



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**GALLETA ENRIQUECIDA CON HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA: EFECTO EN
SU COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA, CALIDAD SENSORIAL Y DIGESTIBILIDAD**

Que como parte de los requisitos para obtener
el grado de Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos Funcionales

Presenta:

I.B.Q. Rubén Elí Lozano Mariles

Directora de tesis: Dra. Luz Araceli Ochoa Martínez

Durango, Dgo. México, Junio de 2020

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN**

Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos Funcionales

**GALLETAS ENRIQUECIDAS CON HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA: EFECTO EN
SU COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA, CALIDAD SENSORIAL Y DIGESTIBILIDAD**



Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos Funcionales

Presenta

Rubén Eli Lozano Mariles

Comité de Tesis

Dra. Luz Araceli Ochoa Martínez

Directora

Araceli Ochoa m.

Firma

Dra. Nuria Elizabeth Rocha Guzmán

Asesora

[Firma]

Firma

Manuel Pensabén E.
Dr. José Manuel Pensabén Esquivel

Asesor

Firma

[Firma]
Dr. Héctor Alonso Filéto Pérez
Jefe del Departamento de Ingenierías
Química y Bioquímica

Araceli Ochoa m.
Dra. Luz Araceli Ochoa Martínez
Jefe de la División de Estudios de
Posgrado e Investigación



"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Victoria de Durango, Dgo., a **08/Junio/2020**.

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 129 / 20.

ASUNTO: Autorización de Impresión de Tesis de Maestría.

C. RUBÉN ELI LOZANO MARILES
No. DE CONTROL G10040583
PRESENTE.

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el Grado de **Grado de Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos Funcionales** cuyo título es:

"GALLETA ENRIQUECIDA CON HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA: EFECTO EN SU COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA, CALIDAD SENSORIAL Y DIGESTIBILIDAD"

Sin otro particular de momento, quedo de Usted.

ATENTAMENTE.

"La Técnica al Servicio de la Patria"

DRA. LUZ ARACELI OCHOA MARTÍNEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



LAOM'ammc.



Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya, C.P. 34080

Durango, Durango. Tel (618) 829-0900

www.tecnm.mx | www.itdurango.edu.mx





"2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria"

Victoria de Durango, Dgo., a **08 / Junio / 2020.**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
DEPI / C / 128 / 20.

ASUNTO: Autorización de Tema de Tesis de Maestría.

C. RUBÉN ELI LOZANO MARILES
No. DE CONTROL G10040583
P R E S E N T E .

Con base en el Reglamento en vigor y teniendo en cuenta el dictamen emitido por el Jurado que le fue asignado, se le autoriza a desarrollar el tema de tesis para obtener el **Grado de Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos Funcionales** cuyo título es:

"GALLETA ENRIQUECIDA CON HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA: EFECTO EN SU COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA, CALIDAD SENSORIAL Y DIGESTIBILIDAD"

CONTENIDO:

RESUMEN	
CAPÍTULO I	ARTÍCULO: "Galleta enriquecida con harina de cáscara de naranja: Efecto en su composición y calidad sensorial"
	CONCLUSIONES
	REFERENCIAS

Sin otro asunto en particular, quedo de Usted.

A T E N T A M E N T E .

"La Técnica al Servicios de la Patria"


DRA. LUZ ARACELI OCHOA MARTÍNEZ
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



SEP INSTITUTO TECNOLÓGICO
de Durango
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

LAOM'ammc.



Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vízcaya, C.P. 34080
Durango, Durango. Tel (618) 829-0900
www.tecnm.mx | www.itdurango.edu.mx



Fecha de Inicio: 01/01/2010
Fecha de Vigencia: 01/01/2015
Fecha de Revalidación: 01/01/2020
RSCC 017

GALLETA ENRIQUECIDA CON HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA: EFECTO EN SU COMPOSICIÓN Y CALIDAD SENSORIAL

Rubén Lozano-Mariles¹, Luz Araceli Ochoa-Martínez^{1}, Silvia Marina González-Herrera¹, Nuria Elizabeth Rocha-Guzmán¹. José Manuel Pensabén-Esquivel¹*

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica. Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya, Durango. Dgo. C.P. 34080. *aochoa@itdurango.edu.mx Nivel I SNI, CVU: 5406.*

RESUMEN

La naranja (*Citrus sinensis* L.) está compuesta aproximadamente de 40% de jugo y 60% de sólidos, principalmente por semillas y cáscara. La cáscara de naranja contiene fibra y carotenoides, ésta se puede utilizar en la elaboración de harina para su incorporación en productos derivados de la industria de la panificación incrementando con esto el valor nutricional de dichos productos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sustitución de 5%, 7.5% y 10% de harina de cáscara de naranja (HCN) en una galleta de harina de trigo (HT) sobre sus propiedades fisicoquímicas y su aceptabilidad. Posteriormente se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas a través del almacenamiento en condiciones ambientales. Al mismo tiempo se elaboraron galletas con 100% de harina de trigo como control y para comparación. A partir del resultado de la evaluación sensorial y de la caracterización fisicoquímica, se seleccionó la galleta con la formulación del 7.5% de HCN para continuar con el estudio de almacenamiento. Se realizó la caracterización inicial y final con base en los parámetros de textura, humedad, actividad de agua, carotenoides totales, digestión *in vitro* de carotenoides, almidón resistente y total, digestión *in vitro* del almidón, fibra, índice glicémico, así como un análisis proximal para ambas galletas. Las galletas se

almacenaron a temperatura ambiente evaluando periódicamente (cada 20 días) y hasta 120 días los parámetros de textura, humedad, actividad de agua, carotenoides totales, predicción del índice glicémico y % de hidrólisis del almidón (digestión *in vitro*). Se encontró que a través del tiempo los valores de textura disminuyeron, mientras que la humedad y la actividad de agua presentaron una tendencia a aumentar con el tiempo. Respecto al contenido de carotenoides totales, la sustitución de 7.5% de harina de cáscara de naranja permitió obtener valores de 4.5 mg Eq β -caroteno/100g de galleta teniendo un porcentaje de retención de 45% al final del almacenamiento. El contenido de almidón total y resistente en las galletas se encontró en un rango de 45.25 y 47.16% y de 0.19 a 0.64% respectivamente. El menor porcentaje de hidrólisis del almidón se presentó en las galletas con HCN, disminuyendo constantemente a través del tiempo de almacenamiento, la misma tendencia se observó en el índice glicémico. Con este estudio se observó que la utilización de harina de cáscara de naranja es una opción viable desde el punto de vista tecnológico y nutricional.

Palabras clave: Harina de cáscara de naranja, galletas, fibra, carotenoides, almidón resistente.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
2.2 Preparación y almacenamiento de la galleta.....	11
2.3 Caracterización fisicoquímica de la galleta control y la adicionada con HCN	12
2.4 Análisis proximal.....	12
2.5 Análisis de textura	12
2.7 Carotenoides totales.....	13
2.8 Digestibilidad del β -caroteno	13
2.10 Digestión <i>in vitro</i> del almidón.....	16
2.11 Fibra Dietaria.....	17
2.12 Evaluación Sensorial	18
2.13 Selección de la galleta y estudio durante el almacenamiento.....	18
2.14 Análisis estadístico.....	19
3.1 Resultados del análisis proximal de las galletas.....	19
3.2 Resultados de la evaluación sensorial	21
3.3 Resultados del análisis proximal inicial y final de la galleta adicionada con 7.5% de harina de cáscara de naranja	22

3.4 Parámetros de textura, actividad de agua, carotenoides totales y digestibilidad de β -caroteno	24
3.5 Parámetros evaluados periódicamente durante el almacenamiento.	26
3.6 Análisis de almidón resistente y no resistente	29
3.7 Digestión <i>in vitro</i> del almidón	30
4. CONCLUSIONES	32
5. REFERENCIAS.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros utilizados en la medición de dureza de las galletas.....	12
Tabla 2. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las galletas.	20
Tabla 3. Análisis proximal de las galletas al inicio y al final del almacenamiento	23
Tabla 4. Porcentaje de fibra soluble e insoluble al inicio y al final del almacenamiento .	24
Tabla 5. Valores obtenidos en los parámetros de textura, aw, carotenoides totales y digestibilidad de β -caroteno	26
Tabla 6. Valores obtenidos en los parámetros de textura, humedad, aw y carotenoides totales durante el almacenamiento	28
Tabla 7. Porcentaje de almidón no resistente y resistente.....	29
Tabla 8. Porcentaje de índice glicémico e hidrólisis en las galletas	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de evaluación sensorial	21
--	----

GALLETA ENRIQUECIDA CON HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA: EFECTO EN SU COMPOSICIÓN Y CALIDAD SENSORIAL

Rubén Lozano-Mariles¹, Luz Araceli Ochoa-Martínez^{1}, Silvia Marina González-Herrera¹, Nuria Elizabeth Rocha-Guzmán¹. José Manuel Pensabén-Esquivel¹*

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Durango, Departamento de Ingenierías Química y Bioquímica. Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya, Durango. Dgo. C.P. 34080. *aochoa@itdurango.edu.mx Nivel I SNI, CVU: 5406*

RESUMEN

La naranja (*Citrus sinensis* L.) está compuesta aproximadamente de 40% de jugo y 60% de sólidos, principalmente por semillas y cáscara. La cáscara de naranja contiene fibra y carotenoides, ésta se puede utilizar en la elaboración de harina para su incorporación en productos derivados de la industria de la panificación incrementando con esto el valor nutricional de dichos productos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sustitución de 5%, 7.5% y 10% de harina de cáscara de naranja (HCN) en una galleta de harina de trigo (HT) sobre sus propiedades fisicoquímicas y su aceptabilidad; y posteriormente evaluar sus propiedades fisicoquímicas a través del almacenamiento en condiciones ambientales. Al mismo tiempo se elaboraron galletas con 100% de harina de trigo como control y para comparación. A partir del resultado de la evaluación sensorial y de la caracterización fisicoquímica, se seleccionó la galleta con sustitución del 7.5% de HCN para continuar con el estudio de almacenamiento. Se realizó la caracterización inicial y final en base a los parámetros de textura, humedad, actividad de agua, carotenoides totales,

digestión *in vitro* de carotenoides, almidón resistente y total, digestión *in vitro* del almidón, fibra, índice glicémico, así como un análisis proximal para ambas galletas. Las galletas se almacenaron a temperatura ambiente evaluando periódicamente (cada 20 días) y hasta 120 días los parámetros de textura, humedad, actividad de agua, carotenoides totales, predicción del índice glicémico y % de hidrólisis del almidón (digestión *in vitro*). Se encontró que a través del tiempo los valores de textura disminuyeron, mientras que la humedad y la actividad de agua presentaron una tendencia a aumentar con el tiempo. Respecto al contenido de carotenoides totales, la sustitución de 7.5% de harina de cáscara de naranja permitió obtener valores de 4.5 mg Eq β -caroteno/100g de galleta teniendo un porcentaje de retención de 45% al final del almacenamiento. El contenido de almidón total y resistente en las galletas se encontró en un rango de 45.25 y 47.16% y de 0.19 a 0.64% respectivamente. El menor porcentaje de hidrólisis del almidón se presentó en las galletas con HCN, disminuyendo constantemente a través del tiempo de almacenamiento, la misma tendencia se observó en el índice glicémico. Con este estudio se observó que la utilización de harina de cáscara de naranja es una opción viable desde el punto de vista tecnológico y nutricional.

Palabras clave: Harina de cáscara de naranja, galletas, fibra, carotenoides, almidón resistente.

1. INTRODUCCIÓN

La naranja es el fruto del naranjo dulce, árbol que pertenece al género *Citrus* de la familia de las rutáceas y crece en países de clima cálido y templado. Está constituida mayoritariamente por agua, así como hidratos de carbono, fibra, proteínas, flavonoides, carotenoides, lípidos, vitaminas y minerales (Pons *et al.*, 2014). Los principales países productores mundiales son China, USA, Brasil, México, India y España. México es considerado el quinto productor mundial de naranja, con un volumen promedio de 4.2 millones de toneladas anuales de las

cuales se destinan en promedio el 90% de la producción nacional a la elaboración de jugos (SAGARPA, 2017). De la industria de los jugos se obtiene residuos como la cáscara, la cual se ha reportado que contiene varios compuestos como fibra, aceites esenciales, pectinas (Wang *et al.*, 2015) y carotenoides (Ramírez-Calderón, 2018). Aproximadamente, del 40 al 60% de las naranjas se procesan para la producción de jugo, de las cuales 50 a 60% terminan como desechos, incluyendo semilla, cáscara y membrana de segmento (Wikandari *et al.*, 2015). Uno de los principales componentes de interés en la cáscara es el β -caroteno el cual es el compuesto responsable del color de la cáscara y la pulpa de las frutas cítricas y que contribuye en gran medida al aumento del valor nutricional y antioxidante de las mismas (Alquézar *et al.*, 2008a; Kato *et al.*, 2004). Reportes de investigación, sugieren que el β -caroteno ofrece cierta protección a enfermedades degenerativas relacionadas con la edad, así como también a varios tipos de cáncer (predominantemente al tracto-digestivo) (Bertram and Bortkiewicz, 1995; Chew *et al.*, 1999; Mathews-Roth, 1982; van Poppel and A., 1996). Uno de los productos en el cual se puede provechar el residuo de cáscara de naranja es para la producción de harina, ya que estudios previos recomiendan el uso de harinas no convencionales en productos de panificación para proveerlos de nutrientes adicionales, mejorando así el valor nutricional de esos (Fernandes *et al.*, 2013; Padam *et al.*, 2014). Los panecillos y las galletas son los productos más populares pero tienen bajos valores nutricionales, por lo tanto, la asociación de harinas con alto contenido de fibra, antioxidantes y compuestos fenólicos, podrían conducir a la producción de galletas con un alto contenido nutricional (Bolanho *et al.*, 2014; Uthumporn *et al.*, 2014). Por lo anterior, estos residuos pueden ser incorporados en la cadena alimenticia mediante el desarrollo de nuevos productos a través de la adición de harinas no convencionales a partir de la cáscara de naranja. Por lo tanto el objetivo del presente trabajo fue elaborar una galleta enriquecida con harina de

cáscara de naranja, evaluando sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y de digestibilidad valorizando así subproductos de la industria de los jugos y tratando de contribuir a la reducción de la contaminación ambiental.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Obtención de la cáscara de naranja y la harina de cáscara de naranja (HCN)

La cáscara de naranja fue obtenida de una empresa de elaboración de jugos en la ciudad de Durango, Dgo. Una vez obtenida, se separó el bagazo de la cáscara, ésta se lavó y se cortó en trozos de 2 x 2 cm, para posteriormente secarla en un secador de charolas, luego se molió y finalmente se pasó por un tamiz de malla 40 para la obtención de la harina, la cual se almacenó en bolsas Ziploc hasta su posterior utilización.

2.2 Preparación y almacenamiento de la galleta

Para la preparación de la galleta control se añadieron los siguientes ingredientes: harina de trigo refinada (100 g), huevo (1 pza.), sal (0.1 g), azúcar (30 g), polvo para hornear (0.5 g), manteca vegetal (25 g) y agua. Para la formulación de la galleta adicionada con harina de cáscara de naranja se adicionaron los mismos ingredientes únicamente sustituyendo un 5, 7.5 y 10% de harina de trigo por harina de cáscara de naranja. A continuación se mezclaron todos los ingredientes formando una masa homogénea y rígida la cual se almacenó en refrigeración durante 10 minutos. Luego la masa fue presionada hasta aproximadamente 3mm de espesor y cortada en forma rectangular con medidas de 10 x 7 cm. Posteriormente se colocaron sobre una charola metálica en donde se cocieron en un horno precalentado a 180° C durante 15 minutos. Ambos tipos de galletas se evaluaron fisicoquímicamente y se realizó la evaluación sensorial.

2.3 Caracterización fisicoquímica de la galleta control y la adicionada con HCN

2.4 Análisis proximal

Estos se determinaron de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC (1990); humedad (método 925.09), proteína (método 968.06), lípidos (método 920.39), cenizas (método 923.03) y Fibra total kit Megazyme (método AOAC 985.29, 991.42, 991.43)

2.5 Análisis de textura

Se midió dureza mediante un texturómetro modelo TA-XT2i (Texture Technology Corp, Scarsdale, Nueva York). Se empleó la puntilla de 2 mm Cyl. Stainless part Code p/2. Se utilizaron los parámetros mostrados en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Parámetros utilizados en la medición de dureza de las galletas

Parámetros	Valor
Velocidad de ensayo	1.0 mm/s
Velocidad post- ensayo	10.0 mm/s
Test distancia de ruptura	30.0%
Distancia	35.0%
Fuerza	0.05% N
Trigger	Auto 0.05 N

2.6 Actividad de agua

Para este análisis se empleó el equipo Rotronic Modelo Aw-DIO de Hygrolab (Rotronic Instrument Corp. Engineers Rd. Suite 150 Hauppauge, New York 11788). Donde la muestra

de galleta previamente triturada se depositó dentro de la cubeta de prueba y se obtuvo la lectura.

2.7 Carotenoides totales

La cuantificación de carotenoides totales se realizó por el método reportado por Wright and Kader (1997) con algunas modificaciones. Se pesaron 2 g de muestra, posteriormente se colocaron en un tubo Corning de 15 mL, se agregaron 5 mL de la siguiente mezcla de solventes: Hexano/acetona/etanol (50/25/25 v/v) y se colocó en un homogeneizador por dos minutos, posteriormente fue centrifugado (Centrifuga centra modelo CL3R Thermo IEC, EUA) a 3500 rpm durante 5 minutos y se separó el sobrenadante oleoso con una pipeta Pasteur. Enseguida se realizaron dos lavados más, agregando 5 mL de la mezcla de solventes, agitando en un homogeneizador durante dos minutos, después de cada lavado se centrifugó y se recuperó el sobrenadante oleoso en un tubo Corning de 15mL.). De esta mezcla se tomó una alícuota que se colocó en la celda de cuarzo para su medición en un espectrofotómetro (UV– Visible Thermo Scientific, Mod. Genesys 6, USA) a 450 nm. La absorbancia de cada muestra fue sustituida en la ecuación de la recta de una curva de calibración realizada con un estándar de β -caroteno.

2.8 Digestibilidad del β -caroteno

El porcentaje de bioaccesibilidad de β -caroteno presente en la galleta control y en la galleta adicionada con harina de cáscara de naranja se determinó de acuerdo al método descrito por Minekus *et al.* (2014) con algunas modificaciones. Las muestras de galletas (1 g) fueron sujetas a las fases de simulación oral, gástrica e intestinal (SSF, SGF, y SIF respectivamente). Brevemente, a las muestras se añadieron 3.5 mL de solución stock SSF a pH 7 (ajustado con NaOH, 1 M), 0.5 mL de solución α -amilasa de 1500 U/mL, 25 μ L de CaCl₂ (0.3 M) y 975

μ L de agua. La mezcla fue agitada suavemente por 2 min a 37°C. Después, en la fase gástrica se añadieron 7.5 mL de solución stock SGF a pH 3 (ajustada con HCl, 1 M), 1.6 mL de solución de pepsina (25000 U/mL), 5 μ L de CaCl₂ (0,3 M) y se ajustó a un pH de 3 con HCL 1 M y finalmente agua hasta completar un volumen final de 20 mL. La muestra fue agitada durante 2 horas a 37°C. Durante la fase intestinal se agregaron 11 mL de la solución stock SIF a pH 7 y 37°C, 5 mL de solución de pancreatina (800 U/mL en actividad tripsina), 2.5 mL de solución de bilis (2.4 mg/mL), 40 μ L de CaCl₂ 0.3 M y se ajustó a pH 7 con NaOH 1 M y se agregó agua hasta alcanzar un volumen final de 40 mL. La muestra fue agitada a 37°C durante 2 horas. Una vez concluidas las etapas de digestión se adiciono 20 mL de éter etílico y 10 mL de NaCl (10% p/v) el total de la fracción micelar resultante para la extracción de carotenoides y se agitó en vortex durante 1 min. Posteriormente se centrifugó a 5000 g durante 30 min a 4°C de cada muestra se recolecto el sobrenadante, se repitieron los lavados hasta obtener un sobrenadante transparente. A continuación se adicionó sulfato de sodio anhidro y finalmente los sobrenadantes se llevaron a sequedad por medio de rotaevaporador. La cuantificación de β -caroteno se llevó a cabo de la misma manera como se describe en la sección anterior. El porcentaje de digestibilidad se determinó mediante la ecuación:

$$\% \text{ Digestibilidad} = (\beta - \text{caroteno digerido } (\mu\text{g/g}) / \beta - \text{caroteno } (\mu\text{g/g})) \times 100$$

2.9 Almidón total y resistente en la galleta

Estas determinaciones se realizaron utilizando el kit multienzimático Megazyme para almidón resistente (método AACC con una modificación 32-40.1, AOAC método 2002.02). Se pesaron 100 ± 0.5 mg de cada muestra en tubos para centrifuga con capacidad de 50 ML, se adicionaron 4 mL de la solución enzimática de α -amilasa pancreática (3 U/mL) y se incubaron a 37° C durante 16 h con agitación continua. Se retiraron los tubos y se detuvo la

reacción adicionando 4 mL de etanol (95% v/v), mezclando con ayuda de un vortex, posteriormente se centrifugaron a 1500 rpm por 10 min. Se decantó el sobrenadante el cual corresponde al almidón disponible (AD). El pellet obtenido de la anterior decantación, se resuspendió en 2 mL de etanol al 50% (v/v) y se agitó en un vortex. Posteriormente se agregaron 6 mL de etanol al 50% y nuevamente se centrifugó a 1500 g por 10 min. Se decantó el sobrenadante y se repitió una vez más la etapa de resuspensión y centrifugación. El sobrenadante de la incubación inicial y el de los subsecuentes lavados, se combinaron y se ajustaron a un volumen de 100 mL con buffer de acetato de sodio 100mM de pH 4.5. De esta mezcla se toma 0.1 mL y se adicionan 100 μ L de la solución diluida de amilogucosidasa (3000 u/mL) en 100 mL de buffer maleato de sodio a pH 6, se agregaron 3 mL de GODPOD y se incubaron los tubos por 20 min a 50° C. Pasado este periodo de tiempo se llevó a cabo la lectura en un espectrofotómetro (UV-Visible Thermo Scientific, Mod. Genesys 6, USA) a 510 nm el cual fue previamente calibrado con el blanco. Para determinar el contenido de almidón resistente los pellets obtenidos de la decantación del sobrenadante se resuspendieron con 2 mL de KOH 2 M para disolver el almidón resistente (AR), y se mantuvieron en agitación constante en una cuba con agua/hielo sobre la plancha de agitación magnética durante 20 min. Después se añadieron 8 mL de buffer de acetato de sodio 1.2 M (pH 3.8) y 0.1 mL de AMG (3300 U/mL). Posteriormente, los tubos se incubaron en baño con agua a 50° C con agitación intermitente durante 30 minutos y las muestras se centrifugaron a 1500 g durante 10 min, después se transfirieron alícuotas de 0.1 mL de cada sobrenadante a otros tubos, a los que se les adicionó 3.0 mL de GODPOD y se incubaron a 50° C durante 20 min. El procedimiento descrito se realizó a la par con un blanco. Trascurrido el tiempo de incubación se tomó lectura de cada muestra en el espectrofotómetro (UV-Visible Thermo Scientific, Mod. Genesys 6, USA) a 510 nm el cual fue previamente calibrado con el blanco.

Para la obtención del almidón total se sumaron las fracciones de almidón. El porcentaje de AD y AR se calculó según la ecuación 1 y 2.

$$\text{Almidón disponible (\%)} = \Delta E \times F \times \left(\frac{100}{0.1}\right) \left(\frac{1}{1000}\right) \left(\frac{100}{w}\right) \left(\frac{162}{180}\right) \text{ Ecuación 1}$$

$$\text{Almidón resistente (\%)} = \Delta E \times F \times \left(\frac{100}{0.1}\right) \times \left(\frac{1}{1000}\right) \times \left(\frac{100}{W}\right) \times \left(\frac{162}{180}\right) \text{ Ecuación 2}$$

Donde, para ecuaciones 1 y 2: ΔE = absorbancia de la muestra, $F = 100$ (μg D-glucosa) / absorbancia de $100 \mu\text{g}$ glucosa, $1/1000$ = conversión de μg a mg , $10.3/0.1$ = factor de corrección del volumen para la muestra que contiene menos de 10% de AR, $100/W$ = Factor el cual expresa al almidón como porcentaje del peso de la galleta, W = peso en mg de la galleta analizada y $162/180$ = factor de conversión de D-glucosa libre a D-glucosa anhidra.

2.10 Digestión *in vitro* del almidón

La determinación de digestión *in vitro* del almidón se realizó mediante la técnica de Holm et al. (1986). Se pesaron 500 mg de la materia prima a analizar en un vaso de precipitado y se añadieron 50 mL de amortiguador de fosfato con $\text{pH } 6.9$; después se colocó en un baño de agua con agitación a $37 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$, durante los primeros 5 min , se tomaron alícuotas de 0.2 mL de cada muestra para marcar como tiempo cero. Posteriormente con intervalos exactos de 1 min se añadió 1 mL de enzima α -amilasa pancreática (A-3176, sigma, USA) a cada vaso. Una vez añadida la enzima, a intervalos exactos de 15 min , 30 min , 45 min , 60 min , 75 min y 90 min se tomaron alícuotas de 0.2 mL que se colocaron en tubos de ensayo que previamente fueron preparados con 0.8 mL de agua destilada y 1 mL de ácido dinitrosalicílico (DNS). Los tubos se llevaron a ebullición durante 15 min y posteriormente se enfriaron y se dejaron reposar durante 10 min , posteriormente se les añadió 15 mL de agua destilada y se realizó la lectura en un espectrofotómetro (UV-Visible Thermo Scientific, Mod. Genesys 6,

USA) a una absorbancia de 530 nm, ajustando a cero con el blanco-amortiguador. Se elaboró una curva estándar de maltosa y se realizó una regresión lineal, esto para obtener el % de hidrólisis, el cual se representa como el porcentaje de maltosa liberada durante la reacción. Para obtener la predicción del índice glicémico se utilizó la fórmula propuesta por Goñi *et al.* (1997), ecuación 1.

$$pIG = 39.21 + 0.803 IH90 \quad \text{ecuación 1}$$

Donde:

pIG= predicción del índice glicémico

IH= porcentaje de hidrolisis a los 90 min.

2.11 Fibra Dietaria

El contenido de fibra dietaria se determinó por el método enzimático de fibra dietaria total con el kit Megazyme (método AOAC 985.29, 991.42, 991.43). Se prepararon dos muestras de material seco y desengrasado (si el contenido de grasa es > 10%). Las muestras se sometieron a tratamiento térmico a 100° C con α -amilasa termoestable para proporcionar gelatinización, hidrolisis y despolimerización de almidón, posteriormente se llevó a cabo una incubación a 60° C con proteasa y amiloglucosidasa, y se trató con cuatro volúmenes de etanol al 78%, etanol al 95% y acetona. Un duplicado de la muestra se analizó en busca de proteínas y el otro se incubó a 525° C para determinar ceniza. La fibra dietética total es el peso del residuo filtrado y seco menos el peso de la proteína y la ceniza. La fibra dietaria soluble e insoluble es expresada en porcentaje.

2.12 Evaluación Sensorial

Se realizó un análisis sensorial utilizando el método descriptivo cuantitativo utilizando escalas que miden intensidad y el método de grupos dirigidos en la cual se empleó una escala hedónica para conocer su aceptabilidad. Para ambos métodos participaron 15 voluntarios, las muestras se colocaron en platos de color blanco codificadas con números aleatorios de tres dígitos y se entregaron al panel. Los panelistas recibieron muestras de galletas que fueron complementadas con diferentes niveles de sustitución de la harina de cáscara de naranja (5, 7.5 y 10% de adición de cáscara de naranja) y agua (25° C), se evaluaron sensorialmente y se compararon con la galleta control 100% de HT. Se pidió a los participantes que se enjuagaran la boca entre cada muestra y evaluaran el color, dulzura, amargosidad, textura y la aceptabilidad general. Las puntuaciones se registraron en una hoja de papel utilizando una escala hedónica y de aceptabilidad de 7 puntos, donde 1 era me disgusta mucho y 7 correspondía a me gusta mucho según el parámetro a evaluar.

2.13 Selección de la galleta y estudio durante el almacenamiento

En base a los resultados de la caracterización fisicoquímica y la evaluación sensorial, se estableció que la galleta con 7.5% de harina de cáscara de naranja era la adecuada para continuar con el estudio de almacenamiento. Para esto, se elaboraron las galletas y se colocaron en bolsas de polipropileno biorientado (Características: bolsa transparente de baja densidad con espesor de 0.5 micras) con 50 g c/u, las cuales fueron selladas manualmente. Las galletas se almacenaron a temperatura ambiente durante 120 días, evaluando los parámetros de textura, humedad, actividad de agua, carotenoides totales, predicción del índice glicémico y % de hidrólisis, de acuerdo a las técnicas descritas previamente. Al inicio y al final del almacenamiento se evaluaron los parámetros de humedad, proteína, lípidos,

ceniza, textura, actividad de agua, carotenoides totales, almidón total y resistente, índice glicémico, digestión *in vitro* del almidón, fibra dietaria, digestión *in vitro* de carotenoides

2.14 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) y la diferencia de medias se analizó por el método de Tukey ($p < 0.05$). Se utilizó el software Minitab versión 18.1. Los análisis se realizaron por triplicado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados del análisis proximal de las galletas

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó un aumento significativo en el porcentaje de humedad, ceniza, proteína, fibra y carotenoides totales en las galletas adicionadas con HCN con respecto al control. El porcentaje de humedad de la muestra control fue de 5.20% mientras que en las galletas con 5, 7.5 y 10% de HCN fue de 5.05%, 6.43% y 13.15% respectivamente. Este comportamiento puede asociarse con la cantidad de fibra dietaria que aporta la harina de cáscara de naranja ya que tiene la capacidad de retener agua debido a los enlaces que presentan en sus moléculas. El contenido de ceniza y por ende de minerales en las galletas estuvo en un rango de 1.11-1.36g. El mayor contenido de proteína fue de 8.05% y se observó en la muestra con 10% observándose una variación ascendente debido a la adición de harina de cáscara de naranja la cual contiene proteína en su composición. En cuanto al contenido de fibra los valores oscilaron en un rango de 5.21 a 8.15% para fibra insoluble y de 2.04 - 3.16% para fibra soluble ascendiendo estos valores conforme a la adición de harina de cáscara de naranja esto podría indicar que este subproducto se podría emplear para elaborar alimentos con requerimientos calóricos específicos que a este compuesto se le atribuye la propiedad de “barrer” las sales biliares que lo sintetizan (**Tabla**

2). También se observó un incremento en el contenido de carotenoides totales en las galletas adicionadas con HCN que va de 3.75 a 6.86 mg/100g en comparación con la muestra control (3.30 mg/100g). En cuanto al contenido de carotenoides totales posiblemente esta retención y aumento que se observa se le atribuye de igual manera a la presencia de fibra dietaria (Olajumoke and Sade, 2018). En cuanto a textura se observó un aumento en los valores de dureza el cual fue proporcional al porcentaje de adición de harina de cáscara de naranja, ésta variación ascendente podría atribuírsele al almidón presente en la harina de cáscara de naranja. En la **Tabla 2**, se muestran los resultados descritos anteriormente.

Tabla 2. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las galletas.

Parámetro	GC	GCN 5%	GCN 7.5%	GCN 10%
Humedad (%)	5.20 ± 0.00 ^c	5.05 ± 0.07 ^c	6.43 ± 0.20 ^b	13.15 ± 0.02 ^a
Textura (N)	14.21 ± 0.14 ^c	15.55 ± 0.17 ^b	28.16 ± 1.42 ^a	31.85 ± 3.27 ^a
Ceniza (g)	1.12 ± 0.20 ^d	1.11 ± 0.00 ^c	1.36 ± 0.00 ^b	1.47 ± 0.02 ^a
Proteína (%)	7.39 ± 0.00 ^c	7.39 ± 0.05 ^c	7.98 ± 0.09 ^b	8.50 ± 0.02 ^a
Lípidos (%)	22.00 ± 1.41 ^a	21.00 ± 0.70 ^a	21.00 ± 0.70 ^a	22.00 ± 0.70 ^a
Carotenoides totales (mg/100g)	3.30 ± 0.00 ^d	3.75 ± 0.27 ^c	4.47 ± 0.17 ^b	6.86 ± 0.10 ^a
Fibra	S	1.99 ± 0.00 ^d	2.13 ± 0.12 ^b	2.35 ± 0.16 ^{ab}
	I	12.44 ± 0.03 ^d	10.24 ± 0.14 ^c	11.19 ± 0.26 ^b

Dónde: GC, galleta control; GCN, galleta con harina de cáscara de naranja; S, soluble; I, insoluble.

Valores con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), para cada parámetro en cada tipo de galleta.

3.2 Resultados de la evaluación sensorial

En la **Figura 1** se observa que a mayor porcentaje de adición de harina de cáscara de naranja la aceptabilidad del producto fue menor debido principalmente a la amargosidad característica que le confiere al subproducto. En cuanto al parámetro de dulzura no hubo diferencia significativa entre las galletas. En el parámetro de dureza si se percibieron las diferencias en las galletas que contenían mayor porcentaje de harina de cáscara de naranja esto es atribuible al almidón presente en la harina. Por lo tanto, el diagrama de evaluación sensorial muestra que la mayor cantidad de harina de cáscara de naranja que se puede incorporar para desarrollar una galleta sensorialmente aceptable fue del 7.5% ya que está dentro del rango de aceptabilidad y se busca aprovechar la mayor cantidad de este subproducto.

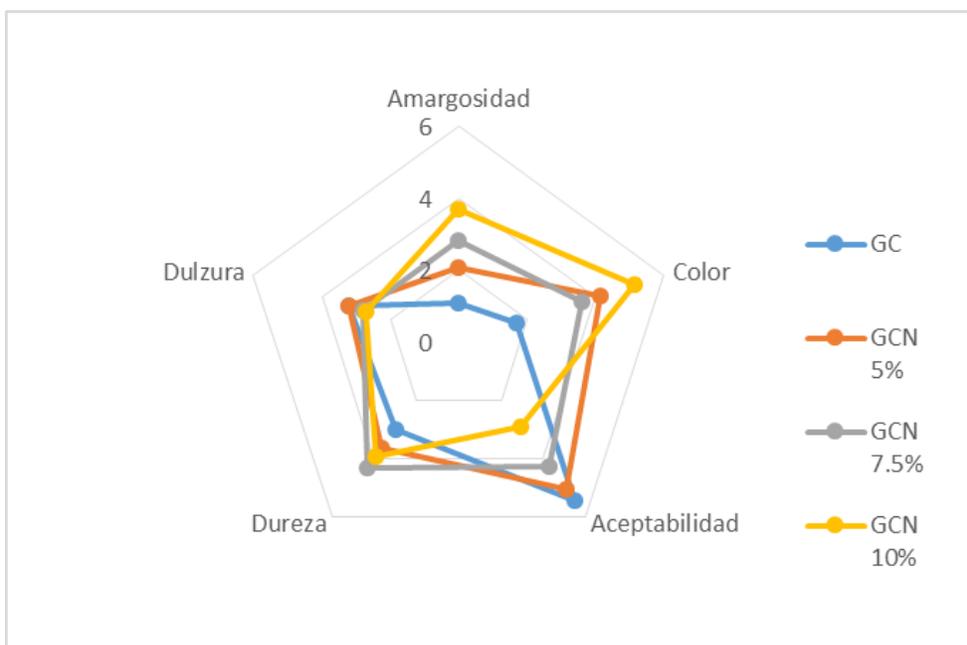


Figura 1. Diagrama de evaluación sensorial

En base a los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica en cuanto a los altos niveles de proteína, fibra dietaria así como de carotenoides totales, al igual que en los resultados de la aceptabilidad de las galletas. La galleta adicionada con 7.5% de harina de cáscara de naranja se seleccionó para continuar con el estudio de estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento.

3.3 Resultados del análisis proximal inicial y final de la galleta adicionada con 7.5% de harina de cáscara de naranja

En la **Tabla 3** se muestran los resultados de las propiedades fisicoquímicas de la caracterización inicial y al final del almacenamiento de las galletas elaboradas con harina de cáscara de naranja y la galleta de harina de trigo. En esta Tabla se observa que en ambas mediciones de la galleta el contenido de proteína es mayor cuando se adicionó harina de cáscara de naranja, obteniéndose valores de entre 7.98 y 6.93 % para la galleta adicionada y valores de entre 7.39 y 6.81 % para la galleta de harina de trigo. Mismo comportamiento fue reportado por Olajumoke, 2018 cuando elaboró galletas de mijo y le adicionó harina de cáscara de naranja. Vázquez-Cabral *et al.* (2018) trabajaron con una galleta sustituida parcialmente con harina de camote naranja encontrando valores similares a los reportados a este trabajo aunque en su caso el nivel de sustitución fue de un 50-70%. La disminución observada en la caracterización final en el parámetro de proteína se puede deber a las reacciones de las proteínas con los lípidos oxidados disminuyendo la disponibilidad de aminoácidos, digestibilidad y su valor biológico (Labuza *et al.*, 2004). En cuanto a las cenizas se observa igualmente mayor cantidad en la galleta adicionada con HCN, esto probablemente debido a la cantidad de minerales que aporta dicha harina. Respecto a los lípidos no se observa una diferencia significativa en ambas galletas. En cuanto al contenido de fibra

dietaria (**Tabla 4**) se observó que, el porcentaje de fibra insoluble que está compuesta por fracciones de lignina, celulosa y hemicelulosa, es mayor en la galleta adicionada con cáscara de naranja en comparación a la galleta control ya que estas fracciones son componentes estructurales de la pared de las células vegetales. La fibra insoluble, como tal, tiene propiedades beneficiosas para el organismo humano por sus potenciales efectos para la salud, tales como la prevención del cáncer y enfermedades cardiovasculares, entre otras (Hawk *et al.*, 2002). A través del tiempo durante el almacenamiento se observó una disminución en los valores de fibra dietaria tanto en la galleta adicionada con harina de cáscara de naranja como en la galleta control ya que durante el procesamiento puede ocurrir una pérdida de ciertos componentes debido a una disminución de su peso molecular.

Tabla 3. Análisis proximal de las galletas al inicio y al final del almacenamiento

Muestra	Tiempo (Días)	Humedad (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Lípidos (%)
Galleta	0	5.20 ± 0.00 ^a	7.39 ± 0.00 ^a	1.12 ± 0.20 ^a	22.00 ± 1.41 ^a
Control	120	4.90 ± 0.00 ^b	6.81 ± 0.00 ^b	1.11 ± 0.18 ^a	21.00 ± 1.00 ^a
Galleta	0	6.43 ± 0.00 ^a	7.98 ± 0.00 ^a	1.36 ± 0.10 ^a	21.00 ± 1.41 ^a
7.5%	120	5.30 ± 0.00 ^b	6.93 ± 0.14 ^b	1.22 ± 0.13 ^b	20.00 ± 1.00 ^a
HCN					

Valores con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), para cada parámetro en cada tipo de galleta.

Tabla 4. Porcentaje de fibra soluble e insoluble al inicio y al final del almacenamiento

Muestra	Tiempo (Días)	Fibra Soluble (%)	Fibra Insoluble (%)
Galleta			
Control	0	1.99 ± 0.00 ^a	12.44 ± 0.03 ^a
GC	120	1.90 ± 0.05 ^a	8.92 ± 0.08 ^b
Galleta			
7.5%	0	2.35 ± 0.00 ^a	11.19 ± 0.01 ^a
HCN	120	2.24 ± 0.00 ^a	10.74 ± 0.01 ^b

Valores con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), para cada parámetro en cada tipo de galleta.

3.4 Parámetros de textura, actividad de agua, carotenoides totales y digestibilidad de β -caroteno

En cuanto a textura (**Tabla 5**) se observa una relación directa con la humedad ya que al aumentar la humedad, la textura de las galletas disminuyó confiriéndoles mayor suavidad. Singh *et al.* (2008) reportaron una dureza de 29.55 N cuando sustituyó 60 % de harina de camote en la elaboración de galletas, valores similares a lo reportado en este trabajo. Respecto a la actividad de agua (**Tabla 5**) se observa que se incrementa en ambas mediciones durante el almacenamiento aunque se mantiene por debajo de lo microbiológicamente estable lo que resulta en una vida útil del producto más prolongada (Ledward, 1987). El comportamiento en estos parámetros presumiblemente se debe a las condiciones de

almacenamiento en el cual se encuentra el producto ya que no es un ambiente controlado, y a la permeabilidad propia del empaque.

En la **Tabla 5** se presentan también los resultados del análisis de carotenoides totales en ambas galletas al inicio y final del almacenamiento. Tal como se observa, al inicio del almacenamiento la galleta suplementada con HCN presentó un valor de 4.50 mg/100g y al final del almacenamiento su valor fue de 2.02 mg/100g, mientras que la galleta con harina de trigo tuvo un contenido inicial de 3.30 mg/100g y al final del almacenamiento fue de 1.16. De estos resultados se puede observar que las galletas conteniendo harina de cáscara de naranja retuvieron aproximadamente un 45% de su contenido inicial de carotenoides, mientras que la galleta control retuvo un 35%. La reducción en el contenido de carotenoides a través del almacenamiento puede deberse a cambios oxidativos debido a la presencia de oxígeno y luz (Aruna *et al.*, 1999). Sin embargo, se puede deducir que la inclusión de harina de cáscara de naranja, al contener otros compuestos de alto peso molecular como fibra, protege a los carotenoides de ambientes adversos. En cuanto al % de digestibilidad se observó una retención del 25% para la galleta adicionada con harina de cáscara de naranja teniendo valores al día 0 de 15.12 y de 3.78 al día 120 , mientras que para la galleta control se obtuvo una retención del 13% teniendo un valor al día 0 de 9.36 y de 1.22 % a 120 días. Por lo tanto se puede observar que hubo una disminución en la bioaccesibilidad de los carotenoides durante el almacenamiento. En general el procesamiento térmico (horneado u otro método de procesamiento) aumenta la bioaccesibilidad de los carotenoides destruyendo la pared celular y las membranas de los organelos en los cuales se localizan los carotenoides, por lo tanto las enzimas digestivas pueden trabajar más eficientemente para la liberación de

carotenoides desde la matriz del alimento (Colle *et al.*, 2010; Hedren *et al.*, 2002; Kamiloglu *et al.*, 2014; Lemmens *et al.*, 2010; Page *et al.*, 2012; Thakkar *et al.*, 2009).

Tabla 5. Valores obtenidos en los parámetros de textura, aw, carotenoides totales y digestibilidad de β-caroteno

Muestra	Tiempo (Días)	Textura (N)	aw	Carotenoides totales (mg/100g)	Digestibilidad de β-caroteno (%)
Galleta	0	14.21 ± 0.14 ^b	0.12 ± 0.00 ^b	3.30 ± 0.00 ^a	9.34 ± 0.00 ^a
Control	120	14.51 ± 0.42 ^a	0.48 ± 0.00 ^a	1.16 ± 0.01 ^b	1.22 ± 0.00 ^b
Galleta	0	28.16 ± 1.75 ^a	0.18 ± 0.00 ^b	4.50 ± 0.01 ^a	15.12 ± 0.00 ^a
7.5%	120	28.07 ± 0.62 ^a	0.46 ± 0.00 ^a	2.02 ± 0.00 ^b	3.78 ± 0.00 ^b
HCN					

Valores con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), para cada parámetro en cada tipo de galleta.

3.5 Parámetros evaluados periódicamente durante el almacenamiento.

Los resultados de los parámetros evaluados de la galleta control (GC) y la adicionada con cáscara de naranja (HCN) durante el almacenamiento se muestran en la **Tabla 6**. En cuanto al parámetro de textura, la galleta adicionada con cáscara de naranja presenta un incremento de casi un 50% en comparación con la galleta control, ésta tiende a disminuir su valor conforme pasa el tiempo, mismo comportamiento se observa en la galleta control en los primeros 20 días para posteriormente decrecer hasta el final del almacenamiento. Estos cambios se deben probablemente a la ganancia de humedad la cual le confiere mayor

suavidad a la galleta y esa ganancia de agua podría estar relacionada con los niveles altos de proteína y a la composición del almidón ya que los componentes que lo forman son hidrófilos y tienen la capacidad de añadir más moléculas de agua (Boulos *et al.*, 2000). Mientras que la mayor dureza observada en la galleta adicionada con cáscara de naranja puede atribuírsele a la retrogradación del almidón ya que el almidón presente se descompone químicamente debido al horneado, liberando azúcares, los cuales se recrystalizan y confieren mayor dureza al producto. En el caso de la actividad de agua, se observa un incremento progresivo conforme pasa el tiempo, sin embargo, al final no se observó diferencias significativas entre ambas galletas, lo cual se puede considerar que es un producto estable desde el punto de vista microbiológico debido a que la actividad de agua se encuentra por debajo de los límites para que exista un crecimiento microbiológico (Ledward, 1987). El comportamiento en cuanto a carotenoides totales fue un comportamiento decreciente para ambas galletas, como se puede observar los mayores valores fueron en la galleta adicionada con cáscara de naranja en los cuales se retuvieron en un 45% en comparación con la galleta control que fue de 35% esto se atribuye a que es un compuesto fotosensible y a que el empaque permite el paso de oxígeno por lo cual dichos factores degradan este compuesto (Aruna *et al.*, 1999). De este comportamiento se puede inferir que el contener harina de cáscara de naranja proporciona cierta capacidad de retención y protección de carotenoides totales (Bellur Nagarajaiah and Prakash, 2015). De esta manera se demuestra el beneficio de adicionar harina de cáscara de naranja en la formulación convencional de una galleta de trigo, la cual le confiere un probable beneficio a la salud.

Tabla 6. Valores obtenidos en los parámetros de textura, humedad, aw y carotenoides totales durante el almacenamiento

Muestra	Tiempo (Días)	Textura (N)	Humedad (%)	Actividad de agua	Carotenoides totales (%)
Galleta Control	0	14.21 ± 0.14 ^e	5.20 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.00 ^f	3.30 ± 0.00 ^a
	20	18.85 ± 0.39 ^a	2.55 ± 0.07 ^e	0.10 ± 0.00 ^g	3.17 ± 0.00 ^b
	40	17.73 ± 0.58 ^b	3.75 ± 0.21 ^d	0.28 ± 0.00 ^e	2.15 ± 0.00 ^c
	60	16.41 ± 1.25 ^b	4.00 ± 0.00 ^{cd}	0.29 ± 0.01 ^d	2.12 ± 0.00 ^d
	80	15.55 ± 0.35 ^d	4.50 ± 0.00 ^{bc}	0.31 ± 0.00 ^c	1.83 ± 0.01 ^e
	100	14.63 ± 0.70 ^e	4.90 ± 0.00 ^{ab}	0.47 ± 0.00 ^b	1.34 ± 0.00 ^f
	120	14.51 ± 0.42 ^e	4.90 ± 0.00 ^{ab}	0.48 ± 0.00 ^a	1.16 ± 0.01 ^g
Galleta HCN/HT	0	28.16 ± 1.75 ^{cd}	6.43 ± 0.00 ^a	0.18 ± 0.00 ^f	4.50 ± 0.01 ^a
	20	31.99 ± 0.53 ^a	2.90 ± 0.14 ^g	0.16 ± 0.00 ^g	4.31 ± 0.01 ^b
	40	30.92 ± 1.04 ^{ab}	3.50 ± 0.14 ^f	0.26 ± 0.00 ^e	3.14 ± 0.00 ^c
	60	30.12 ± 1.48 ^{ab}	3.95 ± 0.00 ^e	0.27 ± 0.00 ^d	2.96 ± 0.00 ^d
	80	29.10 ± 0.79 ^{bc}	4.80 ± 0.10 ^d	0.35 ± 0.00 ^c	2.48 ± 0.01 ^e
	100	28.85 ± 0.93 ^{bc}	5.40 ± 0.00 ^b	0.45 ± 0.00 ^b	2.23 ± 0.00 ^f
	120	28.07 ± 0.62 ^d	5.30 ± 0.00 ^c	0.46 ± 0.00 ^a	2.02 ± 0.00 ^g

Valores con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), para cada parámetro en cada tipo de galleta.

3.6 Análisis de almidón resistente y no resistente

En la **Tabla 7** se muestran los valores de almidón no resistente y resistente al inicio y al final del almacenamiento. En esta tabla se observa que las fracciones de almidón no resistente y almidón resistente en la galleta adicionada con cáscara de naranja el almidón resistente aumentó en un 25%, y el no resistente disminuyó en un 10%, mientras tanto en la galleta de harina de trigo aumentaron conforme al paso del tiempo, esto nos puede indicar que la harina de cáscara de naranja le confiere características para poder considerarse como un alimento prebiótico. Este comportamiento a incrementar el almidón resistente puede ser originado por la retrogradación del almidón, el cual produce estructuras resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas (Silva-Cristobal *et al.*, 2007).

Tabla 7. Porcentaje de almidón no resistente y resistente

Muestra	Tiempo (Días)	Almidón No Resistente (%)	Almidón Resistente (%)
Galleta	0	44.20 ± 2.25 ^a	0.18 ± 0.01 ^b
Control	120	46.97 ± 1.70 ^a	0.19 ± 0.03 ^a
Galleta	0	49.30 ± 0.35 ^a	0.48 ± 0.01 ^b
7.5% HCN	120	44.61 ± 0.22 ^b	0.64 ± 0.00 ^a

Valores con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), para cada parámetro en cada tipo de galleta.

3.7 Digestión *in vitro* del almidón

Con respecto a los resultados de la taza de digestión *in vitro* del almidón se muestran en la **Tabla 8**, en donde se observó una disminución de un 35% en la galleta adicionada con cáscara de naranja al igual que en la elaborada con harina de trigo. El mismo comportamiento se ha observado en trabajos previos en donde se ha reportado que mientras aumentan los niveles de almidón resistente la predicción del índice glicémico tiende a disminuir ya que a mayor contenido de almidón resistente será menor el % de hidrólisis del almidón. En el presente trabajo se observó una disminución de un 68% en el % hidrólisis para la galleta adicionada con HCN y un 63% para la GC, por lo cual en la galleta adicionada con HCN se pasó de tener un IG alto a IG medio, corroborando así que a mayor contenido de almidón resistente menor será el porcentaje de hidrólisis del almidón. Es importante el contenido de almidón resistente en los alimentos ya que este puede modificar la velocidad y el grado de digestión del almidón, otorgando beneficios a la salud (Juarez-Garcia *et al.*, 2006). Por consiguiente se tuvo una disminución del índice glicémico de 80.69 a 52.09 para la galleta adicionada con HCN y de 83.60 a 54.38 para la GC.

Tabla 8. Porcentaje de índice glicémico e hidrólisis en las galletas

Muestra	Tiempo (Días)	Índice Glicémico (%)	Hidrólisis (%)
Galleta Control	0	83.60 ± 0.01 ^a	55.28 ± 0.13 ^a
	20	82.18 ± 0.00 ^b	53.51 ± 0.28 ^b
	40	70.30 ± 0.01 ^c	38.71 ± 0.15 ^c
	60	68.42 ± 0.01 ^d	36.37 ± 0.04 ^d
	80	62.27 ± 0.01 ^e	28.71 ± 0.14 ^e
	100	56.97 ± 0.01 ^f	22.10 ± 0.07 ^f
	120	54.38 ± 0.21 ^g	20.58 ± 0.27 ^g
Galleta HCN/HT	0	80.69 ± 0.01 ^a	51.66 ± 0.04 ^a
	20	75.17 ± 0.01 ^b	44.78 ± 0.02 ^b
	40	69.36 ± 0.01 ^c	37.55 ± 0.06 ^c
	60	67.56 ± 0.01 ^d	35.31 ± 0.09 ^d
	80	61.63 ± 0.01 ^e	27.92 ± 0.14 ^e
	100	54.23 ± 0.01 ^f	18.70 ± 0.02 ^f
	120	52.09 ± 0.12 ^g	16.24 ± 0.13 ^g

Valores con diferente letra presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), para cada parámetro en cada tipo de galleta.

Vázquez-Cabral *et al.* (2018) obtuvo valores de 72.44 ± 0.05 al inicio del almacenamiento y valores de 64.55 ± 1.36 al final del almacenamiento para galletas adicionadas con harina de camote naranja sustituyendo el 50% con dicha harina, estos valores son similares a los

reportados en este trabajo en el cual se trabajó con el 7.5% de sustitución de harina de cáscara de naranja.

4. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en cuanto a los distintos parámetros evaluados, así como el rango de aceptabilidad de las galletas evaluadas por los panelistas, se concluye que la adición de 7.5% de harina de cáscara de naranja en una formulación de galleta convencional es favorable para el aprovechamiento de los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de naranja. Igualmente se resalta la importancia del aprovechamiento de este sub-producto de la industria de jugos para contribuir a la reducción de contaminación ambiental.

5. REFERENCIAS

Alquézar, B., Rodrigo, M.J., Zacarías, L., (2008a). Carotenoid Biosynthesis and their Regulation in Citrus Fruits. *Tree and Forestry Science and Biotechnology* 2(1), 23-35.

Aruna, K., Vimala, V., Dhanalakshmi, K., Vinodini, R., (1999). Physico-chemical changes during storage of papaya fruit (*Carica papaya* L.) bar (Thandra). *J Food Sci Technol* 36 (5), 428-433.

Bellur Nagarajiah, S., Prakash, J., (2015). Nutritional composition, acceptability, and shelf stability of carrot pomace-incorporated cookies with special reference to total and B-carotene retention. *Cogent Food & Agriculture* 1(1).

Bertram, J.S., Bortkiewicz, H., (1995). Dietary carotenoids inhibit neoplastic transformation and modulate gene expression in mouse and human cells. *American Society for Clinical Nutrition* 62, 27-36.

Bolanho, B.C., Egea, M.B., Jacome, A.L.M., Campos, I., De Carvalho, J.C.M., Danesi, E.D.G., (2014). Antioxidant and nutritional potential of cookies enriched with *Spirulina platensis* and sources of fibre. *Journal of Food and Nutrition Research* 53, 171-179.

Boulos, N.N., Greenfield, H., Wills, R.B.H., (2000). Water holding capacity of selected soluble and insoluble dietary fibre. *International Journal of Food Properties* 3(2), 217-231.

Colle, I., Lemmens, L., Van Buggenhout, S., Van Loey, A., Hendrickx, M., (2010). Effect of thermal processing on the degradation, isomerization, and bioaccessibility of lycopene in tomato pulp. *J Food Sci* 75(9), C753-759.

Chew, B.P., Park, J.S., Wong, M.W., T.S., W., (1999). A comparison of the anticancer activities of dietary beta-carotene, canthaxanthin and astaxanthin in mice in vivo. *Anticancer research* 19 3A, 1849-1853.

Fernandes, T.M., Silva, J.A., Silva, A.H.A., De Oliveira, J.M., Da Conceição, M.L., (2013). Flour production from shrimp by-products and sensory evaluation of flour-based products. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48(8), 962-967.

Goñi, I., Garcia-Alonso, A., Saura-Calixto, F., (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research* 17, 427-437.

Hawk, E.T., Limburg, P.J., Viner, J.L., (2002). Epidemiology and prevention of colorectal cancer. *Surgical Clinics of North America* 82 (5), 904 - 941.

Hedren, E., Díaz, V., Svanberg, U., (2002). Estimation of carotenoid accessibility from carrots determined by a digestion method. *European Journal of Clinical Nutrition* 56, 425-430.

Holm, J., Bjorck, I., Drews, A., (1986). A Rapid Method for the Analysis of Starch. *Food Chem* 38, 224-226.

Juarez-Garcia, E., Agama-Acevedo, E., Sayago-Ayerdi, S.G., Rodriguez-Ambriz, S.L., Bello-Perez, L.A., (2006). Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. *Plant Foods Hum Nutr* 61(3), 131-137.

Kamiloglu, S., Demirci, M., Selen, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Capanoglu, E., (2014). Home processing of tomatoes (*Solanum lycopersicum*): effects on *in vitro* bioaccessibility of total lycopene, phenolics, flavonoids, and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94(11), 2225-2233.

Kato, M., Ikoma, Y., Matsumoto, H., Sugiura, M., Hyodo, H., Yano, M., (2004). Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. *Journal of Plant Physiology* 134(2), 824-837.

Labuza, T., Roe, K., Payne, C., Panda, F., Labuza, T.J., Labuza, P.S., Krusch, L., (2004). Storage stability of dry food systems: influence of state changes during drying and storage. *Proceedings of the 14th International Drying Symposium A*, 48-68.

Ledward, D.A., (1987). Water activity: Theory and applications to food: (IFT basic Symposium Series) Edited by Louis B. Rockland and Larry R. Beuchat. *Meat Science* 21(2), 157-158.

Lemmens, L., Van Buggenhout, S., Van Loey, A.M., Hendrickx, M.E., (2010). Particle size reduction leading to cell wall rupture is more important for the beta-carotene bioaccessibility of raw compared to thermally processed carrots. *J Agric Food Chem* 58(24), 12769-12776.

Mathews-Roth, M.M., (1982). Antitumor Activity of β -Carotene, Canthaxanthin and Phytoene. *Oncology* 39, 33-37

Minekus, M., Alming, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carriere, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., Marze, S.,

McClements, D.J., Menard, O., Recio, I., Santos, C.N., Singh, R.P., Vegarud, G.E., Wickham, M.S., Weitschies, W., Brodkorb, A., (2014). A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food - an international consensus. *Food and Function* 5(6), 1113-1124.

Olajumoke, O.R., Sade, O.O., (2018). Orange peel flour: A potential source of antioxidant and dietary fiber in pearl-millet biscuit. *Journal of Food Biochemistry* 42(4), e12523.

Padam, B.S., Tin, H.S., Chye, F.Y., Abdullah, M.I., (2014). Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *J Food Sci Technol* 51(12), 3527-3545.

Page, D., Van Stratum, E., Degrou, A., Renard, C.M., (2012). Kinetics of temperature increase during tomato processing modulate the bioaccessibility of lycopene. *Food Chem* 135(4), 2462-2469.

Pons, E., Alquezar, B., Rodriguez, A., Martorell, P., Genoves, S., Ramon, D., Rodrigo, M.J., Zacarias, L., Pena, L., (2014). Metabolic engineering of beta-carotene in orange fruit increases its *in vivo* antioxidant properties. *Plant Biotechnol J* 12(1), 17-27.

Silva-Cristobal, L., Osorio-Díaz, P., Bello-Pérez, L.A., (2007). Digestibilidad del Imidón en haba (*Vicia faba* L.). *Agrociencia* 41, 845-852.

Singh, S., Riar, C.S., Saxena, D.C., (2008). Effect of incorporating sweetpotato flour to wheat flour on the quality characteristics of cookies. *African Journal of Food Science* 2, 65 - 72

Thakkar, S.K., Huo, T., Maziya-Dixon, B., Failla, M.L., (2009). Impact of Style of Processing on Retention and Bioaccessibility of β -Carotene in Cassava (*Manihot esculanta*, Crantz). *J Agric Food Chem* 57, 1344–1348.

Uthumporn, U., Woo, W.L., Tajul, A.Y., Fazilah, A., (2014). Physico-chemical and nutritional evaluation of cookies with different levels of eggplant flour substitution. *Ciencia y Tecnología Alimentaria - Journal of Food* 13(2), 220-226.

van Poppel, G., A., G.R., (1996). Epidemiologic evidence for B-carotene and cancer prevention. *American Society for Clinical Nutrition* 62 (6), 1393-1402.

Vázquez-Cabral, K., Ochoa-Martínez, A., González-Herrera, S., Rocha-Guzmán, N., (2018). Physicochemical stability during storage of cookies supplemented with orange sweet potato flour. *Agroproductividad* 11, 113 - 119.

Wang, L., Xu, H., Yuan, F., Fan, R., Gao, Y., (2015). Preparation and physicochemical properties of soluble dietary fiber from orange peel assisted by steam explosion and dilute acid soaking. *Food Chem* 185, 90-98.

Wright, K.P., Kader, A.A., (1997). Effect of controlled-atmosphere storage on the quality and carotenoid content of sliced persimmons and peaches. *Postharvest Biology and Technology* 10, 89-97.

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiación en los sectores público, comercial o sin fines de lucro.