidad presenta de manera generalizada una correlación positiva con el contenido de humedad del fruto, en donde a mayor porosidad se evidencia un mayor nivel de humedad. Sin embargo, este comportamiento es independiente para cada fruto ya que dos frutas pueden presentar distintos niveles de humedad teniendo el mismo porcentaje de porosidad.

1.2 Análisis Químico

Los resultados expuestos en la Tabla I muestran un pH de carácter ácido y la presencia significativa de sólidos en disolución en cada uno de los snacks. Basados en los estudios llevados a cabo por Kaddumukasa *et al.* (2017) la proliferación de microorganismos mesófilos se favorece en ambientes con pH cercano al neutro, mientras que a pH ácidos su proliferación es limitada a organismos cuyo hábitat natural difiere de los frutos (Tupikina *et al.*, 2013). Por otra parte, valores elevados de °Brix demuestran la ausencia de microorganismos cuya actividad metabólica incurre en la degradación de los compuestos presentes en la fruta, logrando así degradarla (Kaddumukasa *et al.*, 2017). Lo anterior corrobora la favorabilidad en la vida útil del snack posterior a su procesamiento.

Tabla I. Propiedades físicas de los frutos antes y después del proceso de impregnación

Propiedad	Estado	Carambolo	Pitahaya	Manzana
Peso	Seco	8.36 ^b ± 1.30	18.31 ^a ± 0.28	5.48 ^b ± 0.63
	Fortificado	15.21 ^b ± 1.21	22.63 ^a ± 0.35	15.60 ^b ± 1.60
Humedad	Seco	26.45 ^b ± 0.01	29.24 ^a ± 0.03	38.14 ^c ± 0.01
	Fortificado	74.39 ^a ± 0.03	68.05 ^a ± 0.03	77.86 ^a ± 0.03
pH	Fortificado	3.17 ^{a, b} ± 0.00	3.68 ^a ± 0.31	2.85 ^b ± 0.03
° Brix	Fortificado	12.85 ^a ± 0.35	17.85 ^a ± 0.31	13.25 ^a ± 0.03

Para una misma fila, valores que no contienen la misma letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en sus medias, de acuerdo con el test de Tukey.

2. Análisis organoléptico

2.1 Firmeza

La firmeza aumentó tras el proceso de impregnación (Fig 2A, 2B) para todos los frutos. El carambolo aumentó su firmeza promedio en un 23% pasando de 31.32 g a 38.64 g. La pitahaya presentó un aumento en su firmeza del 259%, pasando de un valor promedio de 48.26 g a 173.20 g, siendo este el valor más alto. Finalmente, la manzana aumentó su firmeza media pasando de 6.77 g a 8.05 g, presentando un crecimiento del 19%. Siendo la firmeza un factor que va disminuyendo durante la maduración o almacenamiento en frío (Valero *et al.*, 2007), se comprueba el resultado de Vicente *et al.* (2007), referente a la prevención del ablandamiento de la matriz debido a la interacción del calcio con el ácido carboxílico urónico presente en el fruto.

2.2 Resistencia al corte

Una vez llevado a cabo el proceso de secado y antes de la impregnación, el snack sufre de una disminución de su volumen debido a la contracción de los poros presentes en su matriz, consecuencia de la pérdida generalizada de agua. Debido a esto, se produce un aumento en la rigidez de las muestras (Contreras, 2006), el cual se evidencia en los perfiles de resistencia al corte (Fig. 2C) previo al proceso de impregnación. Este alto nivel de rigidez requiere que se ejerza una mayor fuerza cortante al momento de atravesar el snack.

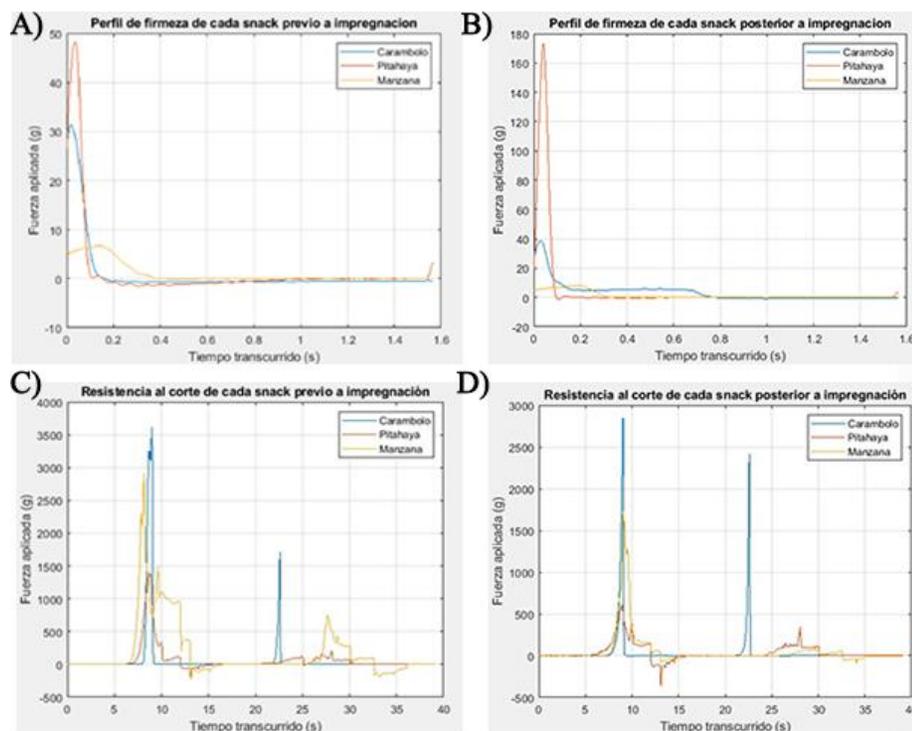


Figura 2. Perfiles de firmeza (A, B) y resistencia al corte (C, D) antes (A, C) y después de la impregnación (B, D) de los frutos

Por otra parte, las muestras impregnadas (Fig. 2D) muestran una disminución en su rigidez debido a la ganancia de agua derivando en un aumento en el tamaño de sus poros (Barat *et al.*, 2001), comparada con las muestras sin impregnar. Como consecuencia, el snack adquiere una textura más maleable requiriendo así una menor fuerza cortante. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos para los snacks para los cuales se presentó una variación en el valor medio de resistencia al corte de 3619.7 g a 2846.8 g para el carambolo (disminución de 21%), de 1388.9 g a 606.2 g para la pitahaya (disminución de 56%) y de 2906.8 g a 1729.7 g para la manzana (disminución de 40%).

El comportamiento evidenciado para la firmeza y la resistencia al corte es acorde a los resultados documentados por Shen (2017) en su estudio sobre la influencia de la impregnación al vacío de pectinmetilesterasa en las propiedades organolépticas del mango en el cual el fruto, después de ser impregnado, presentó un aumento en la firmeza y una disminución en la resistencia al corte sin perder la calidad de sus propiedades organolépticas.

2.3 Colorimetría

2.3.1 Cromo y tono

Se evaluaron las coordenadas L^* (luminosidad), a^* (variación color rojo-verde) y b^* (variación color amarillo-azul), previo y posterior al proceso de impregnación. En la Tabla 2 se evidencia como para el carambolo los parámetros L^* y b^* presentaron una diferencia significativa ($p < 0.05$) derivando en un aumento de su luminosidad y un incremento hacia la tonalidad amarilla tras el proceso de impregnación. Por otro lado, la pitahaya presentó diferencias significativas tras la impregnación solamente en el parámetro b^* , lo que representa una disminución de la tonalidad amarilla. Finalmente, la manzana presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) tras la impregnación en L^* y a^* con tendencias a aumentar su luminosidad y disminuir la tonalidad amarilla. En contraparte, el parámetro b^* indicó un aumento despreciable de la tonalidad rojiza.

Respecto al croma, el carambolo y la manzana registraron los valores significativamente más altos mientras que la pitahaya presentó los significativamente más bajos ($p < 0.05$). Por otro lado, el proceso de impregnación no afectó significativamente a este parámetro lo que indica una tendencia a mantener la naturaleza viva de los colores de estos frutos (Padrón *et al.* 2012). De acuerdo con los valores de h_{ab} , los cuales indican el ángulo en el círculo cromático, respecto al eje que describe la coordenada a^* , se confirma la naturaleza de la tonalidad de cada color, previamente descrito siendo la pitahaya la única fruta con una tonalidad significativamente diferente a las demás.

2.3.2 Variación global del color

Los resultados mostrados en la Tabla II permiten afirmar que el proceso completo de fortificación no generó cambios de color en el snack obvios para al ojo humano ($1 < \Delta E^* < 4$) (Rao *et al.*, 2015). Teniendo en cuenta que para fortificar el fruto este es sometido a un secado y posteriormente rehidratado a través de la impregnación al vacío, se puede afirmar que el color del snack no se vio afectado por el proceso ya que no presentó diferencias apreciables con respecto a las frutas frescas. Pese a que no se evidencian diferencias significativas en las medidas de los valores de cambio de color en los tres snacks ($p < 0.05$), la manzana presentó el menor cambio entre los tres, por otra parte, el carambolo fue aquel que presentó la variación de color más alta.

Tabla II. Coordenadas CIELAB y propiedades colorimetría, según estado, por fruto.

	Estado	Carambolo	Pitahaya	Manzana
L^*	Seco	31.98 ^b \emptyset \pm 5.40	31.71 ^b \pm 10.09	58.22 ^a \emptyset \pm 5.90
	Fortificado	42.35 ^b \pm 3.01	23.40 ^c \pm 5.67	68.21 ^a \pm 4.02
a^*	Seco	9.62 ^a \pm 0.99	-0.03 ^b \pm 0.75	8.76 ^a \emptyset \pm 0.91
	Fortificado	8.52 ^a \pm 0.72	0.23 ^c \pm 2.28	5.15 ^b \pm 1.67
b^*	Seco	19.36 ^c \emptyset \pm 3.22	3.53 ^c \emptyset \pm 2.37	26.51 ^a \pm 0.78
	Fortificado	31.25 ^a \pm 2.32	0.47 ^b \pm 0.64	28.7 ^a \pm 4.66
C_{ab}^*	Seco	21.70 ^b \pm 2.62	3.60 ^c \pm 2.35	27.93 ^a \pm 0.62
	Fortificado	31.89 ^a \pm 3.05	2.07 ^b \pm 1.91	29.17 ^a \pm 4.87
$h_{ab}(\text{°})$	Seco	63.06 ^b \pm 5.70	97.52 ^a \pm 14.60	71.70 ^b \pm 2.09
	Fortificado	73.67 ^b \pm 1.10	135.50 ^a \pm 29.4	80.07 ^b \pm 1.93
ΔE	Fortificado	4.38 ^a \pm 1.34	3.36 ^a \pm 0.96	2.88 ^a \pm 1.00

Para una misma fila, valores que no contienen la misma letra presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en sus medias, de acuerdo con el test de Tukey.

Aquellos valores con el símbolo \emptyset presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) en sus medias, previo y posterior a la impregnación, de acuerdo con la prueba de múltiple rango de Tukey.

3. Biodisponibilidad de calcio (Ca²⁺)

Los resultados del proceso de digestión *in vitro* de cada uno de los snacks, expuestos en la tabla III, muestran que el índice de biodisponibilidad del calcio para el snack de carambolo fue de 35.27%, para la pitahaya de 60.89% y para la manzana de 36.84%. Estos valores representan un porcentaje de biodisponibilidad del calcio entre el 35% y 61% del valor máximo diario de ingesta recomendado el cual se corresponde con 1g. Los resultados muestran que no se presentaron diferencias significativas entre los índices de biodisponibilidad del calcio para el carambolo y la manzana. Sin embargo, la pitahaya presentó un índice de biodisponibilidad significativamente mayor. Asimismo, los resultados indican que el proceso de impregnación produjo un aumento significativo del contenido en calcio en los snacks. Estos resultados muestran el elevado potencial del desarrollo de snacks fortificados con las frutas evaluadas ya que, en comparación a los valores de concentración de calcio reportados en la literatura por cada 100g del fruto previo a impregnación, se obtuvo un aumento significativo en la concentración del micronutriente una vez impregnado. Lo anterior unido al hecho de que el proceso de impregnación no requiere de un alto costo económico permitiría la obtención de un producto accesible para las poblaciones vulnerables.

Tabla III. Concentración y porcentaje de biodisponibilidad de calcio, según fruto y estado

	Estado	Carambolo	Pitahaya	Manzana
Concentración de calcio [g Ca ²⁺ /100g fruto]	Seco	0.033	0.006	0.015
	Fortificado	2.31 ^{b, Ø} ± 0.066	2.69 ^{a, Ø} ± 0.086	2.36 ^{b, Ø} ± 0.016
% Biodisponibilidad	Fortificado	35.27% ^b ± 0.010	60.89% ^a ± 0.019	36.95% ^b ± 0.002

Para una misma fila, valores que no contienen la misma letra presentan diferencias estadísticamente significativas (p<0.05) en sus medias, de acuerdo con el test de Tukey.

Aquellos valores con el símbolo Ø presentan diferencias significativas (p<0.05) en sus medias, previo y posterior a la impregnación, de acuerdo con la prueba de múltiple rango de Tukey.

CONCLUSIONES

La implementación del proceso de impregnación a vacío en los frutos estudiados permitió desarrollar snacks cuyo valor nutricional favorece el aumento de la biodisponibilidad del calcio. De acuerdo con los índices de biodisponibilidad, se concluye que el snack que cumple mejor la función de contrarrestar la barrera nutricional es la pitahaya, el cual aporta 0.63 gramos de calcio (Ca²⁺) por porción. Los valores de humedad final de los snacks mostraron un comportamiento estándar, independiente del fruto, lo que favorecería a futuro aplicaciones generalizadas para su conservación. Lo anterior unido a los valores de pH inferiores a 3.7 y valores elevados de °Brix garantizan la prolongación de la vida útil del snack. Adicional, siendo las características organolépticas del snack muy similares a las presentes en el fruto fresco, se puede afirmar que los snacks desarrollados tienen una textura adecuada y un color agradable para el consumidor.

Bibliografía

- Amaya, S. Pacheco, S. *et al.* (2021). Formulation of a responsive *in vitro* digestion wall material, sensory and market analyses for chia seed oil capsules. *Journal of Food Engineering*. 296, 1-10.
- Aremua, A. Akinoso, R. (2014). Effect of Storage Condition and Duration on Selected Physical and Mechanical Properties of Star Apple Fruit Effect of Storage Condition and Duration on Selected Physical and Mechanical Properties of Star Apple Fruit (*Chrysophyllum* spp). *Journal of the Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago*. 42 (1), 33-39.
- Barat, J. Fito, P. *et al.* (2001). Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. *Journal of Food Engineering*. 49 (2-3), 77-85.

- Barrera, C. Betoret, N. *et al.* (2009). Effect of osmotic dehydration on the stabilization of calcium-fortified apple slices (var. Granny smith): influence of operating variables on process kinetics and compositional changes. *Journal of food Engineering*. (92), 416-424.
- Carciofit, B. Prat, M. *et al.* (2012) Dynamics of vacuum impregnation of apples: Experimental data and simulation results using a VOF model. *Journal of Food Engineering*. 113 (2), 337-343
- Contreras, C. (2006). Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de la manzana y fresa deshidratadas. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de alimentos. Pp 169.
- Cubillos, C. Isaza, H. (1999). Obtención de un producto glaseado y un producto osmodeshidratado de carambola (*Averrhoa Carambola L.*) en el piedemonte Caqueteño. Tesis (pregrado). Facultad de ingeniería de alimentos, Universidad de la Salle. Instituto amazónico de Investigaciones Científicas 'Sinchi'. Bogotá. Pp. 1-12, 30-34 y 54-60.
- García, C. Nieves, M. *et al.* (2013). Valores de referencia de hierro, yodo, zinc, selenio, cobre, molibdeno, vitamina C, vitamina E, vitamina K, carotenoides y polifenoles para la población venezolana. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(4), 338-361.
- Gonzales, D. Hernández, M. *et al.* (2001). Desarrollo del fruto e índices de cosecha de la carambola (*Averrhoa carambola L.*) producida en el piedemonte amazonico colombiano. *Agronomía Colombiana*. 18 (1-2), 7-13.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2019). Plataformas de monitoreo de la biodiversidad, primer paso para salvar el bosque de los mil colores. Colombia. Recuperado de <http://www.humboldt.org.co/es/noticias/parlotiando-humboldt/item/1505-plataformas-de-monitoreo-de-la-biodiversidad-primer-paso-para-salvar-el-bosque-de-los-mil-colores?highlight=YToxOntpOjA7czoxMDoiZW5kw6ltaWNhcyI7fQ>
- Kaddumukasa, P., Imathiu, S., *et al.* (2017). Influence of physicochemical parameters on stored stability: Microbiological quality of fresh unpausterized fruit juices. *Food Science and Nutrition Journal*. 5(6), 1098-1105.
- Luu T.T.H., Le, T.L., *et al.* (2021). Dragon fruit: A review of health benefits and nutrients and its sustainable development under climate conditions changes in Vietnam. *Czech J. Food Sci.* 39, 71-94.
- Mateus, M., Giustino, T, *et al.* (2016). Vacuum impregnation and drying of calcium-fortified pineapple snacks, *LWT - Food Science and Technology*. 72, 501-509
- Ministerio de Agricultura de Colombia. (2020). Las exportaciones agropecuarias totalizaron us\$4.483 millones y crecieron 2,9% entre enero y julio de 2020. Red de comunicaciones agropecuarias. Recuperado de: [https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/LAS-EXPORTACIONES-AGROPECUARIAS-TOTALIZARON-US\\$4-483-MILLONES-Y-CRECIERON-2,9-ENTRE-ENERO-Y-JULIO-DE-2020.aspx](https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/LAS-EXPORTACIONES-AGROPECUARIAS-TOTALIZARON-US$4-483-MILLONES-Y-CRECIERON-2,9-ENTRE-ENERO-Y-JULIO-DE-2020.aspx)
- Ministerio de Salud. (2018). Perfil Nacional Consumo de Frutas y Verduras Colombia. Colombia. Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/perfil-nacional-consumo-frutas-y-verduras-colombia-2013.pdf>
- Padrón, A., Padrón, M., *et al.* (2012). Determinación de color en epicarpio de tomates (*Lycopersicum esculentum*) con sistema de visión computarizada durante su maduración. *Agronomía Costarricense*. 36(1), 97-111.
- Pettifor, J. (2008). Vitamin D &/or calcium deficiency rickets in infants & children: a global perspective. *Indian J Med Res* 127(3). 245-249.
- Pushpendra, K. Shruti, S. *et al.* (2018). Nutritional characterization of apple as a function of genotype. *Journal of Food Science and Technology*. 55(7). 2729-2738.
- Rangel, J. O. (2005). La biodiversidad de Colombia. *Palimpsestvs*, (5). Recuperado a partir de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/palimpsestvs/article/view/8083>
- Rao, M. Syed, S. *et al.* (2005). Colorimetric Properties of Foods En Engineering properties of food, editado por: Rao, M., Rizvi, S., Datta, A., Ahmed, J., CRC Press, 703-726
- Sereno, A., Silva, M., *et al.* (2007). Determination of Particle Density and Porosity in Foods and Porous Materials with High Moisture Content. *International Journal of Food Properties*. 10 (3). Pp. 455-469.
- Shafiee, S. Minaee, S., *et al.* (2009). Moisture Dependent Physical Properties of Dragon's Head Seeds (*Lallemantia ibérica*). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 11, 1-10.
- Shen, Y. (2017). Effect of vacuum impregnation and High pressure in Osmotic Dehydration and Air Drying on Physicochemical properties of Mango (*Mangifera indica*) Cubes- Maturity Stage 1. Wageningen University and Research. Food Quality and Design Department.
- Serpa, A. Vélez, L. *et al.* (2016). Compuestos de hierro para la fortificación de alimentos: El desarrollo de una estrategia nutricional indispensable para países en vía de desarrollo. *Acta Agronómica*, 65 (4). P 340- 353

- Tupikina, O. Minaar, S, *et al.* (2013). Determining the effect of acid stress on the persistence and growth of thermophilic microbial species after mesophilic colonisation of low-grade ore in a heap leach environment. *Minerals Engineering*. 53. Pp 152-150
- Valero, C. Crisosto, C. *et al.* (2007). Relationship between nondestructive firmness measurments and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. *Postharvest Biology and Technology Journal*. 44 (3). Pp. 248-253.
- Vicente, A. Saladié, M. *et al.* (2007). The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: looking to the future. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. (87). Pp. 1435-14