

# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS CÓRDOBA  
PROGRAMA DE POSGRADO EN INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA  
SUSTENTABLE**

**HARINAS DE PLÁTANO Y AMARANTO: PERSPECTIVA DE LOS  
CONSUMIDORES Y SU CARACTERIZACIÓN COMO INGREDIENTES EN EL  
DESARROLLO DE UN PAN FUNCIONAL ALTO EN FIBRA Y POLIFENOLES**

Valeria Bringas González

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**AMATLÁN DE LOS REYES, VERACRUZ, MÉXICO**

2021



La presente tesis titulada: **Harinas de plátano y amaranto: perspectiva de los consumidores y su caracterización como ingredientes en el desarrollo de un pan funcional alto en fibra y polifenoles**, realizada por la alumna: **Valeria Bringas González**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN  
INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

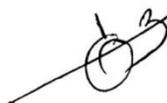
**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO: \_\_\_\_\_



DR. JOSÉ ANDRÉS HERRERA CORREDOR

ASESOR: \_\_\_\_\_



DR. LUIS ARTURO BELLO PÉREZ

ASESOR: \_\_\_\_\_



DRA. ADRIANA CONTRERAS OLIVA

ASESOR: \_\_\_\_\_



M.C. MIRNA LÓPEZ ESPÍNDOLA.

Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, julio de 2021.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para financiar esta investigación.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, por el apoyo proporcionado para realizar este proyecto mediante el programa de Maestría en Innovación Agroalimentaria.

A todos los integrantes del Consejo Particular por su tiempo, dedicación y apoyo que me han brindado a lo largo de estos dos años.

Al Centro de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional por su cooperación en la realización de este proyecto.

Y a todas las personas que de alguna manera contribuyeron para hacer posible este trabajo de investigación.

# **HARINAS DE PLÁTANO Y AMARANTO: PERSPECTIVA DE LOS CONSUMIDORES Y SU CARACTERIZACIÓN COMO INGREDIENTES EN EL DESARROLLO DE UN PAN FUNCIONAL ALTO EN FIBRA Y POLIFENOLES**

Valeria Bringas González, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2021

El objetivo de este estudio fue identificar la familiaridad, actitudes y comportamientos de los consumidores con respecto a los alimentos a base de amaranto y plátano. Se evaluó el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo refinada (**HTRI**) por harina de plátano con cáscara (**HPLA**) y harina de amaranto (**HAMA**) en cuatro formulaciones de pan: **F1**: HTRI=60%: HPLA=30%: HAMA=10%, **F2**: HTRI=66.66%: HPLA=16.66%: HAMA=16.66%, **F3**: HTRI=60%: HPLA=10%: HAMA=30% y **F4**: HTRI=80%: HPLA=10%: HAMA=10%, sobre la actividad antioxidante, fibra dietética y almidón hidrolizado. Además, se utilizaron imágenes en línea aplicando el método de perfil ideal para obtener respuestas directas del consumidor acerca de los atributos visuales del pan. El género y la edad son factores potenciales como propuesta para orientar el desarrollo de un pan formulado con HAMA y HPLA. La adición de HPLA y HAMA contribuye a aumentar las propiedades antioxidantes y el contenido de fibra dietética, incluyendo almidón resistente. La formulación que mantuvo una mayor relación con los atributos del pan ideal fue F4. El pan formulado con HPLA y HAMA puede ser una opción viable para diversificar la oferta de pan como un alimento funcional.

**Palabras clave:** pan, funcional, consumidores, harina de plátano, harina de amaranto.

# PLANTAIN AND AMARANTH FLOURS: CONSUMER PERSPECTIVE AND CHARACTERIZATION AS INGREDIENTS IN THE DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL BREAD HIGH IN FIBER AND POLYPHENOLS

Valeria Bringas González, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2021

The objective of this study was to identify the familiarity, attitudes and behaviors of consumers with respect to foods based on amaranth and plantain flours. The effect of the partial substitution of refined wheat flour (WF) by plantain peel flour (PF) and amaranth flour (AF) was evaluated in four bread formulations: **F1**: WF = 60%: PF = 30%: AF = 10%, **F2**: WF = 66.66%: PF = 16.66%: AF = 16.66%, **F3**: WF = 60%: PF = 10%: AF = 30% and **F4**: WF = 80%: PF = 10% : AF = 10%, on antioxidant activity, dietary fiber and hydrolyzed starch. In addition, online images were used applying the ideal profile method to obtain direct responses from the consumer about the visual attributes of bread. Gender and age were potential factors as a proposal to guide the development of a bread formulated with AF and PF. The addition of PF and AF contributes to increasing the antioxidant properties and the content of dietary fiber, including resistant starch. The formulation that maintained a greater relationship with the attributes of the ideal bread was F4. Bread formulated with PF and AF can be a viable option to diversify the bread offering as a functional food.

**Keywords:** bread, functional, consumers, plantain flour, amaranth flour.

# Contenido

<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<i>Objetivo General .....</i>	<i>3</i>
<i>Objetivos específicos .....</i>	<i>4</i>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPITULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
<b>FACTOR SOCIAL .....</b>	<b>7</b>
<b>EL PAN COMO ALIMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>AMARANTO.....</b>	<b>9</b>
<i>Factor salud del amaranto .....</i>	<i>9</i>
<i>Innovaciones en el amaranto .....</i>	<i>11</i>
<i>Sustentabilidad en el amaranto .....</i>	<i>12</i>
<b>PLÁTANO .....</b>	<b>13</b>
<i>Factor Salud del plátano .....</i>	<i>14</i>
<i>Innovaciones en el plátano .....</i>	<i>14</i>
<i>Sustentabilidad en el plátano.....</i>	<i>16</i>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO III. FAMILIARIDAD, ACTITUDES Y COMPORTAMIENTOS DE LOS CONSUMIDORES MEXICANOS PARA EXPLORAR EL POTENCIAL DE LAS HARINAS DE PLÁTANO Y AMARANTO COMO INGREDIENTES PARA PAN SANDWICH. 23</b>	
<b>RESUMEN.....</b>	<b>24</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>25</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<i>Colección de datos .....</i>	<i>28</i>
<i>Análisis de datos .....</i>	<i>31</i>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
<i>Familiaridad .....</i>	<i>31</i>
<i>Actitudes .....</i>	<i>33</i>
<i>Comportamientos .....</i>	<i>34</i>
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPITULO IV. HARINAS DE PLÁTANO Y AMARANTO COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES Y FIBRA DIETÉTICA PARA EL DESARROLLO DE UN PAN FUNCIONAL. ....</b>	<b>42</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>43</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>44</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>46</b>
<i>Materiales.....</i>	<i>46</i>
<i>Reactivos .....</i>	<i>47</i>

<i>Harina de plátano con cáscara</i> .....	47
<i>Diseño de las formulaciones de pan</i> .....	47
<i>Preparación del pan</i> .....	49
<i>Contenido total de Fenoles, Flavonoides y Actividad Antioxidante del pan</i> .....	50
<i>Determinación de Contenido Total de Fenoles</i> .....	50
<i>Determinación de Contenido Total de Flavonoides</i> .....	50
<i>Determinación de Actividad Antioxidante</i> .....	51
<i>Determinación de Contenido Total de Fibra Dietética</i> .....	52
<i>Determinación de Hidrólisis del Almidón</i> .....	52
<i>Análisis Estadístico</i> .....	53
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	53
<i>Contenido Total de Fenoles</i> .....	53
<i>Contenido Total de Flavonoides</i> .....	54
<i>Actividad Antioxidante</i> .....	54
<i>Fibra Dietética</i> .....	55
<i>Hidrólisis del Almidón</i> .....	56
<i>Análisis de superficie de respuestas</i> .....	59
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	61
<b>REFERENCIAS</b> .....	62

**CAPITULO V. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PERFIL IDEAL EN CUATRO FORMULACIONES DE PAN UTILIZANDO IMÁGENES EN LÍNEA..... 70**

<b>RESUMEN</b> .....	71
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	72
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	74
<i>Muestras de pan</i> .....	74
<i>Imágenes de las muestras de pan</i> .....	75
<i>Evaluación en línea</i> .....	76
<i>Consumidores</i> .....	78
<i>Análisis de datos</i> .....	78
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	79
<i>Consistencia hedónica</i> .....	84
<i>Perfil del pan ideal</i> .....	85
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	87
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	87
<b>REFERENCIAS</b> .....	88

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b>	CONTENIDO DE PROTEÍNA DE LOS PRINCIPALES CEREALES .....	<b>10</b>
<b>TABLA 2.</b>	ESTUDIOS PREVIOS SOBRE HARINA DE AMARANTO COMO INGREDIENTE FUNCIONAL	<b>11</b>
<b>TABLA 3.</b>	ESTUDIOS PREVIOS SOBRE HARINA DE PLÁTANO COMO INGREDIENTE FUNCIONAL	<b>15</b>
<b>TABLA 4.</b>	DESCRIPCIÓN DEL CUESTIONARIO APLICADO PARA EL ESTUDIO.....	<b>29</b>
<b>TABLA 5.</b>	CONTENIDO FENÓLICO TOTAL, FLAVONOIDES TOTALES, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FIBRA EN LOS PANES PREPARADOS CON HARINAS DE PLÁTANO Y AMARANTO.	<b>56</b>
<b>TABLA 6.</b>	PARÁMETROS CINÉTICOS ESTIMADOS Y FRACCIONES DE ALMIDÓN DIGESTIBLE PARA LAS MUESTRAS DE PAN. ....	<b>57</b>
<b>TABLA 7.</b>	MODELO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS. ....	<b>60</b>
<b>TABLA 8.</b>	LISTA DE ATRIBUTOS* PARA LA EVALUACIÓN VISUAL DE LAS FORMULACIONES DE PAN.....	<b>77</b>
<b>TABLA 9.</b>	INTENSIDADES PERCIBIDAS PROMEDIO ENTRE CONSUMIDORES (N=117) PARA CADA ATRIBUTO VISUAL DE LAS CUATRO FORMULACIONES DE PAN .....;¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
<b>TABLA 10.</b>	VALOR EN LA ESCALA DE LOS ATRIBUTOS DEL PAN IDEAL* .....	<b>87</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b>	IMPLICACIONES DE SALUD SOBRE EL CONSUMO FRECUENTE DE PAN PARA SÁNDWICH.	<b>33</b>
<b>FIGURA 2.</b>	CARACTERÍSTICAS QUE LES GUSTAN DEL PAN PARA SÁNDWICH. ....	<b>34</b>
<b>FIGURA 3.</b>	EMOCIONES GENERADAS DEL CONSUMO DE PAN PARA SÁNDWICH. ....	<b>36</b>
<b>FIGURA 4.</b>	CARACTERÍSTICAS QUE LES DISGUSTAN DEL PAN PARA SÁNDWICH.....	<b>37</b>
<b>FIGURA 5.</b>	DISEÑO DE LAS FORMULACIONES DE PAN. HAMA: HARINA DE AMARANTO, HPLA: HARINA DE PLÁTANO INMADURO, HTRI: HARINA DE TRIGO REFINADA. ....	<b>48</b>
<b>FIGURA 6.</b>	PANES FORMULADOS CON HARINA DE TRIGO REFINADA (HTRI), HARINA DE PLÁTANO INMADURO (HPLA) Y HARINA DE AMARANTO (HAM). F1: HTRI=60%: HPLA=30%:	

HAMA=10%, F2: HTRI=66.66%: HPLA=16.66%: HAMA=16.66%, F3: HTRI=60%: HPLA=10%:  
HAMA=30% Y F4: HTRI=80%: HPLA=10%: HAMA=10%..... 49

**FIGURA 7.** CINÉTICA DE HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN PARA LAS CUATRO DIFERENTES FORMULACIONES DE PAN. LOS PUNTOS DENOTAN LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES Y LAS LÍNEAS LOS MÍNIMOS CUADRADOS AJUSTADOS POR DEL MODELO DE HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN. 58

**FIGURA 8.** GRÁFICAS DE CONTORNO EN FUNCIÓN DEL MODELO LINEAL. LAS REGIONES GRAFICADAS REPRESENTAN LAS SIGUIENTES RESTRICCIONES:  $HTRI \geq 60\%$ ;  $HPLA \geq 10\%$  Y  $HAMA \geq 10\%$ . 2A: CONTENIDO TOTAL DE FENOLES; 2B: CONTENIDO TOTAL DE FLAVONOIDES; 2C: ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y 2D: CONTENIDO TOTAL DE FIBRA DIETÉTICA. HPLA: HARINA DE PLÁTANO CON CÁSCARA; HAMA: HARINA DE AMARANTO Y HTRI: HARINA DE TRIGO REFINADA..... 61

**FIGURA 9.** IMÁGENES DE LAS MUESTRAS DE PAN UTILIZADAS PARA LA EVALUACIÓN EN LÍNEA. F1: HAMA:10%, HPLA:30%, HTRI:60%; F2: HAMA:16%, HPLA:16%, HTRI:66%; F3: HAMA:30%, HPLA:10%, HTRI:60%; Y F4: HAMA:10%, HPLA:10%, HTRI:80%. HAMA: HARINA DE AMARANTO, HPLA: HARINA DE PLÁTANO CON CÁSCARA Y HTRI: HARINA DE TRIGO REFINADA. 76

**FIGURA 10.** ELIPSES DE CONFIANZA ALREDEDOR DE LAS FORMULACIONES IDEALES DE PAN PROMEDIADOS EN DOS DIMENSIONES. .... 81

**FIGURA 11.** CÍRCULO DE CORRELACIÓN ASOCIADO ENTRE LOS ATRIBUTOS IDEALES Y LAS CALIFICACIONES DE LAS CUATRO FORMULACIONES DE PAN..... 82

**FIGURA 12.** (A) ESPACIO DE PRODUCTO IDEAL DE ACUERDO CON CADA CONSUMIDOR REPRESENTADOS POR PUNTOS 1-117 Y (B) CÍRCULO DE CORRELACIÓN CORRESPONDIENTE A LOS ATRIBUTOS DEL PAN IDEAL CORRESPONDEN A LA TABLA 1..... 84

**FIGURA 13.** DISTRIBUCIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACIÓN INDIVIDUALES  $R(Z,R (Y,H))$  MEDIDOS PARA LA CORRELACIÓN DE CADA CONSUMIDOR ENTRE LOS DATOS IDEALES CORREGIDOS..... 85

**FIGURA 14.** MAPA DEL PERFIL DE PAN IDEAL. LAS ÁREAS DEL MISMO COLOR REPRESENTAN ÁREAS IDEALES COMPARTIDAS ENTRE LOS CONSUMIDORES. LOS CONTORNOS INDICAN LA PROPORCIÓN DE CONSUMIDORES..... 86

## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL**

El pan es un alimento básico en la dieta de la población mundial, especialmente en Europa, África y el sudeste de Asia (Almoosawi, Kuh, y Stephen, 2015). En México, el consumo de pan per cápita anual es de 33.5 kg, de los cuales entre el 70% y 75% corresponde al consumo de pan y el restante 30% o 25% a galletas y pasteles (Secretaría de Economía, 2017).

La harina de trigo es el principal ingrediente para la producción de pan, sin embargo, sus niveles nutricionales son bajos (Sanz-Penella, *et al.*, 2012). La principal materia prima para la preparación de pan es la harina de trigo refinada, lo que compromete la falta de vitaminas, minerales y fibra dietética (Sardabi, *et al.*, 2021). Además, se considera que el pan blanco de trigo posee un alto índice glucémico (IG) (IG=94%) en comparación con HAMA (IG= 66.12) y HPLA (IG=55.1%), debido al aumento en el nivel de glucosa en sangre por la rápida digestión del almidón (Famakin *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2019; Di Cairano *et al.*, 2020). En consecuencia, la industria panadera se encuentra en un constante desafío hacia la incorporación de nuevos ingredientes para la fortificación de fibra dietética, almidón resistente, componentes bioactivos, minerales y vitaminas (Mudgil *et al.*, 2016).

El plátano (*Musa spp.*) es un fruto ampliamente consumido por la población mundial. En México, la producción de plátano en el año 2017 fue de 2.23 millones de toneladas y representó un cultivo con mayor venta al extranjero, con un valor de 259 millones de dólares (SIAP, 2019). Aunque su cultivo es económicamente rentable, también genera más de 26 millones de toneladas de residuos de materia seca al año debido principalmente al desecho de las cáscaras (Coltro y Karaski, 2019). Actualmente, muchos estudios han evaluado nuevas estrategias para reducir los desechos, las pérdidas postcosecha y generar un valor agregado al cultivo de plátano (Petsakos *et al.*, 2019). En este sentido, la producción de harina como

resultado de la mezcla de la pulpa y las cáscaras de plátano, representa un desafío innovador para la industria alimentaria utilizando residuos para la mejora de la calidad en la producción de alimentos de consumo común como lo es el pan (Morone *et al.*, 2019).

El amaranto (*Amaranthus spp.*) es una planta endémica de América del Sur y Central (Reguera y Haros, 2017). Es considerado uno de los cultivos ancestrales más importantes, ya que formó parte de la dieta de algunas civilizaciones prehispánicas como los aztecas y los mayas. Actualmente, debido al incremento en el interés de consumo del grano de amaranto, especialmente entre la población de Europa, Estados Unidos y Japón, ya es cultivado en algunas partes de estas regiones (Sanz-Penella, *et al.*, 2013). De acuerdo con Motta *et al.* (2019), este grano funciona como una alternativa para la preparación de pan debido a los valores más altos de fibra dietética, aminoácidos y compuestos bioactivos de la harina producida a partir del grano entero en comparación con otros granos, como el trigo.

## **JUSTIFICACIÓN**

El pan es un alimento que integra la dieta básica en muchos países. El trigo es la materia prima más utilizada para la preparación de pan. Sin embargo, proporciona un aporte nutricional limitado. Por lo que, utilizar mezclas con ingredientes ricos en aminoácidos esenciales, almidón resistente y fibra, como la harina de plátano y amaranto, puede contribuir a mejorar las características nutricionales del pan. Debido a esto, sustituir parcialmente la harina de trigo por harinas de plátano y amaranto en nuevas formulaciones de pan puede contribuir al desarrollo de pan funcional, un valor agregado al cultivo de plátano y a diversificar la oferta de productos elaborados a base de plátano y amaranto.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

Como resultado de los efectos de la enfermedad COVID-19, esta pandemia mundial está introduciendo cambios en los patrones de alimentación de los consumidores ya que son más conscientes de lo que comen y seleccionan alimentos más saludables como prevención a enfermedades. En México, el pan es un alimento de consumo común, sin embargo, sus niveles nutrimentales se encuentran limitados. El cultivo de plátano representa más de 26 millones de toneladas de residuos de materia orgánica al año, principalmente por el descarte de cáscaras que comprende el 30% del peso total de un plátano. Por otra parte, en México no existen políticas públicas que impulsen eficazmente la promoción, comercialización y consumo del grano de amaranto. Por otro lado, los consumidores no se encuentran familiarizados con alimentos que integren al grano de amaranto y al plátano como ingredientes nutritivos y de consumo común.

## **HIPÓTESIS**

El uso de herramientas en línea permite identificar los conocimientos, comportamientos y la familiaridad de los consumidores sobre los alimentos a base de HPLA y HAMA, así como los atributos del pan ideal formulado con HPLA y HAMA por parte de los consumidores.

La formulación de un pan con harinas de plátano y amaranto permite obtener un pan funcional rico en fibra dietética y antioxidantes.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Analizar el impacto por parte de los consumidores de la adición de las harinas de plátano y amaranto sobre los atributos visuales de las formulaciones de pan y su efecto en las propiedades antioxidantes y almidón resistente.

### **Objetivos específicos**

- Identificar la familiaridad, actitudes y comportamientos de los consumidores acerca de los alimentos formulados a base de harinas de plátano y amaranto.
- Analizar diferentes formulaciones de pan formulados con harinas de plátano y amaranto sobre la actividad antioxidante, fibra dietética y el porcentaje de almidón hidrolizado.
- Interpretar la percepción de los consumidores sobre las características visuales de las formulaciones de pan formulados con harinas de plátano y amaranto a través del método de perfil ideal.

### **REFERENCIAS**

- Coltro, L., Karaski, T. U. (2019). Environmental indicators of banana production in Brazil: Cavendish and Prata varieties. *Journal of Clean Production*. 207:363–378.
- Iglesias-Puig, E., Monedero, V., Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT-Food Science and Technology*. 60:71–77.
- Morone, P., Koutinas, A., Gathergood, N., Arshadi, M., y Matharu, A. (2019). Food waste: challenges and opportunities for enhancing the emerging bio-economy. *Journal Clean Production*. 221:10–16.
- Motta, C., Castanheira, I., Gonzales, G. B., Delgado, I., Torres, D., Santos, M. (2019). Impact of cooking methods and malting on amino acids content in amaranth, buckwheat and quinoa. *Journal of Food Composition and Analysis*. 76, 58-65.

Peter L. Weegels. (2019). The Future of Bread in View of its Contribution to Nutrient Intake as a Starchy Staple Food. *Plant Foods for Human Nutrition*.

Petsakos, A., Prager, S. D., Gonzalez, C. E., Gama, A. C., Sulser, T. B., Gbegbelegbe, S., Kikulwe, E. M., Hareau, G. (2019). Understanding the consequences of changes in the production frontiers for roots, tubers and bananas. *Global Food Security* 20:180–188.

Reguera, M. y Haros, C. (2017). Structure and composition of kernels. *Pseudocereals: Chemistry and technology*. Oxford, UK: John Wiley & Sons, Ltd. 1:28–48.

Sanz-Penella, J. M., Laparra, J. M. Sanz, Y. y Haros, M. (2012). Bread Supplemented with Amaranth (*Amaranthus cruentus*): Effect of Phytates on In Vitro Iron Absorption. *Plant Foods for Human Nutrition*. 67:50–56.

Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., y Haros M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT*. 50: 679–685.

Secretaria de Economía. (2017). Conoce más sobre la industria panificadora en México. Disponible: <https://www.gob.mx/se/articulos/conoce-mas-sobre-la-industria-panificadora-en-mexico?idiom=es> Fecha de consulta: 10.09.2020.



## **CAPITULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **Factor Social**

El 30 de enero de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional la nueva enfermedad COVID-19 causada por SARS-CoV-2 (WHO, 2020). Dada la preocupación de salud pública en todo el mundo, se han estudiado algunos padecimientos asociados a COVID-19, tales como la hipertensión, la diabetes y la obesidad (Chatterjee, *et al.*, 2020).

De acuerdo con datos de la OMS (2017), hay 1.900 millones de adultos con sobrepeso y más de 650 millones de adultos son obesos. La incidencia de la obesidad alrededor del mundo está en aumento día a día como resultado de los hábitos alimentarios y estilos de vida sedentarios (Ford *et al.*, 2017). Este padecimiento se asocia con el envejecimiento, la diabetes e hipertensión, así como, con la actividad física insuficiente y el consumo excesivo de alimentos (Akkayaoğlu, y Çelik, 2020). En México, se prevé que las cifras de obesidad para el 2050 alcancen alrededor de un tercio de la población, aumentando al 54% y 57% para hombres y mujeres, respectivamente (Murray, 2016).

Como resultado de los efectos de COVID-19, esta pandemia mundial está introduciendo cambios en los patrones de alimentación hacia la preparación de comida y la alimentación en casa (Eftimov, *et al.*, 2020). Los consumidores son más conscientes de lo que comen y seleccionan alimentos más saludables como prevención a enfermedades. Las mayores demandas se refieren a los nutrientes y su funcionalidad (Sirbu y Arghire, 2017), tales como: enriquecidos con vitaminas, fortificados con minerales, altos en proteína, ricos en fibra, entre otros.

En este sentido, los productos de panadería, especialmente el pan para sándwich tiene un papel importante por ser un alimento ampliamente consumido. Por lo que la industria debe incursionarse en las tendencias de las preferencias de los consumidores hacia el consumo de productos saludables y nutritivos.

### **El pan como alimento**

El pan sándwich es un alimento de consumo común a nivel mundial, especialmente en los países en desarrollo (Khoozani, Kebede y Ahmed-Bekhit, 2020). En muchos países la popularidad del pan sándwich se debe principalmente a su bajo precio, (Agama-Acevedo, *et al.*, 2019). En México, los consumidores pagan hasta \$33.00 por un paquete de pan sándwich de 680 g. Aunque existe una gran variedad de tipos en el mercado de pan para sándwich, el pan sándwich blanco es la opción preferida por los consumidores, debido principalmente a sus atributos sensoriales (Martínez, Román, y Gómez, 2018). Para aprovechar el alto consumo de pan sándwich, actualmente, se está investigando sobre la reformulación con ingredientes ricos en compuestos funcionales y diferentes fibras dietéticas que no comprometan la aceptabilidad de las características sensoriales del producto final por parte de los consumidores (Fischer, 2018).

La harina de trigo (HTRI) es el ingrediente principal, en conjunto con el agua, la levadura y sal forman una matriz continua de moléculas de almidón para formar una masa viscoelástica antes de hornearse (Arp, Correa, y Ferrero, 2018). Sin embargo, esta harina posee una calidad nutricional limitada. Para mejorar su valor nutricional, la HTRI se puede sustituir parcialmente por harinas provenientes de fuentes distintas al trigo, como la harina de plátano y harina de amaranto, para mejorar el contenido proteico, la fibra dietética, minerales y almidón resistente.

## **Amaranto**

El amaranto (*Amaranthus spp.*) es una planta de 0,9 a 1,8 m de altura, se cultiva principalmente por sus semillas ya que son fuente de harina y aceite. Es un cultivo originario de México desde tiempos ancestrales. Fue un alimento básico en la dieta de las civilizaciones mayas y aztecas, y usado en ceremonias religiosas, razón por la cual durante la conquista española se prohibió su consumo (Porras, López Malo, y Jiménez-Munguía, 2016).

A partir de la década de los 70, resurgió y cobró importancia la producción y el consumo del amaranto debido principalmente a su alto valor nutricional y su efecto de acción hipertensivo (Huerta-Ocampo y Barba de la Rosa, 2011). Hoy en día, también se cultiva en Asia, Estados Unidos, Canadá, África y Europa (Coelho *et al.*, 2018) y su producción está en aumento en diferentes regiones del centro de México. Tlaxcala es el estado con mayor producción de amaranto (1118 ha), seguido por Puebla (5025 ha), y el Estado de México (140 ha) (SIAP, 2018).

### **Factor salud del amaranto**

Desde el punto de vista nutricional, el principal atractivo del amaranto es el contenido proteico. Esta particular proporción es significativamente más alta en comparación con otros cereales (15%), como se observa en la Tabla 1, por ejemplo, el contenido de lisina es hasta 3 veces mayor que en el maíz. Además, las proteínas del amaranto son de alta calidad y su composición en mayor proporción son aminoácidos esenciales (lisina, leucina), que se acercan a la calidad de las proteínas de origen animal (Pond, *et al.*, 1991).

**Tabla 1.** Contenido de proteína de los principales cereales

<b>Grano</b>	<b>Proteína (%)</b>
<b>Amaranto</b>	13.6-18.0
<b>Cebada</b>	9.5-17.0
<b>Maíz</b>	9.4-14.2
<b>Arroz</b>	7.5
<b>Trigo</b>	14.0-17.0
<b>Centeno</b>	9.4-14.0

Fuente: FAO, 1985.

El grano de amaranto contiene una fracción lipofílica importante para la salud, con un alto contenido de ácidos grasos insaturados. En particular, el escualeno es uno de los componentes bioactivos más importante presente en la fracción insaponificable de los lípidos del amaranto, especialmente por sus efectos anticancerogénicos y reductores de los niveles de colesterol. El aceite del grano de amaranto es una de las fuentes más ricas en escualeno (2-8%) (Kraujalis y Venskutonis, 2013).

El amaranto tiene un mayor contenido de fibra dietética (FD) que la mayoría de otros cereales (~9 a 14%). De acuerdo con la OMS, el consumo diario recomendado de FD es de al menos 25 g. La FD es un componente importante de la dieta desde hace más de 60 años, ya que beneficia a la salud humana a mejorar el volumen fecal, estimular el tracto gástrico y reducir los niveles de glucosa y colesterol en la sangre. Por lo que, contribuye a la prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer (Arun et al., 2017).

De acuerdo con su composición nutritiva, se ha vuelto un ingrediente atractivo en la mezcla de alimentos para mejorar el valor nutricional, como es el caso del pan sándwich. Así mismo,

se podría utilizar en el desarrollo de nuevos productos alimenticios para la prevención de enfermedades no transmisibles, como la diabetes e hipertensión (Orona-Tamayo, *et al.*, 2018).

### **Innovaciones en el amaranto**

En México, existe una variedad reducida de productos en el mercado que promuevan las propiedades benéficas a la salud de este grano. Los consumidores se encuentran familiarizados con el amaranto por ser un alimento que se vende como un producto tradicional en forma circular o rectangular con azúcar o miel (“alegrías”).

Aunque en la actualidad existe la tendencia de los consumidores a comprar alimentos tradicionales, la industria ha generado alimentos novedosos en respuesta a las necesidades nutricionales del consumidor, como galletas, yogur, leche y tortillas. En la tabla 2 se enlistan algunos estudios previos para el desarrollo de nuevos productos alimenticios que integran al grano de amaranto como ingrediente funcional.

**Tabla 2.** Estudios previos sobre harina de amaranto como ingrediente funcional

<b>Título de la investigación</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>Año de publicación</b>
Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour.	Miranda-Ramosa, K. C., Sanz-Ponce, N., y Haros, C. M.	2019

<p>Antioxidative, nutritional and sensory properties of muffins with buckwheat flakes and amaranth flour blend partially substituting for wheat flour.</p>	<p>Antoniewska, A., Rutkowska, J., Pineda-Martinez, M., y Adamska, A.</p>	<p>2018</p>
<p>Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties</p>	<p>Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., y Soltanizadeh, N.</p>	<p>2018</p>
<p>Rheological and nutritional studies of amaranth enriched wheat chapatti (Indian flat bread).</p>	<p>Banerji, A., Ananthanarayan, L., y Lele, S.</p>	<p>2017</p>
<p>Polyphenols in amaranth (<i>A. mantegazzianus</i>) flour and protein isolate: Interaction with other components and effect of the gastrointestinal digestion.</p>	<p>Rodríguez, M., y Tironi, V. A.</p>	<p>2020</p>

---

Fuente: elaboración propia

## Sustentabilidad en el amaranto

El amaranto tiene un ciclo de vida relativamente corto, que requiere poca agua para su crecimiento y genera un bajo costo de su producción. Además, esta planta es altamente tolerante a plagas, enfermedades y otras limitaciones ambientales como el estrés por sequía (Myers, 1996). Lo anterior, permite un creciente uso en la actualidad para la producción de alimentos (Fabio y Parraga, 2017) y es una fuente de alimento útil para los pequeños agricultores que presentan extremas condiciones climáticas (Peiretti, 2018).

Actualmente, el consumo y la producción de amaranto son una solución prometedora como alternativa para abordar la creciente necesidad de alimentos y la desnutrición en algunos países en desarrollo (Fabio y Parraga, 2017). El cultivo de amaranto tiene la capacidad, en el contexto de inseguridad alimentaria, mejorar la calidad nutricional de los alimentos de consumo común, como el pan sándwich.

## **Plátano**

El plátano (*Musa spp.*) es una planta que mide entre 6 y 8 m de altura, con hojas dispuestas en forma de espiral. El plátano es el cuarto cultivo agrícola más producido a nivel mundial, por debajo del arroz, el trigo y el maíz, con una producción anual de 107 millones de toneladas (FAO, 2017).

En México, es la fruta tropical más cultivada, con una producción anual de más de 2 millones de toneladas. En 2018 se produjeron más de 331 mil toneladas de plátano macho (*Musa balbisiana*), Chiapas, Veracruz y Tabasco generan más del 60 por ciento del total de la producción nacional (SADER, 2019). Así mismo, se considera como una de las frutas más consumidas, de acuerdo con datos de la SADER (2020), en promedio un individuo consume 14.2 kilos de plátano al año.

## **Factor Salud del plátano**

El plátano es un fruto popular debido a su versatilidad de consumo y valor nutricional. El plátano en su estado inmaduro es una fuente importante de almidón resistente (RS), > 60% del peso del fruto seco, del cual ~30% está disponible en su harina, este polisacárido no digerible ha mostrado un comportamiento similar al de la fibra dietética, por lo que puede disminuir la respuesta glucémica y controlar el síndrome metabólico (Sardá *et al.*, 2016; Andrade *et al.*, 2018). Otra característica que ha llamado la atención de varios investigadores es la composición de la cáscara que es rica en minerales (potasio y fósforo), compuestos fenólicos, antioxidantes y flavonoides (Vu, Scarlett y Vuong, 2019; Agama-Acevedo *et al.*, 2015), los cuales regulan padecimientos como la diabetes, reducción de los niveles de colesterol y las infecciones gastrointestinales (Qamar y Shaikh, 2018).

El uso de la pulpa y la cáscara de plátano en forma de harina ha resultado de gran importancia en la salud y puede ser utilizada como un posible ingrediente para el desarrollo de nuevos alimentos funcionales, por su alto contenido de almidón resistente, fibra dietética, minerales y antioxidantes (Juárez-García, et al., 2006; Pragati, Genitha y Ravish, 2014; Khoozani, Birch, y Bekhit, 2019).

## **Innovaciones en el plátano**

La aplicación reciente en investigación del plátano para la producción de harina es el desarrollo de mezclas con harinas comunes (por ejemplo, maíz, trigo y arroz) o ingredientes proteicos para la preparación de productos alimenticios, como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Estudios previos sobre harina de plátano como ingrediente funcional

<b>Título de la investigación</b>	<b>Autor(es)</b>	<b>Año de publicación</b>
Development and characterization of blends formulated with banana peel and banana pulp for the production of blends powders rich in antioxidant properties	Alves-Martins, A. N., de Bittencourt-Pasquali, M. A., Schnorr, C. E., Alves-Martins, J. J., de Araujo, J. T., y de Rocha, A. P.	2019
Nutritional and physical characterization of sugarsnap cookies: effect of banana starch in native and molten states	Roman, L., Sahagun, M., Gomez, M., y Martinez, M. M.	2019
Physicochemical, microstructural and digestibility analysis of gluten-free spaghetti of whole unripe plantain flour	Patiño-Rodríguez, O., Agama-Acevedo, E., Pacheco-Vargas, G., Alvarez-Ramirez, J., y Bello-Pérez, L. A.	2019
Unripe plantain flour as a dietary fiber source in gluten-free spaghetti with moderate glycemic index	Agama-Acevedo, E., Bello-Perez, L. A., Pacheco-Vargas, G., Tovar, J., y Sáyago-Ayerdi, S. G.	2019
Esterified plantain flour for the production of cookies rich in indigestible carbohydrates	Sanchez-Rivera, M. M., Bello-Pérez, L. A., Tovar, J., Martinez, M. M., y Agama-Acevedo, E.	2019

Fuente: elaboración propia

Los estudios sobre las propiedades reológicas de la harina de plátano han demostrado propiedades gelificantes y espesantes (Utrilla-Coello *et al.*, 2014; Zhang y Hamaker, 2012). Así mismo, por sus propiedades funcionales, la harina de plátano ha sido un enfoque de

investigación hacia los componentes antioxidantes, con efectos antiulcerogénicos, antihipertensivos y anticancerígenos, así como de compuestos vitamínicos (A, B, C y E) y compuestos fenólicos (catequinas, ligninas, taninos y antocianinas) (Borges *et al.*, 2014, 2019; Borges *et al.*, 2018; Ghag y Ganapathi, 2018).

### **Sustentabilidad en el plátano**

El cultivo de plátano representa el 16% de la producción mundial de frutas, con 120 millones de toneladas en más de 8 millones de hectáreas, las cuales son cultivadas en más de 112 países (FAO, 2017). Sin embargo, una quinta parte de esta producción (4-5 millones de toneladas) son rechazados debido a la falta de uniformidad, irregularidad en el tamaño, deformación y agrietamiento (Suresh Kumar *et al.*, 2018).

El desecho proveniente de los rechazos del plátano contribuye a la contaminación ambiental y genera grandes pérdidas para los agricultores y procesadores. A esto se le añade el desperdicio de la cáscara, que comprende el 30% del peso total de un plátano (Prakash Maran, *et al.*, 2017). Por lo que, debido al aumento en la producción de plátano y el descarte excesivo de materia orgánica se ha generado un creciente interés en encontrar valor agregado para el plátano para el beneficio de los productores y que contribuya positivamente a la economía nacional.

### **REFERENCIAS**

Agama-Acevedo, E., Sañudo-Barajas, J. A., Vélez De La Rocha, R., González-Aguilar, G. A., y Bello-Peréz, L. A. (2015). Potential of plantain peels flour (*Musa paradisiaca* L.) as a source of dietary fiber and antioxidant compound. *CyTA - J. Food* 14, 117–123.

- Akkayaoğlu, H., y Çelik, S. (2020). Eating attitudes, perceptions of body image and patient quality of life before and after bariatric surgery. *Applied Nursing Research* 53 151270.
- Andrade, B. A., Perius, D. B., Mattos, N. V., Luvielmo, M. M., y Mellado, M. S. (2018). Production of green banana flour (*Musa spp.*) for application on whole wheat bread. *Braz. Journal of Food Technology*. 21, 1–10.
- Arun, K. B., Thomas, S., Reshmitha, T. R., Akhil, G. C., & Nisha, P. (2017). Dietary fibre and phenolic-rich extracts from *Musa paradisiaca* inflorescence ameliorates type 2 diabetes and associated cardiovascular risks. *Journal of Functional Foods*, 31, 198-207. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.001>
- Borges, C. B., Maraschinb, M., Coelho, D. S., Leonel, M., Gomez, H. A. G., Belin, M. A. F., Diamante, M.S., Amorime, E. P., Gianeti, T., Castro G. R., y Lima, G. P. P. (2020). Nutritional value and antioxidant compounds during the ripening and after domestic cooking of bananas and plantains. *Food Research International* 132 109061
- Bressani R. (1989). The proteins of grain amaranth. *Food Rev Int* 5:13–8
- Campuzano, A., Rosell, C. N., y Cornejo, F. (2018). Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry* 256 11–17.
- Chatterjee, P., Nagi, N., Agarwal, A., Das, B., Banerjee, S., Sarkar, S., Gupta, N., y Gangakhedkar, R. R. (2020). The 2019 novel coronavirus disease (COVID-19) pandemic: a review of the current evidence. *Indian J Med Res*;151:147e59.

- Coelho, L. M., Silva, P. M., Martins, J. T., Pinheiro, A. C., & Vicente, A. A. (2018). Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth. *Food & Function*, 9(11), 5499–5512. <https://doi.org/10.1039/c8fo01422a>.
- Di Cairano, M., Condelli, N., Caruso, M. C., Marti, A., Cela, N., & Galgano, F. (2020). Functional properties and predicted glycemic index of gluten free cereal, pseudocereal and legume flours. *LWT*, 133, 109860. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109860>
- Eftimov, T., Popovski, G., Petković, M., Koroušić-Seljak, B., y Kocev, D. (2020). COVID-19 pandemic changes the food consumption patterns. *Trends in Food Science and Technology*.
- Fabio, A., y Di, Parraga, G. (2017). Origin, production and utilization of pseudocereals. In: *Pseudocereals*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, pp. 1–27. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch1>.
- Famakin, O., Fatoyinbo, A., Ijarotimi, O. S., Badejo, A. A., & Fagbemi, T. N. (2016). Assessment of nutritional quality, glycaemic index, antidiabetic and sensory properties of plantain (*Musa paradisiaca*)-based functional dough meals. *Journal of Food Science and Technology*, 53(11), 3865-3875. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2357-y>
- FAO. (2017). Production crop data. Food and Agriculture Organization. Food and Agriculture Organization. (Available in: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> Accessed in: 18 september, 2020.

- FAO. (2017). The state of food security and nutrition in the world 2017. Building Resilience for Peace and Food Security. Rome: Food and Agriculture Organization.
- Ford, N.D., Patel, S.A., y Narayan, K.V. 2017. Obesity in low-and middle-income countries: burden, drivers, and emerging challenges. *Annu. Rev. Publ. Health* 38, 145–164.
- Grundya, M. M. L., Momanyi, D. K., Hollanda, C., Kawaka, F., Tan, S., Salim, M., Boyd, B. J., Bajka, B., Mulet-Cabero, A. I., Bishop, J., y Owino, W. O. (2020). Effects of grain source and processing methods on the nutritional profile and digestibility of grain amaranth. *Journal of Functional Foods*. 72
- Huerta-Ocampo, J.A., y Barba de la Rosa, A.P. (2011). Amaranth: a pseudo-cereal with nutraceutical properties. *Curr. Nutr. Food Sci.* 7, 1–9.
- Kraujalis, P., & Venskutonis, P. R. (2013). Supercritical carbon dioxide extraction of squalene and tocopherols from amaranth and assessment of extracts antioxidant activity. *The Journal of Supercritical Fluids*, 80, 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2013.04.005>
- Murray, C. J. (2015). Shifting to sustainable development goals—implications for global health. *N. Engl. J. Med.* 373 (15), 1390–1393.
- Myers, R. L. (1996). Amaranth: New crop opportunity. In J. Janick (Ed.). *Progress in new crops* (pp. 207–220). Alexandria, VA: ASHS Press.
- Orona-Tamayo, D., Valverde, M. E., y Paredes-López, O. (2018). Bioactive peptides from selected Latin American food crops – a nutraceutical and molecular approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 1–27. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1434480>.

- Peiretti, P. G. (2018). Amaranth in animal nutrition: A review. *Livestock Research for Rural Development*, 30(5).
- Pond, W. G., Lehmann, J. W., y Elmore, R. (1991). Feeding value of raw a heated grain amaranth germplasm. *Anim Feed Sci Technol*. 33:221–36.
- Porras, M. A. P., López-Malo, A., y Jiménez-Munguía, M. T. (2016). Nutraceutical properties of amaranth and chia seeds. In K. Kritsbergsson, & S. Otlés (Eds.). *Functional properties of traditional foods*. Springer US. 189–198.
- Prakash Maran, J., Priya, B., Naif Abdullah Al-Dhabi, Ponmurugan, K., Ganesh Moorthy, I., y Sivarajasekar, N. (2017). Ultrasound assisted citric acid mediated pectin extraction from industrial waste of *Musa balbisiana*. *Ultrasonics Sonochemistry*. 35 204–209
- Qamar, S., y Shaikh, A. (2018). Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana - A review. *Trends Food Sci. Technol*. 79, 1–9.
- SADER. (2019). Sin importar el momento, el plátano macho es el mejor. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sin-importar-el-momento-el-platano-macho-es-el-mejor>
- SADER. (2020). Plátano: la fruta tropical más cultivada en México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/hoy-dia-del-platano?idiom=es>
- Sardá, F. A. H., Giuntini, E. B., Gomez, M. L. P. A., Lui, M. C. Y., Negrini, J. A. E., Tadini, C. C., y Menezes, E. W. (2016). Impact of resistant starch from unripe banana flour on hunger, satiety, and glucose homeostasis in healthy volunteers. *Journal of Functional Foods*, 24, 63–74.

- Singh, N., Singh, P., Shevkani, K., & Viridi, A. S. (2019). Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment. *En Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* (pp. 123-135). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00010-1>
- Sirbu, A., y Arghire, C. (2017). Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*.
- Suresh-Kumar, P., Shiva, K. N., MayilVaganan, M., y Uma, S. (2018). Waste utilization and functional foods from Banana. *Indian Horticulture*, 63(4), 43–46.
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., y Vuong, Q. V. (2019). Changes of phytochemicals and antioxidant capacity of banana peel during the ripening process; with and without ethylene treatment. *Scientia Horticulturae*. 253, 255–262.
- WHO. (2017). Obesity and overweight. World Health Organization. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- WHO. (2020). WHO Director-General’s remarks at the media briefing on 2019-nCoV. World Health Organization. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-atthemediabriefingon-2019-ncov-on-11-february-2020>



**CAPITULO III. FAMILIARIDAD, ACTITUDES Y COMPORTAMIENTOS DE LOS CONSUMIDORES MEXICANOS PARA EXPLORAR EL POTENCIAL DE LAS HARINAS DE PLÁTANO Y AMARANTO COMO INGREDIENTES PARA PAN SANDWICH.**

Valeria Bringas-Gonzalez<sup>1</sup>, Adriana Contreras-Oliva<sup>1</sup>, Mirna López-Espíndola<sup>1</sup>, Luis Arturo Bello-Perez<sup>2</sup>, José Andrés Herrera-Corredor<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Postgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México, C.P. 94946

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, CEPROBI, Km. 6.5 Carr. Yautepec-Jojutla Col. San Isidro, Calle CEPROBI No. 8, Yautepec, Morelos, México.

\*Autor de correspondencia: Dr. José Andrés Herrera Corredor

e-mail: jandreshc@colpos.mx

Teléfono: 52 (271) 716 6000

## **RESUMEN**

El objetivo fue identificar la familiaridad, actitudes y comportamientos de los consumidores mexicanos con respecto a los productos alimenticios a base de amaranto y plátano. Se colectaron un total de 221 respuestas a través de un cuestionario desarrollado en Google® Forms. Los resultados mostraron que los consumidores no se encuentran familiarizados con algún alimento a base de plátano (64.3%). Se obtuvo un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) con el género y la familiaridad de las implicaciones de salud del consumo de pan para sándwich (PS), las mujeres las conocen y los hombres las desconocen. La edad tuvo un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) en las emociones generadas del consumo de PS, los participantes más jóvenes señalaron emociones positivas, en contraste con aquellos de mayor edad quienes indicaron emociones negativas. El PS es una propuesta para diversificar los alimentos a base de HA y HP en productos de consumo frecuente.

**Palabras clave:** EsSense25®, pan, emociones, online, consumidores.

## INTRODUCCIÓN

El plátano es una fruta con una producción en aumento. En 2017, la producción mundial de plátano fue de 114 millones de toneladas, lo que representó una tasa anual compuesta de crecimiento del 3.2 por ciento desde el 2000. India y China son los principales productores de plátano, con 29 y 11 millones de toneladas por año, respectivamente. El consumo per cápita de plátano es hasta 200 kg/año (FAO, 2020). El plátano es consumido preferentemente como fruto fresco debido a que existe una limitada oferta de productos alimenticios disponibles en el mercado, algunos de ellos son pulpa congelada, snacks y pulpa deshidratada (Bello-Pérez, *et al.*, 2011). Sin embargo, existe un desaprovechamiento de la cáscara, la cual representa el 30% del peso total (Prakash Maran, *et al.*, 2017). Una estrategia para utilizar el plátano en su totalidad (pulpa y cáscara) es desarrollar harina a partir de los plátanos que no pudieron ser comercializados. Por otra parte, no hay datos mundiales sobre el cultivo ni el consumo de amaranto. Los principales productores son las regiones tropicales de América del sur y África, aunque actualmente también se cultiva en Asia, Estados Unidos, Canadá y Europa (Coelho, *et al.*, 2018). En el mercado existe una reducida oferta de alimentos a base de amaranto, algunos son granola, galletas y leche. En México, el producto alimenticio más vendido a base de amaranto es la “alegría”, un snack tradicional listo para comer (Rojas-Rivas, *et al.*, 2019). En este sentido, la harina de amaranto es una alternativa para integrar el grano de amaranto a productos alimenticios de consumo básico y con ello diversificar la oferta. El pan es uno de los alimentos de consumo básico más consumido a nivel mundial, con una producción anual de más de 9 mil millones de kg (Heenan, *et al.*, 2008). Debido a que el mayor componente del PS es la harina de trigo refinada, el nivel de aminoácidos esenciales y de fibra es bajo. Por lo que, la adición de harina de plátano (HP) y harina de

amaranto (HA) puede mejorar las características nutricionales del PS. Sin embargo, la aceptación de alimentos formulados con ingredientes nuevos o desconocidos por parte de los consumidores es un proceso lento, ya que existe un reducido número de investigaciones basadas en conocer la familiaridad de los consumidores de los ingredientes y el alimento (Manohar, Rehman y Sivakumaran, 2021). En este contexto, la información respecto al grado de familiaridad de los consumidores mexicanos con los productos adicionados con HA y HP puede ayudar a orientar la diversificación de formulaciones de PS en respuesta a las necesidades de los consumidores.

En México, la mayor producción del grano de amaranto (*Amaranthus spp.*) se localiza en el centro del país, siendo Tlaxcala el estado con (1118 ha), seguido por Puebla (5025 ha), y el Estado de México (140 ha) (SIAP, 2018). El principal atractivo nutrimental del grano amaranto es el contenido proteico, especialmente por su gran proporción de aminoácidos esenciales (lisina, leucina), los cuales se acercan a la calidad de las proteínas de origen animal (Pond, *et al.*, 1991). El grano de amaranto se podría utilizar en el desarrollo de nuevos productos alimenticios para la prevención de padecimientos como la diabetes e hipertensión (Orona-Tamayo, *et al.*, 2018).

En 2018, en México, se produjeron más de 331 mil toneladas de plátano macho (*Musa balbisiana*) (SADER, 2019). Sin embargo, una quinta parte de esta producción se rechazan debido a la falta de uniformidad, irregularidad en el tamaño, deformación y agrietamiento (Suresh Kumar, *et al.*, 2018). La cáscara es fuente rica en minerales (potasio y fósforo), compuestos fenólicos, antioxidantes y flavonoides, los cuales regulan padecimientos como la diabetes y la reducción de los niveles de colesterol (Vu, Scarlett y Vuong, 2019; Qamar y

Shaikh, 2018). Por lo que, debido al aumento en la producción de plátano y el descarte excesivo de materia orgánica se ha generado un creciente interés en encontrar valor agregado.

El PS es un alimento de consumo básico de gran popularidad debido principalmente a sus atributos sensoriales y a su bajo precio (Agama-Acevedo, *et al.*, 2019). El ingrediente principal del PS es la harina de trigo refinada, lo que disminuye su calidad nutricional. Por lo que, se puede adicionar HA y HP para mejorar el contenido proteico, la fibra dietética y minerales. Debido a que en diciembre de 2019 se detectó un nuevo coronavirus llamado síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2) (Tan *et al.*, 2020), las consecuencias en la población mundial se ven reflejadas en un cambio de estilo de vida y en los comportamientos de las personas hacia una alimentación saludable. Por lo que, se considera que los consumidores son más conscientes de su alimentación como prevención a enfermedades, generando una mayor demanda hacia los nutrientes y su funcionalidad (Sirbu y Arghire, 2017), en donde la familiaridad juega un papel decisivo en las actitudes y el comportamiento individual (Laguna, *et al.*, 2020).

Este estudio fue generado durante un estado de emergencia de salud pública declarado por la OMS en marzo del 2020 (WHO, 2020). Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio fue identificar la familiaridad, actitudes y comportamientos de los consumidores mexicanos respecto a productos alimenticios adicionados con HA y HP, como propuesta para contribuir a la diversificación de formulaciones de PS que atiendan las necesidades de los consumidores.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación se basó en una encuesta en línea para evaluar la familiaridad, actitudes, y comportamientos de consumidores mexicanos (edad > 18) acerca de los alimentos adicionados con HP y HA.

### **Colección de datos**

El conjunto de datos incluyó 221 respuestas recopiladas entre el 19 de junio y el 3 de julio de 2020. En total, 63% de los participantes fueron mujeres y 37% hombres, de los cuales, la mayoría comprendía en un rango de edad de 18-25 años (62%). Así mismo, los participantes habitaban en regiones urbanas (86%) y rurales (14%). Este número de participantes fue similar al obtenido por Tas (2020) (n=254), quien investigó a través de una encuesta, los conocimientos, actitudes y comportamientos de los adultos sobre el consumo de jarabe de maíz de alta fructosa.

Debido a que, en el momento de la recopilación de datos se decidió por indicaciones gubernamentales al confinamiento social como medida preventiva de contagio de COVID-19, se optó por utilizar correo electrónico y redes sociales de contactos personales y profesionales para invitar a los consumidores a responder la encuesta. Además, se informó que la participación de los consumidores era totalmente voluntaria y que la información recabada sería estrictamente confidencial.

El cuestionario fue desarrollado y ejecutado en la plataforma de Google® Forms y consistió en 16 ítems, correspondientes a las tres secciones de interés: familiaridad (F), actitudes (A), y comportamientos (C) las cuales se observan en la tabla 4. Para evitar algún sesgo en la respuesta, se recurrió a algunas preguntas con respuesta abierta. Las emociones se basaron en el perfil EsSense25® establecido por King y Meiselman (2010) y la recolección de datos

en esta sección, se realizó de acuerdo con el principio de la técnica Check-All-That-Apply (CATA) (Vidal *et al.*, 2016). Finalmente, las preguntas correspondientes a las características sociodemográficas incluyeron edad, género y lugar de residencia (urbana o rural, municipio y estado), éstos se incluyeron como los factores potenciales con relación a las tres secciones del cuestionario.

**Tabla 4.** Descripción del cuestionario aplicado para el estudio

<b>Preguntas</b>	<b>Respuestas</b>
<b>Familiaridad</b>	
<b>F1</b> ¿Conoces algún alimento a base de amaranto?	Si / No
<b>F2</b> En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, menciona que alimento conoces a base de amaranto	Respuesta abierta
<b>F3</b> ¿Conoces algún alimento a base de plátano?	Si / No
<b>F4</b> En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, menciona que alimento conoces a base de plátano	Respuesta abierta
<b>F5</b> ¿Conoces los beneficios de consumir amaranto?	Si / No
<b>F6</b> En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, menciona que beneficios conoces de consumir amaranto	Respuesta abierta
<b>F7</b> ¿Conoces los beneficios de consumir plátano?	Si / No
<b>F8</b> En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, menciona que beneficios conoces de consumir plátano	Respuesta abierta
<b>F9</b> ¿Conoces las implicaciones de salud con respecto al consumo frecuente de pan para sándwich?	Si / No

**F10** En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, menciona que implicaciones de salud conoces con respecto al consumo frecuente de pan para sándwich

Respuesta abierta

### Actitudes

**A1** ¿Qué tipo de pan para sándwich consumes comúnmente?

Blanco / integral / multigrano / linaza / cero grasas añadidas / tostado / ninguno

**A2** ¿Qué características del pan para sándwich te gustan?

Respuesta abierta

**A3** ¿Qué características del pan para sándwich no te gustan?

Respuesta abierta

### Comportamientos

**C1** ¿Con qué frecuencia consumes pan para sándwich?

Nunca / eventualmente / regularmente / frecuentemente / siempre

**C2** ¿Qué sientes al consumir pan para sándwich? Marca todas las apliquen.

Activo / aventuroso / agresivo / aburrido / calmado / disgustado / entusiasta / liberado / bien / de buen carácter / culpable / feliz / interesado / alegre / amoroso / gentil / nostálgico / complacido / satisfecho / seguro / dócil / comprensivo / cálido / salvaje / preocupado

**C3** ¿Cuál es la posibilidad de que integres un pan para sándwich adicionado con harina de amaranto y de plátano en tu dieta normal? Selecciona una opción.

Imposible / poco posible / moderadamente posible / muy posible / totalmente posible

## **Análisis de datos**

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, incluyendo frecuencias y porcentajes. Para examinar la distribución de los datos, se utilizó la prueba de Chi-cuadrada, con ayuda del software R® 3.6.3 (R Core Team, 2020) en el entorno de desarrollo integrado RStudio 1.2.5042 (RStudio Team, 2020). La correlación entre las características sociodemográficas se consideró significativa con un valor de  $p < 0.05$ .

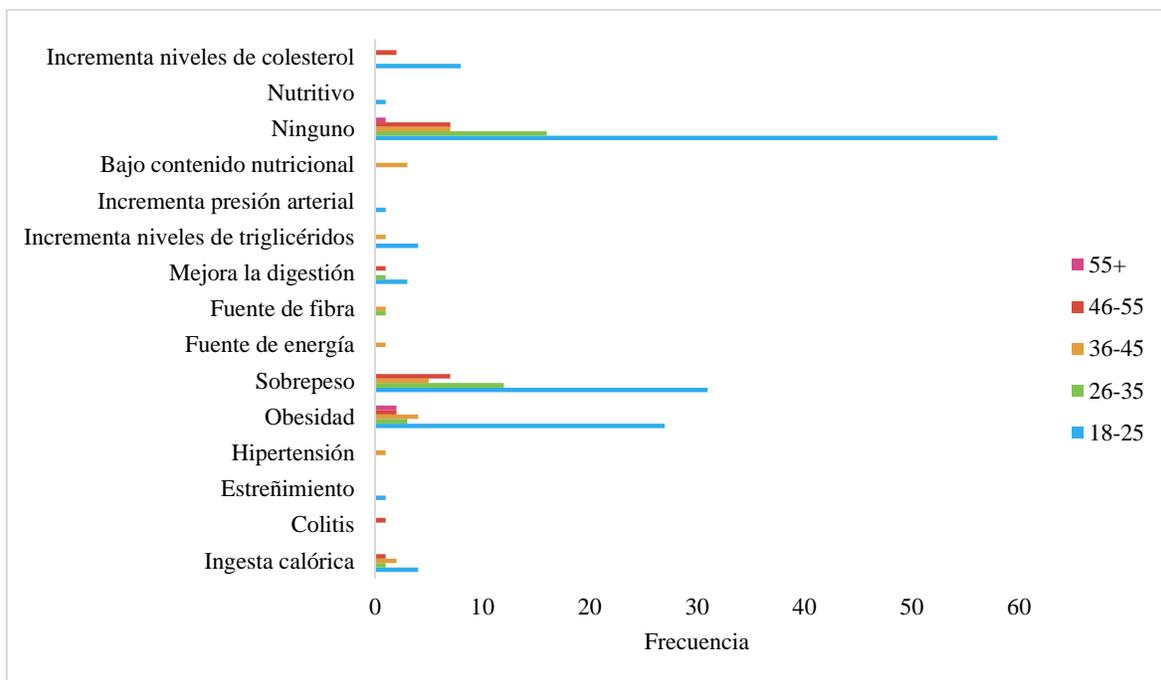
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Familiaridad**

En la sección correspondiente a la familiaridad, se encontró de acuerdo con las frecuencias obtenidas que los consumidores mexicanos desconocen algún alimento a base de plátano (64%), este resultado es de gran importancia para orientar la reducción de incertidumbre de los consumidores en la aceptación de un PS adicionado con HP, debido a la falta de familiaridad con la HP, ya que Aqueveque (2015) estableció que la familiaridad de los ingredientes en nuevos productos son más fáciles de adoptar para los consumidores, en contraste con los productos familiares formulados con nuevos ingredientes. Los participantes conocen las implicaciones de salud del consumo de amaranto (69%), plátano (63%) y PS (60%). Esto puede deberse a que, de acuerdo con un estudio realizado por Poelman *et al.* (2021), en la actualidad, los consumidores son más conscientes acerca de una nutrición saludable.

Con respecto a la familiaridad en las implicaciones de salud del consumo frecuente de PS, se obtuvo un impacto significativo ( $p < 0.05$ ) con el género, ya que las mujeres las conocen y los

hombres las desconocen. Este resultado es similar al obtenido por Asvatourian *et al.* (2018), ya que, de acuerdo con sus hallazgos, las mujeres siguen un patrón dietético más consiente de la salud en comparación con los hombres. Así mismo, el factor edad generó un impacto significativo ( $p < 0.004$ ) sobre la familiaridad acerca de los beneficios del consumo de amaranto. Mientras que los participantes entre 46-55 años conocen los beneficios a la salud del consumo de amaranto, aquellos mayores de 55 los desconocen. De igual manera, la edad generó un impacto significativo ( $p < 0.02$ ) con la familiaridad de las implicaciones de salud del consumo frecuente de PS, los cuales se observan en la figura 1. Los participantes entre 36-45 indicaron que el consumo frecuente de PS provoca hipertensión, que tiene un bajo nivel nutricional y es fuente de energía, aquellos entre 46-55 años señalaron que provoca colitis y finalmente, aquellos mayores de 55 años dijeron que provoca obesidad. Con estos resultados, se observó que los consumidores se encuentran familiarizados con más implicaciones negativas en la salud con respecto al consumo frecuente de PS. No se observó alguna relación significativa de acuerdo con el lugar de residencia.



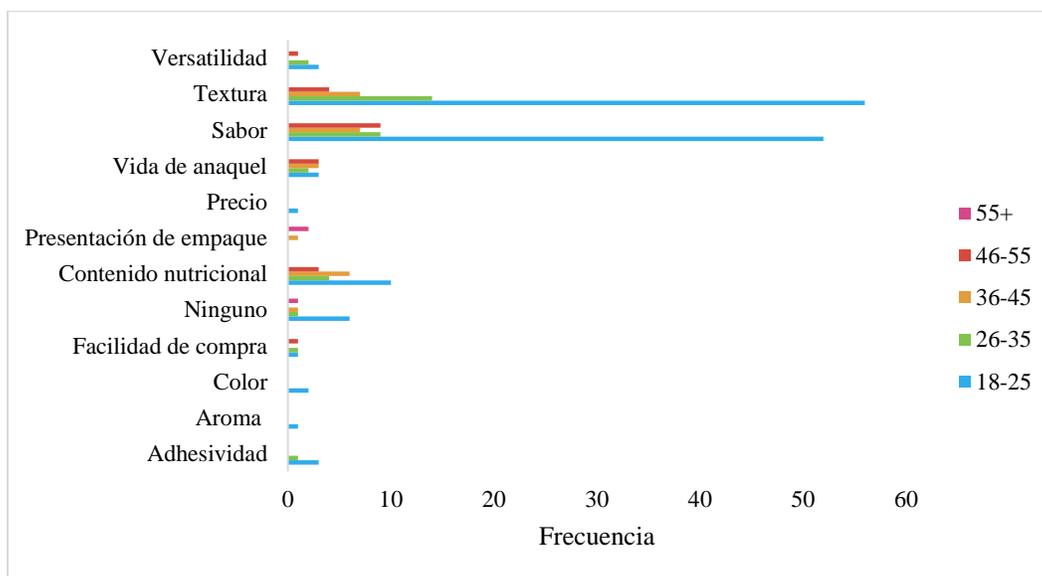
**Figura 1.** Implicaciones de salud sobre el consumo frecuente de pan para sándwich.

## Actitudes

De acuerdo con las frecuencias obtenidas en la sección de actitudes, los consumidores consumen en su mayoría el tipo de PS blanco (47%), integral (31%) y multigrano (17%). Los participantes señalan que las características que más les gustan del PS son la textura (37%), el sabor (35%) y el contenido nutrimental (10%). En los resultados obtenidos por Szymkowiak, *et al.* (2020), demuestran que uno de los factores más importantes para la elección de un producto alimenticio es el valor nutricional y se le atribuye la menor importancia a la vida útil, mientras que, al momento de leer las etiquetas del producto, el principal atributo que los consumidores evalúan es la vida útil.

La edad, fue el factor determinante de las actitudes de los consumidores, ya que se obtuvo un impacto significativo ( $p < 2.062e-05$ ) en el tipo de PS que consumen frecuentemente, pues los participantes entre 26-35 indicaron PS tostado, en contraste con la población mayor de

55, quienes señalaron que ningún tipo de PS consumen frecuentemente. Así mismo, la edad impactó significativamente ( $p < 1.976e-11$ ) en las características que más les gustan a los consumidores, las cuales se observan en la figura 2. Los participantes entre 36-45 años les interesa el contenido nutrimental, aquellos entre 46-55 la vida útil y los participantes mayores de 55 la característica que más les gusta es la presentación de empaque.



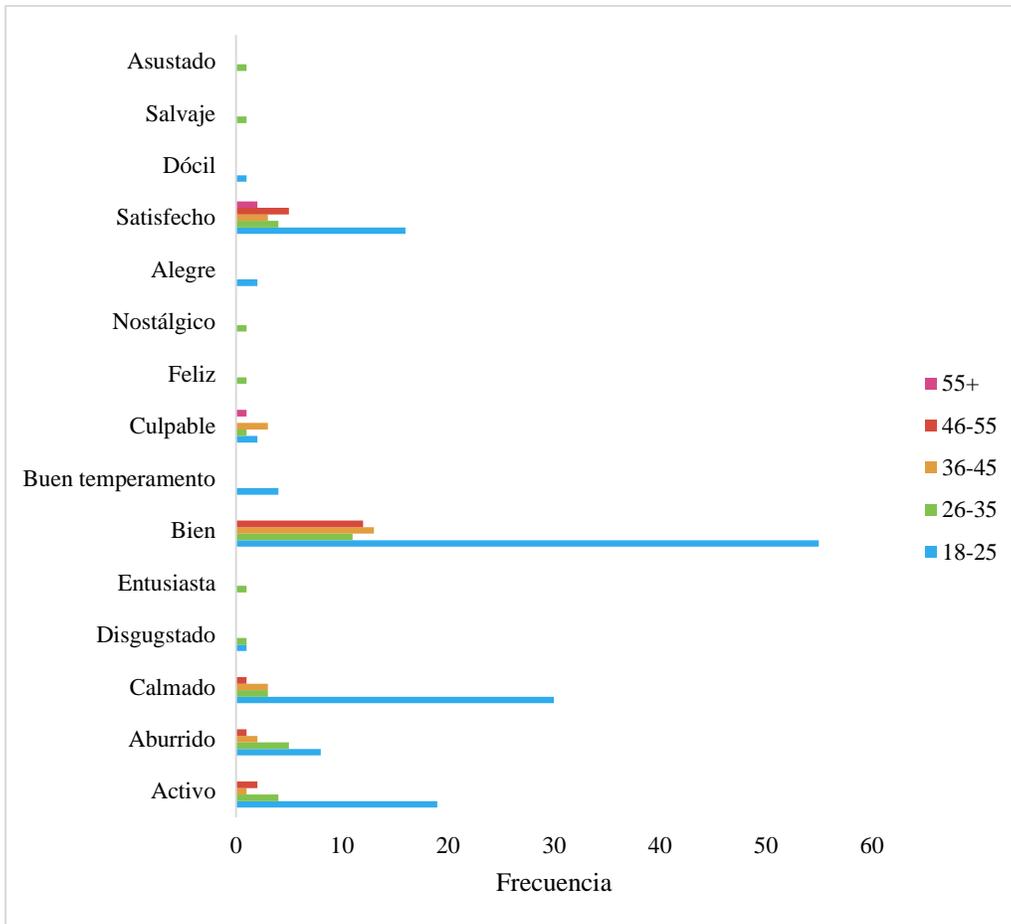
**Figura 2.** Características que les gustan del pan para sándwich.

## Comportamientos

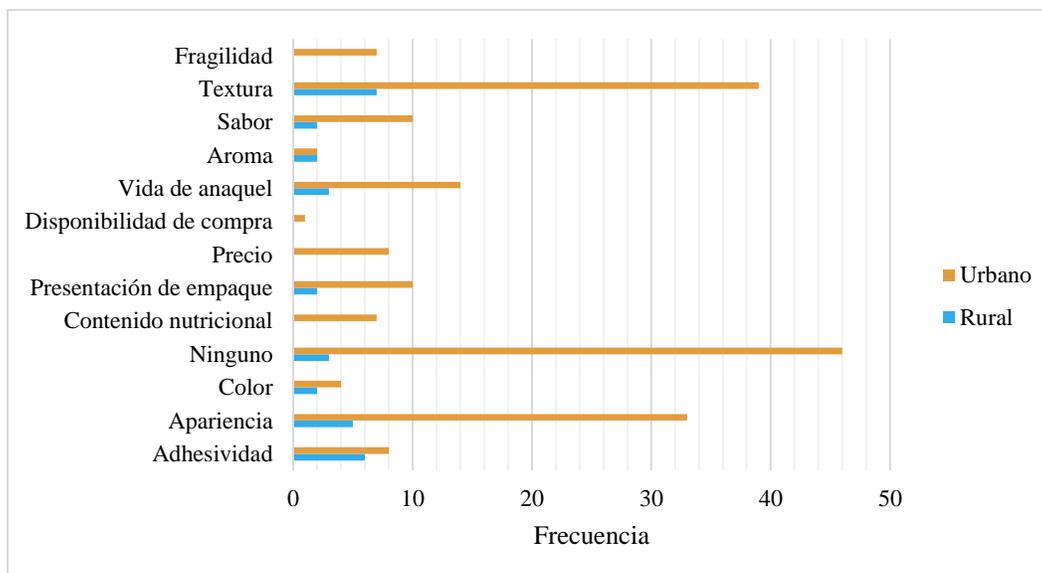
Con respecto a la frecuencia de los comportamientos identificados, la mayoría señaló que consumen PS eventualmente (46%), regularmente (33%) y frecuentemente (18%). Un estudio realizado por Poelman *et al.* (2021), mostró que, a pesar de los cambios en los comportamientos de la vida diaria debido a la pandemia por COVID-19, la mayoría de las personas mantuvieron su dieta de rutina. Por lo que, podemos reforzar la idea de que las respuestas de los participantes en esta sección, con respecto a la frecuencia de consumo de PS, no se vieron afectadas por el confinamiento de COVID-19.

La mayoría de los consumidores señalaron que las emociones generadas por el consumo de PS son bien (41%), calmado (17%) y satisfecho (14%). Las respuestas con mayor frecuencia acerca de la posibilidad de compra de un PS adicionado con HA y HP fueron muy posible (38%) y moderadamente posible (34%). En este sentido, se debe tener en cuenta que la familiaridad con los ingredientes y el alimento puede modificar los comportamientos de los consumidores hacia la aceptación de un nuevo producto, ya que de acuerdo con Szymkowiak, *et al.* (2020), la memoria es de gran importancia para generar el comportamiento deseado.

La edad tuvo un impacto significativo en las emociones generadas del consumo de PS ( $p < 0.05$ ), las cuales se muestran en la figura 3. Los participantes más jóvenes señalaron emociones positivas como felices, calmados y entusiastas, en contraste con aquellos de mayor edad quienes indicaron emociones negativas como culpables. De acuerdo con un estudio realizado por Marty *et al.* (2021), encontraron que las emociones de los participantes es el factor más importante en la elección de los alimentos y que los motivos de elección están cambiando significativamente debido a la transición de la pandemia por COVID-19, ya que las personas más jóvenes son más influenciadas por los factores sociales y ambientales (Manohar, *et al.*, 2021). Finalmente, se obtuvo un impacto significativo ( $p < 0.03$ ) con el lugar de residencia y las características que les disgustan del PS, las cuales se observan en la figura 4. Se encontró que la adhesividad y el olor son características que les disgustan a aquellos habitantes de zonas rurales.



**Figura 3.** Emociones generadas del consumo de pan para sándwich.



**Figura 4.** Características que les disgustan del pan para sándwich

## CONCLUSIÓN

Esta encuesta mostró que los consumidores no se encuentran familiarizados con el plátano como ingrediente de algún producto alimenticio. Sin embargo, conocen acerca de los beneficios a la salud sobre el consumo de amaranto, plátano y PS. Se evidenció que existe poca diversificación de los productos alimenticios existentes en el mercado a base de amaranto y plátano. Las emociones que se generan en los consumidores mexicanos se diferencian principalmente por la edad. Mientras que los consumidores más jóvenes son más optimistas sobre el consumo de PS, los consumidores mayores tienen emociones negativas. Este estudio permitió el uso de herramientas en línea de manera eficaz durante el confinamiento de COVID-19 para aportar información valiosa en respuesta a las necesidades de los consumidores. El género y la edad son los factores potenciales como propuesta para orientar el desarrollo de un nuevo PS adicionado con HA y HP. En este sentido, los resultados sugieren diversificar la oferta de productos alimenticios que integren a la HA y HP para

promover los beneficios que generan a la salud, y valerse del conocimiento que los consumidores poseen en productos de consumo frecuente, como el PS.

## REFERENCIAS

- Coelho, L. M., Silva, P. M., Martins, J. T., Pinheiro, A. C., y Vicente, A. A. (2018). Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth. *Food and Function*, 9(11), 5499–5512. <https://doi.org/10.1039/c8fo01422a>.
- Orona-Tamayo, D., Valverde, M. E., y Paredes-López, O. (2018). Bioactive peptides from selected Latin American food crops – a nutraceutical and molecular approach. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58, 1–27. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1434480>.
- Pond, W. G., Lehmann, J. W., y Elmore, R. (1991). Feeding value of raw a heated grain amaranth germplasm. *Anim Feed Science Technology*. 33:221–36.
- Prakash Maran, J., Priya, B., Naif Abdullah Al-Dhabi, Ponmurugan, K., Ganesh Moorthy, I., y Sivarajasekar, N. (2017). Ultrasound assisted citric acid mediated pectin extraction from industrial waste of *Musa balbisiana*. *Ultrasonics Sonochemistry*. 35 204–209
- Qamar, S., y Shaikh, A. (2018). Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana - A review. *Trends Food Sci. Technol.* 79, 1–9.
- SADER. (2019). Sin importar el momento, el plátano macho es el mejor. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/sin-importar-el-momento-el-platano-macho-es-el-mejor>

- Sirbu, A., y Arghire, C. (2017). Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*.
- Suresh-Kumar, P., Shiva, K. N., MayilVaganan, M., y Uma, S. (2018). Waste utilization and functional foods from Banana. *Indian Horticulture*, 63(4), 43–46.
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., y Vuong, Q. V. (2019). Changes of phytochemicals and antioxidant capacity of banana peel during the ripening process; with and without ethylene treatment. *Scientia Horticulturae*. 253, 255–262.
- Tas, F. (2020). Knowledge attitudes and behaviors of adult individuals about high fructose corn syrup consumption; cross sectional survey study. *Clinical Nutrition ESPEN*, 40:179-186.
- Aqueveque, C. (2015). Intention to try unfamiliar food: The role of level and type of unfamiliarity, food neophobia, and ethnocentrism. *Journal of Food Products Marketing*, 21(3), 244–254.
- Poelman, M. P., Gillebaart, M., Schlinkert, C., Dijkstra, S.C., Derksen, E., Mensink, F., Hermans, R. C. J., Aardening, P., de Ridder, D., de Vet, E. (2021). Eating behavior and food purchases during the COVID-19 lockdown: A cross-sectional study among adults in the Netherlands. *Appetite* 157: 105002.
- Asvatourian, V., Craig, T., Horgan, G. W, Kyle, J. y Macdiarmid, J. I. (2018). Relationship between pro-environmental attitudes and behaviour and dietary intake patterns. *Sustainable Production and Consumption*. 16, 216–226.

- Szymkowiak, A., Guzik, P., Kulawik, P. y Zając, M. (2020). Attitude-behaviour dissonance regarding the importance of food preservation for customers. *Food Quality and Preference*, 84, 103935.
- Manohara, S., Rehmana, V., y Sivakumaran, B. (2021). Role of unfamiliarity and information on consumers' willingness to try new healthy foods. *Food Quality and Preference*, 87 104037.
- Marty, L., de Lauzon-Guillain, B., Labesse, M., y Nicklaus, S. (2021). Food choice motives and the nutritional quality of diet during the COVID-19 lockdown in France. *Appetite* 157, 105005.
- Vidal, L., Ares, G., Hedderley, D.I., Meyners, M., y Jaeger, S.R. (2016). Comparison of rate-all-that-apply (RATA) and check-all-that-apply (CATA) questions across seven consumer studies. *Food Quality and Preference*, 67, 49-68.
- King, S.C., y Meiselman, H.L. (2010). Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Quality and Preference*, 21, 168-177.
- WHO. (2020). WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV. World Health Organization. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-atthemediabriefingon-2019-ncov-on-11-february-2020>



**CAPITULO IV. HARINAS DE PLÁTANO Y AMARANTO COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES Y FIBRA DIETÉTICA PARA EL DESARROLLO DE UN PAN FUNCIONAL.**

Valeria Bringas-González<sup>1</sup>, Luis Arturo Bello-Pérez<sup>2</sup> Adriana Contreras-Oliva<sup>1</sup>, Mirna López-Espíndola<sup>1</sup>, José Andrés Herrera-Corredor<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Postgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México, C.P. 94946

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, CEPROBI, Km. 6.5 Carr. Yauhtepec-Jojutla Col. San Isidro, Calle CEPROBI No. 8, Yauhtepec, Morelos, México.

\*Autor de correspondencia: Dr. José Andrés Herrera Corredor

e-mail: jandreshc@colpos.mx

Teléfono: 52 (271) 716 6000

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo refinada (HTRI) por harina de plátano con cáscara (HPLA) y harina de amaranto (HAMA) en cuatro panes formulados: F1: HTRI=60%: HPLA=30%: HAMA=10%, F2: HTRI=66.66%: HPLA=16.66%: HAMA=16.66%, F3: HTRI=60%: HPLA=10%: HAMA=30% y F4: HTRI=80%: HPLA=10%: HAMA=10%, sobre la actividad antioxidante, fibra dietética y el porcentaje de almidón hidrolizado. Los datos de los análisis mostraron que F1 fue la formulación con mayor inhibición de radicales libres (81.98%), contenido total de fenoles (2.33 mg GAE/g ms) y flavonoides (190.19 µg CA /g ms), fibra dietética (15.63 g/100 g) y almidón resistente (30.46 %) con un menor porcentaje de almidón hidrolizado (98.65%). Todas las evaluaciones sugieren que la adición de HPLA y HAMA en las formulaciones de pan contribuyen a aumentar las propiedades antioxidantes y el contenido de fibra dietética, incluyendo almidón resistente. El pan adicionado con HPLA y HAMA puede ser una opción viable para diversificar la oferta de pan como un alimento funcional.

Palabras clave: antioxidantes, fibra dietética, pan, digestibilidad, nutricional.

## INTRODUCCIÓN

El pan es un alimento mundialmente consumido, con un consumo per cápita de 24.5 Kg en 2020, debido principalmente a su bajo precio y simplicidad de uso (Bakr-Shori et al., 2020; Garzon et al., 2021). Se ha observado un incremento en el consumo de pan en lugares donde no era un alimento básico común. En Asia, por ejemplo, aumentó un 45% entre 2010 y 2015 (Weegels, 2019). Sin embargo, debido a que el pan se formula principalmente con harina de trigo refinada (HTRI), el aporte de nutrientes importantes como aminoácidos esenciales, fibra dietética, vitaminas y antioxidantes es bajo (Xu et al., 2021). En comparación con HTRI, la harina de amaranto contiene una mayor cantidad de almidón (60.7 g / 100 g), proteínas (16.5 g / 100 g), grasas insaturadas (4.7 g / 100 g), fibra (12.9 g / 100 g) (Chauhan et al., 2015). Por otro lado, el plátano es una de las frutas más consumidas en el mundo, está disponible todo el año y tiene un alto valor nutricional. El plátano en su etapa inmadura tiene una gran cantidad de compuestos antioxidantes, fibra dietética, almidón resistente y minerales (Khoozani, et al., 2020). En este contexto, la sustitución parcial de la HTRI por harinas de plátano con cáscara (HPLA) y amaranto (HAMA), como ingredientes funcionales, podrían diversificar la oferta de nuevas formulaciones de pan.

Después del arroz, el trigo y el maíz, la familia *Musaceae* representan el cuarto alimento con mayor demanda (Khoozani et al., 2019). De acuerdo con la FAO (2013), en 2011 se produjeron más de 107 millones de toneladas de las diferentes variedades de plátano a nivel mundial, lo que corresponde un valor comercial de 9,000 millones de dólares (USD). Sin embargo, como resultado del mal manejo postcosecha, en todo el mundo se generan más de 26 millones de toneladas de residuos de plátano por año, debido principalmente al deshecho

de las cáscaras (Alves-Martins et al., 2019). Los desechos de la cáscara representan aproximadamente el 40% del peso total del fruto fresco (Anhwange et al., 2008). Esto genera un gran problema medioambiental, especialmente en el aire debido a la digestión anaeróbica de la biomasa que produce emisiones de gases como el metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Una opción viable para reducir el desperdicio excesivo y las pérdidas postcosecha es integrar la cáscara además de la pulpa en la producción de HPLA. El National Cancer Standard Institute en Estados Unidos afirmó que la cáscara no es tóxica para el consumo humano y puede utilizarse como fuente natural de antioxidantes (Kuruhade et al., 2015). La cáscara de plátano posee una gran actividad de captación de radicales libres y varios estudios han identificado una correlación entre el contenido fenólico total y la capacidad de captación de radicales libres (Vu et al., 2016). De hecho, se han encontrado más de 40 compuestos fenólicos de la cáscara de plátano, los cuales se clasifican en cuatro grupos: ácidos hidroxicinámicos, flavonoles, flavan-3-oles y catecolaminas (Vu et al., 2018). Además, la HPLA contiene una alta proporción de almidón resistente (17,5%) y fibra dietética (14,5%) (Ovando-Martinez et al., 2009).

El grano de amaranto (*Amaranthus spp.*) ha sido redescubierto en las últimas tres décadas debido a la creciente demanda de alimentos benéficos para la salud (Păucean et al., 2019). Por lo que hoy en día es cultivado en diferentes países de América Central y del Sur, África, India y Asia (Sanz-Penella et al., 2012). El grano de amaranto ha sido reintroducido a la dieta diaria de los consumidores debido a que ofrece una calidad de proteínas casi óptima, similar a la de la leche de vaca, mostrando abundancia en aminoácidos esenciales como la lisina (Bekkering y Tian, 2019). Además, el grano de amaranto posee compuestos antioxidantes como polifenoles, antocianinas, flavonoides y tocoferoles (Tamsen et al. 2018). Los

compuestos fenólicos, especialmente los ácidos fenólicos, se encuentran principalmente en la cubierta del grano de amaranto y la cantidad total de ácidos fenólicos encontrados han variado en un rango de 168 a 329 mg / kg, según Bekkering y Tian (2019).

La incorporación de compuestos antioxidantes a la dieta se ha estudiado principalmente por sus propiedades benéficas a la salud, como la inhibición de radicales libres, efectos anticancerígenos y la prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes, osteoporosis y enfermedades neurodegenerativas (Camelo-Méndez et al., 2017). Además de los padecimientos mencionados con anterioridad, el sobrepeso y la obesidad se han relacionado con la ingesta deficiente de fibra dietética en la dieta (Magallanes-Cruz et al., 2019). La FAO ha sugerido una ingesta de fibra dietética de 35 g / día, sin embargo, la ingesta diaria de fibra promedio a nivel mundial se encuentra por debajo de lo recomendado por parte de las agencias de salud (15 g/día) (Agama-Acevedo, et al., 2019). Por tal motivo, investigaciones recientes, han demostrado que el pan confiere una matriz alimentaria óptima para incorporar compuestos bioactivos (Ballester-Sánchez et al., 2019), aunque en la actualidad no existe algún reporte de la adición de HPLA y HAMA en conjunto para el desarrollo de pan.

El presente estudio tuvo como objetivo investigar el efecto de la incorporación de la HPLA y HAMA en nuevas formulaciones de pan para determinar el impacto en sus compuestos antioxidantes, fibra y almidón resistente en pan de consumo popular.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Materiales**

La levadura (IMEXA, Iztapalapa, México), la sal de mesa, el aceite de oliva, la azúcar refinada y la HTRI se adquirieron en el mercado local de Orizaba, Veracruz, México. La HAMA (5kg) fue proporcionada por Nutriamto® S de RL de C.V., Oaxaca, México. Para la producción de HPLA se compraron 30kg de plátanos (*Musa balbisiana*) en estado inmaduro (racimos verdes, frescos y sanos) en el mercado local de Orizaba, Veracruz, México.

### **Reactivos**

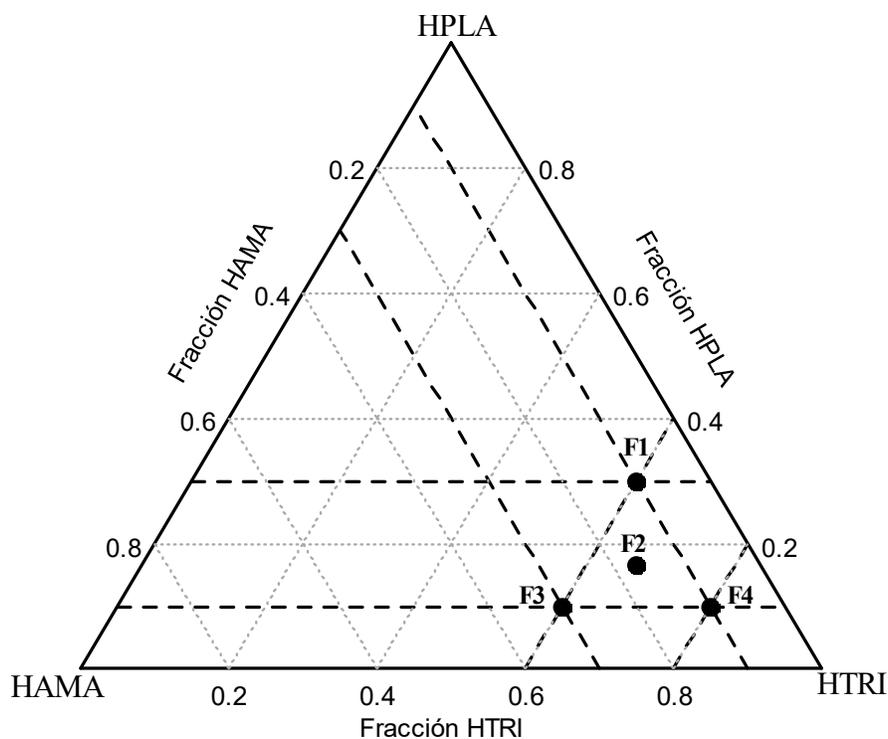
Todos los productos químicos y reactivos utilizados en el presente estudio fueron de calidad analítica. El ácido gálico, catequina, Folin-Ciocalteu y 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) fueron de calidad analítica de J.T. Baker®, Avantor®, México y Sigma Aldrich®, Merck®, México.

### **Harina de plátano con cáscara**

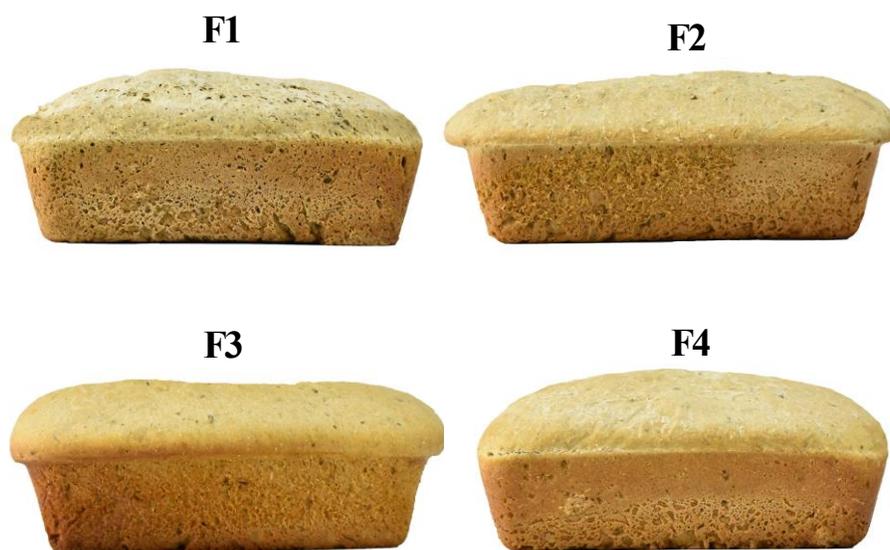
Los plátanos se lavaron con agua y jabón y sin retirar la cáscara, se cortaron en rodajas de 3 mm de grosor, aproximadamente. Inmediatamente, las rodajas se sumergieron en una solución de ácido cítrico (0.3% p / v), según lo descrito por Ovando-Martinez et al. (2009), durante 5 minutos. Posteriormente, las rodajas se colocaron en una superficie plana a campo abierto para secado al sol durante 10h. Finalmente, las rodajas de plátano seco se trituraron con la ayuda de un molino mezclador convencional Osterizer® (Galaxie 4107 / 869-16G) hasta obtener la harina.

### **Diseño de las formulaciones de pan**

Se utilizó un diseño de mezclas ya que ha sido una técnica aplicada con éxito para el desarrollo de nuevos productos, con el fin de establecer proporciones de los ingredientes en nuevas formulaciones (Homayouni-Rad et al., 2019). Se prepararon cuatro formulaciones: F1:60%,30%,10%, F2: 66.66%,16.66%,16.66%, F3:60%,10%,30% y F4:80%,10%,10%, variando las proporciones de HTRI, HPLA y HAMA, respectivamente. Para el diseño de formulaciones se usaron las siguientes restricciones:  $HTRI \geq 60\%$ ;  $HPLA \geq 10\%$  y  $HAMA \geq 10\%$  (Figura 5). La selección de las formulaciones se realizó con trabajo preliminar donde se verificó la proporción mínima de harina de trigo para la preparación de pan. En la figura 6 se presenta la apariencia visual de cada formulación.



**Figura 5.** Diseño de las formulaciones de pan. HAMA: harina de amaranto, HPLA: harina de plátano inmaduro, HTRI: harina de trigo refinada.



**Figura 6.** Panes formulados con harina de trigo refinada (HTRI), harina de plátano inmaduro (HPLA) y harina de amaranto (HAMA). F1: HTRI=60%: HPLA=30%: HAMA=10%, F2: HTRI=66.66%: HPLA=16.66%: HAMA=16.66%, F3: HTRI=60%: HPLA=10%: HAMA=30% y F4: HTRI=80%: HPLA=10%: HAMA=10%.

### **Preparación del pan**

La metodología para la preparación del pan se basó en la propuesta por Garzon et al., (2021). Se pesó en total 750g de la mezcla total de las harinas correspondiente a cada formulación. Todos los ingredientes se mezclaron a temperatura ambiente ( $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) durante 30min. La masa se colocó en un molde de acero con cubierta antiadherente (largo 21cm x ancho 10cm x alto 7.5cm) y se dejó fermentar a  $25\pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta duplicar el tamaño (90min). Las muestras se hornearon a  $190^{\circ}\text{C}$  durante 60 min y se dejaron enfriar durante 30min a temperatura ambiente ( $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) para posteriormente desmoldar. Finalmente, las muestras fueron cortadas

en rebanadas de 2 cm de grosor aproximadamente y enfriadas a temperatura ambiente ( $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) por 4 h. Las rebanadas frías, fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y almacenadas en congelación ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) hasta su análisis.

### **Contenido total de Fenoles, Flavonoides y Actividad Antioxidante del pan.**

La preparación del extracto fue basada en la metodología propuesta por Wang et al. (2019). Las muestras de pan (1g) se disolvieron en 25ml de metanol: agua (80:20) en un agitador vórtex. Cada muestra fue introducida en un baño ultrasónico (Ultrasonic Cleaner AS2060B, Autoscience®) a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 30min. Después de centrifugar las muestras a 1663 G-Force durante 20min, se recuperó el sobrenadante. El extracto de cada muestra se almacenó en oscuridad y se utilizó para determinar el contenido total de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante.

### **Determinación de Contenido Total de Fenoles**

El contenido total de fenoles (CTFen) se determinó colorimétricamente utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu como lo describió anteriormente Chlopicka et al. (2012). Las muestras de cada extracto (0.3ml) fueron tratadas mezclando 2.7 ml de agua desionizada, 0.3 ml de 7g/100 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y 0.15 ml de reactivo Folin-Ciocalteu. Inmediatamente, la absorbancia para cada muestra se midió a 725 nm usando un espectrofotómetro (GENESYS 105-UV-VIS, Terma spectronic). La curva estándar se preparó con ácido gálico y los resultados finales se expresaron como mg de ácido gálico (GAE) / g de materia seca.

### **Determinación de Contenido Total de Flavonoides**

El contenido total de flavonoides (CTFla) se determinó colorimétricamente mediante la metodología descrita anteriormente por Chlopicka et al. (2012). Se tomaron 0.25 ml del extracto de cada muestra y se diluyeron con 1.25 ml de agua destilada y 75 ml de una solución 5g/100 g de  $\text{NaNO}_2$ . Se dejó reposar 6min y se añadió a la mezcla 150 ml de una solución 10g/100 g de  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . La mezcla se dejó reposar durante 5 min y después se añadieron 0.5 ml de 1mol/L de NaOH. El total de la mezcla se completó hasta 2.5 ml con agua destilada. La solución se homogenizó y la absorbancia se midió inmediatamente a 510 nm usando un espectrofotómetro (GENESYS 105-UV-VIS, Terma spectronic). El contenido total de flavonoides se calculó utilizando una curva estándar y los resultados se expresaron como  $\mu\text{g}$  de catequina / g de materia seca.

### **Determinación de Actividad Antioxidante**

La determinación del porcentaje de inhibición de radicales libres se llevó a cabo mediante el método 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH). Todas las muestras se determinaron de acuerdo con el método propuesto por Wang et al. (2019). El extracto de cada muestra (2 ml) se mezcló con una solución de radicales DPPH (2 ml), se homogenizó con ayuda de un vórtex y se hizo reaccionar en la oscuridad durante 30 min a temperatura ambiente ( $25\pm 5^\circ\text{C}$ ). La solución del radical DPPH se preparó disolviendo 4 mg de DPPH en 100 ml de metanol:agua (80:20). La absorbancia de cada solución se midió a 515 nm usando un espectrofotómetro (GENESYS 105-UV-VIS, Terma spectronic) frente a un blanco de metanol: agua (80:20) sin solución de DPPH. La muestra control se preparó disolviendo 2 ml de solución de radicales DPPH en 2 ml de metanol: agua (80:20). El porcentaje de inhibición se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Inhibición} = \text{Absorbancia}_{\text{control}} - \text{Absorbancia}_{\text{muestra}} \times 100 / \text{Absorbancia}_{\text{control}}$$

### **Determinación de Contenido Total de Fibra Dietética**

El Contenido Total de Fibra Dietética del pan se determinó siguiendo la metodología propuesta por McCleary (2009). Este método permite la medición del almidón resistente (incluido en la definición de Fibra Dietética) en condiciones similares al comportamiento fisiológico. Además, los pasos indicados por García-Solís et al. (2018) como parte de esta metodología fueron utilizados para el presente estudio.

### **Determinación de Hidrólisis del Almidón**

El almidón total (AT) se determinó mediante la metodología propuesta por Goñi, García y Saura-Calixto (1997). Las fracciones de almidón de digestión rápida (ADR) y de almidón de digestión lenta (ADL) se determinaron con el procedimiento propuesto por Englyst et al. (1992). El contenido de almidón resistente (RS) se calculó como la diferencia entre el AT y el almidón disponible (ADR, ADL). Además, debido a que la fracción de almidón de digestión lenta se hidroliza a velocidades más bajas que la fracción de almidón de digestión rápida, se siguió la metodología propuesta por Bello-Perez et al. (2019) para determinar el efecto de la adición de la HPLA y HAMA en la cinética de hidrólisis del almidón de las muestras de pan. El modelo de cinética de hidrólisis multi-escala fue basado en la siguiente ecuación:

$$y(t) = y_{\infty} - A_{\text{rápido}} \exp(-k_{\text{rápido}} t) - A_{\text{lento}} \exp(-k_{\text{lento}} t)$$

donde,  $y(t)$  es la hidrólisis del almidón (%), y  $k_{\text{rápido}}$  y  $k_{\text{lento}}$  son las constantes cinéticas de las velocidades de digestión rápida y lenta, respectivamente. Además,  $A_{\text{rápido}}$  y  $A_{\text{lento}}$  denotan las fracciones ADR y ADL, respectivamente. Esta función permite la determinación de las fracciones de almidón digeribles a partir de datos cinéticos experimentales (Patiño-Rodríguez et al., 2019).

### **Análisis Estadístico**

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de una vía para identificar diferencias entre las muestras. Los valores de  $P < 0.05$  se consideraron estadísticamente significativos. Además, se llevó a cabo un análisis de superficies de respuesta para evaluar visualmente e identificar los componentes que causan mayor impacto entre las muestras. El análisis de los datos se realizó con ayuda del software R® 3.6.3 en el entorno de desarrollo integrado RStudio 1.2.5042. Todos los resultados se presentan como la media  $\pm$  DE (desviación estándar) de tres repeticiones.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Contenido Total de Fenoles**

El contenido total de fenoles de las cuatro formulaciones de pan se expresó como mg de ácido gálico (GAE)/g de materia seca (ms). De acuerdo con los datos del análisis de varianza, se encontró una diferencia significativa entre las muestras de pan ( $P < 0.0009$ ; Tabla 5). La formulación que tuvo el mayor contenido fenólico fue F1 (1.99 mg (GAE) /g ms) (Tabla 5). El resultado de este análisis fue mayor al reportado por Mahloko et al. (2019), quienes

investigaron el CTFen de galletas preparadas con harinas de plátano, tuna y trigo y sus resultados oscilaron entre 0.0108 y 0.0118 mg / g. Lo anterior puede atribuirse a que F1 fue la formulación con mayor cantidad de HPLA y, de acuerdo con Vu et al. (2018), la cáscara de plátano proporciona un CTFen que oscila en un rango de 4.95-47 mg GAE / g de materia seca (mg GAE / g ms). Con estos resultados, podemos deducir que incluir la cáscara de plátano en harina para nuevas formulaciones de pan contribuye evidentemente a valores elevados de CTFen, ya que es importante mencionar que en comparación con otras cáscaras de frutas (aguacate, piña, papaya, maracuyá, sandía y melón) la cáscara de plátano es la segunda fruta con mayor contenido fenólico (Morais et al., 2015).

### **Contenido Total de Flavonoides**

Con respecto al contenido total de flavonoides, los resultados se expresaron como  $\mu\text{g}$  de catequina (CA) / g de materia seca (ms). Se encontró una diferencia significativa entre las formulaciones de pan ( $P < 0.0039$ ; Tabla 5). La formulación que tuvo la mayor concentración de flavonoides totales fue F1 (190.19  $\mu\text{g}$  CA /g ms) (Tabla 5). Este resultado fue mayor al obtenido por Chlopicka et al. (2012), quienes sustituyeron harina de trigo sarraceno con harina de amaranto al 30% en una formulación de pan y obtuvieron 34.9  $\mu\text{g}$  (GAE)/g ms. En este sentido, el resultado del presente estudio siguió una tendencia similar al contenido total de fenoles, decir, el CTFla fue mayor con el incremento de la adición de HPLA. Esto puede deberse a que de acuerdo con Pothavorn et al. (2010) los flavonoides presentes en el plátano son flavonas (apigenina), flavanonas (naringenina), flavonol miricetina, kaempferol y quercetina) y se han encontrado en postres formulados con harina de plátano.

### **Actividad Antioxidante**

Los resultados del análisis de Actividad Antioxidante se muestran en la tabla 5. Todas las muestras de los panes formulados con HPLA y HAMA fueron significativamente diferentes ( $P < 0.028$ ; Tabla 5). La muestra con mayor porcentaje de inhibición (81.98%) fue F1, en contraste con F4 que fue la formulación con menor porcentaje de inhibición (65.19%). La determinación de actividad antioxidante por la metodología DPPH demostró que el porcentaje de inhibición incrementa cuando hay un mayor contenido de HPLA, mientras que disminuye cuando existe mayor cantidad de HTRI. Estos resultados fueron parecidos a los obtenidos por Kurhade et al. (2015), quienes sustituyeron HTRI por HPLA hasta un 20% para la preparación de “chapati” y alcanzaron un valor de 68% de inhibición de radicales DPPH. En este caso, podemos atribuir el alto porcentaje de inhibición al gran porcentaje de sustitución (30%) de HTRI por HPLA.

### **Fibra Dietética**

Con respecto al contenido total de fibra dietética (FD), los resultados de todas las muestras de pan se expresaron después de 16 horas de incubación. Se encontró una diferencia significativa ( $P < 3.49e-05$ ; Tabla 5) entre las formulaciones de pan. La muestra con mayor FD fue F1 (15.63 g/100 g), seguida de F3 (10.45 g/100 g) (Tabla 5). Estos datos resultan de gran interés, debido a que F1 y F3 son las formulaciones con mayor cantidad de HPLA y HAMA, respectivamente, por lo que sugiere que adicionar HPLA y HAMA en nuevas formulaciones de pan contribuye evidentemente al incremento de FD. Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Miranda-Ramos, et al. (2019), quienes investigaron el efecto de la sustitución parcial de HTRI por HAMA en formulaciones de pan hasta un 50% y obtuvieron 11.7 g/100 g de contenido total de fibra dietética. En este sentido, se debe tener

en cuenta que altos valores de FD debido a la sustitución de HTRI por harinas como la HPLA y HAMA, genera cambios en el volumen de la miga, color de la corteza y la miga hacia tonos más oscuros y mayor firmeza del pan, según lo informado por Xu, et al. (2021), lo que podría representar un desafío para el agrado de los consumidores.

**Tabla 5.** Contenido fenólico total, Flavonoides totales, Actividad Antioxidante y Fibra en los panes preparados con harinas de plátano y amaranto.

Formulación	Contenido Total de Fenoles (mg GAE*/g ms*)	Contenido Total de Flavonoides (µg CA* / g de ms*)	Actividad Antioxidante (%)	Fibra Dietética (g/100 g)
F1	1.9900±0.0a	190.19±0.05a	81.98±3.29a	15.63±0.37a
F2	1.9897±0.0b	87.25±0.02b	72.07±7.00ab	7.25±0.24c
F3	1.9896±0.0b	67.64±0.04b	68.99±5.77ab	10.45±0.33b
F4	1.9895±0.0b	52.94±0.01b	65.20±5.17b	8.24±0.25c

Los valores medios con diferentes subíndices difieren significativamente ( $p < 0.05$ ) en una columna para cada formulación. \*GAE: Equivalente de ácido gálico GAE; CAT: Equivalente de catequina; ms: materia seca

### Hidrólisis del Almidón

Los resultados de la prueba de Englyst mostraron que la formulación con mayor cantidad de HPLA (F1) tuvo el mayor contenido de AR (30%) (Tabla 6), patrón que siguió la tendencia anterior, con respecto al valor total de FD. El contenido de AR de F1 fue mucho mayor a los obtenidos por Utrilla-Coello, et al. (2011), quienes obtuvieron (4.15 g/100 g) en barras de

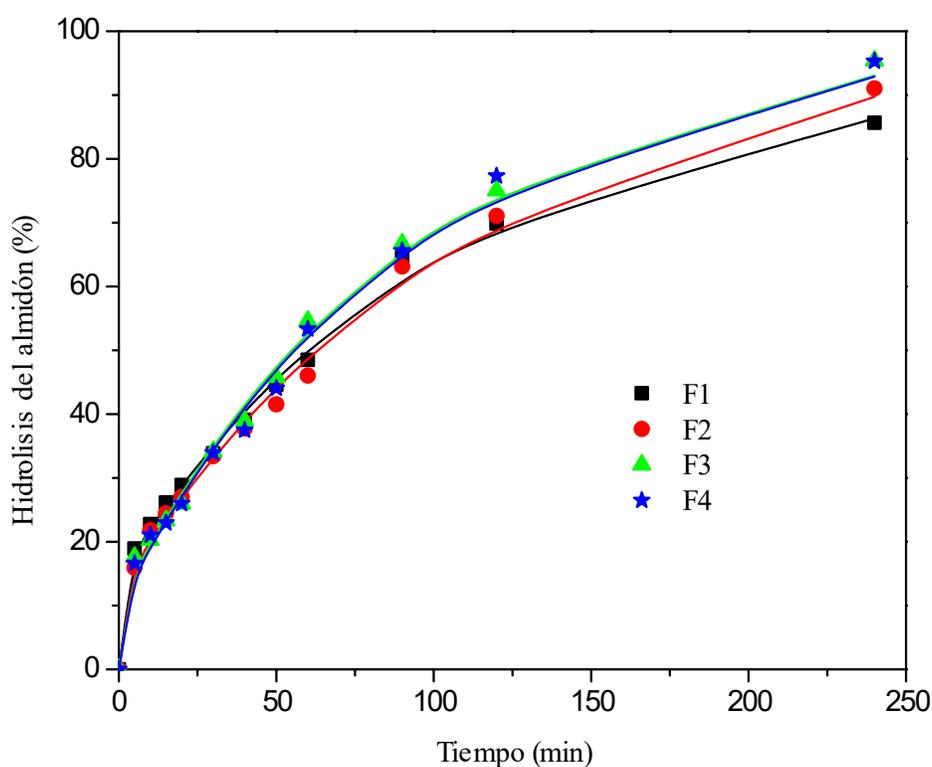
cereal adicionadas con HPLA. Es importante destacar que de acuerdo con García-Solís, et al. (2018), la presencia de carbohidratos no digeribles presentes en HPLA contribuye a bajos contenidos de ADR. Un valor alto de la constante de velocidad  $k_{\text{rápido}}$  indica una velocidad más rápida de hidrólisis del almidón. En este caso, F2 fue la formulación con mayor velocidad de hidrólisis del almidón ( $4.76 \text{ min}^{-1}$ ), siendo F3 la formulación con la tasa más lenta de hidrólisis del almidón ( $2.51 \text{ min}^{-1}$ ). En este sentido, bajos niveles de ADR es una característica deseable, debido a que se encuentra relacionado con una baja liberación de glucosa posprandial, lo que reduce la respuesta glicémica tras el consumo de productos con altos niveles de ADL (García-Solís, et al., 2018).

**Tabla 6.** Parámetros cinéticos estimados y fracciones de almidón digestible para las muestras de pan.

<b>Formulación</b>	$k_{\text{rápido}}$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$k_{\text{lento}}$ $\times 10^{-3}$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$y_{\infty}$ (%)	<b>ADR</b> (%)	<b>ADL</b> (%)	<b>AR</b> (%)
<b>F1</b>	$4.34 \pm 0.15^b$	$9.86 \pm 0.25^b$	$93.74 \pm 0.25^b$	$28.22 \pm 0.51^a$	$40.71 \pm 0.65^b$	$30.46 \pm 0.45^a$
<b>F2</b>	$4.76 \pm 0.21^a$	$8.92 \pm 0.23^c$	$99.95 \pm 0.23^a$	$26.85 \pm 0.53^b$	$43.19 \pm 0.73^{bc}$	$29.95 \pm 0.57^a$
<b>F3</b>	$2.51 \pm 0.13^c$	$10.63 \pm 0.28^a$	$100.00 \pm 0.28^a$	$27.61 \pm 0.68^b$	$47.46 \pm 0.68^a$	$24.92 \pm 0.54^b$
<b>F4</b>	$4.32 \pm 0.16^b$	$10.58 \pm 0.30^a$	$99.56 \pm 0.30^a$	$27.12 \pm 0.40^b$	$47.57 \pm 0.60^a$	$25.29 \pm 0.62^b$

ADR = almidón de rápida digestión; ADL = almidón de digestión lenta; AR = Almidón resistente. Las medias en cada columna seguidas de letras diferentes fueron significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Como se muestra en la Figura 7, el modelo multi-escala de la cinética de hidrólisis del almidón se ajusta con los puntos en la gráfica los cuales denotan los resultados experimentales. La cinética de hidrólisis del almidón para las cuatro diferentes formulaciones de pan siguió una curva exponencial. Aumenta rápidamente en los primeros 60 min, se ralentiza y alcanza el valor más alto a los 260 min. Transcurridos los 260 min de reacción, F1 fue la única formulación que alcanzó un menor porcentaje de hidrólisis del almidón (98.65%). En contraste con F2, F3 y F4 las cuales se hidrolizaron hasta un 100%, por lo que, HPLA puede servir como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos que contribuyan al aumento de la ingesta regular de componentes no digeribles.



**Figura 7.** Cinética de hidrólisis del almidón para las cuatro diferentes formulaciones de pan. Los puntos denotan los resultados experimentales y las líneas los mínimos cuadrados ajustados por del modelo de hidrólisis del almidón.

## **Análisis de superficie de respuestas**

Las medias de los datos de los parámetros analizados de todas las muestras se sometieron a un análisis por el método de superficie de respuesta. Se utilizó una ecuación de regresión lineal y se identificaron los parámetros del modelo para cada análisis. Los resultados del análisis de regresión de los parámetros analizados de las muestras de pan se observan en la Tabla 7. Los valores de  $R^2$  por arriba de 0.9 en el modelo para todos los parámetros analizados indicaron la bondad del ajuste. De acuerdo con el modelo, se generaron gráficas de contorno para visualizar los resultados de cada análisis entre las muestras de pan en función de la HTRI, HPLA y HAMA (Figura 8).

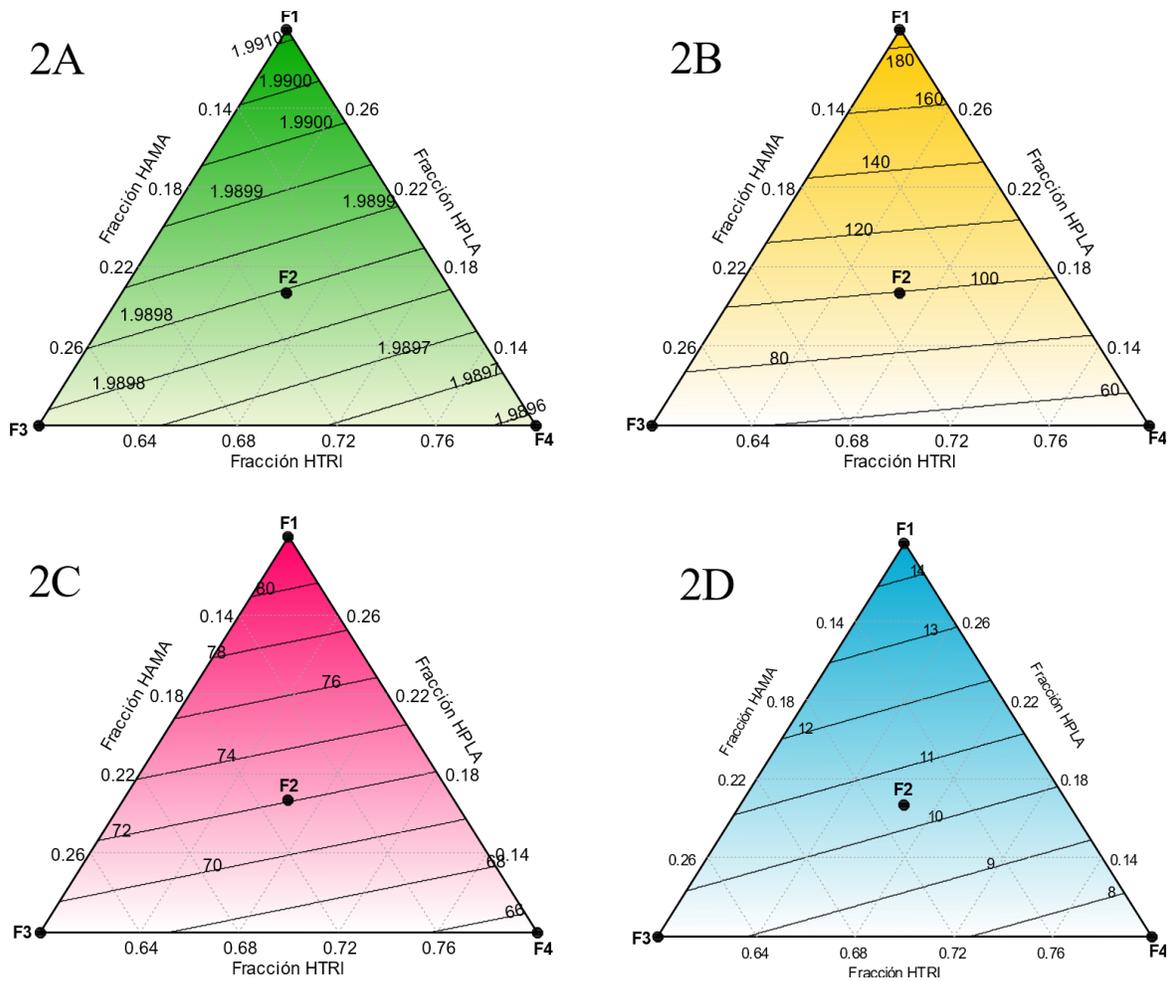
De acuerdo con los valores de P obtenidos a partir de los coeficientes del modelo de regresión, las tres harinas generaron un impacto significativo en las formulaciones de pan, siendo HTRI ( $P=0.002$ ) la harina con mayor impacto en el CTFe en comparación con la HPLA ( $P=0.004$ ) y la HAMA ( $P=0.005$ ). Por otro lado, los resultados obtenidos para CTFla son de gran interés con respecto a los valores de P, ya que, aunque no existe un impacto significativo por parte de las harinas, HPLA ( $P=0.073$ ) fue la harina que generó un mayor impacto en la CTFla de las diferentes formulaciones de pan, a diferencia de HAMA:  $P=0.652$  y HTRI:  $P=0.528$ . Con respecto a los valores obtenidos de  $P=0.0007$ ,  $P=0.0013$  y  $P=0.0007$  para HPLA, HAMA y HTRI, respectivamente, para actividad antioxidante mostraron que existe un impacto significativo en la actividad antioxidante del pan con la integración de las tres harinas en las diferentes formulaciones de pan. Finalmente, los valores obtenidos para el contenido total de fibra dietética de  $P=0.295$ ,  $P=0.618$  y  $P=0.806$  para HPLA, HAMA y

HTRI, respectivamente, mostraron que no existe un impacto significativo en el contenido total de fibra dietética con respecto a la adición de las harinas en la formulación de pan.

**Tabla 7.** Modelo de los parámetros analizados.

Parámetro analizado	Modelo	Valor de R <sup>2</sup>
Contenido Total de Fenoles	$3.09*X + 2.31*Y + 1.96*Z$	1
Contenido Total de Flavonoides	$659.18 *X + 46.44*Y + -27.12*Z$	0.99
Actividad Antioxidante	$138.84*X + 73.88*Y + 54.91*Z$	1
Fibra Dietética	$39.34*X + 13.44*Y + 2.39*Z$	0.97

X=harina de plátano inmaduro, fracción; Y= harina de amaranto, fracción; Z= harina de trigo refinada, fracción.



**Figura 8.** Gráficas de contorno en función del modelo lineal. Las regiones graficadas representan las siguientes restricciones:  $HTRI \geq 60\%$ ;  $HPLA \geq 10\%$  y  $HAMA \geq 10\%$ .

2A: Contenido Total de Fenoles; 2B: Contenido Total de Flavonoides; 2C: Actividad Antioxidante y 2D: Contenido Total de Fibra Dietética. HPLA: Harina de plátano con cáscara; HAMA: Harina de amaranto y HTRI: Harina de trigo refinada.

## CONCLUSIÓN

La sustitución parcial de HTRI por HPLA y HAMA en formulaciones de pan proporcionan valores importantes de componentes antioxidantes y fibra dietética. La formulación de pan con mayor proporción de HPLA (F1) generó mayores niveles de compuestos antioxidantes,

almidón resistente y menor porcentaje de hidrólisis de almidón. Así mismo, se encontró que mayor proporción de HAMA y HPLA en formulaciones de pan generó un incremento en los valores de fibra dietética. La inclusión de HPLA y HAMA en pan de consumo popular hasta una proporción máxima de 30% no compromete la preparación de formulaciones de pan. El uso de HPLA y HAMA como ingredientes funcionales en formulaciones de pan podrían contribuir a ampliar la gama de alimentos beneficiosos para la salud con elevados niveles de compuestos antioxidantes y almidones no digeribles.

## REFERENCIAS

- Agama-Acevedo, E., Bello-Perez, L. A., Pacheco-Vargas, G., Tovar, J., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2019). Unripe plantain flour as a dietary fiber source in gluten-free spaghetti with moderate glycemic index. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14012>
- Amini Khoozani, A., Kebede, B., Birch, J., & Bekhit, A. E.-D. A. (2020). The Effect of Bread Fortification with Whole Green Banana Flour on Its Physicochemical, Nutritional and In Vitro Digestibility. *Foods*, 9(2), 152. <https://doi.org/10.3390/foods9020152>
- Anhwange, B.A., Ugye, T.J., & Nyiaatagher, T.D. (2008). Chemical composition of *Musa sapientum* (banana) peels. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*. 8(6):437-4442. <https://doi=jftech.2008.263.266>
- Ballester-Sánchez, J., Gil, J. V., Haros, C. M., & Fernández-Espinar, M. T. (2019). Effect of Incorporating White, Red or Black Quinoa Flours on Free and Bound Polyphenol Content, Antioxidant Activity and Colour of Bread. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(2), 185-191. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00718-w>

- Bekkering, C. S., & Tian, L. (2019). Thinking Outside of the Cereal Box: Breeding Underutilized (Pseudo)Cereals for Improved Human Nutrition. *Frontiers in Genetics*, 10, 1289. <https://doi.org/10.3389/fgene.2019.01289>
- Bello-Perez, L. A., Agama-Acevedo, E., Garcia-Valle, D. E., & Alvarez-Ramirez, J. (2019). A multiscale kinetics model for the analysis of starch amylolysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 405-409. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.161>
- Camelo-Méndez, G. A., Flores-Silva, P. C., Agama-Acevedo, E., & Bello-Pérez, L. A. (2017). Multivariable Analysis of Gluten-Free Pasta Elaborated with Non-Conventional Flours Based on the Phenolic Profile, Antioxidant Capacity and Color. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(4), 411-417. <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0639-9>
- Chauhan, A., Saxena, D. C., & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus spp.*) flour. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 939-945. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>
- Chlopicka, J., Pasko, P., Gorinstein, S., Jedryas, A., & Zagrodzki, P. (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT - Food Science and Technology*, 46(2), 548-555. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.11.009>
- FAO. 2013. FAOStat. Available at: <http://faostat.fao.org/default.aspx?lang=en> (accessed 14 March 2013).

- García-Solís, S. E., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., & Flores-Silva, P. C. (2018). Plantain flour: A potential nutraceutical ingredient to increase fiber and reduce starch digestibility of gluten-free cookies: Plantain flour: A potential nutraceutical ingredient to increase fiber. *Starch - Stärke*, 70(1-2), 1700107. <https://doi.org/10.1002/star.201700107>
- Garzon, R., Skendi, A., Antonio Lazo-Velez, M., Papageorgiou, M., & Rosell, C. M. (2021). Interaction of dough acidity and microalga level on bread quality and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 344, 128710. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128710>
- Goñi, I., & Saura-Calixto, F. (1997). A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*. 17(3):427-437.19
- H.N. Englyst., S.M. Kingman., & J.H. Cummings. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*. 46: S33-S50
- Homayouni Rad, A., Pirouzian, H. R., Toker, O. S., & Konar, N. (2019). Application of simplex lattice mixture design for optimization of sucrose-free milk chocolate produced in a ball mill. *LWT*, 115, 108435. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108435>
- Khoozani, A. A., Bekhit, A. E.-D. A., & Birch, J. (2019). Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 938-946. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.010>

- Kurhade, A., Patil, S., Sonawane, S. K., Waghmare, J. S., & Arya, S. S. (2016). Effect of banana peel powder on bioactive constituents and microstructural quality of chapatti: Unleavened Indian flat bread. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(1), 32-41. <https://doi.org/10.1007/s11694-015-9273-0>
- Magallanes-Cruz, P. A., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Carmona-Garcia, R. (2020). Effect of the addition of thermostable and non-thermostable type 2 resistant starch (RS2) in cake batters. *LWT*, 118, 108834. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108834>
- Mahloko, L. M., Silungwe, H., Mashau, M. E., & Kgatla, T. E. (2019). Bioactive compounds, antioxidant activity and physical characteristics of wheat-prickly pear and banana biscuits. *Heliyon*, 5(10), e02479. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02479>
- Martins, A. N. A., Pasquali, M. A. de B., Schnorr, C. E., Martins, J. J. A., de Araújo, G. T., & Rocha, A. P. T. (2019). Development and characterization of blends formulated with banana peel and banana pulp for the production of blends powders rich in antioxidant properties. *Journal of Food Science and Technology*, 56(12), 5289-5297. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03999-w>
- McCleary, B. V., Mills, C., & Draga, A. (2009). Development and evaluation of an integrated method for the measurement of total dietary fibre. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 1(4), 213-224. <https://doi.org/10.1111/j.1757-837X.2009.00044.x>
- Miranda-Ramos, K. C., Sanz-Ponce, N., & Haros, C. M. (2019). Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour. *LWT*, 114, 108418. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108418>

- Ovando-Martinez, M., Sáyago-Ayerdi, S., Agama-Acevedo, E., Goñi, I., & Bello-Pérez, L. A. (2009). Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. *Food Chemistry*, 113(1), 121-126. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.035>
- Patiño-Rodríguez, O., Agama-Acevedo, E., Pacheco-Vargas, G., Alvarez-Ramirez, J., & Bello-Pérez, L. A. (2019). Physicochemical, microstructural and digestibility analysis of gluten-free spaghetti of whole unripe plantain flour. *Food Chemistry*, 298, 125085. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125085>
- Păucean, Man, Chiș, Mureșan, Pop, Socaci, Mureșan, & Muste. (2019). Use of Pseudocereals Preferment Made with Aromatic Yeast Strains for Enhancing Wheat Bread Quality. *Foods*, 8(10), 443. <https://doi.org/10.3390/foods8100443>
- Pothavorn, P., Kitdamrongsont, K., Swangpol, S., Wongniam, S., Atawongsa, K., Svasti, J., & Somana, J. (2010). Sap Phytochemical Compositions of Some Bananas in Thailand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(15), 8782–8787.
- Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., & Haros, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 679-685. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>
- Shori, A. B., Kee, L. A., & Baba, A. S. (2021). Total Phenols, Antioxidant Activity and Sensory Evaluation of Bread Fortified with Spearmint. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(6), 5257-5264. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05012-5>

- Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., & Soltanizadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT*, 91, 580-587.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.001>
- Utrilla-Coello, R. G., Agama-Acevedo, E., Osorio-Díaz, P., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2011). Composition and starch digestibility of whole grain bars containing maize or unripe banana flours. *Starch - Stärke*, 63(7), 416-423.  
<https://doi.org/10.1002/star.201000079>
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction conditions for recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity from banana (*Musa cavendish*) peel. *Journal of Food Processing and Preservation*.  
<http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.13148>.
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2018). Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. *Journal of Functional Foods*, 40, 238-248.  
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.006>
- Wang, N., Xu, Y., Chao, H., Zhang, M., Zhou, Y., & Wang, M. (2020). Effects of celery powder on wheat dough properties and textural, antioxidant and starch digestibility properties of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 57(5), 1710-1718.  
<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04204-8>
- Weegels, P. L. (2019). The Future of Bread in View of its Contribution to Nutrient Intake as a Starchy Staple Food. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(1), 1-9.  
<https://doi.org/10.1007/s11130-019-0713-6>

Xu, J., Li, Y., Zhao, Y., Wang, D., & Wang, W. (2021). Influence of antioxidant dietary fiber on dough properties and bread qualities: A review. *Journal of Functional Foods*, 80, 104434. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104434>



## **CAPITULO V. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE PERFIL IDEAL EN CUATRO FORMULACIONES DE PAN UTILIZANDO IMÁGENES EN LÍNEA.**

Valeria Bringas-González<sup>1</sup>, Adriana Contreras-Oliva<sup>1</sup>, Mirna López-Espíndola<sup>1</sup>, Luis Arturo Bello-Pérez<sup>2</sup>, José Andrés Herrera-Corredor<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Postgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz. México, C.P. 94946

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, CEPROBI, Km. 6.5 Carr. Yautepec-Jojutla Col. San Isidro, Calle CEPROBI No. 8, Yautepec, Morelos, México.

\*Autor de correspondencia: Dr. José Andrés Herrera Corredor

e-mail: jandreshc@colpos.mx

Teléfono: 52 (271) 716 6000

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue utilizar imágenes en línea aplicando el método de perfil ideal (MPI) para obtener respuestas directas del consumidor acerca de los atributos visuales de cuatro formulaciones de pan. Los panes fueron preparados con harina de trigo refinada (HTRI), harina de plátano con cáscara (HPLA) y harina de amaranto (HAMA): **F1:** HTRI=60%: HPLA=30%: HAMA=10%, **F2:** HTRI=66.66%: HPLA=16.66%: HAMA=16.66%, **F3:** HTRI=60%: HPLA=10%: HAMA=30% y **F4:** HTRI=80%: HPLA=10%: HAMA=10%. Se encontró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con respecto a los valores en la escala hedónica. La puntuación hedónica más alta ( $6.81 \pm 1.32$ ) la recibió F4, siendo la formulación que mantuvo una mayor relación con los atributos del pan ideal. El perfil ideal previsto demostró que el pan ideal debería tener una gran intensidad en los atributos de suavidad, oscuridad de la corteza y porosidad de la miga, pero mediana intensidad en los atributos de oscuridad de la miga y manchas en el pan. El uso de imágenes en línea podría utilizarse como una técnica alternativa para recopilar perfiles sensoriales directamente de los consumidores a través del MPI para el desarrollo de nuevos productos.

Palabras clave: perfil ideal, análisis sensorial, pan, estudio de consumo, online.

## **INTRODUCCIÓN**

Los estudios sensoriales y de consumo generalmente se han llevado a cabo a través de pruebas de ubicación central. Hoy en día, existen más de 3,600 millones de usuarios de Internet en todo el mundo, esto representa casi el 50% de la población mundial (Nedra, Hadhri y Mezrani, 2019). A medida que la tecnología en línea avanza, la investigación sensorial y del consumidor debe adaptarse hacia el entorno digital. A pesar de que no se ha podido tocar, oler o probar algún producto mediante una interfaz en línea, estímulos visuales como las imágenes, permiten generar recreaciones perceptivas espontáneas por parte del consumidor (Petit, Velasco y Spence, 2019). El Método del Perfil Ideal (MPI) (Worch, et al., 2013) es un análisis sensorial descriptivo realizado por consumidores sin entrenamiento previo para que evalúen la intensidad percibida y la ideal de los atributos sensoriales de un producto. El pan se considera un alimento de consumo común entre la población mundial debido principalmente a sus atributos sensoriales (Agama-Acevedo, et al., 2019). En este contexto, la aplicación del MPI a través del uso de imágenes en línea puede constituir un método viable para la identificación de perfiles en el desarrollo de nuevas formulaciones de pan.

En la industria, es fundamental la innovación de productos para lograr un crecimiento que sea competitivo en un mercado globalizado. Aplicar un método que incorpore la opinión del consumidor en el desarrollo de nuevos productos, permite la selección de la formulación que se encuentre lo más cercana posible con las preferencias de los consumidores (Bruzzzone, et al., 2015). Dependiendo del objetivo del estudio, existen diferentes métodos que pueden ser

utilizados para obtener una comprensión de las necesidades del consumidor, entre los que destacan: las pruebas de aceptabilidad y el análisis descriptivo sensorial (Yang y Lee, 2019).

El MPI es una metodología de análisis descriptivo para la adquisición de respuestas sensoriales realizada por consumidores. El MPI reduce considerablemente el tiempo en la selección, capacitación y entrenamiento de panelistas (Chen y Chung, 2018). En esta técnica, se formulan preguntas acerca de las intensidades y gustos ideales de algún producto y cada consumidor evalúa según los mismos atributos sensoriales (Worch, et al., 2013). En otras palabras, este método consta de dos pasos: el primero, los consumidores evalúan el producto real en una escala lineal de acuerdo con un conjunto de atributos sensoriales, y el segundo, los consumidores indican cuál sería en su opinión, la intensidad de cada atributo para su producto ideal (Brard y Sebastien, 2016). La definición del producto ideal genera un enfoque que puede ayudar a satisfacer las expectativas de los consumidores, ya que este concepto puede resultar muy distinto a las características del producto propuesto.

Para la ciencia sensorial, estudiar las características visuales de un alimento es de gran importancia debido a que generalmente, el primer acercamiento hacia un producto alimenticio es a través de la vista. Además, hoy en día los consumidores están inmersos en un entorno digital en donde las evaluaciones de los productos son totalmente observacionales. En este sentido, Oliveira e Silva et al., (2020) sugieren el reemplazo de muestras físicas por el uso de imágenes en línea que lleguen a través de una plataforma digital, como una estrategia para mejorar la evaluación sensorial ya que requiere menos muestras y reduce costos.

El uso de imágenes en línea de productos puede estimular los sentidos del consumidor y, por lo tanto, generar expectativas sensoriales e incluso compensar la necesidad de contacto del

producto físico (Petit, Velasco y Spence, 2019). Lo anterior se debe a cuando es expuesto el consumidor a alguna experiencia sensorial en el mundo real, la memoria almacena los estímulos relacionados a los sentidos (Papies y Barsalou 2015). Es decir, los sentidos pueden estimularse a través de la exposición de imágenes de productos de los cuales el consumidor posee un conocimiento previo.

El pan es un alimento que forma parte de la dieta básica en muchos países. La alta demanda en el consumo mundial de pan representa una producción anual de 9 mil millones de Kg, esto lo convierte en uno de los alimentos más consumidos en todo el mundo (Heenan et al., 2008). El pan se formula principalmente con harina de trigo refinada, por lo que posee una baja cantidad de vitaminas, minerales, fibra dietética y aminoácidos esenciales (Xu, et al., 2019). Aunque actualmente los consumidores buscan productos que ofrezcan alto valor nutricional, prefieren aquellos que no comprometen las características sensoriales. Por tal motivo, utilizar ingredientes alternativos que promuevan el beneficio nutricional en el diseño de nuevas formulaciones de pan debe ser analizado con un enfoque orientado al consumidor, ya que de acuerdo con Grunert y van Trijp (2014) es un método viable para desarrollar nuevos productos exitosos. Sin embargo, el estudio de técnicas sensoriales con imágenes en línea de alimentos se ha estudiado con poca frecuencia. Por lo que, este estudio tuvo como objetivo analizar diferentes formulaciones de pan aplicando el MPI con el uso de imágenes en línea e identificar los atributos visuales que los consumidores aprecian del pan.

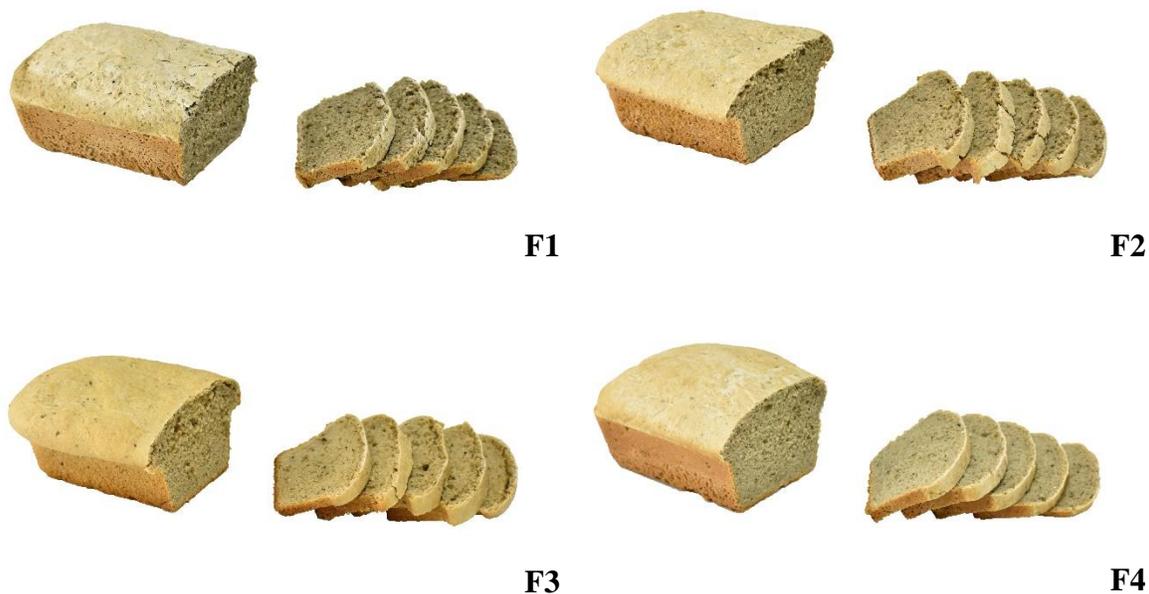
## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Muestras de pan**

Se desarrollaron cuatro formulaciones de pan variando la concentración de tres harinas: harina de amaranto (HAMA), harina de plátano con cáscara (HPLA) y harina de trigo refinada (HTRI), éstas fueron codificadas como F1: HAMA:10, HPLA:30, HTRI:60; F2: HAMA:16, HPLA:16, HTRI:66; F3: HAMA:30, HPLA:10, HTRI:60; y F4: HAMA:10, HPLA:10, HTRI:80. El diseño de las formulaciones se observa en el Capítulo IV, en la sección de métodos. Todas las formulaciones mantuvieron constantes las cantidades de azúcar (18 g), sal yodada (2 g), levadura (11 g) y aceite vegetal (45 ml). El tiempo de fermentación fue de 90 min en condiciones ambientales de  $25 \pm 2$  °C y  $85 \pm 2\%$  de humedad relativa. El horneado se llevó a cabo en un horno (Mabe, S.A. de C.V, EM805CNI0, México) a 190 ° C durante 75min. Finalmente, las muestras de pan se dejaron enfriar durante 1h a temperatura ambiente ( $25 \pm 2$  °C).

### **Imágenes de las muestras de pan**

Las muestras de pan se fotografiaron con una cámara réflex digital Nikon® D3400 equipada con una lente de 50-200 mm (AF-S DX NIKKOR 55-200mm f/4-5.6G ED VR II, Nikon, México) montada en un soporte. Las muestras de pan se colocaron en una superficie lisa de color blanco con una bombilla externa de 6500k ubicada en la parte superior. La cámara se colocó perpendicularmente a la muestra de pan con una distancia focal de 55 mm. La cámara se utilizó en modo manual con una velocidad de obturación de 1/125, un tamaño de apertura F4 e ISO 12800. Las imágenes en formato JPG se procesaron en Adobe® Photoshop CS6 13.0.1. (Adobe, CA) para la eliminación de fondo. Las fotografías resultantes (Figura 9) se utilizaron para la evaluación en el cuestionario en línea.



**Figura 9.** Imágenes de las muestras de pan utilizadas para la evaluación en línea. F1: HAMA:10%, HPLA:30%, HTRI:60%; F2: HAMA:16%, HPLA:16%, HTRI:66%; F3: HAMA:30%, HPLA:10%, HTRI:60%; y F4: HAMA:10%, HPLA:10%, HTRI:80%. HAMA: harina de amaranto, HPLA: harina de plátano con cáscara y HTRI: harina de trigo refinada.

### **Evaluación en línea**

Se desarrolló un cuestionario en Google® Forms, el cual fue enviado por correo electrónico y redes sociales para invitar a los consumidores a responder. Antes de que los consumidores respondieran el cuestionario, se proporcionó un consentimiento informado para confirmar su participación voluntaria y así mismo, informarles de su derecho a negarse en participar o retirarse del cuestionario en cualquier momento sin represalia alguna. De igual manera, se siguió la recomendación del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (ICMJE) que sugiere a los autores asegurarse siempre que sea posible, omitir durante la recopilación

de datos, información de identificación no esencial (nombres, iniciales, números de registros hospitalarios).

Para obtener el perfil sensorial del pan ideal se utilizó el principio del MPI descrito por Worch et al., (2013) adaptado únicamente a los atributos visuales del pan (Tabla 8), haciendo uso de imágenes en línea. En este método, no se realiza alguna capacitación al consumidor. Sin embargo, para evitar confusión al momento de responder, optamos por presentar un video explicativo antes de la evaluación.

**Tabla 8.** Lista de atributos\* para la evaluación visual de las formulaciones de pan

Perfil sensorial	Perfil Ideal
Intensidad de la oscuridad de la corteza	Intensidad de la oscuridad de la corteza ideal
Intensidad del grado de porosidad de la miga	Intensidad del grado de porosidad de la miga ideal
Intensidad de la oscuridad de la miga	Intensidad de la oscuridad de la miga
Intensidad de la cantidad de manchas en el pan	Intensidad de la cantidad de manchas en el pan ideal
Intensidad de la apariencia de suavidad	Intensidad de la apariencia de suavidad ideal

\*Atributos basados en el Vocabulario Descriptivo de la Calidad Sensorial de pan fresco propuestos por Heenan, et al., (2008).

En el cuestionario, se preguntó a cada consumidor que calificara la intensidad percibida como la intensidad ideal para cada atributo visual de las cuatro formulaciones de pan. Es decir, la

primera pregunta fue: “Califique la intensidad percibida de la oscuridad de la corteza” y la segunda pregunta fue: “Cuál es su intensidad ideal para la oscuridad de la corteza”. Para cada pregunta se utilizó el mismo tipo de escala, en este caso, fue una escala del 0 al 10. Además, para recopilar las preferencias de cada formulación, se preguntó: “En general, ¿qué tanto te gustó ese pan?” en una escala hedónica de nueve puntos donde 1="Me disgusta extremadamente" y 9 = "Me gusta extremadamente". Finalmente, para identificar los atributos visuales que los consumidores aprecian del pan, se preguntó acerca de qué formulación les gustó más y por qué. Las cuatro formulaciones de pan se presentaron a los consumidores en una secuencia monódica, con un diseño completo.

### **Consumidores**

Un total de 117 participantes respondieron voluntariamente la evaluación en línea, este número de consumidores fue superior a los obtenidos por Chen y Chung (2018), quienes investigaron el sufu ideal aplicando el MPI en consumidores no regulares. En nuestro estudio, la participación de los consumidores fue totalmente voluntaria. La mayoría de los participantes se encontraron entre 18-25 años (45.3%), el resto fueron entre 26-35, 36-45, 46-55 y mayores de 55 (22.22%, 9.40%, 17.95% y 5.13%, respectivamente). Todos los participantes fueron de México, en donde el 86% eran residentes de áreas urbanas y el 14% de zonas rurales. Además, el 62% indicaron la Universidad como su último grado de estudios, siendo en su mayoría estudiantes (39%) y empleados (39%).

### **Análisis de datos**

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, incluyendo frecuencias y proporciones. Se llevó a cabo un ANOVA, con un nivel de significancia de 0.05. Además, se realizó un análisis de componentes principales (PCA) para identificar los espacios ideales y percibidos de cada formulación de pan. El análisis de perfil ideal se utilizó para comprobar la consistencia de los datos ideales. Todos los análisis se realizaron con ayuda del software R® 3.6.3 en el entorno de desarrollo integrado RStudio 1.2.5042, con ayuda del paquete de software gratuito SensoMineR versión 1.26.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para estudiar el efecto de las harinas HAMA, HTRI y HPLA de cada formulación en el pan, se utilizó un ANDEVA utilizando la formulación como factor y los cinco atributos visuales percibidos (oscuridad de la corteza, porosidad de la miga, oscuridad de la miga, manchas en el pan y suavidad) y las respuestas hedónicas percibidas ( $P < 0.05$ ) como variables respuesta. Los resultados no revelaron diferencias significativas entre las formulaciones de pan elaboradas y los atributos visuales percibidos. Sin embargo, en la tabla 9 se observa que F3 fue la formulación con mayor intensidad percibida con respecto a la oscuridad de la corteza ( $4.23 \pm 2.96$ ). Esto puede deberse a que de acuerdo con los resultados obtenidos en el Capítulo IV, F3 es la formulación con mayor cantidad de fibra dietética y de acuerdo con Almeida, et al. (2013), cuando un pan es enriquecido con fibra, ésta es responsable de generar cambios en el aspecto y color de la miga del pan debido a que está conformada por partículas más oscuras y grandes.

En cuanto a la porosidad de la miga, oscuridad de la miga y manchas en el pan, F1 fue la formulación con mayor intensidad percibida ( $4.84 \pm 2.86$ ,  $4.87 \pm 2.74$  y  $3.65 \pm 2.48$ ,

respectivamente; tabla 9). Estos valores son de gran importancia debido a que, de acuerdo con los resultados obtenidos por O’Shea, et al. (2015), encontraron que la miga ideal consiste en un gran número de perforaciones por rebanada y éstos representan la cantidad de dióxido de carbono retenido durante la fermentación dentro de la estructura viscoelástica compleja del pan.

Finalmente, la formulación con mayor intensidad percibida con respecto a la suavidad del pan fue F4 (5.48±3.16; tabla 9). Con respecto a los valores en la escala hedónica que respondieron a la pregunta “En general, ¿qué tanto te gustó ese pan?”, se encontró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ; tabla 9) entre las formulaciones de pan, siendo F4 la formulación con la calificación más alta dentro de la escala (6.81±1.32).

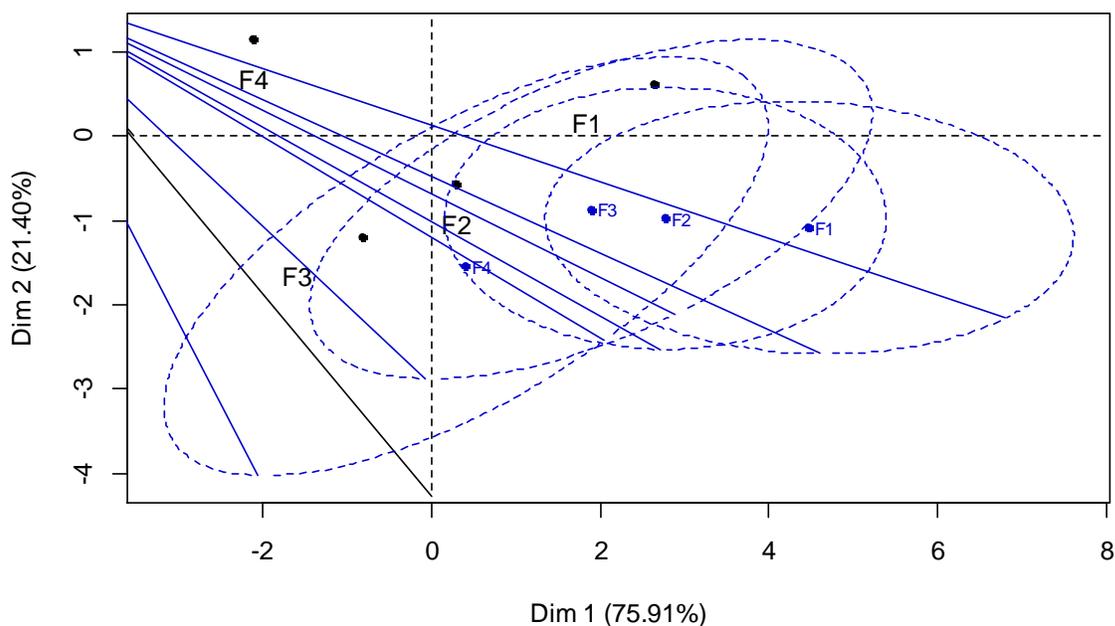
**Tabla 9.** Intensidades percibidas promedio entre consumidores (n=117) para cada atributo visual y la respuesta hedónica para las cuatro formulaciones de pan.

Formulación	Oscuridad de la corteza	Porosidad de la miga	Oscuridad de la miga	Manchas en el pan	Suavidad	Hedónico
F1	4.22±2.32a	4.84±2.86a	4.87±2.74a	3.65±2.48a	4.35±2.85a	6.20±1.50b
F2	4.10±2.72a	4.39±2.54a	4.38±2.82a	3.52±2.79a	4.68±2.78a	6.25±1.26ab
F3	4.23±2.96a	4.32±2.63a	3.97±2.71a	3.41±2.61a	5.09±2.95a	6.80±1.31ab
F4	3.55±2.75a	4.45±2.69a	3.90±2.60a	3.39±2.81a	5.48±3.16a	6.81±1.32a

Los valores medios con diferentes subíndices difieren significativamente ( $p < 0.05$ ) en una columna para cada formulación.

En este estudio, para estudiar la variabilidad entre las formulaciones ideales de pan por parte de los consumidores, se realizó un PCA sobre los perfiles ideales promediados corregidos (Worch, et al., 2013). En la Figura 10, se observó que las dos dimensiones (Dim 1 = 75.91%

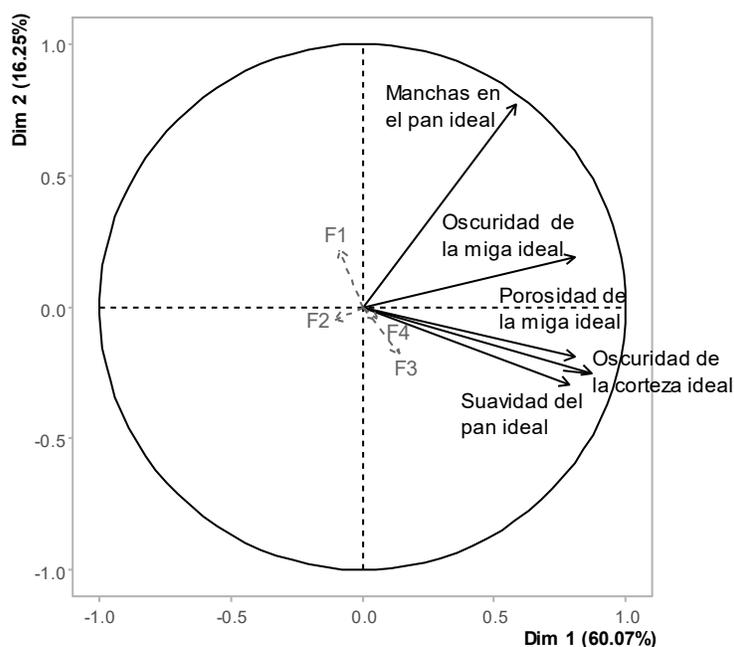
y Dim 2 = 21.4%) del espacio sensorial explicaron alrededor del 97% de la varianza total, lo que resultó ser representativo con respecto a la variabilidad del espacio del producto. En estas dos dimensiones, las cuatro elipses de confianza construidas alrededor de las formulaciones ideales de pan se superponen claramente. Esto explica que los consumidores asociaron el conjunto de formulaciones de pan a un único ideal.



**Figura 10.**Elipses de confianza alrededor de las formulaciones ideales de pan promediados en dos dimensiones.

El gráfico obtenido a partir del PCA (Figura 11) explicó el 76% de la variación total con respecto a la correlación entre los atributos ideales y las formulaciones de pan. Se observó que existe una correlación mayor entre la porosidad de la miga ideal y la oscuridad de la corteza ideal y, entre la suavidad del pan ideal y la oscuridad de la corteza ideal. En cuanto a la oscuridad de la miga ideal, existe una correlación menor y para las manchas en el pan ideal, no existe correlación. Estos resultados son de gran importancia, debido a que, de

acuerdo con Wang, et al. (2013), la textura visual del pan y de las rebanadas individuales define el 20 del 100 % de la puntuación de la percepción de calidad por parte de los consumidores. En este sentido, la apariencia visual del pan, desde el color de la corteza hasta el volumen y la porosidad del pan generan un gran impacto cuando se evalúa la calidad visual del pan (Cauvain y Young, 2006).

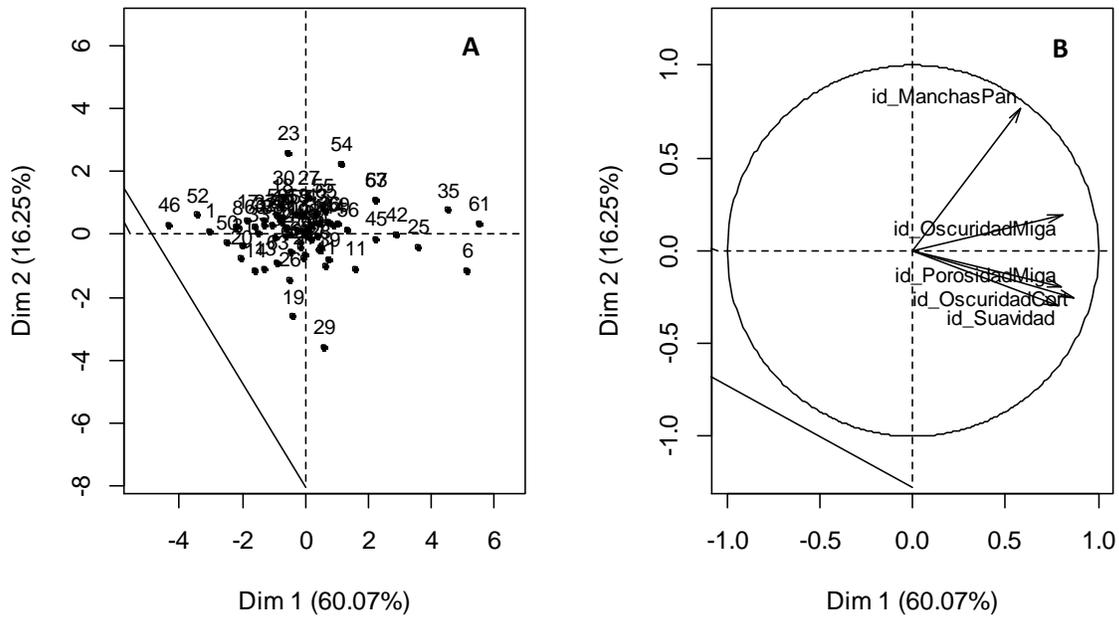


**Figura 11.** Círculo de correlación asociado entre los atributos ideales y las calificaciones de las cuatro formulaciones de pan.

Las formulaciones con mayor correlación hacia los atributos del pan ideal fueron F3 y F4, ambas formulaciones situadas en la dimensión 1 del lado positivo. Por lo que, se evidenció el impacto visual de la sustitución parcial de HTRI por HAMA y HPLA, debido a que F4 fue la formulación con mayor porcentaje de HTRI (80%) y los consumidores relacionaron evidentemente a F4 como la formulación que se acerca más a los atributos del pan ideal. En contraste con F1 y F2 las cuales representaron las formulaciones con correlación negativa

con los atributos del pan ideal. Ambas formulaciones se situaron en la dimensión 1 del lado negativo. Lo anterior puede deberse a que F1 es la formulación con menor porcentaje de HTRI (60%) y mayor porcentaje de HPLA (30%), lo que implica un incremento en la cantidad de fibra dietética de F1 y, por lo tanto, existe una disminución en la luminosidad de la miga. De acuerdo con Li, Wang y Krishnan (2020), cuando existe un mayor contenido de fibra dietética, la aceptabilidad por parte de los consumidores disminuye debido principalmente al oscurecimiento en la apariencia visual del pan. Esto podría explicar que a mayor reemplazo de HTRI por HPLA, existe un impacto visual negativo en la correlación con los atributos del pan ideal. Tendencia que sigue F2, formulación con cantidades iguales de HPLA (16%) y HAMA (16%).

El espacio de producto ideal se muestra en la Figura 12a, la cual representa 76% de la variación total. Cada punto indica la ubicación de la formulación ideal proporcionada por un consumidor. Las coordenadas centrales de (0,0) representan la media de la percepción de las formulaciones según lo calificado por los consumidores. Al superponer las Figuras 12a y 12b, las ubicaciones de los consumidores en la primera dimensión positiva, por ejemplo, consumidores 25 y 6 (Figura 12a) mantuvieron una correlación cercana a los atributos del pan ideal: porosidad de la miga y la oscuridad de la corteza (Figura 12b). Mientras que, en la primera dimensión negativa, por ejemplo, los consumidores 52 y 46 se ubicaron frente a una correlación negativa de todos los atributos del pan ideal (Figura 12b).

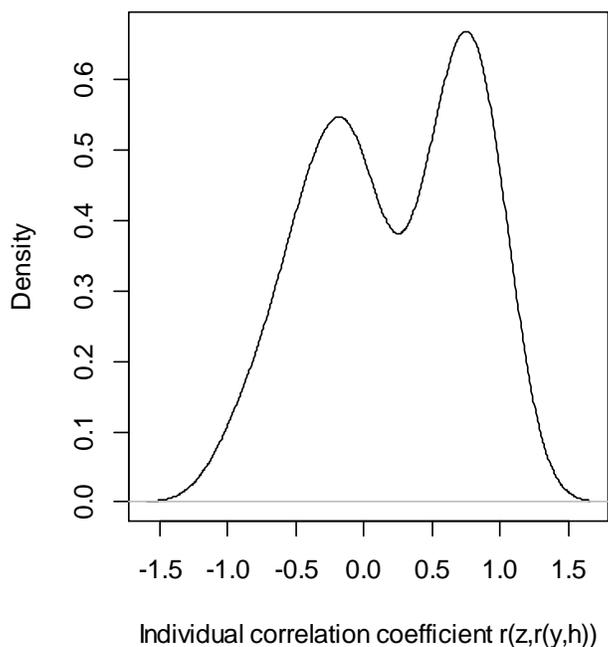


**Figura 12.**(a) Espacio de producto ideal de acuerdo con cada consumidor representados por puntos 1–117 y (b) círculo de correlación correspondiente a los atributos del pan ideal corresponden a la Tabla 8.

### Consistencia hedónica

Para medir la consistencia entre las percepciones ideales, sensoriales y hedónicas por parte de los consumidores, se utilizaron los coeficientes de correlación. Estos valores se encuentran siempre entre -1 y +1. En la Figura 13 se observa la distribución de estos coeficientes de correlación individuales. En este caso, un coeficiente de correlación menor a cero señala que los datos ideales se correlacionaron con los impulsores de la desaprobación (coeficiente negativo), mientras que un coeficiente de correlación superior a cero indica que los datos ideales se correlacionaron con los impulsores de aprobación (coeficiente positivo) (Chen y Chung, 2018). Además, cuando los valores de  $r$ ,  $z$ ,  $y$ ,  $h$  se encuentran más cercanos a uno, se consideró que los consumidores fueron más consistentes en sus respuestas. Por lo que, en

este estudio, se observa que la mayoría de los resultados de los coeficientes fueron positivos para la mayoría de los consumidores ( $r(z,r(y, h)) > 0$ ), lo que demuestra que los consumidores fueron consistentes a nivel de sus respuestas.

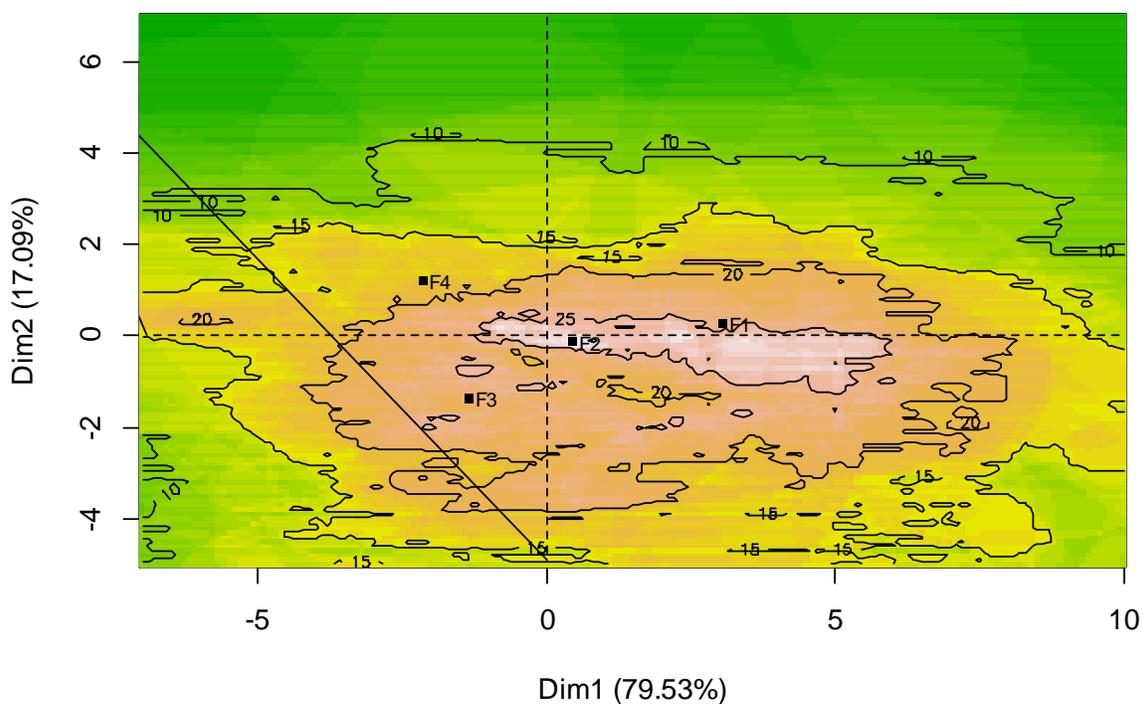


**Figura 13.** Distribución de los coeficientes de correlación individuales  $r(z,r(y,h))$  medidos para la correlación de cada consumidor entre los datos ideales corregidos.

### **Perfil del pan ideal**

Con base en la calificación hedónica de las cuatro formulaciones de pan, los resultados del mapa del perfil ideal se presentan en la Figura 14. Este mapa, muestra el perfil promedio que proporcionaron los consumidores para el pan ideal. La Dim 1 representa el 79.5% de la variación y la Dim 2 el 17% de la variación. De acuerdo con los resultados, el pan ideal se encuentra en la parte positiva de la primera dimensión y en la parte negativa de la segunda dimensión, siendo F1 la formulación que más se acerca a esta región. En la Tabla 10 se

observan los resultados dentro de la escala para cada atributo del pan ideal. En total, el 33% de los consumidores calificaron con estos valores a los atributos del pan ideal. Por lo que, la formulación de pan ideal debería tener una mayor suavidad, porosidad de la miga y oscuridad de la corteza y ser medianamente oscuro de la miga y manchas en el pan. Nuestros resultados fueron similares a los obtenidos por Sandri, et al. (2017), quienes informaron que existe una relación directa entre la suavidad de la miga y el volumen del pan con la aceptación de la textura del pan por parte de los consumidores.



**Figura 14.** Mapa del perfil de pan ideal. Las áreas del mismo color representan áreas ideales compartidas entre los consumidores. Los contornos indican la proporción de consumidores.

**Tabla 10.** Valor en la escala de los atributos del pan ideal\*

Atributo ideal	Oscuridad de la corteza	Porosidad de la miga	Oscuridad de la miga	Manchas en el pan	Suavidad	Consumidores que coincidieron (%)
Valor en la escala	6	6	5	5	7	33.3

\*Escala hedónica de nueve puntos donde 1="Me disgusta extremadamente" y 9 = "Me gusta extremadamente".

## CONCLUSIÓN

En general, los consumidores fueron consistentes a nivel de sus respuestas para las descripciones percibidas, ideales y hedónicas. La formulación que recibió la puntuación hedónica más alta ( $6.81 \pm 1.32$ ) fue F4. Sin embargo, F1 fue la formulación que se encontró más cercana a la región del pan ideal. Los datos obtenidos del perfil ideal previsto demostraron que el pan ideal debería tener una gran intensidad en los atributos de suavidad, oscuridad de la corteza y porosidad de la miga, pero mediana intensidad en los atributos de oscuridad de la miga y manchas en el pan. El uso de imágenes en línea podría utilizarse como una técnica alternativa para recopilar perfiles sensoriales directamente de los consumidores a través del MPI para el desarrollo de nuevos productos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor y al Colegio de Postgraduados por financiar esta investigación.

Los autores no tienen conflictos de intereses a revelar.

## REFERENCIAS

- Agama-Acevedo, E., Pacheco-Vargas, G., Gutierrez-Meraz, F., Tovar, J., & Bello-Perez, L. A. (2019). Dietary fiber content, texture, and in vitro starch digestibility of different white bread crusts. *Journal of Cereal Science*, 89, 102824.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102824>
- Almeida, E. L., Chang, Y. K., & Steel, C. J. (2013). Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 545-553.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.012>
- Brard, M., & Lê, S. (2016). The Ideal Pair Method, an Alternative to the Ideal Profile Method Based on Pairwise Comparisons: Application to a Panel of Children: Ideal Pair Method. *Journal of Sensory Studies*, 31(4), 306-313.  
<https://doi.org/10.1111/joss.12214>
- Bruzzone, F., Vidal, L., Antúnez, L., Giménez, A., Deliza, R., & Ares, G. (2015). Comparison of intensity scales and CATA questions in new product development: Sensory characterisation and directions for product reformulation of milk desserts. *Food Quality and Preference*, 44, 183-193.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.017>
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2006). *Baked products: Science, technology and practice*. Blackwell Pub.

- Chen, Y. P., & Chung, H. Y. (2018). Application of the ideal profile method to identify an ideal sufu for nonregular consumers: Application of the ideal profile method to identify an ideal sufu for nonregular consumers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4216-4226. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8943>
- Grunert, K. G., & van Trijp, H. C. M. (2014). Consumer-Oriented New Product Development. In *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (pp. 375-386). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00062-0>
- Heenan, S. P., Dufour, J.-P., Hamid, N., Harvey, W., & Delahunty, C. M. (2008). The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. *Food Research International*, 41(10), 989-997. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.08.002>
- Li, X., Wang, C., & Krishnan, P. G. (2020). Effects of corn distillers dried grains on dough properties and quality of Chinese steamed bread. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 3999-4008. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1604>
- Nedra, B.-A., Hadhri, W., & Mezrani, M. (2019). Determinants of customers' intentions to use hedonic networks: The case of Instagram. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 46, 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2018.09.001>
- O'Shea, N., Rößle, C., Arendt, E., & Gallagher, E. (2015). Modelling the effects of orange pomace using response surface design for gluten-free bread baking. *Food Chemistry*, 166, 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.157>
- Oliveira e Silva, R., Carmo Rouxinol, M. I. F., & Silva Coutinho Patarata, L. A. (2020). The use of photography to perform an online consumer test on the freshness of chicken

- breast and the extension of shelf life. *Journal of Sensory Studies*, 35(3).  
<https://doi.org/10.1111/joss.12565>
- Papies, E. K., & Barsalou, L. W. (2015). Grounding desire and motivated behavior: A theoretical framework and review of empirical evidence. In W. Hofmann & L. F. Nordgren (Eds.), *The psychology of desire* (pp. 36–60). The Guilford Press.
- Petit, O., Velasco, C., & Spence, C. (2019). Digital Sensory Marketing: Integrating New Technologies Into Multisensory Online Experience. *Journal of Interactive Marketing*, 45, 42-61. <https://doi.org/10.1016/j.intmar.2018.07.004>
- Sandri, L. T. B., Santos, F. G., Fratelli, C., & Capriles, V. D. (2017). Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Science & Nutrition*, 5(5), 1021-1028.  
<https://doi.org/10.1002/fsn3.495>
- Wang, S., Karrech, A., Regenauer-Lieb, K., & Chakrabati-Bell, S. (2013). Digital bread crumb: Creation and application. *Journal of Food Engineering*, 116(4), 852-861.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.037>
- Worch, T., Lê, S., Punter, P., & Pagès, J. (2013). Ideal Profile Method (IPM): The ins and outs. *Food Quality and Preference*, 28(1), 45-59.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.001>
- Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z., & Lu, X. (2019). Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread. *Food Chemistry*, 294, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.037>

Yang, J., & Lee, J. (2019). Application of Sensory Descriptive Analysis and Consumer Studies to Investigate Traditional and Authentic Foods: A Review. *Foods*, 8(2), 54. <https://doi.org/10.3390/foods8020054>

## **CONCLUSIÓN GENERAL**

Este estudio mostró que los consumidores no se encuentran familiarizados con el plátano como ingrediente de algún producto alimenticio. Sin embargo, se encuentran familiarizados con las implicaciones a la salud del consumo de pan, amaranto y plátano. Se evidenció que existe una diversificación reducida de alimentos a base de amaranto y plátano. Los resultados sugieren valerse del conocimiento que los consumidores poseen de los productos de consumo común, como el pan, para diversificar la oferta de productos alimenticios con HAMA y HPLA y promover los beneficios a la salud. La formulación de pan con HPLA y HAMA hasta una proporción máxima de 30% no compromete la preparación de formulaciones de pan. Se identificó que a mayor proporción de HAMA y HPLA en las formulaciones de pan, mayores valores de fibra dietética. La sustitución parcial de HTRI por HPLA y HAMA en formulaciones de pan proporcionan valores importantes de componentes antioxidantes y almidón resistente. Finalmente, los resultados del perfil ideal previsto demostraron que el pan ideal debería tener una gran intensidad en los atributos de suavidad, oscuridad de la corteza y porosidad de la miga y una baja intensidad en los atributos de oscuridad de la miga y manchas en el pan. El uso de HAMA y HPLA podría utilizarse como una alternativa para ampliar la gama de alimentos funcionales en respuesta a las necesidades sensoriales y nutricionales de los consumidores.