

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Desarrollo y caracterización de productos extruidos elaborados con harina de maíz y de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K).

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y
SEGURIDAD ALIMENTARIA

ALUMNO/A: Lucas Olaya Vañó
TUTOR/A ACADEMICO: Eva García Martínez
COTUTOR/A: Gemma Moraga Ballesteros

Curso Académico: 2018/2019

VALENCIA, Enero 2019

DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE PRODUCTOS EXTRUIDOS ELABORADOS CON HARINA DE MAÍZ Y DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes* H.B.K).

Lucas Olaya Vañó, Gemma Moraga Ballesteros^{2,3}, Eva García-Martínez^{1,3}

RESUMEN

La extrusión es un proceso tecnológico versátil y de bajo coste empleado en la industria alimentaria para la elaboración de distintos alimentos, entre ellos los productos tipo “snack”. La mayoría de estos productos están elaborados a partir de materias primas como el maíz o el trigo, y suelen caracterizarse por tener un alto contenido de almidón, pero un bajo de vitaminas y minerales. En este sentido, incorporar fruta en este tipo de productos extruidos podría mejorar su calidad nutricional y su atractivo de cara al consumidor. El chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K) es un fruto tropical que se caracteriza por su alto contenido de proteínas, fibra, minerales, aminoácidos esenciales y compuestos bioactivos. El objetivo de este trabajo fue desarrollar nuevos productos extruidos de alto valor nutritivo y funcional a partir de harina de maíz y de chontaduro en distintas proporciones (0, 25 y 50%). Se realizó una caracterización fisicoquímica, nutritiva y funcional de las harinas de partida y de los productos extruidos obtenidos. También se estudiaron algunos parámetros físicos de calidad de los productos extruidos como son el color y las propiedades mecánicas. Los resultados mostraron que la incorporación de chontaduro para la formulación de productos extruidos mejoró el valor nutricional y funcional, aportando mayor contenido en proteínas, fibra, grasa y en compuestos bioactivos (compuestos fenólicos y vitamina C) que los obtenidos a partir de maíz, lo que contribuyó a aumentar su actividad antioxidante. Además estos productos presentaron un color más puro, un tono más anaranjado y su característico carácter crujiente.

Palabras clave: chontaduro, extrusión, bioactivos, actividad antioxidante, color, propiedades mecánicas.

RESUM

L'extrusió és un procés tecnològic versàtil i de baix cost empleat en la indústria alimentària per a l'elaboració de diferents aliments, entre ells els productes tipus “snack”. La majoria d'aquests productes estan elaborats a partir de matèries primes com la dacsa o el blat, i solen caracteritzar-se per tindre un alt contingut de midó, però un baix de vitamines i minerals. En aquest sentit, incorporar fruita en aquest tipus de productes extruïts podria

¹ Grupo de Investigación e Innovación Alimentaria (CUINA).

² Grupo de Investigación de Microestructura y Química de los Alimentos (MIQUALI).

³ Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n. 46022. Valencia.

millorar la seua qualitat nutricional i el seu atractiu de cara al consumidor. El chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K) és un fruit tropical que es caracteritza pel seu alt contingut de proteïnes, fibra, minerals, aminoàcids essencials i compostos bioactius. L'objectiu d'aquest treball va ser desenrotllar nous productes extruïts d'alt valor nutritiu i funcional a partir de farina de dacsa i de chontaduro en distintes proporcions (0, 25 i 50%). Es va realitzar una caracterització fisicoquímica, nutritiva i funcional de les farines de partida i dels productes extruïts obtinguts. També es van estudiar alguns paràmetres físics de qualitat dels productes extruïts com són el color i les propietats mecàniques. Els resultats van mostrar que la incorporació de chontaduro per a la formulació de productes extruïts va millorar el valor nutricional i funcional, aportant major contingut en proteïnes, fibra, greix i en compostos bioactius (compostos fenòlics i vitamina C) que els obtinguts a partir de dacsa, la qual cosa va contribuir a augmentar la seua activitat antioxidant. A més aquests productes van presentar un color més pur, un to més ataronjat i el seu característic caràcter cruixent.

Paraules clau: chontaduro, extrusió, bioactius, activitat antioxidant, color, propietats mecàniques.

ABSTRACT

The extrusion process is a versatile and low-cost technological operation used in the food industry for the production of different foods, including snack products. Most of these products are made using corn or wheat, which are usually characterized by their high content in starch, but low in vitamins and minerals. In this sense, fruit incorporation in this type of extruded products could improve their nutritional quality and their attractiveness to the consumer. Peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K) is a tropical fruit with high content of proteins, fiber, minerals, essential amino acids and bioactive compounds. The objective of this work was to develop new extruded products of high nutritional and functional value from corn and peach palm flours in different proportions (0, 25 and 50%). In this study, a physicochemical, nutritional and functional characterization of the flours and the obtained extruded products was performed. Some physical quality parameters of the extruded products such as color and mechanical properties were also studied. The results showed that the incorporation of peach palm in the formulation of extruded products improved the nutritional and functional value, contributing to a higher content in proteins, fiber, fat, bioactive compounds (phenolic compounds and vitamin C) and antioxidant capacity than those obtained using only corn. In addition, these products presented a purer color, a more orange tone and its characteristic crunchy character.

Keywords: Peach palm, extrusion, bioactive, antioxidant capacity, color, mechanical properties.

INTRODUCCION

En la actualidad, son diversos los países en vías de desarrollo que dada su situación socioeconómica presentan una dieta inadecuada en su población, siendo principalmente preocupante el caso de la población infantil. En el caso específico de Colombia, según los últimos datos publicados en la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional correspondiente al año 2015 (ICBF, 2015) presentó un 3,7% de desnutrición en menores de 5 años, siendo la región Atlántica la que alcanzó un mayor porcentaje de desnutrición (5,2%). Además, 7 de cada 100 menores en edad escolar presentaron desnutrición crónica. En los indígenas, 30 de cada 100 menores presentaron este mismo problema, mientras que esta situación se extiende a 11 de cada 100 niños en los hogares más pobres del país.

Son muchos los estudios que han demostrado que el consumo de frutas y verduras pueden reducir el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles, como es el caso de ciertos tipos de cáncer y de enfermedades cardiovasculares (Temple, 2000). En este sentido, muchas investigaciones han indicado que el consumo de fruta en la infancia puede proteger contra la aparición del cáncer en la edad adulta (Maynard, 2003). Existe además una creciente evidencia de que los niños que regularmente consumen frutas y verduras como parte de su dieta son menos vulnerables a una diversa variedad de enfermedades infantiles (Antova, 2003).

El chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K) es una planta de la familia de las arecáceas (palmeras) que llega a medir 20 metros de alto y crece en zonas tropicales y subtropicales de América. El fruto, conocido por el mismo nombre, tiene un gran valor nutricional y ha sido cultivado desde hace 2000 años por los aborígenes latinoamericanos que lo utilizan como fuente de alimento, siendo parte fundamental de la dieta básica de la costa pacífica de Colombia. Se caracteriza por su alto contenido de proteínas, fibra, minerales, aminoácidos esenciales y compuestos bioactivos como el β -caroteno y un bajo contenido en azúcar (Fernández et al., 1995). Por otra parte, su contenido de grasa hace de esta fruta una fuente importante de energía (Leterme et al., 2005). Además de su consumo en fresco, a partir de este fruto se puede obtener aceite de chontaduro y harina.

La extrusión es un proceso muy importante en la industria alimentaria ya que abarca una amplia gama de productos como cereales para el desayuno, pasta, comida para bebés o snacks. Este proceso de extrusión no solo minimiza el coste de producción sino que consigue una productividad más elevada que otros procesos de cocción, combinando así eficiencia energética y versatilidad (Ficarella et al., 2004).

El consumo de alimentos “listos para comer”, como es el caso de los snacks, aumenta cada vez más debido a su facilidad de consumo y almacenamiento y ya forma parte de la vida cotidiana de los niños, siendo la confitería, galletas y snacks salados (incluidas las patatas fritas y los snacks extruidos) los más consumidos (Potter et al., 2013). La mayoría de los snacks están elaborados a partir del almidón de productos como el maíz, el

trigo, el arroz, la avena y la patata. Estos productos tienen un alto contenido de almidón, pero un bajo valor nutricional en términos de vitaminas, minerales, aminoácidos y fibra. Además, existe una relación constatada entre la ingesta de snacks y la omisión de comidas durante el día (Graaf, 2006). Esta omisión de comidas tiene un efecto negativo sobre el estado de ánimo y el comportamiento, existiendo también una relación entre los niveles de obesidad en niños y su incidencia en saltarse el desayuno (Wolfe et al., 1994). Por todo ello, el consumidor exige unos snacks que no solo satisfagan el hambre, sino que sean bajos en grasa y ricos en fibra, vitaminas y minerales. Este movimiento hacia snacks más saludables está impulsando a los fabricantes a dejar de utilizar los productos tradicionales ricos en almidón como son el maíz o el trigo hacia unas formulaciones más saludables. Esto podría conseguirse mediante la incorporación de ingredientes provenientes de frutas y verduras (Vitaglione et al., 2008), como es el caso del chontaduro.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar nuevos productos en forma de snacks extruidos de alto valor nutritivo y funcional a partir de harina de maíz y de chontaduro, en vistas a una mejora en la alimentación de la población infantil de Colombia. Para ello se realizó una caracterización tanto de las harinas como de los snacks obtenidos, mediante análisis de cenizas, humedad, proteínas, fibra, grasa, compuestos bioactivos (fenoles totales, β -caroteno, licopeno, vitamina C) y actividad antioxidante. También se estudiaron algunos parámetros físicos de calidad de los productos extruidos, como el color y las propiedades mecánicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Para la realización de este estudio se utilizó harina de maíz (DACSA, Valencia, España) y harina de chontaduro (procesada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, Colombia). Esta harina fue obtenida a partir del fruto deshuesado y triturado, el cual se secó por aire caliente a 50°C durante 10 horas, empleando un secador de bandejas con una velocidad del aire de 7,62 m/s.

Proceso de extrusión

Antes de la extrusión, la harina de maíz se mezcló manualmente con la harina de chontaduro en proporción 100:0, 75:25 y 50:50 (p/p). A los productos extruidos a partir de estas mezclas se les denominó Snack 1, Snack 2 y Snack 3, respectivamente. Para la extrusión se utilizó un equipo extrusor (Kompakt extruder KE19/25, Brabender GmbH & Co. KG, Duisburg, Alemania), equipado con un tornillo de dimensiones 1:3 a una velocidad de 150 rpm, una velocidad del alimentador de 20 rpm y una boquilla de 3 mm de tamaño. El proceso de extrusión se llevó a cabo a través de 4 secciones, cuyas condiciones fueron variando hasta que se alcanzaron las temperaturas óptimas en cada sección: 40°C para la sección 1, 73°C para la

sección 2, 174°C para la sección 3, 178°C para la sección 4, y una presión de 133,9 bar. A continuación, los productos extruidos se cortaron a una longitud de 4 cm, y se sometieron a secado por aire caliente a una temperatura de 60 °C (Estufa HSRS, Selecta, Barcelona, España) hasta obtener un producto con una humedad alrededor de 5% (Jardim et al., 2016). Posteriormente se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se almacenaron en bolsas dentro de cámaras herméticas con humedad controlada. Los análisis se realizaron a las 24 horas de la elaboración de los snacks.

Determinaciones analíticas

Las harinas de maíz, de chontaduro y los productos extruidos se caracterizaron en cuanto a sus principales características nutritivas, compuestos bioactivos y actividad antioxidante. Además, a los productos extruidos se les midieron sus propiedades ópticas y mecánicas. Todos los análisis se realizaron como mínimo por triplicado. La metodología empleada para los análisis se describe a continuación.

CENIZAS

La determinación de cenizas se efectuó por calcinación a 550°C (método AOAC 923.03, 1990) empleando un horno mufla modelo 367-PE (JP Selecta) hasta la obtención de cenizas blancas. Los resultados se expresaron como g de cenizas/100 g materia seca.

HUMEDAD (x_w)

El contenido en agua de las muestras se obtuvo mediante el método gravimétrico (AOAC 20.013, 2000), para ello se colocó un peso conocido de muestra en una estufa (Vaciotem, J.P. Selecta, España) a 60 ± 1 °C y a una presión <100 mm Hg con el fin de determinar la pérdida de agua hasta alcanzar peso constante (balanza analítica Mettler Toledo Inc., Barcelona, España). Los resultados se expresaron como g de agua/100 g de muestra.

PROTEÍNAS

El análisis del contenido de proteínas se realizó según el método de Kjeldahl (AOAC 928.08, 1990), que consta de 3 etapas: digestión, destilación y valoración. El método consiste en el análisis del contenido en nitrógeno total y la aproximación al contenido de proteínas multiplicando por un factor de conversión que depende del tipo de muestra. Los resultados se expresaron como g de proteína/100 g de materia seca.

FIBRA

La determinación del contenido en fibra cruda se realizó según el método Weende (AOAC 962.09, 1990). La muestra desengrasada, se digirió durante 30 min con soluciones sucesivas de ácido sulfúrico 0.255 N e hidróxido de

potasio 0.313N. El residuo obtenido se separó por filtración empleando un embudo Buchner y papel filtro Whatman No. 541, se lavó con agua destilada, se secó en estufa (J.P. Selecta, España), se pesó y se calcinó en un horno mufla (modelo 367-PE, JP Selecta) a 500°C durante 3 h. La pérdida de peso debida a la calcinación corresponde a la fibra cruda de la muestra.

GRASA

La determinación del contenido en grasa se realizó mediante una extracción directa con éter en un extractor tipo Soxhlet según el protocolo de la A.O.A.C., 960.39 (1990). Se realizó una extracción directa de la materia grasa con éter de petróleo en un extractor continuo tipo Soxhlet.

HIDRATOS DE CARBONO

La determinación de hidratos de carbono se realizó por diferencia según las recomendaciones de la FAO y la OMS (2003), a partir de los resultados obtenidos en las determinaciones de grasa, cenizas, proteína, humedad y fibra, según ecuación 1:

$$\text{Hidratos de carbono (\%)} = 100 - (\text{Grasa} + \text{Cenizas} + \text{Proteína} + x_w + \text{Fibra})$$

(Ec. 1)

FENOLES TOTALES

La determinación de los fenoles totales se realizó por espectrofotometría mediante el ensayo Folin-Ciocalteu (Benzie y Strain, 1997; Selvendran y Ryden, 1990). La extracción de los compuestos fenólicos se realizó mezclando 1 g de muestra con 9 mL de una disolución de metanol: agua (70:30, v/v), según estudios previos (Farinha, 2014). Se midió la absorbancia a 765 nm con un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, EEUU). Para cuantificar los fenoles totales se prepararon disoluciones de diferentes concentraciones de ácido gálico. Los resultados se expresaron como mg ácido gálico/100 g materia seca.

COMPUESTOS CAROTENOIDES (β -CAROTENO Y LICOPENO)

La determinación de β -caroteno y licopeno se llevó a cabo mediante espectrofotometría según el método AOAC (1996). Para su extracción se utilizó como disolvente una mezcla de hexano:acetona:etanol (50:25:25) según la metodología descrita por Olives et al. (2006). Se midió la absorbancia a 501 nm para el licopeno y a 446 nm para el β -caroteno mediante un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, USA). Los resultados se expresaron como mg de β -caroteno/100 g de materia seca y mg de licopeno/100g de materia seca.

VITAMINA C

Para la determinación de la vitamina C, se realizó una reducción del ácido dehidroascórbico a ácido ascórbico con el reactivo DL-ditiotreitol, tomando como referencia el procedimiento de Sánchez-Mata et al. (2000) y Sánchez-Moreno et al. (2003). Su cuantificación se realizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) según Xu et al. (2008). Se empleó un equipo HPLC (Jasco, Italia) con una bomba ternaria (Jasco PU-1580 HPLC pump), un generador de gradiente (LG-1580-02 Ternary Gradient Unit) y un detector UV-visible (MD-1510), con un intervalo de medida de longitud de onda de 190 hasta 650 nm. Además el equipo cuenta con un desgasificador incorporado y un inyector automático. Se empleó una columna Zorbax SB-C18 de 5 µm (4,6 x 25 mm), junto con una precolumna (C18 Teknokroma). Como fase móvil se empleó ácido oxálico (0,1%) con un flujo de 1 mL/min a 25 °C. Se inyectaron 20 µL de muestra y se midió la absorbancia a 243 nm. La vitamina C fue identificada por su tiempo de retención y cuantificada por integración de las áreas de los picos obtenidos de los cromatogramas usando ácido ascórbico como patrón. Los resultados se expresaron como mg ácido ascórbico/100 g materia seca.

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante viene determinada por interacciones antagonistas o sinergistas entre las diferentes sustancias que muestran esta actividad (Palomino et al., 2009), así como por el modo de acción concreto de cada una de ellas. Los métodos más comúnmente usados y los que se han empleado en este estudio, son el análisis de la captación de radicales libres por parte de las sustancias antioxidantes que contiene la muestra (DPPH) y el análisis de la capacidad de reducción de metales (FRAP). La actividad antioxidante se midió en los extractos hidrofílico (EH) y lipofílico (EL) obtenidos para la cuantificación de fenoles y compuestos carotenoides, respectivamente.

Para la realización del método DPPH se siguió como referencia el protocolo de Brand-Williams et al. (1995) y Sánchez-Moreno et al. (2003). Se midió la absorbancia de las muestras a 515 nm a tiempo inicial y a los 15 minutos cuando la reacción se estabilizó (Espectrofotómetro Thermo Electron Corporation, EEUU). Se calculó el % DPPH según la ecuación 2:

$$\% \text{ DPPH} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}})}{A_{\text{control}}} * 100 \quad (\text{Ec.2})$$

Dónde: A_{control} = Absorbancia a tiempo 0; A_{muestra} = Absorbancia a tiempo 15 minutos.

Por otro lado, se realizó una recta de calibrado con trolox que permitió expresar el porcentaje de inhibición del DPPH de forma cuantitativa (mMoles de trolox equivalente /100 g de materia seca).

Para la realización del método FRAP se utilizaron como referencia los protocolos de Benzie y Strain (1996); Pulido et al. (2000) y Thaipong et al. (2006). El método consiste en la capacidad que tiene la muestra para reducir un complejo hierro (III) con la molécula tripiridil-s-triazina (TPTZ) a su forma de hierro (II). Se midió la absorbancia a 593 nm (Espectrofotómetro Thermo Electron Corporation, EEUU). Los resultados se expresaron como mMoles de trolox equivalente /100 g de materia seca, usando una curva de calibración de trolox.

PROPIEDADES MECÁNICAS

Para la medición de las propiedades mecánicas se realizó un ensayo de compresión utilizando un texturómetro TA-XT Plus (Stable Microsystem, Ltd., Godalming, England, UK) dotado del programa TextureExponent Lite 32 (versión 6.1.4.0, Stable Microsystems). La velocidad del test fue de 1 mm/s, con una compresión del 40%, utilizándose una sonda cilíndrica de 50 mm de diámetro. Posteriormente, a partir de las curvas fuerza-% de deformación obtenidas, se determinaron los parámetros fuerza máxima, área y número de picos de fractura mediante 6 mediciones distintas para cada muestra.

PROPIEDADES ÓPTICAS

Para la medición de las propiedades ópticas, se utilizó un espectrofotómetro CM-2600d realizando 6 mediciones distintas para cada muestra. Utilizando como referencia el iluminante D65 y un ángulo de observación de 10° se obtuvieron las coordenadas CIE L*a*b* y los atributos de color croma (C*), tono (h*) y diferencia de color (ΔE^*), empleando las ecuaciones 3, 4 y 5, respectivamente.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Ec.3})$$

$$h^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Ec.4})$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (\text{Ec.5})$$

Dónde: ΔL^* , Δa^* y Δb^* corresponden a la diferencia entre los valores de L*a*b* de las formulaciones 2 y 3 de snacks respecto a la formulación 1.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el programa Statgraphics Centurion XVII, realizando un análisis de la varianza simple (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las harinas

En las tabla 1 y 2 se muestra la caracterización proximal y los principales compuestos bioactivos, respectivamente, de las harinas de maíz y de chontaduro empleadas en la elaboración de los productos extruidos.

TABLA 1. Caracterización proximal (valores medios \pm desviación estándar) de las harinas de maíz y de chontaduro. Resultados expresados en g/100 g materia seca.

	Harina de maíz	Harina de chontaduro
Humedad	5,2 \pm 0,2 ^b	2,66 \pm 0,18 ^a
Cenizas	0,29 \pm 0,05 ^a	1,34 \pm 0,09 ^b
Proteínas	5,91 \pm 0,09 ^b	4,21 \pm 0,14 ^a
Fibra cruda	7,78 \pm 0,14 ^a	8,67 \pm 0,12 ^b
Grasa	0,60 \pm 0,14 ^a	17,1 \pm 0,9 ^b
Hidratos de carbono	80,1 \pm 0,4 ^b	66,2 \pm 0,8 ^a

^{a,b} Letras diferentes como superíndices en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras

En general podemos observar que la harina de chontaduro se caracterizó por poseer valores significativamente mayores ($p < 0,05$) de materia inorgánica, lípidos y fibra que la harina de maíz, mientras que su contenido en humedad, hidratos de carbono y proteínas fue menor ($p < 0,05$). En general el contenido de macronutrientes del chontaduro fue similar al declarado por otros autores (Escobar, et al., 2016). Hay que resaltar que el valor nutricional del chontaduro es elevado comparado con otras frutas. Así, destaca la calidad biológica de su proteína debido al aporte de aminoácidos esenciales (Gonzales et al., 2002). Es importante tener en cuenta también que su alto contenido de hidratos de carbono, principalmente almidón, hace que resulte interesante para elaborar productos por extrusión (Leterme et al., 2005). En cuanto a la fracción lipídica del chontaduro, se divide en ácidos grasos mono y poliinsaturados y es comparable a la composición del aceite de oliva (Restrepo et al., 2012). Entre los ácidos grasos poliinsaturados se encuentran el omega 3 y el 6, entre otros, que son esenciales para el organismo (Restrepo et al., 2012).

Con respecto a los compuestos bioactivos analizados (Tabla 2), se observó que la cantidad de fenoles totales presentes en la harina de chontaduro fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que en la harina de maíz. En bibliografía se han encontrado estudios con valores que van de 23-108 mg ácido gálico/100 g (Martínez-Girón et al., 2017; Rojas-Garbanzo et al., 2011). Las diferencias observadas en el contenido en compuestos fenólicos del chontaduro respecto a los valores encontrados en bibliografía, puede deberse a la distinta variedad del fruto y a las condiciones climáticas de la región geográfica de su cultivo (Martínez-Girón et al., 2017). En cuanto al contenido en compuestos carotenoides, el chontaduro se caracteriza por ser

un fruto con alto contenido de β -caroteno o precursor de vitamina A, seguido de licopeno y pigmentos del grupo de las xantofilas. Así, Rojas-Garbanzo et al., (2011) identificó nueve carotenoides diferentes en el fruto de chontaduro procedente de Costa Rica, siendo el mayoritario el isómero trans- β -caroteno. Estas sustancias son las que proporcionan el color anaranjado-rojizo de la pulpa (Graefe et al., 2013) y poseen elevada capacidad antioxidante. En el fruto su contenido puede oscilar entre 0,4-22 mg β -caroteno/100 g (Jatunov et al., 2010) dependiendo de la variedad de *B. gasipaes*. En nuestro estudio, aunque en una menor proporción, también se encontró licopeno en la harina de chontaduro ($0,31 \pm 0,06$ mg/100 g materia seca).

Por su parte la harina de maíz presentó un contenido en β -caroteno significativamente menor ($p < 0,05$) y no se detectó licopeno. En general, el contenido de carotenoides en los cereales es pequeño, siendo los mayoritarios del maíz la zeaxantina y la β -criptoxantina (Medallo y Hornero, 2017). Mientras que no se detectó vitamina C en la harina de maíz, la harina de chontaduro sí que destacó por su contenido, mostrando valores similares e incluso superiores al de otras frutas (Contreras et al., 2011; Luximon-Ramma et al., 2003).

TABLA 2. Valores medios \pm desviación estándar de los compuestos bioactivos analizados en la harina de maíz y de chontaduro. Resultados expresados en base seca (bs).

	Harina de maíz	Harina de chontaduro
Fenoles Totales (mg ácido gálico/100 g bs)	50 \pm 4 ^a	101 \pm 3 ^b
β-caroteno (mg /100g bs)	0,67 \pm 0,08 ^a	9,6 \pm 0,5 ^b
Licopeno (mg /100g bs)	nd	0,31 \pm 0,06
Vitamina C (mg ácido ascórbico/100g bs)	nd	46 \pm 0

^{a,b} Letras diferentes como superíndices en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras
nd No detectado

En las Figuras 1 y 2 se presentan los valores obtenidos de la capacidad antioxidante del extracto EH y EL. Para estimar la capacidad antioxidante total de las muestras, se sumaron las actividades antioxidantes de los extractos EH y EL para cada muestra (Pérez-Jiménez et al., 2008). Puesto que la actividad antioxidante de una muestra es debida a reacciones sinérgicas entre distintos compuestos (vitaminas, polifenoles, minerales, compuestos de Maillard...), es recomendable emplear más de un método para medir correctamente dicha actividad (Thaipong et al., 2006). Los métodos elegidos en este estudio (el método FRAP basado en la capacidad de reducción férrica, y el método DPPH, basado en el potencial captador de radicales libres de este reactivo) son los recomendados por distintos autores (Ozgen et al., 2007). En cualquier caso, las comparaciones entre resultados de capacidad antioxidante solo se pueden realizar para un mismo método y para muestras obtenidas con los mismos disolventes (Pérez-Jiménez et al., 2008).

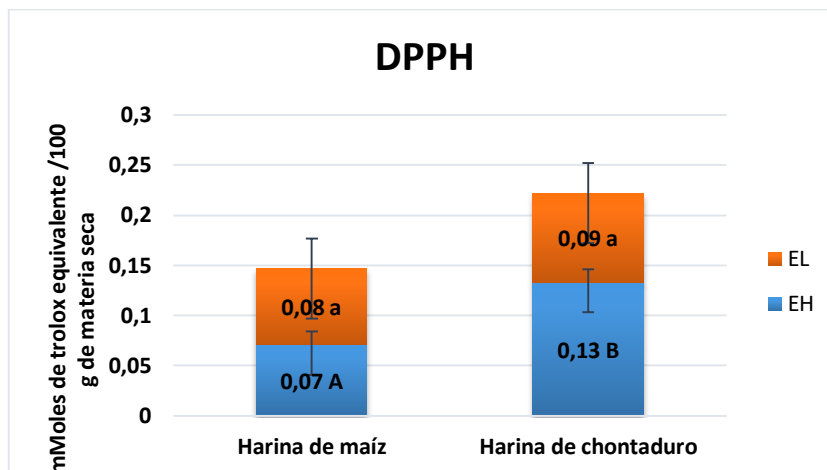


Figura 1. Capacidad antioxidante total de las muestras harina de maíz y de chontaduro medida por el método DPPH. Se representa en cada barra la suma de la capacidad antioxidante obtenida para el extracto hidrofílico (EH) y lipofílico (EL). Las letras diferentes corresponden a las medias que difieren significativamente ($p < 0,05$). Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras en EH y letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras en EL.

Se puede observar como en ambos métodos, la fracción hidrosoluble de ambas muestras presentó mayor actividad antioxidante que la fracción liposoluble. Esto parece lógico, porque el contenido en fenoles fue mucho mayor que el contenido en carotenoides para las dos harinas. Además, se observa que la harina de chontaduro presentó una actividad antioxidante total significativamente mayor ($p < 0,05$) en ambos métodos de análisis, lo cual concuerda con los valores obtenidos en la tabla 2, dado que la harina de chontaduro presentó un contenido significativamente mayor ($p < 0,05$) de compuestos bioactivos responsables de su actividad antioxidante.

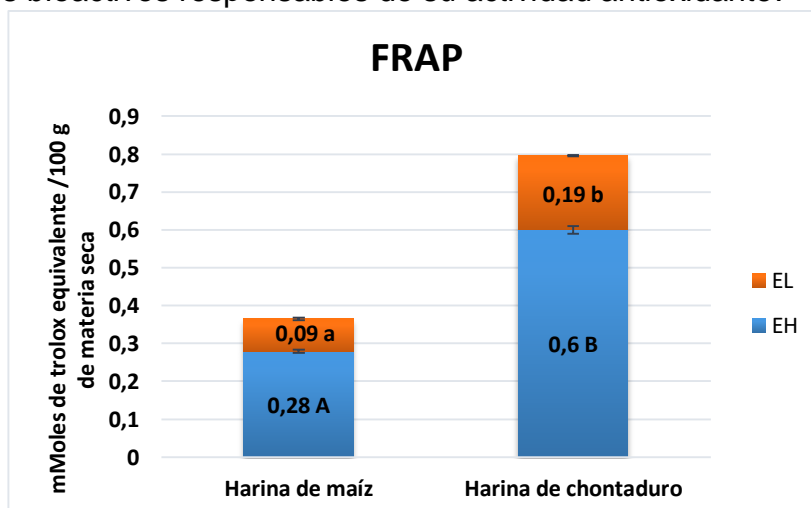


Figura 2. Capacidad antioxidante total de las muestras harina de maíz y de chontaduro medida por el método FRAP. Se representa en cada barra la suma de la capacidad antioxidante obtenida para el extracto hidrofílico (EH) y lipofílico (EL). Las letras diferentes corresponden a las medias que difieren significativamente ($p < 0,05$). Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras en EH y letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras en EL.

Caracterización de los productos extruidos

En la tabla 3 se muestra la caracterización proximal de las tres formulaciones de productos extruidos elaborados.

TABLA 3. Caracterización proximal (valores medios \pm desviación estándar) de las diferentes formulaciones de productos extruidos.

Muestra	Snack 1	Snack 2	Snack 3
Humedad	4,76 \pm 0,06 ^b	5,09 \pm 0,15 ^c	4,47 \pm 0,08 ^a
Cenizas	0,45 \pm 0,07 ^a	0,48 \pm 0,12 ^a	0,669 \pm 0,005 ^b
Proteínas	6,459 \pm 0,113 ^a	6,0 \pm 0 ^a	6,089 \pm 0,114 ^a
Fibra	7,6 \pm 0,2 ^a	7,83 \pm 0,13 ^a	8,27 \pm 0,113 ^b
Grasa	0,21 \pm 0,05 ^a	1,7 \pm 0,2 ^b	2,9 \pm 0,3 ^c
Hidratos de Carbono	80,48 \pm 0,02 ^c	78,8 \pm 0,2 ^b	77,7 \pm 0,4 ^a

^{a,b,c} Letras diferentes como superíndices en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras

Los productos extruidos obtenidos a partir de la mezcla de harinas de maíz y chontaduro, alcanzaron una humedad en el rango de 4,5-5 g agua/100 g. Este valor fue similar al alcanzado en el procesado de otros productos extruidos a base de maíz (Jardim et al., 2016). No se apreciaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el contenido de proteínas entre las distintas formulaciones de snacks, pero sí en el contenido de fibra y grasa donde la formulación 3 presentó valores significativamente mayores ($p > 0,05$). Cabe destacar como, en general, se observó que el valor nutricional de los productos aumentó al aumentar la proporción de harina de chontaduro, obteniéndose valores por encima de los habituales en este tipo de productos (Carbonell et al., 2014; Salinas, 2011).

En la Tabla 4 se presentan los valores obtenidos de los compuestos bioactivos analizados en los productos extruidos. En lo que respecta a la cantidad de fenoles totales, los valores oscilaron entre 51-60 mg ácido gálico/100 g de muestra seca, observándose un ligero aumento ($p > 0,05$) con la adición de chontaduro en la formulación del producto. En general, los productos extruidos presentaron un contenido en fenoles similar a la harina de maíz y menor al presentado por la harina de chontaduro. Distintos estudios han observado la disminución del contenido en compuestos fenólicos causada por el proceso de extrusión (Sharma et al., 2012). Los fenoles son sustancias termolábiles y temperaturas por encima de 80 °C pueden destruir o alterar su naturaleza (Zielinsky et al., 2001; Sarawong et al., 2014). En cualquier caso, estos valores fueron superiores a los descritos en otros estudios del contenido fenólico de snacks extruidos a partir de mezclas de cereales (Sharma et al., 2012).

TABLA 4. Valores medios \pm desviación estándar de los compuestos bioactivos analizados de las diferentes formulaciones de productos extruidos. Resultados expresados en base seca (bs).

Muestra	Snack 1	Snack 2	Snack 3
Fenoles totales (mg ácido gálico/100 g bs)	52 \pm 5 ^a	58 \pm 5 ^a	60 \pm 5 ^a
β-caroteno (mg /100g bs)	nd	nd	nd
Licopeno (mg /100g bs)	nd	nd	nd
Vitamina C (mg ácido ascórbico/100g bs)	nd	28 \pm 0 ^a	32 \pm 2 ^a

^{a,b,c} Letras diferentes como superíndices en la misma fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras
nd No detectado

El proceso de extrusión ocasionó pérdidas en los compuestos carotenoides analizados, no detectándose ni β -caroteno ni licopeno en ninguna de las formulaciones del producto extruido. La inestabilidad de los carotenoides se debe al hecho de que son compuestos altamente insaturados, degradándose fundamentalmente debido a procesos oxidativos (Salinas et al., 2008). Se encontraron cantidades de vitamina C de entre 28-32 mg ácido ascórbico/ 100 g muestra seca en las formulaciones 2 y 3 con harina de chontaduro.

En las figuras 3 y 4 se presentan para las diferentes formulaciones de snacks los valores obtenidos de la capacidad antioxidante total por los dos métodos de utilizados, DPPH y FRAP, respectivamente.

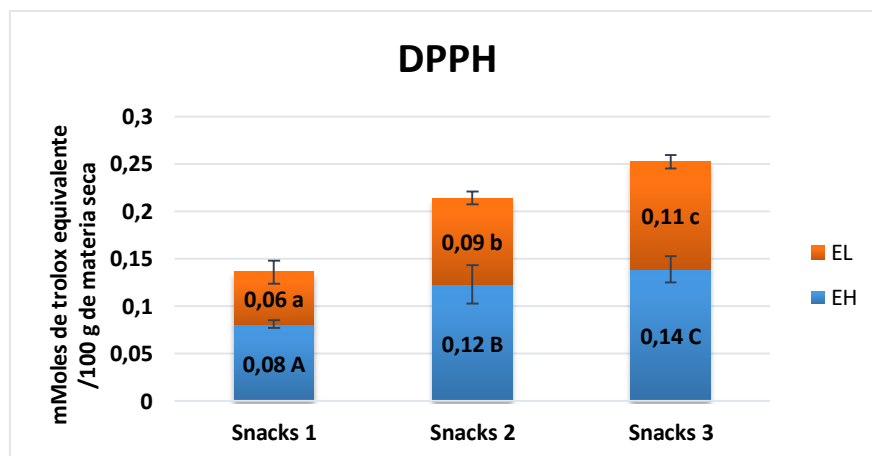


Figura 3. Capacidad antioxidante total de las diferentes formulaciones de snacks medida por el método DPPH. Se representa en cada barra la suma de la capacidad antioxidante obtenida para el extracto hidrofílico (EH) y lipofílico (EL). Las letras diferentes corresponden a las medias que difieren significativamente ($p < 0,05$). Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras en EH y letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras en EL.

Al igual que sucedía con las materias primas, para los productos extruidos la fracción hidrosoluble presentó mayor actividad antioxidante que la fracción liposoluble, tanto por DPPH como por FRAP. Además, en general, los valores de la actividad antioxidante total en ambos métodos

aumentaron significativamente ($p < 0,05$) a medida que aumentó el porcentaje de harina de chontaduro en las distintas formulaciones de snacks, siendo la formulación 3 la que presentó valores significativamente mayores ($p < 0,05$). Estos resultados concuerdan con los valores presentados en la tabla 4, donde observamos que, a medida que aumenta el porcentaje de harina de chontaduro en los snacks, también lo hace la cantidad de fenoles totales y vitamina C. A pesar de no detectarse compuestos carotenoides en la fracción liposoluble de los productos extruidos, otros compuestos no cuantificados en este estudio pueden estar contribuyendo a la actividad antioxidante de los extractos lipofílicos de las muestras, como puede ser el caso de la vitamina E o tocoferol (Graefe et al., 2013).

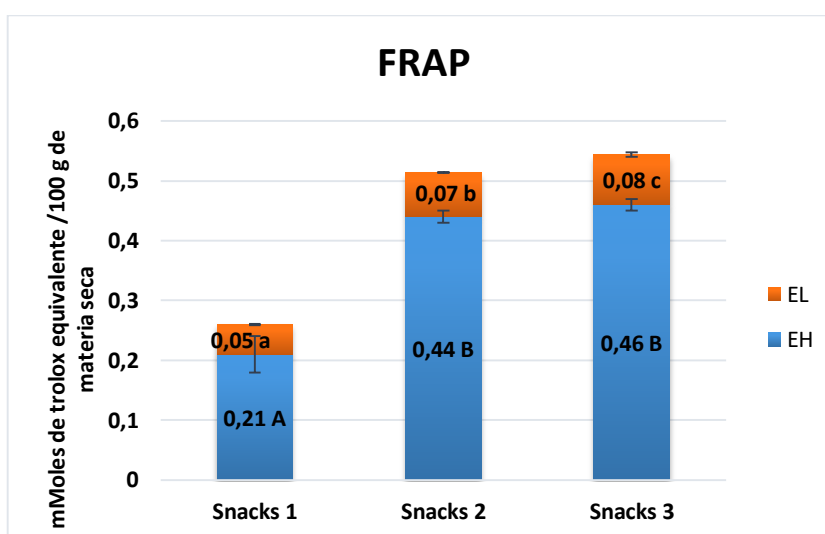


Figura 4. Capacidad antioxidante total de las diferentes formulaciones de snacks medida por el método FRAP. Se representa en cada barra la suma de la capacidad antioxidante obtenida para el extracto hidrofílico (EH) y lipofílico (EL). Las letras diferentes corresponden a las medias que difieren significativamente ($p < 0,05$). Letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras en EH y letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras en EL.

En las figuras 5,6 y 7 se muestra de forma representativa, para cada una de las muestras, las curvas fuerza-% de deformación a partir de las cuales se analizaron los parámetros de textura que se muestran en la tabla 5. Todas las muestras analizadas presentaron un valor de masa aproximado de 0,35 gramos.

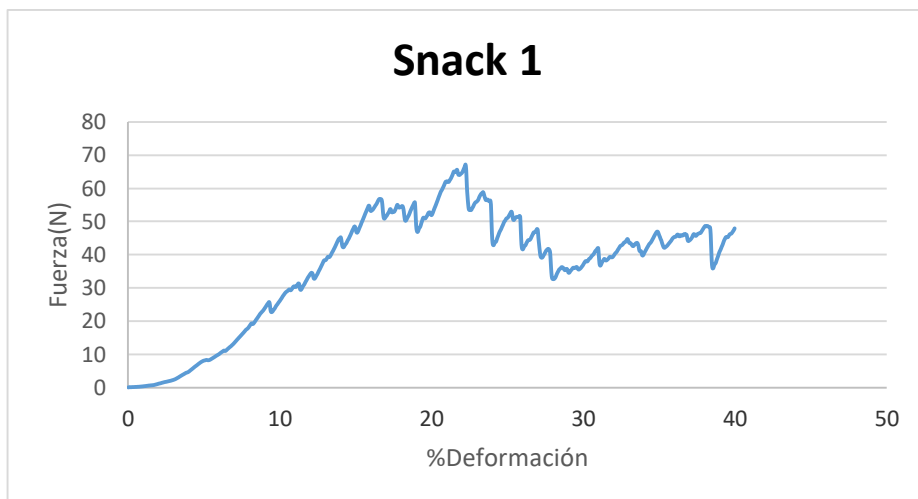


Figura 5: Curva representativa fuerza-% de deformación correspondiente a la formulación Snack 1.

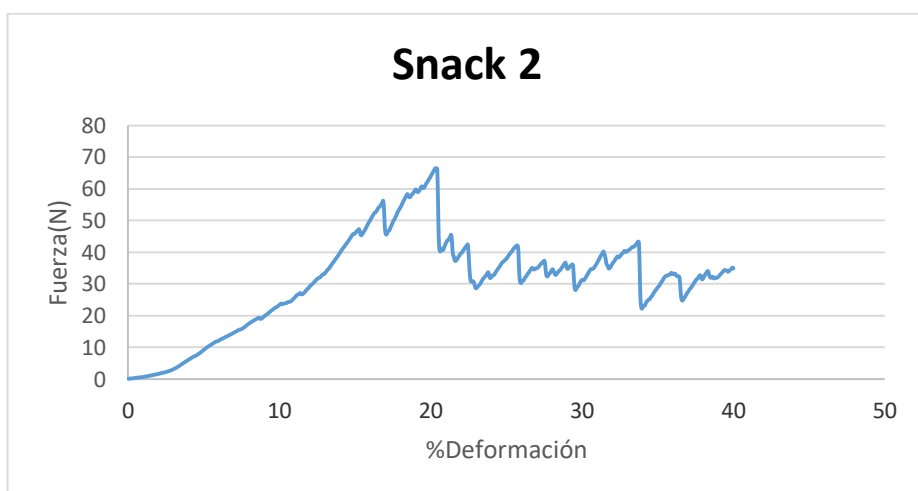


Figura 6: Curva representativa fuerza-% de deformación correspondiente a la formulación Snack 2.

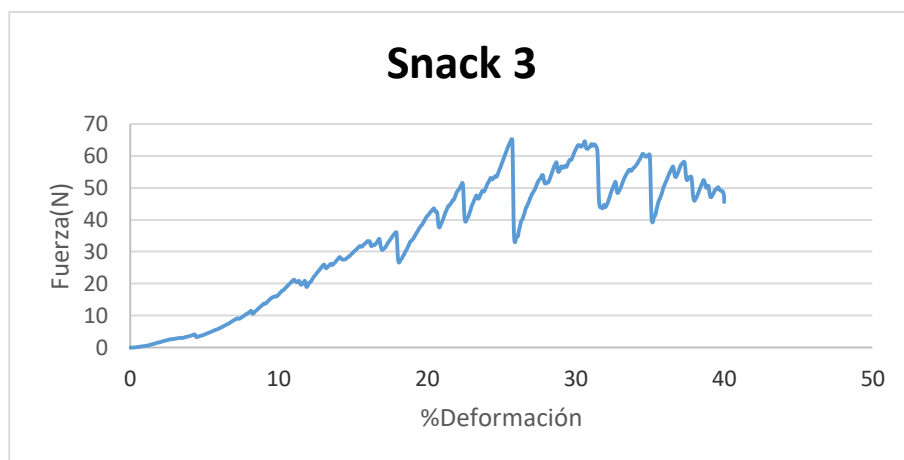


Figura 7: Curva representativa fuerza-% de deformación correspondiente a la formulación Snack 3.

Las tres formulaciones dieron lugar a snacks con un marcado carácter crujiente, presentando las curvas fuerza-% de deformación múltiples picos de fractura.

TABLA 5. Valores medios \pm desviación estándar de los parámetros mecánicos analizados en las diferentes formulaciones de snacks.

Muestra	Snack 1	Snack 2	Snack 3
Fmax (N)	36 \pm 6 ^a	37 \pm 15 ^a	25 \pm 15 ^a
Área (N)	170 \pm 11 ^b	141 \pm 18 ^{ab}	114 \pm 15 ^a
Picos de fractura:			
Intensidad >0,2 N	35 \pm 5 ^{ab}	31 \pm 5 ^a	38 \pm 6 ^b
Intensidad >1 N	20 \pm 2 ^{ab}	19 \pm 3 ^a	23 \pm 3 ^b

a,b las letras diferentes en la misma fila corresponden a las medias que difieren significativamente ($p < 0,05$)

La fuerza máxima de compresión de los productos extruidos se asocia generalmente con la percepción sensorial de la dureza durante la masticación. En este caso, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las formulaciones de snacks. Con respecto al área, que hace referencia al trabajo necesario para comprimir la muestra, observamos como los valores disminuyeron a medida que aumentó el porcentaje de harina de chontaduro en los snacks, encontrando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las formulaciones 1 y 3. En lo que respecta al número de picos de fractura, que describe el número de eventos de fractura que ocurren durante la compresión, estos fueron cuantificados en función de la intensidad. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) a $> 0,2$ N y > 1 N entre las formulaciones 2 y 3, siendo esta última la que presentó los mayores valores, los cuales hacen referencia al carácter crujiente de las muestras, siendo más crujientes cuanto mayor sea el número de picos, y están relacionados no solo con la formulación de las muestras sino también con su humedad. En este sentido cabe destacar que la adición de chontaduro permitió mantener la textura crujiente característica del producto.

En la tabla 6 se muestran los atributos de color obtenidos para las distintas formulaciones de snacks: luminosidad (L^*) y croma (C^*) y tono (h^*), así como la diferencia de color entre las formulaciones con chontaduro respecto al snack 1 (ΔE^*).

TABLA 6. Valores medios \pm desviación estándar de las propiedades ópticas analizadas en las diferentes formulaciones de snacks.

Muestra	Snack 1	Snack 2	Snack 3
L^*	64 \pm 3 ^{ab}	67 \pm 2 ^b	63 \pm 5 ^a
C^*	23 \pm 3 ^a	25,6 \pm 1,9 ^{ab}	28 \pm 5 ^b
h^*	90,3 \pm 0,9 ^b	89,1 \pm 0,4 ^{ab}	88 \pm 2 ^a
ΔE^*	-	4,2	5,5

a,b las letras diferentes en la misma fila corresponden a las medias que difieren significativamente ($p < 0,05$)

Se encontraron diferencias significativas entre los atributos de color en función de la composición de las muestras. Así, en la luminosidad (L^*) podemos observar cómo la formulación 2 mostró un valor significativamente mayor ($p < 0,05$) que la formulación 3, mientras que el croma (C^*) se volvió más puro a medida que se aumentó el porcentaje de harina de chontaduro en los snacks, siendo la formulación 3 la que presentó un valor significativamente mayor ($p < 0,05$) con respecto a la formulación 1. Con respecto al tono (h^*), observamos como los valores disminuyeron a medida que se aumentó el porcentaje de harina de chontaduro pasando de amarillo estricto hacia un tono menos amarillo y más anaranjado, encontrando diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las formulaciones 1 y 3. Por último, se obtuvo la diferencia global de color (ΔE^*) de las formulaciones 2 y 3 con respecto a la formulación 1, elaborada con un 100% de harina de maíz. Así, se observó cómo esta diferencia fue mayor a medida que aumentó en la formulación el porcentaje de harina de chontaduro, adquiriendo un color más anaranjado y menos amarillo.

CONCLUSIONES

La harina de chontaduro presentó un mayor contenido en materia inorgánica, fibra, lípidos, vitamina C, compuestos fenólicos y carotenoides (β -caroteno y licopeno), así como una mayor capacidad antioxidante que la harina de maíz, siendo ésta la materia prima utilizada tradicionalmente en la elaboración de snacks.

Por su parte, los productos extruidos con chontaduro en su formulación destacaron por su contenido nutricional (proteínas, fibra, grasa) y en compuestos bioactivos (compuestos fenólicos y vitamina C), lo que contribuyó a su capacidad antioxidante. En lo que respecta a las propiedades mecánicas, la adición de chontaduro permitió mantener la característica textura crujiente del producto, mientras que en las propiedades ópticas, la incorporación de chontaduro se tradujo en que el color se volvió más puro y el tono pasó de un amarillo estricto hacia un tono menos amarillo y más anaranjado, siendo mayor la diferencia global de color cuanto mayor fue la incorporación de harina de chontaduro en la formulación.

En definitiva, la incorporación de harina de chontaduro al producto extruido de maíz es una buena opción para el desarrollo de snacks de buena calidad nutricional y funcional. Sin embargo, otros estudios (análisis sensorial, almacenamiento, etc.) son requeridos para una mayor confirmación en cuanto a la posible comercialización y aceptación de este producto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda concedida a través de la convocatoria ADSIDEO - COOPERACIÓN 2016 (UPV) al proyecto "Fomento de la seguridad alimentaria y la mejora nutricional de la población rural del

departamento del Cauca (Colombia) mediante el desarrollo de alimentos autóctonos sostenibles a partir de chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK)”.

BIBLIOGRAFIA

- Antova, T. (2003). Nutrition and respiratory health in children in six Central and Eastern European countries. *Thorax*, 58(3), pp.231-236.
- AOAC (1990). Official methods of analysis. Arlington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (1996). Official Methods of Analysis of AOAC International (16th edition). Vol II. Arlington-USA. Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC (2000). Official Methods of Analysis. 17th Edition. Association of Official Analytical Chemists.
- Benzie, I.; Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), pp.70-76.
- Benzie, I.; Strain, J. (1997). Simultaneous automated measurement of total ‘antioxidant’ (reducing) capacity and ascorbic acid concentration. *Redox Report*, 3(4), pp.233-238.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), pp.25-30.
- Carbonell Capella, Juana M.; Esteve, María J.; Frígola, Ana. (2014). Snacks de patatas fritas y productos derivados, estudio de mercado. Aceptación en una alimentación saludable. *Revista Española Nutrición Comunitaria*; 20(3):99-108.
- Contreras, L.; Calderón, E.; Guerra, B. García. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International* 44 2047–2053.
- De Graaf, C. (2006). Effects of snacks on energy intake: An evolutionary perspective. *Appetite*, 47(1), pp.18-23.
- Escobar, J.; Asanza, M.; Gonzalez, J. (2016). Caracterización físico-química de harinas de especies vegetales para la agroindustria ecuatoriana. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, (5), pp. 159-168.
- Farinha, P. (2014). Efeito da liofilização e da adição de goma arábica no potencial bioativo de extratos de morango e kiwi. Tesis Final de Master. Instituto Politécnico de Castelo Branco (Portugal).
- Fernández, M.; Blanco, A; Mora, J. (1995). Contenido de ácidos grasos en cuatro poblaciones de pejibaye (*Bactris gasipaes*, Palmae). *Revista de Biología Tropical*. 43, pp. 61-66.
- Ficarella, A.; Milanese, M; Laforgia, D. (2006). Numerical study of the extrusion process in cereals production: Part I. Fluid-dynamic analysis of the extrusion system. *Journal of Food Engineering*, 73(2), pp.103-111.
- Gonzales, L.; Navarro, D.; Vasquez, R. (2002). Deshidratación del *Bactris gasipaes* Kunth (pijuayo) por flujo de aire caliente y su empleo como sustituto del maíz en raciones para pollos parrilleros. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2(2), 67-87.
- Graefe, S.; Dufour, D.; Van Zonneveld, M.; Rodriguez, F.; Gonzalez A. (2013). Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. *Biodiversity and Conservation*, 22: 269-300.
- ICBF, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2015). Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia (ENSIN).

- Jardim, G.; Piler, C.; Gomes, A.; Barboza, H.; Hidalgo, D.; Godoy, R.; Pacheco, S. (2016). Physicochemical properties and carotenoid content of extruded and non-extruded corn and peach palm (*Bactris gasipaes*, Kunth). *LWT- Food Science and Technology* 69, 312-318.
- Jatunov, S.; Quesada, S.; Díaz, C.; Murillo, E. (2010). Carotenoid composition and antioxidant activity of the raw and boiled fruit mesocarp of six varieties of *Bactris gasipaes*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60: 99-104.
- Leterme, P.; García, M.; Londoño, A.; Rojas, M.; Buldgen, A.; Souffrant, W. (2005). Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(9), pp.1505-1512.
- Luximon-Ramma, A.; Baborun, T.; Crozier, A. (2003). Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. *Journal of Science and Food Agriculture*, 83, 496-502.
- Martínez Girón, J.; Rodríguez Rodríguez, X.; Pinzon Zarate, L.; Ordonez Santos, L.E. (2017). Caracterización fisicoquímica de harina de residuos del fruto de chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth, *Arecaceae*) obtenida por secado convectivo. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), p.11.
- Maynard, M. (2003). Fruit, vegetables, and antioxidants in childhood and risk of adult cancer: the Boyd Orr cohort. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 57(3), pp.218-225.
- Medallo Ortega, E.; Hornero Méndez, D. (2017). Carotenoides en cereales. *Programa iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo*, 21: 472-500.
- Olives, A.; Hurtado, M.; Mata, M.; Ruiz, V; Tejada, M. (2006). Application of a UV-vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and β -carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95(2), pp.328-336.
- OMS/ FAO. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Ginebra (2003).
- Ozgen, M.; Serce, S.; Gunduz, K.; Yen, F.; Kafkas, E.; Paydas, S. (2007). Determining total phenolics and antioxidant capacities of selected *Fragaria* genotype. *Asian Journal of Chemistry*, 19: 5573-5581.
- Palomino, R.; García, Carlos M.; Gil, Jesús H.; Rojano, Benjamín A.; Durango, Diego L. (2009). Determination of phenolic content and evaluation of antioxidant activity of propolis from Antioquia (Colombia). *Vitae*, 16(3), pp. 388-395.
- Pérez-Jiménez, J.; Arranz, S.; Taberner, M.; Díaz-Rubio, M.E.; Serrano, J.; Goñi, I.; Saura-Calixto, F. (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expression of results. *Food Research International*, 41: 274-285.
- Potter, R.; Stojceska, V.; Plunkett, A. (2013). The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets. *LWT - Food Science and Technology*, 51(2), pp.537-544.
- Pulido, R.; Bravo, L.; Saura-Calixto, F. (2000). Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As Determined by a Modified Ferric Reducing Antioxidant Power Assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), pp.3396-3402.
- Restrepo, J.; Vinasco, L.E.; Estupiñán, J.A. (2012). Estudio comparativo del contenido de ácidos grasos en 4 variedades de chontaduro (*Bactris gasipaes*) de la región del pacífico colombiano. *Revista de Ciencias*, 16, 123-129.
- Rincón, A. (2003). Efecto del procesamiento sobre el valor nutricional de los alimentos, Capítulo 5. Ed, CYTED, Caracas. 128 pp.
- Rojas-Garbanzo, C.; Pérez, A.; Bustos-Carmona, J; Vaillant, F. (2011). Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour. *Food Research International*, 44(7), pp.2377-2384.

- Salinas, M.Y.; Saavedra, A.S.; Soria, R.J. (2008). Physicochemical characteristics and carotenoid content in yellow corn (*Zea mays*, L.). *Agricultura Técnica en México*, 34: 357-364.
- Salinas, N. (2011). Caracterización de snacks extruidos de ocumo-maíz enriquecidos con aceite de palma parcialmente refinado como ingrediente funcional. *Departamento de química*, 24: 72-77
- Sánchez-Mata, M.; Cámara-Hurtado, M.; Díez-Marqués, C; Torija-Isasa, M. (2000). Comparison of high-performance liquid chromatography and spectrofluorimetry for vitamin C analysis of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Food Research and Technology*, 210(3), pp.220-225.
- Sánchez-Moreno, C.; Plaza, L.; de Ancos, B.; Cano, M. (2003). Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), pp.430-439.
- Sarawong, C.; Schoenlechner, K.R.; Sekiguchi, E.; Berghofer, P.K.W. (2014). Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food Chemistry*, 143: 33–39.
- Selvendran, R. R.; Ryden, P. (1990). *Methods in plant biochemistry*. Academic Press, London, 2:549.
- Sharma, P.; Gujral, H.S.; Singh, B. (2012). Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*, 131: 1406–1413.
- Temple, N. J. (2000). Antioxidants and disease, more questions than answers. *Nutrition Research*, 20, 449e459.
- Thaipong, K.; Boonprakob, U.; Crosby, K.; Cisneros-Zevallos, L.; Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), pp.669-675.
- Tomás-Barberán, F.; Gil, M., Cremin, P.; Waterhouse, A.; Hess-Pierce, B.; Kader, A. (2001). HPLC–DAD–ESIMS Analysis of Phenolic Compounds in Nectarines, Peaches, and Plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), pp.4748-4760.
- Vitaglione, P.; Napolitano, A; Fogliano, V. (2008). Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science and Technology*, 19(9), pp.451-463.
- Wolfe, W.; Campbell, C.; Frongillo, E.; Haas, J.; Melnik, T. (1994). Overweight schoolchildren in New York State: prevalence and characteristics. *American Journal of Public Health*, 84(5), pp.807-813.
- Xu, G.; Liu, D.; Chen, J.; Ye, X.; Ma, Y.; Shi, J. (2008). Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, 106(2), pp.545-551.
- Zielinski, H.; Kozłowska, H.; Lewczuk, B. (2001). Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 2: 159–169.