

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA  
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES DE UN PRODUCTO  
EXTRUIDO A BASE DE HARINA DE MAÍZ Y CHONTADURO (*BACTRIS  
GASIPAES*) Y EVALUACIÓN DE SU ACEPTABILIDAD SENSORIAL**

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNO: Aitor Albizuri Vilanova

TUTORA: Eva García Martínez

CO-TUTORA: Ana Salvador Alcaraz

Curso académico: 2018/2019  
VALÈNCIA, 8 de Julio

## **RESUMEN**

### **ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES DE UN PRODUCTO EXTRUIDO A BASE DE HARINA DE MAÍZ Y CHONTADURO (*BACTRIS GASIPAES*) Y EVALUACIÓN DE SU ACEPTABILIDAD SENSORIAL**

Colombia es un país de Sudamérica donde la situación nutricional de los niños de algunas zonas es bastante precaria, con altos índices de desnutrición y sobrepeso. A su vez, esta situación tiene una correlación positiva con el consumo rutinario de snacks en la dieta considerados como “comida basura”. La mayoría de estos productos son de baja calidad nutricional ya que presentan bajo contenido en vitaminas, minerales y un alto contenido en carbohidratos. Estos snacks suelen elaborarse mediante el proceso de extrusión. Se trata de un proceso tecnológico versátil y de bajo coste empleado en la industria alimentaria para la elaboración de distintos alimentos a partir de harina de maíz o de trigo. A su vez, para hacer estos productos más atractivos al consumidor, suelen someterse a un proceso de fritura tras la extrusión, lo cual afecta a su calidad nutricional. En el valle del Cauca (Colombia), se cultiva el chontaduro (*Bactris gasipaes*), un fruto atípico por ser rico en proteínas y grasas, muchas de ellas insaturadas, además de tener un alto contenido en minerales y vitaminas. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue elaborar un producto extruido de alto valor funcional, con la incorporación de chontaduro en su formulación, en vistas a la mejora de la alimentación de la población infantil de Colombia. Para ello se elaboraron snacks extruidos a base de harina de maíz y chontaduro (100:0 y 75:25 p/p) y además se probó a adicionarles sal para mejorar sus características organolépticas. Los productos obtenidos se caracterizaron en cuanto a humedad, contenido en sal, compuestos bioactivos (fenoles totales, compuestos carotenoides y vitamina C), actividad antioxidante, propiedades mecánicas y color. También se evaluó la percepción sensorial y la intención de compra de los productos.

Los resultados mostraron que la incorporación de chontaduro en la formulación del producto extruido mejoró el valor funcional, aportando mayor contenido en compuestos fenólicos,  $\beta$ -caroteno y vitamina C que los obtenidos a partir de maíz, lo que contribuyó a aumentar su actividad antioxidante. Referente al análisis de color, todas las muestras presentaron una tonalidad amarillenta, las muestras con sal presentaron una mayor pureza de color y unos valores más bajos de luminosidad. Todos los productos mostraron un característico carácter crujiente, observándose un aumento de la dureza con la adición de sal al producto. Finalmente, el snack elaborado con harina de chontaduro y sal presentó un mayor grado de aceptación entre los consumidores y una intención de compra del 92%.

**PALABRAS CLAVE:** chontaduro; extrusión; bioactivos; actividad antioxidante; color; textura; aceptabilidad.

## **ABSTRACT**

**Physical and functional properties of an extruded product elaborated with corn and peach palm (*Bactris Gasipaes*) flour and evaluation of its sensorial acceptability.**

Colombia is a country in South America where the nutritional situation of children in some areas is quite precarious, with high rates of malnutrition and overweight. In turn, this situation has a positive correlation with the routine consumption of snacks in the diet considered as "junk food". Most of these products have a low nutritional quality due to their low content in vitamins, minerals and also to their high carbohydrates content. These snacks are elaborated through the extrusion process. This is a really versatile technologic process with a low cost which is used in the food industry to produce different corn or wheat flour-based products. At the same time, for making these products more attractive for costumers, they are usually fried after the extrusion, which it affects to the nutritional quality. Peach palm (*Bactris gasipaes*) is cultivated in the Cauca Valley (Colombia) and it is an uncommon fruit due to its high protein and fats, most of them are unsaturated, content. Besides it has got a high mineral and vitamins content, too. In this context, the objective of this study was to elaborate an extruded product with a high functional value, with the peach palm incorporation, to achieve an improvement of the children nourishment in Colombia. For that, corn and peach palm flour-based snacks (100:0 and 75:25 w/w) were extruded and the addition of salt was tested for upgrading the organoleptic features. The obtained products were characterized in moisture, salt content, bioactives compounds (total phenolic content, carotenoid compounds and vitamin C), antioxidant activity, physical properties and colour. Also, sensorial perception and purchase intention were evaluated, too.

The results showed that the addition of peach palm in the extruded product had improved the functional value, due to more phenolic compound content,  $\beta$ -carotene and vitamin C were higher than corn flour-based snack results. Referring color analysis, every sample showed a yellow tone, the sample with salt showed more colour purity and lesser luminosity values. All products had a characteristic crunchiness and the salt addition made them harder. Finally, peach palm flour-based snack with salt showed a higher acceptance degree among the costumers and a 92% purchase intention.

**KEYWORDS:** peach palm; extrusion; bioactives; antioxidant activity; colour; texture; acceptability

## **RESUM**

### **ESTUDI DE LES PROPIETATS FÍSiques I FUNCIONALS D'UN PRODUCTE EXTRUÏT A BASE DE FARINA DE DACSA I CHONTADURO (*BACTRIS GASIPAES*) I EVALUACIÓ DE LA SEVA CAPACITAT SENSORIAL**

Colòmbia és un país de Sud-amèrica on la situació nutricional dels xiquets d'algunes zones és precària, amb alts índexs de desnutrició i sobrepès. Aquesta situació té una correlació positiva amb el consum rutinari de snacks en la dieta considerats com "menjar brossa". La majoria d'aquestos productes son de baixa qualitat nutricional ja que presenten un bai contingut de vitamines, minerals i un alt contingut en carbohidrats. Aquestos snacks solen elaborar-se mitjançant el procés d'extrusió. Es tracta d'un procés tecnològic versàtil i de baix cost empleant en la indústria alimentaria per a la elaboració de diferents aliments a partir de farina de dacsa o de blat. Al mateix temps, per fer aquestos productes més atractius al consumidor, solen sotmetre's a un procés de fritura tras la extrusió, el qual afecta a la seva qualitat nutricional. En el vall del Cauca (Colòmbia), es cultiva el chontaduro (*Bactris gasipaes*), un fruit atípic per ser ric en proteïnes i greixos, molts d'aquestos insaturats, además de tindre un alt contingut en minerals i vitamines. En aquest context, l'objectiu d'aquest treball fou elaborar un producte extruït de alt valor funcional, amb la incorporació de chontaduro en la seva formulació, en vistes a la millora de l'alimentació de la població infantil de Colòmbia. Per a això s'elaboraren snacks extruïts a base de farina de dacsa i chontaduro (100:0 i 75:25 p/p) i además es provà l'adició de sal per millorar les seues característiques organolèptiques. Els productes obtinguts es caracteritzaren en quant a humitat, contingut de sal, compostos bioactius (fenols totals, compostos carotenoids i vitamina C), activitat antioxidant, propietats mecàniques i color. També s'evaluà la percepció sensorial i la intenció de compra dels productes.

Els resultats mostraren que la incorporació de chontaduro en la formulació del producte extruït millorà el valor funcional, aportant més contingut de compostos fenòlics,  $\beta$ -caroté i vitamina C que els obtinguts a partir de dacsa, lo que va contribuir a augmentar la seua activitat antioxidant. Referent a l'anàlisi de color, totes les mostres presentaren una tonalitat groga, les mostres amb sal presentaren una major puresa de color i uns valors més baixos de lluminositat. Tots els productes mostraren un característic caràcter cruixent, observant-se un augment de la duresa amb l'adició de sal al producte. Finalment, el snack elaborat amb farina de chontaduro i sal presentà un major grau d'acceptació entre els consumidors i una intenció de compra del 92%.

**PARAULES CLAU:** chontaduro; extrusió; bioactius; activitat antioxidant; color; textura; acceptabilitat.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, 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)” por brindarnos la oportunidad de participar en este proyecto.

Además, como alumno quiero agradecer especialmente a mi tutora Eva García Martínez y a la directora experimental Claudia Sterling por haberme enseñado todos los conocimientos necesarios para poder realizar este trabajo y, a su vez, por haberme guiado de manera eficiente en el desarrollo de este. Además, me gustaría dar las gracias también a Ana Salvador por su magnífica ayuda en la parte de análisis sensorial. Finalmente, doy mi mayor agradecimiento y gratitud a mi familia por haberme cuidado y facilitado mi trayectoria por la universidad, así como a mis compañeros de clase por hacer que esta etapa sea digna de recordar con alegría.

# **ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
1.1 El fruto del chontaduro.....	8
1.2 Situación social y nutricional colombiana.....	10
1.3 Proceso de extrusión .....	11
1.4 El análisis sensorial .....	12
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 MATERIAS PRIMAS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 ELABORACIÓN DEL SNACK .....</b>	<b>14</b>
3.2.1 Extrusión .....	14
3.2.2 Adición de sal .....	14
3.2.3 Secado.....	15
<b>3.3 ANÁLISIS .....</b>	<b>15</b>
3.3.1 Humedad .....	15
3.3.2 Contenido en sal .....	15
3.3.3 Análisis de compuestos funcionales .....	16
3.3.4 Análisis de la actividad antioxidante.....	17
3.3.5 Análisis de textura .....	18
3.3.6 Análisis de color .....	18
3.3.7 Análisis sensorial.....	18
3.3.8 Análisis estadístico.....	19
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Caracterización funcional.....</b>	<b>20</b>
4.1.1 Humedad .....	20
4.1.2 Contenido en sal .....	20
4.1.3 Análisis de compuestos bioactivos .....	21
4.1.4 Análisis de la actividad antioxidante.....	22
<b>4.2 Caracterización física .....</b>	<b>25</b>
4.2.1 Análisis de textura .....	25
4.2.2 Análisis de color .....	26
<b>4.3 Caracterización sensorial .....</b>	<b>27</b>
<b>5 Conclusiones.....</b>	<b>29</b>
<b>6 Referencias.....</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS DEL MESOCARPIO Y DE LAS SEMILLAS DE CHONTADURO. ....	9
TABLA 2 PERFIL DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES DEL CHONTADURO ( <i>BACTRIS GASIPAES H.B.K.</i> ) .....	9
TABLA 3 COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA ENTRE MAÍZ Y CHONTADURO.....	10
TABLA 4 DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS ELABORADAS .....	15
TABLA 5 CONTENIDO DE AGUA.....	20
TABLA 6 CONTENIDO DE NaCl.....	20
TABLA 7 CONTENIDO DE FENOLES TOTALES, $\beta$ -CAROTENO Y VITAMINA C. ....	21
TABLA 8 DUREZA ANALIZADA POR EL TEXTURÓMETRO.....	26
TABLA 9 LUMINOSIDAD, CROMA, TONALIDAD Y DIFERENCIA DE COLOR.....	26

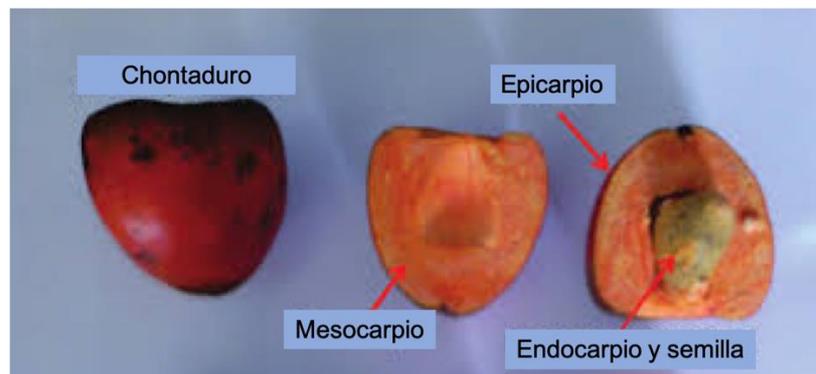
## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 MORFOLOGÍA DEL FRUTO DEL CHONTADURO ( <i>BACTRIS GASIPAES</i> ).....	8
FIGURA 2 FUNCIONAMIENTO DE UN EXTRUSOR. ....	11
FIGURA 3 EJEMPLO DE HOJA DE CATA .....	19
FIGURA 4 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ANALIZADA POR EL MÉTODO DPPH. ....	23
FIGURA 5 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ANALIZADA POR EL MÉTODO FRAP.....	23
FIGURA 6 CURVAS REPRESENTATIVAS DE PERFILES DE TEXTURA. ....	25
FIGURA 7 PLATO DE PRESENTACIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL ANÁLISIS SENSORIAL. ....	27
FIGURA 8 GRADO DE ACEPTACIÓN DE LOS CONSUMIDORES REFERENTE A LOS 4 TIPOS DE MUESTRA.....	27
FIGURA 9 INTENCIÓN DE COMPRA DE LOS CONSUMIDORES. ....	28

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 EL FRUTO DEL CHONTADURO

El chontaduro (*Bactris gasipaes HBK*) es una fruta procedente de una palmera tropical cultivada a nivel local en la zona del Neotrópico. Hoy en día, Colombia, Costa Rica, Brasil y Perú son los mayores productores de Chontaduro (Clement et al., 2009). Esta fruta se denomina de diferente manera según la región en la que se cultiva. Por ejemplo, el primer nombre que se conoce es “pijibaye” originario de Perú, en Bolivia es conocida como “tembe”, “pupunha” en Brasil y finalmente “chontaduro” en Colombia (Restrepo y Estupiñán, 2007). El cultivo de chontaduro es uno de los pilares de la economía del Cauca (Colombia), hace parte del entorno cultural, económico, social y ambiental de la zona, del cual cientos de familias dependen para sobrevivir. En Colombia, la variedad de fruto cultivada es de color variable entre el verde, amarillo, naranja o rojo, tiene una forma ovoide, y una textura carnosa. A su vez, el sabor no es ni dulce ni agrio, es similar al de la nuez. El interior conserva una sola semilla en forma de cono de color negra que contiene una cápsula blanca (Restrepo y Estupiñán, 2007). La figura 1 muestra de manera descriptiva la morfología del fruto:



**FIGURA 1** Morfología del fruto del Chontaduro (*Bactris gasipaes*)  
Fuente: (Valencia et al., 2015).

Este fruto se consume tradicionalmente de diferentes maneras. La principal manera es consumirlo en fresco o hervido con sal. Aún así, hay consumidores que fermentan la fruta para almacenarla y elaborar una bebida llamada *masato*. Posteriormente, ésta se diluye para crear otra bebida denominada *chicha* (Clement et al., 2004). Tradicionalmente también es utilizado para la producción de conservas, mermeladas, nutrición animal (Leakey, 1999), extracción de aceites o incluso para cosmética (Restrepo et al., 2012). También puede ser secado y transformado en harina, la cual puede emplearse para la elaboración de productos de panadería, pastelería, pasta, etc. (Tracy, 1996).

El chontaduro se considera un alimento muy completo por su importante valor nutricional, funcional y energético. Aunque su composición nutricional depende de la variedad y de la zona de cultivo (Restrepo y Estupiñán, 2007). En general, destaca por su elevado contenido de almidón, proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos insaturados y poliinsaturados. En la Tabla 1 se muestra la composición en ácidos grasos del mesocarpio y la semilla:

**TABLA 1** Composición en ácidos grasos del mesocarpio y de las semillas de chontaduro. Datos expresados como media y desviación estándar (entre paréntesis) en g/100 g base seca (bs).

	MESOCARPIO	SEMILLA
<b>SÓLIDOS</b>	31,1 (1,7)	76,4 (3,7)
<b>GRASAS</b>	19,0 (1,1)	25,2 (2,1)
<b>CAPRÍLICO</b>	-	0,5 (0,3)
<b>CÁPRICO</b>	-	0,6 (0,3)
<b>LÁURICO</b>	-	33,3 (1,5)
<b>MIRÍSTICO</b>	-	28,4 (1,3)
<b>PALMÍTICO</b>	29,6 (1,9)	10,4 (1,8)
<b>PALMITOLEICO</b>	5,3 (0,2)	-
<b>ESTEÁRICO</b>	trazas	3,1 (1,3)
<b>OLEICO</b>	50,3 (0,9)	18,2 (2,1)
<b>LINOLEICO</b>	12,5 (1,2)	5,1 (1,4)
<b>LINOLÉNICO</b>	1,8 (0,5)	-

Fuente: (Hammond et al., 1982).

En esta tabla se observa un alto contenido en ácido oleico y linolénico, ambos ácidos grasos de interés biológico debido a sus beneficios para la salud como la reducción del colesterol LDL y triglicéridos, tal como indica la Federación Española de Sociedades de Nutrición, Alimentación y Dietética (FESNAD) en el “*Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta (2015)*”.

Como ya se ha comentado, a parte de contener ácidos grasos de alta calidad, esta fruta también destaca por su composición proteica. En relación con otras frutas como el banano (*Musa sapientum*) o el mango (*Mangifera indica*), frutas más consumidas en Colombia (Combariza, 2013), el chontaduro tiene cantidades en proteína superiores. El banano contiene un 0,9% de proteína (Anhwange, 2008) y el mango un 0,8% (Wall-Medrano et al., 2014), mientras que el chontaduro contiene un 3,6% (Restrepo y Estupiñán, 2007). Además de tener un contenido alto en proteína para ser una fruta, destaca porque contiene siete de los ocho aminoácidos esenciales. En la Tabla 2 se muestra este perfil de aminoácidos esenciales del chontaduro:

**TABLA 2** Perfil de aminoácidos esenciales del chontaduro (*Bactris gasipaes H.B.K.*)

Aminoácidos esenciales	g N/ 100 g
<b>LEUCINA</b>	2,60
<b>FENILALANINA</b>	1,30
<b>LISINA</b>	4,60
<b>VALINA</b>	2,70
<b>ISOLEUCINA</b>	1,70
<b>TREONINA</b>	2,50
<b>METIONINA</b>	1,30
<b>TRIPTÓFANO</b>	-

Fuente: (Restrepo y Estupiñán, 2007).

Para ver la importancia del valor nutricional de este fruto, puede compararse con otros alimentos abundantemente consumidos por la población colombiana, como es el caso del maíz amarillo (*Zea mays*) (Restrepo y Estupiñán, 2007). La Tabla 3 describe la composición química del maíz amarillo y del chontaduro:

**TABLA 3** Comparación de la composición química entre maíz y chontaduro

	<b>Maíz</b>	<b>Chontaduro</b>
<b>PROTEÍNA CRUDA (g)</b>	10,5	5,3
<b>GRASAS (g)</b>	4,8	8,9
<b>CARBOHIDRATOS (g)</b>	83,2	84,2
<b>Ca (mg)</b>	10,1	28,3
<b>P(mg)</b>	324,2	92,9
<b>Fe (mg)</b>	2,8	2,1
<b>VITAMINA A (µg)</b>	78,3	1353,4
<b>VITAMINA C (mg)</b>	trazas	70,7
<b>RIBOFLAVINA (B2) (mg)</b>	0,11	0,32

Datos expresados en 100 g (base seca)

Fuente: (Restrepo y Estupiñán, 2007).

Además de sus excelentes propiedades nutritivas, el chontaduro también presenta propiedades funcionales destacadas debido a su relevante contenido en micronutrientes como el hierro, calcio, fósforo y compuestos antioxidantes, principalmente, vitaminas A, E y C, carotenoides y compuestos fenólicos (Rojas-Garbanzo et al., 2012). Se ha comprobado que estas sustancias actúan beneficiosamente en algunas funciones del organismo, y ejercen un papel preventivo en la aparición de enfermedades relacionadas con el daño oxidativo (enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares, algunos desórdenes neurológicos, ciertos procesos inflamatorios y distintos tipos de cáncer) (Velez, 2012).

## 1.2 SITUACIÓN SOCIAL Y NUTRICIONAL COLOMBIANA

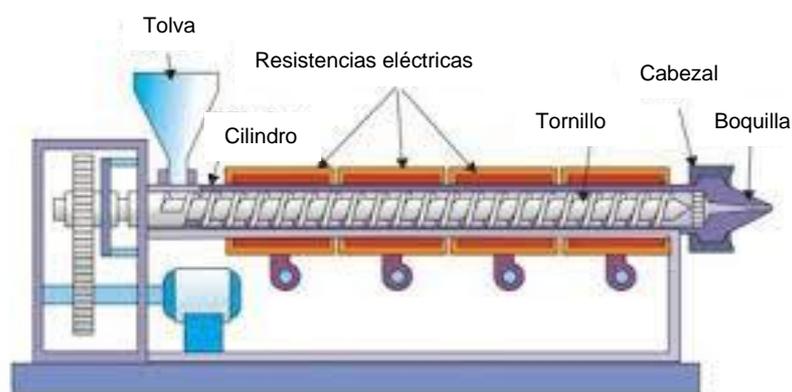
Colombia consta de 45,5 millones de habitantes, según una estimación parcial del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). En la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN) en 2010 se realizó un análisis de la situación de anemia (por concentración de hemoglobina) en niños y niñas de 5 a 12 años y en jóvenes de 13 a 17 años. Según la ENSIN 2005 existe una alta prevalencia de anemia en niños de 5 a 12 años (37,6%), y gran parte de esta proviene de una deficiencia de hierro (27,2%). En 2010 la población con anemia se redujo a un 8,1%, siendo un 7,5% por deficiencia de hierro. Además, la alta prevalencia de deficiencia de micronutrientes (en particular de hierro, zinc, vitaminas A y B12) tiene impactos importantes sobre el nivel de desnutrición crónica en dicho país. Esta deficiencia de micronutrientes es el problema de desnutrición más importante y con consecuencias más severas para Colombia. Tiene impacto en el crecimiento, en actividades funcionales como trastornos en el desarrollo motor y cognoscitivo y menor resistencia a las infecciones. Así mismo, la ENSIN en 2015 indicó que, sin diferencias importantes entre las diferentes regiones del país, el porcentaje de exceso de peso en escolares aumentó de un 18,8% a un 24,4%. A su vez, esta enfermedad tiene una correlación lineal positiva con el consumo rutinario de snacks en la dieta considerados como “comida basura”, por su elevado contenido en carbohidratos y grasa (McDonald, 2009). El consumo de este tipo de productos “listos para comer”, aumenta cada vez más en todo el mundo, debido a su facilidad de consumo y almacenamiento, siendo la confitería, galletas y snacks salados (incluidas las patatas fritas y los snacks extruidos) los más consumidos (Potter et al., 2013). Estos productos además se caracterizan por consumirse entre horas, fuera del horario normal de la alimentación, y cuentan con envases portátiles de bajo volumen que facilitan su disponibilidad y transporte (Pineda, 2017). La mayoría de los snacks están elaborados a partir de almidón de productos como el maíz y el trigo.

Por otra parte, las últimas tendencias de consumo constatan que el consumidor, más concienciado con su salud, 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 podría conseguirse mediante la incorporación de ingredientes provenientes de frutas y verduras (Vitaglione et al., 2008). Dadas las características nutricionales, funcionales y sensoriales comentadas anteriormente del chontaduro, podría ser una materia prima potencial para la elaboración de estos nuevos productos tipo snacks, de alto valor añadido y que permitan el aprovechamiento de todas sus propiedades.

### 1.3 PROCESO DE EXTRUSIÓN

Una de las tecnologías más interesantes en este contexto puede ser la extrusión ya que, es la operación básica por antonomasia para elaborar snacks. Tal como describe Robin Guy (2001) en el libro "*Extrusion cooking: technologies and applications*": el uso principal de esta operación en sus primeras versiones es transportar y dar forma a materiales crudos procesados como pastas y masas de panadería. El aspecto más importante de un extrusor es su funcionamiento en continuo donde se crea un balance de materia entre la entrada y la salida del equipo. Para obtener las características deseadas del producto extruido, la variabilidad de la materia prima ha de ceñirse a las condiciones óptimas del proceso para que se produzcan los fenómenos físicos y químicos deseados. Las variables dependientes del equipo (velocidad de tornillo, presión, tipo de boquilla, temperatura...) determinan las condiciones de operación, que se ven reflejadas en el producto (grado de expansión, porosidad, diámetro, forma...). Este proceso tiene diferentes efectos a nivel nutricional. Por una parte, ayuda a destruir antinutrientes, presentes en la materia prima cruda de algunos cereales, gelatiniza el almidón, incrementa la solubilidad de la fibra y reduce la oxidación de lípidos. Otras ventajas de la extrusión son la mejora de las características de textura y sabor de los alimentos, su bajo coste, la amplia variedad de formas del producto final, la producción de nuevos productos alimenticios de elevada calidad, la prolongación de la vida útil por destrucción microbiana e inactivación enzimática. Por otra parte, las altas temperaturas y las reacciones químicas que tienen lugar durante la extrusión podrían modificar las propiedades nutricionales y funcionales de los productos (Singh et al., 2007). La figura 2 describe las partes básicas de un extrusor:



**FIGURA 2** Funcionamiento de un extrusor.  
Fuente: Beltrán y Marcilla (2012).

Tal como describe Jaimes (2012) las funciones de cada parte del equipo son:

1. **Tolva de alimentación:** zona en la que se introduce la materia prima sin que llegue a vaciarse, ya que el flujo ha de ser continuo.
2. **Tornillo de extrusión:** este tornillo está formado por 3 zonas, la de transporte, fusión y dosificación. En la primera la materia prima es transportada, en la segunda es comprimida y en la tercera se mezcla y homogeniza.

3. **Sistema de calentamiento:** mediante unas resistencias eléctricas se calienta el equipo en 4 zonas diferentes para alcanzar las condiciones óptimas.
4. **Boquilla:** situada en la parte final del equipo, es la responsable de dar la forma final al producto.

#### 1.4 EL ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial es un componente crucial en la industria alimentaria para el desarrollo de nuevos productos (Sidel et al., 1993) porque es utilizado para entender las características del producto y los atributos que afectan a la aceptación del consumidor además de las preferencias de estos (Castada et al., 2019).

La evaluación de la calidad sensorial de los alimentos, es decir, el resultado de las sensaciones que los humanos experimentamos al ingerir el alimento, no es una propiedad intrínseca del alimento, sino el resultado de la interacción entre el alimento y nuestros sentidos. De modo que el buen camino es preguntar al propio consumidor. El análisis de la composición química y de las propiedades físicas de un producto aporta información sobre la naturaleza del estímulo que percibe el consumidor, pero no sobre la sensación que éste experimenta al ingerirlo (Costell, 2002).

Asimismo, la evaluación de la calidad sensorial desempeña un papel decisivo en la caracterización y evaluación de alimentos, ya que en este caso no solamente intervienen los cinco sentidos, sino que también el factor afectivo, esto es, aceptación o rechazo. El factor afectivo se resume en “me gusta” o “no me gusta” (Cacho, 2002). Por ello, los estudios en el campo de la aceptabilidad tienen como objetivo conocer las reacciones de aceptación o rechazo de los consumidores frente a un determinado alimento. El proceso decisorio de aceptación o rechazo de un alimento se ve influido por varios factores, algunos de ellos relacionados directamente con el alimento, otros con la persona que lo elige y consume y otros con el entorno o ambiente donde se realiza la evaluación. El factor que más influye en el proceso decisorio son las propiedades de los alimentos, tanto fisiológicas como sensoriales. Las propiedades fisiológicas son las propiedades nutricionales y funcionales del producto, mientras que las sensoriales son aquellas que se perciben a través de los sentidos: aroma, sabor, textura, forma, apariencia.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo general de este trabajo final de grado fue la elaboración de un snack extruido a base de harina de maíz y harina de chontaduro de alto valor nutritivo y funcional, en vistas a una mejora en la alimentación de la población infantil de Colombia.

Para conseguir este objetivo se propusieron como objetivos específicos:

1. Formulación y elaboración del snack mediante extrusión.
2. Caracterización del producto extruido en cuanto a su composición de compuestos funcionales (fenoles totales, compuestos carotenoides y vitamina C), actividad antioxidante, propiedades mecánicas y color.
3. Evaluación de la percepción sensorial e intención de compra del producto.

## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 MATERIAS PRIMAS**

Para la realización de este trabajo de final de grado se utilizó harina de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K.) proporcionada por la Facultad de Ciencia Agropecuarias de la Universidad del Cauca (Colombia). Para obtener esta harina se deshuesó el fruto, seguidamente se trituró y se sometió a un secado por aire caliente a 50°C durante 10 horas en un secador de bandejas con una velocidad del aire de 7,62 m/s. Finalmente, la harina se envasó al vacío y se envió al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia (España). Para desarrollar el producto extruido se utilizó también harina de maíz, proporcionada por el Grupo DACSA (Valencia, España).

Los productos extruidos elaborados con estas harinas se caracterizaron en cuanto a humedad, contenido en sal, compuestos fenólicos totales, carotenoides ( $\beta$ -caroteno y licopeno), vitamina C y actividad antioxidante. A su vez, se realizaron análisis de parámetros físicos de color y textura; así como un análisis sensorial, tal y como se describe a continuación (apartado 3.3.).

### **3.2 ELABORACIÓN DEL SNACK**

#### **3.2.1 EXTRUSIÓN**

Antes de la extrusión, la harina de maíz se mezcló manualmente con la harina de chontaduro en proporción 100:0 y 75:25 (p/p). A los productos extruidos a partir de estas mezclas se les denominó M y CH, respectivamente. El modelo de extrusor utilizado en este trabajo fue "Brabender Kompaktextruder KE19" (Duisburg, Alemania) ubicado en el departamento de Tecnología de los Alimentos de la UPV. El extrusor está equipado con un tornillo único 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. Este equipo consta de 4 zonas donde la temperatura varía según las condiciones que requiere el producto. En este caso, las condiciones fueron: 33°C la zona inicial, 69°C la segunda zona, 170°C la tercera zona y 179°C la zona final; además de una presión de 74,8 bares en todo el equipo. Se elaboraron dos formulaciones de snacks, según estudios anteriores.

#### **3.2.2 ADICIÓN DE SAL**

Una vez elaborados los snacks mediante extrusión, se cortaron manualmente a una longitud de 4 cm. A continuación, se realizaron diferentes pruebas para la adición de sal en los productos. Se estudiaron dos métodos: inmersión y aspersion y varias concentraciones de sal (entre 4-8%).

1. Inmersión: consistió en sumergir durante 1 segundo los snacks, mediante unas celdas de rejilla de plástico, en una disolución de sal en agua.
2. Aspersion: consistió en rociar una disolución de sal en agua sobre una cara del snack con un dosificador. Seguidamente, se volteó el producto rápidamente y se volvió a rociar con la misma disolución.

### 3.2.3 SECADO

Se realizaron distintas pruebas de secado, variando la temperatura, el tiempo y el empleo o no de ventilación, hasta conseguir una humedad aproximada de 5 g agua/100g. Para ello se utilizó un horno “TEKA: HT490ME” (Santander, España) sin ventilación y un horno con ventilación “Saivod: HS610-I-VS-410” (Madrid, España).

El procedimiento consistió en introducir las muestras M y CH con y sin adición de sal a concentraciones distintas y en ambas modalidades (inmersión y aspersion) dentro de bandejas de aluminio en ambos hornos simultáneamente a una temperatura y tiempo determinado. Durante el secado se fueron sacando las muestras a distintos tiempos y se probaron por los miembros del equipo de investigación de este trabajo para determinar las condiciones óptimas de procesado y concentración de sal, según las características organolépticas de los productos obtenidos.

Los snacks con mejor aspecto y sabor fueron los obtenidos mediante adición de sal por aspersion con una disolución al 8% de sal y seguidamente secado sin ventilación a 60°C durante 40 minutos, a los cuales se les denominó M8 y CH8, según si estaban formulados a partir de harina de maíz o harina de maíz y chontaduro, respectivamente. En definitiva, para este trabajo se estudiaron cuatro tipos de muestras según se describe en la tabla 4, las cuales se analizaron según los análisis descritos a continuación.

**TABLA 4** Descripción de las muestras elaboradas

<b>Muestra</b>	<b>Composición de la harina</b>	<b>Proceso de elaboración</b>	<b>Rociado con una disolución de sal al 8%</b>
<b>M</b>	100% harina maíz	Extrusión y secado	No
<b>M8</b>	100% harina maíz	Extrusión y secado	Sí
<b>CH</b>	75% harina maíz y 25% harina chontaduro	Extrusión y secado	No
<b>CH8</b>	75% harina maíz y 25% harina chontaduro	Extrusión y secado	Sí

## **3.3 ANÁLISIS**

### 3.3.1 HUMEDAD

La humedad ( $x_w$ ) de los snacks se midió siguiendo el método oficial gravimétrico (AOAC, 2000). Inicialmente, se introdujo una muestra de peso conocido en una estufa (Vaciotem, J.P. Selecta, España) a  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  y una presión inferior a 100 mm Hg para determinar la pérdida de agua hasta un peso constante, determinado mediante una balanza analítica (Mettler Toledo Inc., Barcelona, España). Los resultados se expresaron como g agua/100 g muestra.

### 3.3.2 CONTENIDO EN SAL

Para determinar el contenido de cloruro de sodio en los snacks, se homogenizaron 0,5 g de muestra en 25 mL de agua destilada. A continuación, se utilizó un papel de filtro para filtrar la disolución y se diluyó hasta que entrara en el rango de lectura del equipo. Finalmente se tomó una alícuota de 500  $\mu\text{L}$  que se valoró en el analizador automático de cloruros (Sherwood Scientific Ltd., Cambridge, UK). El equipo proporciona un valor (mg Cl/L) que, mediante la Ecuación 1, permite calcular la concentración de cloruro de sodio en la muestra:

$$g \text{ NaCl}/100g \text{ de muestra} = \frac{\text{Lectura} \cdot d \cdot Pm(\text{NaCl}) \cdot V}{Pm(\text{Cl}) \cdot m \cdot 10^3} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde: *Lectura* es el valor dado por el equipo (mg NaCl/L); *d* es el factor de dilución de la muestra; *V* es el volumen de la disolución (L) y *m* es la masa de la muestra (g).

### 3.3.3 ANÁLISIS DE COMPUESTOS FUNCIONALES

#### 3.3.3.1 FENOLES TOTALES (FT)

Se mezcló 1 g de muestra con 9 mL de una disolución de metanol en agua (70:30, v/v) (Farinha, 2014; Spaggiari, 2014). Esta mezcla se mantuvo durante 30 minutos en agitación magnética y oscuridad para favorecer su dilución y seguidamente se centrifugó a 8000 rpm durante 10 minutos (Gyrozen 1236R, Daejeon, Korea). Se recuperó el sobrenadante en viales. Una vez realizada la extracción, se determinaron los FT mediante el ensayo Folin-Ciocalteu y lectura por espectrofotometría (Benzie y Strain, 1999; Selvendran y Ryden 1990). Se recogió una alícuota de 250 µL del extracto al que se le añadieron 15 mL de agua destilada y 1,25 mL de reactivo Folin Ciocalteu (Sigma-Aldrich, Alemania). Estuvo en reposo y oscuridad durante 8 minutos. Después, se añadió 3,75 mL de una solución acuosa de carbonato de sodio (7,5% p/v) y se enrasó a 25 mL con agua destilada. A continuación, reposó 2 horas a temperatura ambiente y en oscuridad. Inmediatamente se midió la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, Estados Unidos). Finalmente, el contenido se expresó como mg de ácido gálico/100g de muestra en base seca (bs) usando una curva patrón de 0-800mg de ácido gálico/1000g.

#### 3.3.3.2 COMPUESTOS CAROTENOIDES ( $\beta$ -CAROTENO Y LICOPENO)

Para extraer los compuestos carotenoides se diluyó 1 g de muestra en 9 mL de una disolución de hexano, acetona y metanol (50:25:25, v/v/v) (Olives et al., 2006). Seguidamente, se centrifugó durante 30 minutos a 8000 rpm y el sobrenadante se recuperó en viales. Se determinó el contenido de  $\beta$ -caroteno y licopeno según Olives et al., (2006): se añadió 100 µL de agua destilada por cada mL de extracto para separar la fase orgánica, se agitó manualmente durante 2 minutos. A continuación, se midió la absorbancia a 446 nm para  $\beta$ -caroteno y a 501 nm para licopeno en un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, Estados Unidos). El resultado se expresó como mg de  $\beta$ -caroteno y mg de licopeno/100g muestra (bs) mediante una curva patrón de 0-50 mg de  $\beta$ -caroteno/1000g y otra de 0-10 mg de licopeno/1000g.

#### 3.3.3.3 VITAMINA C

Para analizar cuantitativamente la vitamina C (VC), se redujo el ácido dehidroascórbico a ácido ascórbico, para ello se mezclaron 0,5 g de muestra en 2 mL de una solución de 20g/L de DL-Ditiotreitol (Sigma-Aldrich, Alemania). Este proceso se realizó durante 2 horas a temperatura ambiente y bajo oscuridad (Igual et al., 2014). Para extraer la VC, a 1 g de esta mezcla se añadió 9 mL de ácido oxálico al 0,1% (p/v), se mezcló durante 3 minutos y se filtro inmediatamente a través de un filtro de membrana de 0,45µm (Xu et al., 2008). El HPLC empleado (Jasco, Italia) consta de una bomba ternaria (Jasco PU-1580 HPLC pumb), un generador de gradiente (LG-1580-02 Ternary Gradiente Unit) y un detector UV-visible (MD-1510) con un intervalo

de medida de longitud de onda entre 190 y 650 nm. El equipo contiene un desgasificador incorporado y un inyector automático. Se utilizó una columna Zorbax SSBC18 de 5  $\mu\text{m}$  /4,6 x 25 mm) (España); de fase móvil se utilizó ácido oxálico al 0,1%, a un volumen de inyección 20  $\mu\text{L}$  y una velocidad de flujo de 1 mL/min. Se detectó a una longitud de onda de 243nm a 25 °C de temperatura. La VC 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 (Panreac, España). Los resultados se expresaron como mg ácido ascórbico/100 g muestra (bs).

### 3.3.4 ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Se analizó la actividad antioxidante (AO) de la fracción hidrosoluble (FH) y la fracción liposoluble (FL), procedentes de la extracción de FT y compuestos carotenoides, respectivamente. Se analizó la AO mediante los métodos DPPH y FRAP para cada fracción.

#### *3.3.4.1 MÉTODO DPPH (2,2-DIFENIL-1-PICRILHIDRAZILO)*

Este método se basa en analizar la capacidad que presentan las sustancias antioxidantes de captar radicales libres. Se tomó 30  $\mu\text{L}$  del extracto a analizar y se adicionaron 3 mL de DPPH diluido en metanol a razón de 0,03g/L (Sigma-Aldrich, Alemania). Se leyó la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro UV-Visible (Thermo Electron Corporation, Estados Unidos). Seguidamente, se mantuvo 15 minutos bajo oscuridad y se volvió a leer la absorbancia a la misma longitud de onda y en el mismo equipo. El porcentaje de DPPH fue calculado según la Ecuación 2. Los resultados se expresaron como mmol de trolox equivalente (TE)/100g muestra (bs), usando una curva de calibración de Trolox (Sigma-Aldrich, Alemania) de 0-250 mg TE/100g.

$$\%DPPH = \frac{A_0 - A_{15}}{A_0} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:  $A_0$  es la absorbancia inicial y  $A_{15}$  es la absorbancia tras transcurrir 15 minutos en oscuridad.

#### *3.3.4.2 MÉTODO FRAP*

Este método se basa en determinar la capacidad de reducción del ion férrico ( $\text{Fe}^{+3}$ ), presente en un complejo con la 2, 4, 6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ), a su forma ferrosa ( $\text{Fe}^{+2}$ ). Para ello, se mezcló 30  $\mu\text{L}$  de extracto, 30  $\mu\text{L}$  de agua destilada y 900  $\mu\text{L}$  de reactivo FRAP. Este reactivo es una disolución de TPTZ y  $\text{FeCl}_3$  en un tampón ácido acético-acetato de sodio (pH 3,6). Seguidamente, se mantuvo durante 30 minutos a 37°C y se midió la absorbancia a 593 nm en un espectrofotómetro UV-visible (Thermo Electron Corporation, Estados Unidos). Los resultados finales fueron expresados como mmol de trolox equivalente (TE)/100g muestra (bs). Para ello se utilizó una curva de calibración de Trolox (Sigma-Aldrich, Alemania) de 0-250 mg TE/1000 g.

### 3.3.5 ANÁLISIS DE TEXTURA

Se analizó la dureza de los snacks mediante un Texturómetro TX-XT2 (Stable Micro Systems, Madrid, España) equipado con una celda de carga de 50 kg y una sonda cilíndrica de acero inoxidable de 4 mm de diámetro (SMS P2). Se realizó un ensayo de punción y cada muestra fue atravesada 6 mm por la sonda a una velocidad de 1 mm/s. De cada muestra previamente ajustada a un tamaño medio de 40 mm de largo, fueron realizadas 10 repeticiones analizando las curvas Fuerza (N)-Distancia (mm) registradas y a partir de ellas se determinó el pico de fuerza máximo alcanzado ( $F_{\text{máx}}$ ) el cual está relacionado con la dureza de la muestra (Carvalho et al., 2012).

### 3.3.6 ANÁLISIS DE COLOR

Primeramente, se homogenizó la muestra triturándola con un mortero porque la superficie del snack era porosa y así se evita que pueda influir en los parámetros de color. Seguidamente, se insertó en unos recipientes de aluminio de dimensiones 11 mm de diámetro y 5,5 mm de alto. Una vez triturado, se realizaron 10 repeticiones por cada muestra para analizar el color mediante un colorímetro Konica Minolta CR-400 (Tokio, Japón) (Sun-Waterhouse et al., 2010).

Para obtener las coordenadas CIE\* $L^*a^*b$  se tomó como referencia el iluminante D65 y el observador 10°. Una vez obtenidas, se determinó el tono (h) (Ec. 3), el croma ( $C^*$ ) (Ec. 4) y las diferencias de color ( $\Delta E^*$ ) (Ec. 5) (Hutchings, 1999) a partir del producto elaborado solamente con maíz:

$$h = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Ec. 3})$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (\text{Ec. 4})$$

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

Donde:  $L^*$  es la luminosidad (0, negro; 100, blanco);  $b^*$  es la coordenada amarillo (+)/ azul (-) y  $a^*$  es la coordenada rojo (+)/verde (-).

### 3.3.7 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis sensorial hedónico para evaluar el grado aceptación de las muestras, así como la evaluación de la intención de compra de las mismas.

A cada catador se le presentaron 4 muestras en un mismo plato que estaban codificadas con códigos de tres dígitos aleatorios. El análisis se desarrolló en la sala de catas del edificio 3P de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, en la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Esta sala cumple las especificaciones de la norma ISO 2007. El panel constaba de 84 catadores no entrenados (consumidores) de edades comprendidas entre los 16 y 30 años. Estos consumidores eran estudiantes de la UPV y del Colegio Nuestra Señora del Pilar de Valencia. Se presentaron las 4 muestras (M, M8, CH y CH8) codificadas con 3 dígitos aleatorios en un mismo plato dividido en 4 cuadrantes iguales y de la manera más homogénea posible. El grado de aceptación se evaluó utilizando una escala hedónica de 9 puntos (9 = "Me gusta mucho"; 5 = "Indiferente"; 1 = "Me disgusta mucho"). Los catadores evaluaron la "apariencia" y el "color" antes de consumir cada muestra y, después de probarla, evaluaron su "textura", "sabor" y el agrado en general. Entre muestra y muestra se les dio agua para enjuagarse la boca. Finalmente, respecto a la intención de compra, los catadores respondieron una pregunta cerrada sobre si comprarían el producto o no. En, la Figura 3 se muestra la hoja de cata de cada consumidor:

## EVALUACIÓN SENSORIAL DE SNACKS

PRUEBE CADA MUESTRA Y EVALÚELA EN FUNCIÓN DE SU GRADO DE ACEPTACIÓN:

887

---

(1) ¿Cuánto te agrada la **apariencia** de este producto?

Me disgusta mucho      Indiferente      Me gusta mucho

(2) ¿Cuánto te agrada el **color** de este producto?

Me disgusta mucho      Indiferente      Me gusta mucho

(3) ¿Cuánto te agrada la **textura** de este producto?

Me disgusta mucho      Indiferente      Me gusta mucho

(4) ¿Cuánto te agrada el **sabor** de este producto?

Me disgusta mucho      Indiferente      Me gusta mucho

(5) ¿Cuánto te agrada **en general** este producto?

Me disgusta mucho      Indiferente      Me gusta mucho

(6) ¿Comprarías este producto? Si  No

---

FIGURA 3 Ejemplo de hoja de cata

### 3.3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de un factor para determinar las diferencias existentes entre las muestras analizadas. A su vez, para averiguar qué factor es responsable de cada diferencia se realizó un análisis multifactorial de la varianza (MANOVA). En ambos casos, se tomó un nivel de significación  $\alpha=0,05$ , mediante el test de Fisher. Estos análisis se realizaron mediante el software Statgraphics Centurion XVI.I.

Respecto al análisis estadístico de los resultados del análisis sensorial se utilizó el software XI-Stat 2009.4.03. Del mismo modo, se hizo un análisis de la varianza (ANOVA) de un factor con los datos obtenidos de aceptabilidad y se utilizó el test de Tukey para determinar las diferencias significativas entre las muestras.

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL**

#### **4.1.2 HUMEDAD**

La tabla 5 presenta el contenido en agua de los 4 productos elaborados, los datos aparecen como media y desviación típica (entre paréntesis):

**TABLA 5** Contenido de agua de los snacks

<b>Código de muestra</b>	<b>g agua/100 g</b>
<b>M</b>	5,30 (0,14) <sup>b</sup>
<b>M8</b>	5,77 (0,09) <sup>a</sup>
<b>CH</b>	5,19 (0,17) <sup>b</sup>
<b>CH8</b>	5,41 (0,06) <sup>b</sup>

Donde: M es la muestra elaborada con harina de maíz solo; M8 es la muestra elaborada con harina de maíz rociada con una disolución de sal al 8%; CH es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) y CH8 es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) rociada con una disolución de sal al 8%.

a-b Letras diferentes como superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras.

Como puede observarse, los productos extruidos tras el tratamiento de secado por aire caliente al que fueron sometidos alcanzaron una humedad de entre 5,3 y 5,7 g agua/100 g, valores similares a los alcanzados en el procesado de otros productos extruidos a base de maíz (Basto et al., 2016).

#### **4.1.2 CONTENIDO EN SAL**

Como se puede observar, la Tabla 6 describe los resultados del contenido de sal de los snacks, expresado como % de NaCl:

**TABLA 6** Contenido de NaCl de los snacks

<b>Código de muestra</b>	<b>g NaCl/100 g</b>
<b>M</b>	0,21 (0,01) <sup>b</sup>
<b>M8</b>	3,10 (0,01) <sup>a</sup>
<b>CH</b>	0,24 (0,01) <sup>b</sup>
<b>CH8</b>	2,88 (0,01) <sup>a</sup>

Los datos aparecen como media y desviación típica (entre paréntesis).

Donde: M es la muestra elaborada con harina de maíz solo; M8 es la muestra elaborada con harina de maíz solo rociada con una disolución de sal al 8%; CH es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) y CH8 es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) rociada con una disolución de sal al 8%.

a-b Letras diferentes como superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras.

Como era de esperar, las muestras rociadas con una disolución salina presentaron un contenido de NaCl significativamente superior ( $p < 0,05$ ) que aquellas que no fueron rociadas. El contenido de sal en estas muestras fue de aproximadamente 3 g/100 g. Los snacks comerciales obtenidos por extrusión y posterior horneado a base de harina de maíz contienen en torno a un 3-4% de sal.

#### 4.1.3 ANÁLISIS DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

La tabla 7 resume los resultados obtenidos para el análisis de FT,  $\beta$ -caroteno y VC de las muestras:

TABLA 7 Contenido de fenoles totales,  $\beta$ -caroteno y vitamina C de los snacks.

Código de muestra	mg ác. gálico/100 g (bs)	mg $\beta$ -caroteno/100 g (bs)	mg VC/100 g (bs)
M	57,9 (0,7) <sup>b</sup>	0,11 (0,01) <sup>b</sup>	-
M8	60 (5)	0,11 (0,01) <sup>b</sup>	-
CH	71 (9) <sup>a</sup>	0,47 (0,01) <sup>a</sup>	35,7 (1,2) <sup>a</sup>
CH8	73 (4) <sup>a</sup>	0,51 (0,01) <sup>a</sup>	36,0 (0,5) <sup>a</sup>

Los datos aparecen como media y desviación estándar (entre paréntesis).

Donde: M es la muestra elaborada con harina de maíz solo; M8 es la muestra elaborada con harina de maíz rociada con una disolución de sal al 8%; CH es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) y CH8 es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) rociada con una disolución de sal al 8%.

a-b: Letras diferentes como superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras.

En primer lugar, se observó un contenido significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) de FT en las muestras elaboradas con harina de chontaduro que en las muestras de maíz. Otros estudios determinaron una concentración de FT de entre 63-100 mg ácido gálico/100 g en harina de chontaduro (bs) (Rojas-Garbanzo et al., 2012; Olaya, 2019), pudiendo atribuir esta variación a la distinta variedad del fruto, al estado de madurez y/o a las condiciones climáticas de la región geográfica de su cultivo. Por otra parte, la cantidad de FT en harina de maíz puede oscilar entre 25-50 mg ác. Gálico/100g (bs) (Dewanto et al., 2002; Olaya, 2019). Distintos estudios han observado la disminución del contenido en compuestos fenólicos causada por el proceso de extrusión. Así, Mora-Rochin et al., (2010) indicaron que entre el 10-25% de los fenoles totales pueden perderse durante el proceso de extrusión de harina de maíz. Por otra parte, el proceso de secado posterior al que se sometieron las muestras también puede haber contribuido a esta diferencia respecto al contenido en FT de las harinas. Los fenoles son sustancias termolábiles y la reducción de contenido puede venir dada por la isomerización de estos compuestos causada por temperaturas altas (Minatel et al., 2017). En cualquier caso, el contenido fenólico de las muestras elaboradas en este trabajo fue superior a los descritos en otros estudios de snacks extruidos a partir de mezclas de cereales (Sharma et al., 2012).

Por otra parte, también se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de  $\beta$ -caroteno entre las muestras elaboradas solamente con harina maíz y las que contenían harina de chontaduro en su formulación. El  $\beta$ -caroteno es importante en la alimentación humana porque es un precursor de la vitamina A. Tal como se ha descrito anteriormente en la Tabla 3, el chontaduro se caracteriza por tener un alto contenido de esta vitamina, que es la que proporciona el color anaranjado-rojizo de la pulpa y también posee una elevada capacidad antioxidante. En bibliografía se han encontrado cantidades variables de  $\beta$ -caroteno en harina de chontaduro, entre 6-10 mg/100 g (Jatunov et al., 2010, Quesada et al., 2014; Olaya, 2019). A su vez, en otros estudios se han identificado 9 carotenoides diferentes en el fruto de chontaduro, siendo el isómero trans- $\beta$ -caroteno el más abundante (Rojas Garbanzo et al., 2011). En el maíz los carotenoides mayoritarios son la zeaxantina y la luteína (Basto et al., 2016). Los snacks presentaron una cantidad menor de  $\beta$ -caroteno que los valores de referencia de la harina. En general los carotenoides son muy inestables debido a que son compuestos altamente insaturados, degradándose fundamentalmente debido a procesos oxidativos (Salinas et al., 2008). Los procesos de secado producen reducción de estos compuestos como consecuencia de la exposición a altas temperaturas durante largos tiempos (Di Scala y Crapiste, 2008).

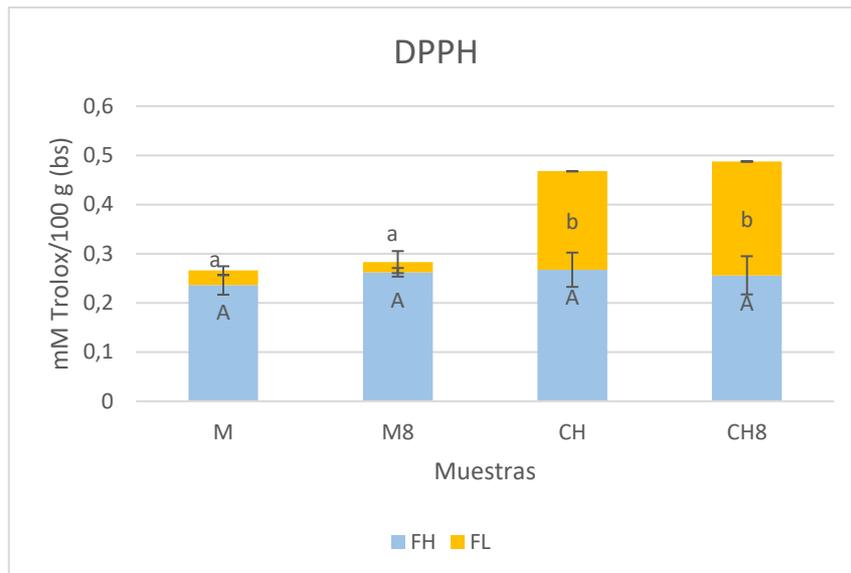
Sin embargo, Basto et al. (2016) mostró en su trabajo que el contenido de  $\beta$ -caroteno no disminuyó tras la extrusión de harina de maíz. Cabe resaltar que las pérdidas en carotenoides también dependen del tipo de carotenoide en la muestra. En el trabajo de Basto et al. (2016) atribuyen la conservación de estos compuestos en los productos extruidos a la presencia de una matriz de proteínas-carbohidratos que puede proteger a estos compuestos bioactivos. Además, también explican que la extrusión es un proceso corto para causar daño a los compuestos de bajo peso molecular. De cualquier manera, estos autores observaron paso de isomerización *trans* a *cis* en los carotenoides del maíz debido a la extrusión.

En ninguno de los productos elaborados en este trabajo se detectó licopeno. Este compuesto carotenoide no se encuentra en harina de maíz y en la harina de chontaduro se encuentra en bajas concentraciones, entre 0,04 – 0,83 mg licopeno/100g harina de chontaduro (Hempel et al., 2014).

Finalmente, respecto al contenido en VC, se observó una ausencia de esta vitamina en los productos extruidos elaborados solamente con harina de maíz. Acorde a la base de datos de la FAO, no se encuentra VC en la harina de maíz ya que es termolábil y se pierde durante el proceso de molienda. Restrepo (2007) determinó una concentración de 70,7 mg VC/100 g en la pulpa del chontaduro y Olaya (2019) 46 mg VC/100 g en harina de este fruto, valores superiores a otras frutas (Contreras et al., 2011). En nuestro trabajo, los snacks que llevaban chontaduro en su formulación los valores de VC rondaron los 36 mg/100g. Esta disminución respecto al valor de referencia de la harina puede ser debida a que el proceso de elaboración del producto conlleva unas condiciones de altas temperaturas, presencia de oxígeno y altas presiones. Estos son factores que favorecen la degradación de la VC, que a su vez también se ve afectada por otros factores como la luz, el aumento del pH, la actividad del agua, la presencia de sales ferrosas e iones cobre que también favorecen esta degradación (Primo, 1998).

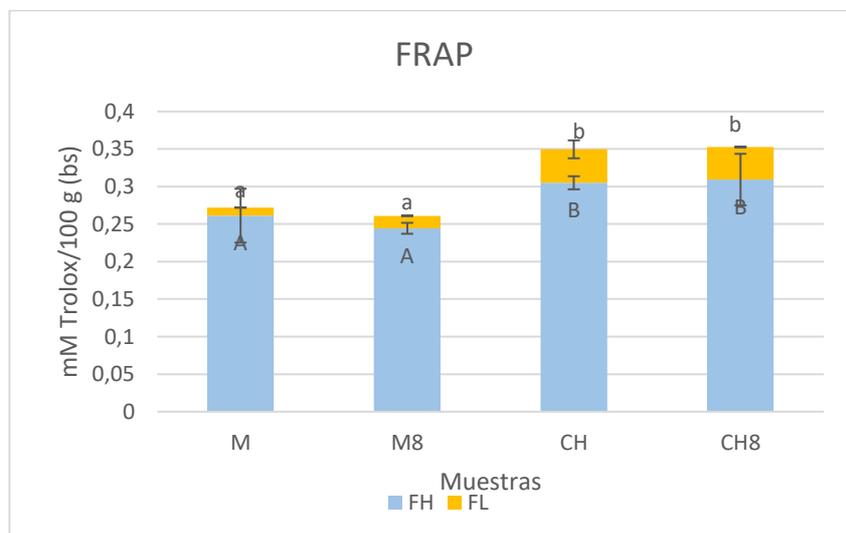
#### 4.1.4 ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Tal y como se ha descrito en la metodología (apartados 3.3.4.1 y 3.3.4.2) en este trabajo la AO se determinó mediante los ensayos de DPPH y FRAP (Figuras 4 y 5, respectivamente). La actividad antioxidante es el resultado de varias reacciones sinérgicas entre distintos compuestos como vitaminas, minerales, compuestos de Maillard o polifenoles. Por ello, se emplea más de un método para medir correctamente esta capacidad (Thaipong et al., 2006). El método DPPH se basa en el potencial de captación de radicales libres y el método FRAP se basa en el potencial de reducción férrica. Según Pérez-Jiménez et al., (2008) las comparaciones de la capacidad antioxidante solamente son válidas si se ha utilizado el mismo método y con los mismos disolventes.



**FIGURA 4** Capacidad antioxidante de los snacks analizada por el método DPPH. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras en la fracción lipofílica (FL) y letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras en la fracción hidrofílica (FH).

En sendos análisis se observó que la fracción hidrosoluble de las muestras presentó mayor actividad antioxidante que la fracción liposoluble. Este resultado tiene sentido ya que el contenido en fenoles totales fue superior al contenido en carotenoides en todas las muestras. La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos está relacionada con su capacidad para atrapar radicales libres, donar átomos de hidrógeno, electrones o realizar un efecto quelante con cationes metálicos (Afanas'ev et al., 1989).



**FIGURA 5** Capacidad antioxidante de los snacks analizada por el método FRAP. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras en la fracción lipofílica (FL) y letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras en la fracción hidrofílica (FH).

Referente al método DPPH, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre la AO de la fracción FH de las muestras, mientras que en el método FRAP las muestras elaboradas con maíz y harina de chontaduro (CH y CH8) presentaron mayor ( $p < 0,05$ ) capacidad antioxidante que los snacks elaborados solamente con harina de maíz. Como ya se ha comentado, puede ser debido a que el chontaduro es rico en compuestos hidrosolubles con acción antioxidante como

compuestos fenólicos o vitamina C (Rojas-Garbanzo et al., 2012; Ainsworth y Gillespie, 2007; Padayatty et al., 2003).

Por otra parte, en la fracción FL, en ambos métodos, las muestras CH y CH8 presentaron valores significativamente ( $p < 0,05$ ) mayores de AO que las muestras elaboradas solo con maíz. Esta diferencia pudo venir dada por el contenido en  $\beta$ -carotenos procedentes del chontaduro. Estudios demostraron que los compuestos carotenoides tienen un elevado poder antioxidante (Camire et al., 2007; Potter et al., 2013), debido a su capacidad para interactuar con radicales libres (Rodríguez-Amaya et al., 2008). Esta alta AO en la FL puede venir dada también por el alto contenido en ácido oleico (Tabla1) propio del chontaduro ya que se ha demostrado que este ácido, como otros ácidos grasos insaturados, ejerce un potente efecto antioxidante (Shahidi 2000).

A la vista de estos resultados, otros autores también apuntaron el valor añadido que supone añadir harina de frutas a snacks de cereales, no solo para poder mejorar su calidad nutricional sino porque estas harinas contienen altos niveles de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante (Santos et al., 2017).

## 4.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

### 4.2.1 ANÁLISIS DE TEXTURA

En la Figura 6 se presentan las curvas representativas del análisis de punción realizado a cada una de las muestras. Se puede observar en todos los casos un pico máximo de fuerza el cual está relacionado con la dureza de la muestra (Ding et al., 2005) (Tabla 8) y también varios picos pequeños que representan el carácter crujiente. Tanto la dureza como el carácter crujiente de un producto extruido están relacionados con la expansión, el tamaño y número de burbujas de gas desarrolladas dentro de la matriz rígida de almidón (Smith y Hardacre, 2011).

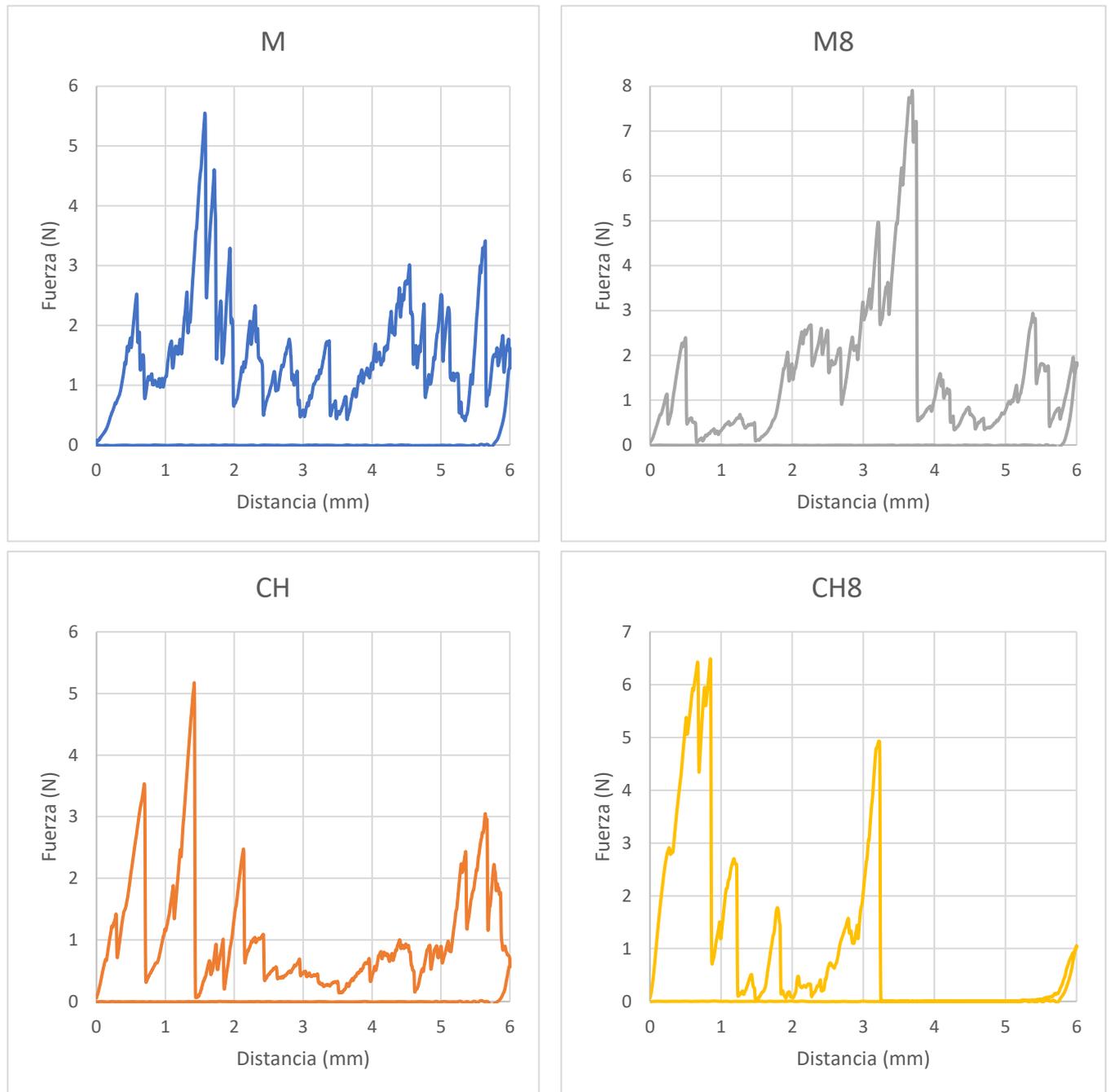


FIGURA 6 Curvas representativas de perfiles de textura.

La Tabla 8 muestra los valores medios de dureza obtenidos de los 4 tipos de muestra:

**TABLA 8** Valores medios y desviación estándar (entre paréntesis) de la Fuerza máxima analizada en los snacks.

Código de muestra	Fuerza máxima (N)
M	5 (1) <sup>b</sup>
M8	8 (1) <sup>a</sup>
CH	5,0 (0,4) <sup>b</sup>
CH8	7 (1) <sup>a</sup>

Donde: M es la muestra elaborada con harina de maíz solo; CH es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p); M8 es la muestra elaborada con harina de maíz solo rociada con una disolución de sal al 8% y CH8 es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) rociada con una disolución de sal al 8%.

a-b: Letras diferentes como superíndices dentro de la misma columna indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras.

Se puede observar que los valores medios de dureza de las muestras variaron entre 5 y 8 N. Estos valores fueron similares a los reportados por Paula y Conti-Silva (2014) en sus análisis de texturas en snacks de maíz que tuvieron una dureza de  $5,2 \pm 0,6$  N. El ANOVA realizado mostró un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) del contenido en sal sobre la dureza de la muestra. Por lo cual las muestras M8 y CH8 fueron ligeramente más duras ( $p < 0,05$ ) que aquellas muestras que no recibieron el tratamiento de sal (M, CH), lo cual puede deberse a que la sal al recubrir los snacks puede estar creando una cobertura que dificulta un poco más la entrada de la aguja en el momento del ensayo y por tanto hace que las muestras sean más duras. Por otra parte, no se observa ningún efecto de la materia prima sobre las propiedades texturales de las muestras. El carácter crujiente de las muestras es similar en todas ya que todas las muestras presentan muchos picos de fuerza a lo largo de la penetración (Figura 6).

#### 4.2.2 ANÁLISIS DE COLOR

En la Tabla 9 se muestran los valores de  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$  y  $\Delta E$  obtenidos:

**TABLA 9** Valores medios y desviación estándar (entre paréntesis) de las propiedades ópticas analizadas en los snacks

Código de muestra	M	M8	CH	CH8
$L^*$	74 (2) <sup>b</sup>	70 (2) <sup>a</sup>	74,23 (1,2) <sup>b</sup>	71,5 (1,7) <sup>a</sup>
$C^*$	34 (2) <sup>ab</sup>	34 (2) <sup>ab</sup>	33,16 (1,5) <sup>b</sup>	35 (2) <sup>a</sup>
$h$	83,9 (0,6) <sup>b</sup>	82,8 (0,9) <sup>a</sup>	84,14 (1,5) <sup>b</sup>	83 (2) <sup>a</sup>
$\Delta E^*$	-	4,38 <sup>a</sup>	2,81 <sup>b</sup>	4,17 <sup>a</sup>

Donde: M es la muestra elaborada con harina de maíz solo; CH es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p); M8 es la muestra elaborada con harina de maíz solo rociada con una disolución de sal al 8% y CH8 es la muestra elaborada con harina de maíz y chontaduro (75:25 p/p) rociada con una disolución de sal al 8%.

a-b: Letras diferentes como superíndices dentro de la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras

De acuerdo con los resultados, se observa que las muestras a las que se les adicionó sal (M8, CH8) presentaron una menor luminosidad ( $p < 0,05$ ) y un aumento en la pureza del color (croma) respecto a las muestras a las que no se les añadió sal (M, CH). Lo cual ocasionó pequeños cambios en la tonalidad también. Los cambios en las coordenadas de color comentados anteriormente se traducen en diferencias de color respecto a la muestra elaborada solamente con harina de maíz (M). Los valores medios de  $\Delta E$  fueron de 2,81; 4,17 y 4,38 unidades para las muestras CH, CH8 y M8 respectivamente, respecto a la muestra M (referencia). Estas diferencias, aunque sean pequeñas, pueden ser percibidas por el ojo humano (Wyszecki y Stiles, 1982). De acuerdo con el ANOVA realizado las muestras con sal (M8 y CH8) presentaron diferencias de color respecto a M ligeramente mayores ( $p < 0,05$ ) en comparación con la muestra sin sal (CH).

En general las muestras elaboradas presentaron una tonalidad amarillenta propia del maíz (Ahmed, 1999; Makowska et al., 2016), sin observar diferencias ( $p < 0,05$ ) con aquellas a las que se les incorporo harina chontaduro. Aunque el

chontaduro es rico en carotenoides que pueden aportar color anaranjado, la proporción incorporada al producto no parecer afectar los parámetros ópticos obtenidos.

### 4.3 CARACTERIZACIÓN SENSORIAL

En el análisis sensorial se les presentó a los catadores las muestras como la Figura 8 describe:

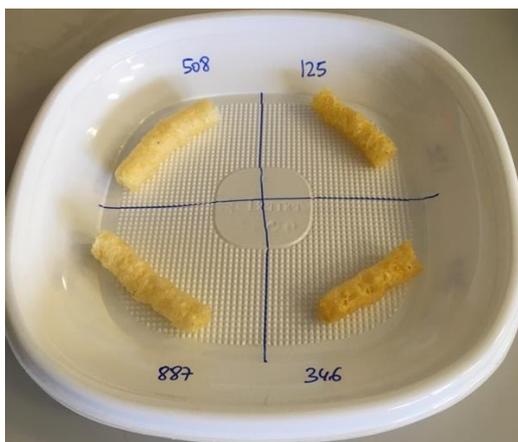


FIGURA 7 Plato de presentación de las muestras en el análisis sensorial.

La Figura 9 representa la puntuación media de las valoraciones de los consumidores sobre la aceptabilidad de las muestras. Como se puede observar, las muestras que no fueron rociadas (M y CH) no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) respecto a los atributos que describen el grado de aceptación. A su vez, las muestras que sí fueron rociadas con agua salina (M8 y CH8) presentan mayores puntuaciones en apariencia, color, sabor y un agrado general. Referente a la textura cabe destacar la diferencia entre las muestras CH8 y M8 siendo la primera significativamente ( $p < 0,05$ ) más aceptable. En líneas generales la muestra CH8 presentó un grado de aceptación superior a las otras muestras ya que ha conseguido puntuaciones superiores con relación a las demás.

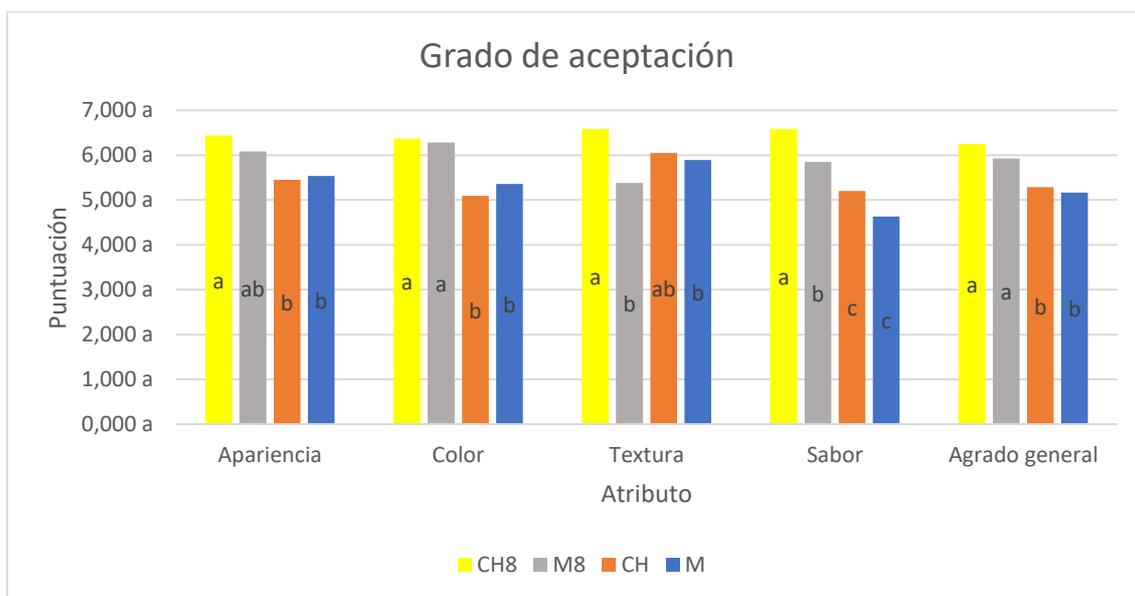
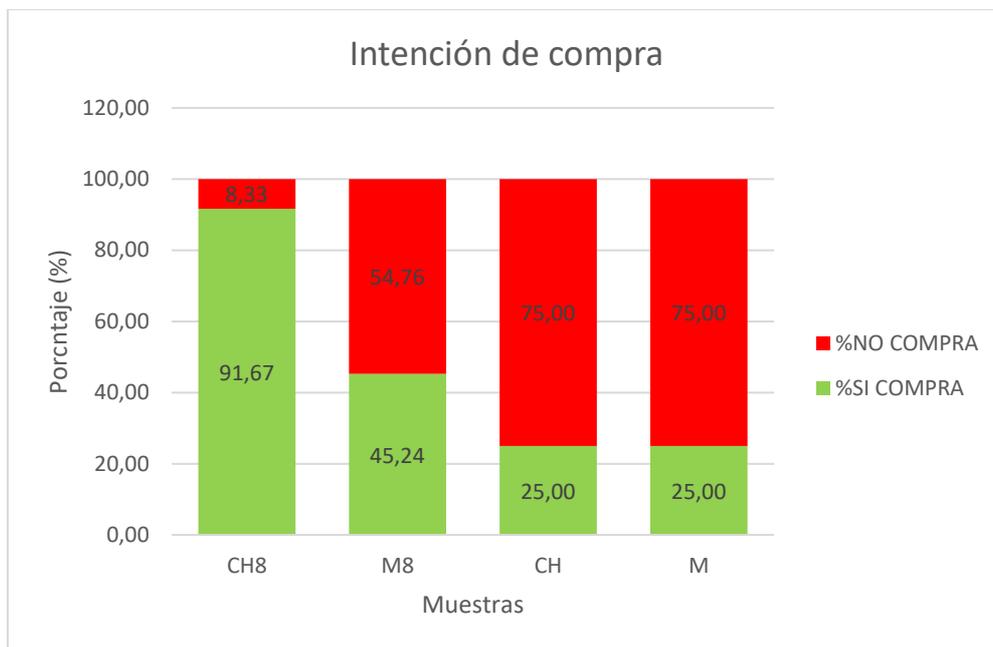


FIGURA 8 Grado de aceptación de los consumidores referente a los 4 tipos de muestra

Referente a la intención de compra, la Figura 10 describe los resultados obtenidos por el análisis sensorial:



**FIGURA 9** Intención de compra de los consumidores.

Se observa a simple vista que casi el 92% de los consumidores comprarían la muestra CH8. También, cabe recalcar que, la adición de sal tiene un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre la intención de compra siendo superior a las muestras sin sal.

## **5 CONCLUSIONES**

Los productos extruidos elaborados con harina de chontaduro presentaron una mayor cantidad de compuestos bioactivos (fenoles totales, carotenoides y vitamina C), lo que contribuyó a aumentar su actividad antioxidante frente a los snacks elaborados solamente con harina de maíz. En general, la fracción hidrosoluble presentó una mayor actividad antioxidante que la fracción liposoluble debido al mayor contenido de compuestos fenólicos.

En el análisis de textura, todos los productos mostraron un característico carácter crujiente, sin influir el tipo de harina, y los que fueron rociados con una disolución de sal presentaron una mayor dureza.

Referente al análisis de color, en general todas las muestras presentaron una tonalidad amarillenta, no observándose diferencias significativas en los parámetros ópticos con la adición de chontaduro al producto. Se percibieron diferencias de color respecto a la muestra elaborada solamente con harina de maíz sin sal tomada como referencia. Asimismo, las muestras con sal presentaron una mayor pureza de color y unos valores más bajos de luminosidad.

En cuanto al análisis sensorial realizado por los consumidores, las muestras con sal presentaron una mayor puntuación en apariencia, color, sabor y agrado general. Además, la muestra elaborada con harina de chontaduro y rociada con sal obtuvo puntuaciones superiores en todos los atributos además de una intención de compra de casi el 92%.

En conclusión, la utilización de harina de chontaduro como ingrediente para la elaboración de snacks otorga un valor añadido al producto mejorando su calidad nutricional. Además, la adición de sal mejora el grado de aceptación del consumidor y aumenta la intención de compra.

## **6 REFERENCIAS**

- AFANAS'EV IB, DCROZHKO AI, BRODSKII A V, KOSTYUK VA, POTAPOVITCH AI. Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochem Pharmacol.* 1989;38:1763–1769. doi:10.1016/0006-2952(89)90410–3
- AHMED, Z. S. (1999). Physico-chemical, structural and sensory quality of corn-based flax-snack. *Food/Nahrung*, 43(4), 253-258.
- AINSWORTH, E. A., & GILLESPIE, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature protocols*, 2(4), 875.
- ALMEIDA-DOMINGUEZ, N. G., VALENCIA, M. E., & HIGUERA-CIAPARA, I. (1990). Formulation of corn-based snacks with high nutritive value: biological and sensory evaluation. *Journal of food science*, 55(1), 228-231.
- ANHWANGE, B. A., UGYE, T. J., & NYIAATAGHER, T. D. (2008). Chemical composition of *Musa sapientum* (banana) peels. *Journal of Food Technology*, 6(6), 263-266.
- ANTON, A. A., & LUCIANO, F. B. (2007). Instrumental texture evaluation of extruded snack foods: a review evaluación instrumental de textura en alimentos extruidos: una revisión. *CYTA-Journal of Food*, 5(4), 245-251.
- BARBA, A. O., HURTADO, M. C., MATA, M. S., RUIZ, V. F., & DE TEJADA, M. L. S. (2006). Application of a UV–vis detection-HPLC method for a rapid determination of lycopene and  $\beta$ -carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95(2), 328-336.
- BASTO, G. J., CARVALHO, C. W. P., SOARES, A. G., COSTA, H. T. G. B., CHÁVEZ, D. W. H., DE OLIVEIRA GODOY, R. L., & 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.
- BELTRÁN, M y MARCILLA, A. (2012) Curso de tecnología de polímeros. [Documento Electrónico]. Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Alicante. En: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>.
- BENZIE, I. F., & STRAIN, J. J. (1999). [2] Ferric reducing/antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. In *Methods in enzymology* (Vol. 299, pp. 15-27). Academic Press.
- BRENNAN, C.; BRENNAN, M.; DERBYSHIRE, E.; TIWARI, B.K. (2011). Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 22: 570-575.
- CACHO, J. De los mecanismos de la percepción a la evaluación sensorial. Un futuro lleno de sentidos. 2002. Edición electrónica Percepnet. Rubes edit. <http://www.percepnet.com>. Fecha acceso: 12 de febrero 2004.

CAMARA, M., DE CORTES SÁNCHEZ-MATA, M., FERNÁNDEZ-RUIZ, V., CÁMARA, R. M., MANZOOR, S., & CACERES, J. O. (2013). Lycopene: A review of chemical and biological activity related to beneficial health effects. In *Studies in natural products chemistry* (Vol. 40, pp. 383-426). Elsevier.

CAMIRE ME, DOUGHERTY MP, BRIGGS JL (2007). Functionality of fruit powders in extruded corn breakfast cereals. *Food Chem.* 101:765- 770.

CARVALHO, C. W. P., TAKEITI, C. Y., FREITAS, D. D. G. C., & ASCHERI, J. L. R. (2012). Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates. *Food Research International*, 45(1), 434-443.

CASTADA, H. Z., HANAS, K., & BARRINGER, S. A. (2019). Swiss Cheese Flavor Variability Based on Correlations of Volatile Flavor Compounds, Descriptive Sensory Attributes, and Consumer Preference. *Foods*, 8(2), 78.

CLEMENT, C. R., RIVAL, L., & COLE, D. M. (2009). Domestication of Peach Palm. *Mobility and migration in indigenous Amazonia: contemporary ethnoecological perspectives* (MN Alexiades, ed.), 117-140.

CLEMENT, C. R., WEBER, J. C., VAN LEEUWEN, J., DOMIAN, C. A., COLE, D. M., LOPEZ, L. A., & ARGÜELLO, H. (2004). Why extensive research and development did not promote use of peach palm fruit in Latin America. *Agroforestry Systems*, 61(1-3), 195-206.

COMBARIZA, J. A. (2013). *Perfil nacional de consumo de frutas y verduras*. Bogotá DC: Ministerio de Salud y Protección Social, FAO.

COSTELL, E. *Evaluación sensorial de la textura de los alimentos*. 2002. Edición electrónica Percepnet. Rubes edit. <http://www.percepnet.com>. Fecha acceso: 12 de Febrero 2004

DEWANTO, V., WU, X., & LIU, R. H. (2002). Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 50(17), 4959-4964.

DI SCALA, K., & CRAPISTE, G. (2008). Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *LWT-Food Science and Technology*, 41(5), 789-795.

DING, Q. B., AINSWORTH, P., TUCKER, G., & MARSON, H. (2005). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, 66, 283–289.

ESPINOSA-PARDO, F. A., MARTINEZ, J., & MARTINEZ-CORREA, H. A. (2014). Extraction of bioactive compounds from peach palm pulp (*Bactris gasipaes*) using supercritical CO<sub>2</sub>. *The Journal of Supercritical Fluids*, 93, 2-6.

FARINHA, P. M. D. (2014). *Efeito da liofilização e da adição de goma arábica no potencial bioativo de extratos de morango e kiwi* (Doctoral dissertation). Castelo Branco (Portugal).

FURTADO J, SILES X, CAMPOS H (2004) Carotenoid concentrations in vegetables and fruits common to the Costa Rican diet. *Int J Food Sci Nutr* 55(2):101–113

GIRALDO, A., DUFOUR, D., RIVERA, A. F., SANCHEZ, T., SCHELDAMAN, X., & GONZALEZ, A. (2009). Diversidad del chontaduro (# *Bactris gasipaes* #) consumido en Colombia. *Alimentos Hoy*, (18).

GODOY, B. C. B. E. D., & BELÉIA, D. A. D. P. (2014). Characterization of flours made from peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) by-products as a new food ingredient. *Journal of Food and Nutrition Research (ISSN 1336-8672)*, 53(1), 51-59.

GUY, R. (Ed.). (2001). *Extrusion cooking: technologies and applications*. Woodhead publishing.

HAMMOND, E. G., PAN, W. P., & MORA-UPÍ, J. (1982). Fatty acid composition and glyceride structure of the mesocarp and kernel oils of the pejobaye palm (*Bactris gasipaes* HBK). *Revista de Biología Tropical*, 30(1), 91-93.

HEMPEL, J., AMREHN, E., QUESADA, S., ESQUIVEL, P., JIMÉNEZ, V. M., HELLER, A., ... & SCHWEIGGERT, R. M. (2014). Lipid-dissolved  $\gamma$ -carotene,  $\beta$ -carotene, and lycopene in globular chromoplasts of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) fruits. *Planta*, 240(5), 1037-1050.

. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2121-3>

JAIMES CORZO, LEONARDO (2012). Instrumentación y automatización de una máquina extrusora horizontal de tornillo sencillo para polietileno de baja densidad. Trabajo final de grado. Universidad Pontificia Bolivariana

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 Nutricion*, 60(1), 99-104. PMID:21090177.

LEAKEY, R. R. (1999). Potential for novel food products from agroforestry trees: a review. *Food chemistry*, 66(1), 1-14.

LETERME, P., GARCÍA, M. F., LONDOÑO, A. M., ROJAS, M. G., BULDGEN, A., & SOUFFRANT, W. B. (2005). Chemical composition and nutritive value of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(9), 1505-1512.

MAKOWSKA, AGNIESZKA & CAIS-SOKOLINSKA, DOROTA & WASKIEWICZ, AGNIESZKA & TOKARCZYK, GRZEGORZ & PASCHKE, HANNA. (2016). Quality and Nutritional Properties of Corn Snacks Enriched with Nanofiltered Whey Powder. *Czech Journal of Food Sciences*. 34. 154-159. 10.17221/313/2015-CJFS.

MCDONALD, C. M., BAYLIN, A., ARSENAULT, J. E., MORA-PLAZAS, M., & VILLAMOR, E. (2008). Overweight is more prevalent than stunting and is associated with socioeconomic status, maternal obesity, and a snacking dietary pattern in school children from Bogota, Colombia. *The Journal of nutrition*, 139(2), 370-376.

MINATEL, I. O., BORGES, C. V., FERREIRA, M. I., GOMEZ, H. A. G., CHEN, C. Y. O., & LIMA, G. P. P. (2017). Phenolic compounds: Functional properties, impact of processing and bioavailability. *Phenolic compounds—Biological activity*, 236.

MORA-ROCHIN, S., GUTIÉRREZ-URIBE, J. A., SERNA-SALDIVAR, S. O., SÁNCHEZ-PEÑA, P., REYES-MORENO, C., & MILÁN-CARRILLO, J. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 502-508.

NEUFELD, L., RUBIO, M., & GUTIÉRREZ, M. (2012). *Nutrición en Colombia II: Actualización del estado nutricional con implicaciones de política*. Inter-American Development Bank.

OLAYA VAÑÓ, L. (2019). Desarrollo y caracterización de productos extruidos elaborados con harina de maíz y de chontaduro (*Bactris gasipaes* HBK).

OLIVES, B. A.; CÁMARA H.M.; SANCHEZ-MATA, M.C.; FERNÁNDEZ-RUIZ, V.; LOPEZ S.T.M. (2006). Application of a UV-vis detection- HPLC method for a rapid determination of lycopene and  $\beta$ -carotene in vegetables. *Food Chemistry*, 95: 328–336

PADAYATTY, SEBASTIAN & KATZ, ARIE & WANG, YAOHUI & ECK, PETER & KWON, ORAN & LEE, JE-HYUK & CHEN, SHENGLIN & CORPE, CHRISTOPHER & DUTTA, ANAND & DUTTA, SUDHIR & LEVINE, MARK. (2003). Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention. *Journal of the American College of Nutrition*. 22. 18-35. 10.1080/07315724.2003.10719272.

PAULA, A. M., & CONTI-SILVA, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of food engineering*, 121, 9-14.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; TABERNERO, 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.

PINEDA, D. (2017). *Tendencias en snacks nutritivos*. Ministerio de Economía. España

POTTER R, STOJCESKA V, PLUNKETT A (2013). The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets. *LWT Food Sci. Technol.* 51(2):537-544.

PRIMO, Y.E. *Química de los alimentos*. Ed síntesis. España 1998

RESTREPO, J., & ESTUPIÑÁN, J. A. (2007). Potencial del Chontaduro como Fuente Alimenticia de Alto Valor Nutricional en Países Tropicales. *Revista de Ciencias*, 11, 1-8.

RIAZ, M. N. (Ed.). (2000). *Extruders in food applications*. CRC press.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., KIMURA, M., GODOY, H. T., & AMAYA-FARFAN, J. (2008). Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(6), 445-463.

ROJAS-GARBANZO, C.; PEREZ, A.M; BUSTOS-CARMONA, J.; VAILLANT, F. (2011). Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris gasipaes* HBK) flour. *Food Research International*, 44: 2377-2384.

ROJAS-GARBANZO, C.; PÉREZ, A.M.; PINEDA, M.L.; VAILLANT, F. (2012). Major physicochemical and antioxidant changes during peachpalm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) flour processing. *Fruits*, 67: 415-427.

ROS, E., LÓPEZ-MIRANDA, J., PICÓ, C., RUBIO, M. Á., BABIO, N., SALA-VILA, A., ... & GIL HERNÁNDEZ, A. (2015). Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta: postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD). *Nutrición Hospitalaria*, 32(2), 435-477.

RUBIRA MARTÍNEZ, J. U. A. N. A. (2018). *Efecto de la humedad relativa y del almacenamiento en los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de un producto extruido de harina de maíz y chontaduro (Bactris gasipaes HBK)* (Doctoral dissertation).

SANTOS, I. L., STEEL, C. J., AGUIAR, J. P. L., SCHMIELE, M., DE SALES FERREIRA, J. E. C., & DO AMARAL SOUZA, F. D. C. (2017). Sensory analysis of extruded corn-based breakfast cereals with whole peach palm fruit (*Bactris gasipaes*, kunth) powder. *African Journal of Food Science*, 11(9), 310-317.

SELVENDRAN, R.R.; RYDEN, P. (1990). *Methods in plant biochemistry*. Academy Express – London, 2: 549.

SHAHIDI F (2000) Antioxidants in food and food antioxidants. *Nahrung* 44: S158–S163

SHARMA, P.; GUJRAL, H.S.; SINGH, B. (2012). Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*, 131: 1406–1413.

SHAVIKLO, G. R., OLAFSDOTTIR, A., SVEINSDOTTIR, K., THORKESSON, G., & RAFIPOUR, F. (2011). Quality characteristics and consumer acceptance of a high fish protein puffed corn-fish snack. *Journal of food science and technology*, 48(6), 668-676.

SIDEL, J. L., & STONE, H. (1993). The role of sensory evaluation in the food industry. *Food Quality and Preference*, 4(1-2), 65-73.

SINGH, S., GAMLATH, S., & WAKELING, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(8), 916-929.

SMITH, J., & HARDACRE, A. (2011). Development of an extruded snack product from the legume *Vicia faba minor*. *Procedia Food Science*, 1, 1573-1580.

SOLIHAN, M. A., WAN ROSLI, W. I., & NURHANAN, A. R. (2012). Phytochemicals screening and total phenolic content of Malaysian Zea mays hair extracts.

SPAGGIARI, M., (2014). Ottimizzazione del proceso di estrazione di composti bioattivi di *Actinidia* spp., *Fragaria ananassa*, *Morus nigra* e *Humulus lupulus*, per la formulazione di prodotti nutraceutici ad alta capacità antiossidante. Trabajo Final de Carrera.

SUN-WATERHOUSE, D., TEOH, A., MASSAROTTO, C., WIBISONO, R., & WADHWA, S. (2010). Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry*, 119(4), 1369-1379.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, K.; CROSBY, L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 669-675.

TRACY, M. D. (1996). Pejibaye flour, a hopeful option. *Bol. Retadar*, 23, 3. Università degli Studi di Parma (Italia).

VALENCIA, G. A., MORAES, I. C. F., LOURENÇO, R. V., BITTANTE, A. M. Q. B., & SOBRAL, P. J. D. A. (2015). Physicochemical, morphological, and functional properties of flour and starch from peach palm (*Bactris gasipaes* K.) fruit. *Starch-Stärke*, 67(1-2), 163-173.

VELEZ ERAZO, ELIANA MARCELA. (2012). Obtención de compuestos antioxidantes a partir de chontaduro (*Bactris gasipaes*) usando extracción asistida con microondas (EAM). Trabajo de grado (ingeniera agroindustrial). Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. (Colombia).

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 & technology*, 19(9), 451-463.

WALL-MEDRANO, A., OLIVAS-AGUIRRE, F. J., VELDERRAIN-RODRIGUEZ, G. R., GONZÁLEZ-AGUILAR, A., LÓPEZ-DÍAZ, J. A., & ÁLVAREZ-PARRILLA, E. (2014). Mango: Agroindustrial aspects, nutritional/functional value and health effects.

WYSZECKI, G., & STILES, W. S. (1982). *Color science* (Vol. 8). New York: Wiley.

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), 545-551.

YUYAMA, L. K., AGUIAR, J. P., YUYAMA, K., CLEMENT, C. R., MACEDO, S. H., FÁVARO, D. I., ... & VANNUCCHI, H. (2003). Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia, Brazil. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(1), 49-56.

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.

ŽILIC, S., SERPEN, A., AKILLIOĞLU, G., GÖKMEN, V., & VANČETOVIĆ, J. (2012). Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(5), 1224-1231.