

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y SENSORIAL DE UNA CERVEZA ARTESANAL AFRUTADA ADICIONADA CON JUGO DE GRANADA

*Patricia López-Perea<sup>1,\*</sup>, Aldair Alejandro Meza-Santiago<sup>2</sup>, María Guadalupe Herrera-Hernández<sup>1</sup> y Erick Alfredo Zúñiga-Estrada<sup>2</sup>*

#### Resumen

El objetivo de este trabajo fue emplear la granada considerada como no clasificable para venta en una cerveza artesanal afrutada. Se realizaron dos formulaciones de cerveza base Blond Ale una con lúpulo cascade (CC) y otra con Saaz (CS), el jugo de granada fue adicionado en la segunda y tercera fermentación. Se realizaron análisis de calidad de cerveza bajo metodología de la ASBC (2012). El análisis sensorial se realizó con jueces entrenados y aceptabilidad del consumidor. La cerveza afrutada obtenida cumplió con los valores de calidad para una cerveza afrutada, la percepción sensorial de los jueces entrenados fue de una cerveza con aporte evidente del jugo de granada, con suavidad del alcohol que es perceptible, pero sin nota de solvente, y de parte de los consumidores fue evaluada como me gusta mucho. En conclusión, se puede producir una cerveza afrutada con jugo de granada que sea aceptable por el consumidor.

#### Palabras claves:

Jugo, fermentación, calidad cervecera, sensorial, aceptabilidad.

#### Abstract

The objective of this work was to use pomegranate, which is considered unclassifiable for sale, in a fruity craft beer. Two formulations of Blond Ale base beer were made, one with Cascade hops (CC) and another with Saaz (CS). Pomegranate juice was added in the second and third fermentation. Beer quality analyses were carried out using ASBC methodology (2012). Sensory analysis was carried out with trained judges and consumer acceptability. The fruity beer obtained met the quality values for a fruity beer. The sensory perception of the trained judges was of a beer with an evident contribution of pomegranate juice, with a perceptible softness of alcohol, but without a solvent note, and consumers rated it as "I like it very much." In conclusion, a fruity beer can be produced with pomegranate juice that is acceptable to the consumer.

#### Keywords:

Juice, fermentation, beer quality, sensory, acceptability.

<sup>1</sup>Campo Experimental Bajío INIFAP, Carretera Celaya San Miguel Allende Km. 6.5 Celaya, Gto., 38110, México.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Domicilio Conocido SN, Tepatepec, Hgo., 42660, México.

\*Autor de correspondencia: [patricialoperea@yahoo.es](mailto:patricialoperea@yahoo.es)

## 1. Introducción

En México el fruto de granada fue introducido por los españoles donde tuvo mayor adaptabilidad en las regiones centro y centro norte. A pesar de que está presente en huertos familiares de casi todo el país, solamente en dos estados se cultiva de manera comercial, Hidalgo y Guanajuato, alcanzando una producción anual aproximada de 7 000 ton (SADER, 2021). Esta producción es para exportación del fruto o para transformación en jugo.

Según el CODEX STAN 310-2013 (FAO, 2013) los frutos de granada deberán ser clasificados de la siguiente manera: 1) Extra, las granadas de esta categoría deben tener características de calidad superior y de variedad. Los defectos no deben afectar la apariencia general, la calidad, el estado de conservación o la presentación del producto en el envase, a menos que sean muy leves. 2) Categoría 1, pueden tolerarse los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación o la presentación en el envase: defectos leves de forma, coloración o piel, incluidas grietas. No se debe permitir que los errores afecten al arilo del fruto. 3) Categoría 2, las granadas que cumplen con los requisitos mínimos especificados. De acuerdo con la NOM-142-SSA1-2014 la cerveza se define como una bebida alcohólica fermentada elaborada con malta, lúpulo, levadura y agua potable, puede adicionarse con infusiones de cualquier semilla farinácea procedente de gramíneas o leguminosas, raíces o materia prima vegetal feculenta y/o carbohidratos de origen vegetal susceptibles de ser hidrolizados o, en su caso, azúcares que son adjuntos de la malta, con adición de lúpulos o sucedáneos en éstos. Dependiendo del tipo de levadura y de la temperatura a la cual se realice la fermentación se dividirán en ale, lager o espontaneas.

La adición de frutos silvestres durante la fermentación de cervezas ha sido realizada por países como Bélgica desde hace más de 400 años, cuyos frutos involucrados en su elaboración son guindas (*Prunus cerasus* L.) y frambuesas (*Rubus idaeus* L.) para obtener estilos de cerveza Lambic ("Kriek") o frambuesa lambic ("Framboise") respectivamente, teniendo como procedimiento principal la fermentación de dicha cerveza en barricas con el fruto (Segura et al., 2014). Por lo anterior, esta investigación propone un uso alternativo de del fruto de granada que no satisface los parámetros de calidad, empleando el jugo en la elaboración de una cerveza afrutada que cumpla con

las características fisicoquímicas y sensoriales de este estilo de bebida.

## 2. Metodología

El fruto de granada se obtuvo de una empacadora y exportadora ubicada en el municipio de Chilcuautla, Hidalgo. Para la elaboración de cerveza se adquirió malta base de la marca Central del Altiplano 2H (2 hileras), levadura para fermentación alta tipo ale de la marca Fermentis S04®, lúpulos Cascade y Saaz en presentación de pellets. Se utilizaron como fermentadores botes con capacidad de 20 L adaptados con trampas de CO<sub>2</sub> y llaves para facilitar su futuro trasvase. El jugo de granada se obtuvo por medio de una prensa manual, después de limpiar y descascarar el fruto, se estandarizó a 14° Brix si era necesario por concentración.

La cerveza se preparó una cerveza base en formulación de Blond Ale, la cual tuvo una primera fermentación de por 10 días a 20°C. Al finalizar este periodo se adicionó el jugo de granada previamente pasteurizado en una concentración de 15% v/v, se dejó fermentar por un periodo de 7 días. La tercera fermentación se le agregó concentrado de jugo de granada (20%v/v) y 77.8 g de dextrosa en polvo, se envasaron en botellas ámbar con capacidad de 355 mL y se mantuvieron a temperatura ambiente durante siete días hasta que se obtuvo una gasificación. Posteriormente se mantuvieron en refrigeración para maduración y evitar detectar compuestos creados durante la fermentación de la fruta en la cerveza.

La cerveza obtenida se le determinó la gravedad específica, proteína soluble, pH, acidez total, contenido de cenizas, color, contenido de alcohol, bajo metodología de la ASBC (2004). La evaluación sensorial de esta cerveza fue realizada por jueces entrenados y certificados por la BJCP mediante un análisis específico para el estilo Fruit Beer; y el análisis de preferencia de consumidor se realizó basado en una prueba hedónica de 9 puntos, los participantes esta prueba fueron adultos en un rango de edad de 25 a 60 años, de los cuales 12 fueron personas del género masculino y 8 del género femenino. La evaluación fue realizada en el laboratorio de cebada, ubicado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agronómicas y Pecuarias (Campus experimental Bajío) ubicado en el estado de Guanajuato, México. Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor y palatabilidad.

Las variables de respuesta fueron sometidas a un análisis de varianza con un diseño completamente al

azar con 3 repeticiones. Al encontrar diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en las variables de respuesta analizadas, se realizó un

análisis de comparación de medias mediante la prueba Tukey empleando el paquete de análisis estadístico JMP.

Tabla 1. Resultados de análisis fisicoquímicos de la cerveza estilo specialty Fruit Beer.

Parámetro/Muestra	3FC	3FS
Proteína (%)	0.35±0.05a	0.57±0.02b
Viscosidad (cPs)	1.16±0.00a	1.59±0.00b
pH	3.34±0.02a	3.50±0.01b
Acidez (%)	5.08±0.02a	4.90±0.03b
Ácido láctico (%)	0.04±0.00a	0.04±0.00b
Ceniza (%)	0.26±0.01a	0.14±0.00b
Gravedad Específica (g/L)	1.0087±0.00a	1.0074±0.00b
Color	4.60±0.00a	5.90±0.00b
Alcohol (%)	6.05±0.11a	6.68±0.01b

\*Letras iguales dentro de la misma columna significa que no existe diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ).

\*\* Media ± Desviación Estándar.

### 3. Resultados

Los resultados de las características fisicoquímicas de la cerveza elaborada se muestran en la Tabla 1. El contenido de proteína soluble de una cerveza promedio sin adición de jugo de granada, así como las cervezas comerciales es de 0.3 a 1.31 % esto dependiendo de sus componentes y aditivos (Martínez, 2015). En el caso de otras cervezas elaboradas con frutos, se encuentran valores que van desde los 0.29% hasta 0.81% de acuerdo con lo reportado por Martínez en el 2015, por lo cual la cerveza elaborada se encuentra dentro de lo reportado.

La cerveza elaborada con la adición del jugo de Granada obtuvo una viscosidad que osciló entre los 1.16 y 1.59 cP a pesar de haber sido añadidas con la misma cantidad de jugo de granada, al ser tratadas con un lúpulo diferente y probablemente relacionado a la cantidad de alfa ácidos se obtuvo diferencia estadísticamente significativa entre ambas muestras. Respecto a la acidez y su expresión en ácido láctico resultantes de la metodología por ASBC se puede observar que, a pesar de tener diferencias estadísticamente significativas respecto a la acidez total, el resultado de ácido láctico es prácticamente igual y sin diferencias estadísticamente significativas. De igual manera se puede atribuir a la utilización de lúpulos diferentes, así como la adición del jugo de granada, debido a que si son comparadas con cervezas base o sin adición de alguna fruta su acidez promedio ronda los 0.30% a los 0.43% en el caso de las cervezas

comerciales claras y 0.23 a 0.40% en el caso de las cervezas oscuras (Espinoza, 2015).

El contenido de cenizas en una cerveza comercial normalmente es despreciable esto debido a la utilización de filtros específicos así como clarificantes a base de emulsificantes que eliminan la mayor parte de residuos sólidos que le dan la turbidez normal, existen residuales de ceniza, los cuales normalmente son provenientes de la malta, del lúpulo y en este caso del jugo de granada, que comparados con otras cervezas artesanales cuyo porcentaje de dicho parámetro va desde 1.61 en caso de clara y 1.84 en caso de oscuras (Barberán & Muñoz, 2022), valores que son altos comparados a los obtenidos con la cerveza adicionada con jugo de granada. En los parámetros de gravedad específica y color pueden ser influenciados por diversos factores entre ellos la adición del jugo de granada, por lo cual no pueden ser comparados uno a uno con cervezas comerciales ni con otras cervezas artesanales debido a que son parámetros que no son medidos de manera frecuente, ni mucho menos están establecidos en normativas para su distribución y consumo.

En el caso del parámetro de alcohol podemos encontrar que la cerveza elaborada con adición de jugo de granada sobrepasa el 6% en ambas formulaciones, lo cual comparado con cervezas comerciales ya se claras u oscuras es un porcentaje mayor, ya que la mayoría de las que son distribuidas en México se aproximan en porcentajes de 4 a 5.5%. En el análisis sensorial realizado por jueces entrenados se obtuvo una calificación de cada juez donde se promedió y se

obtuvo un puntaje de 21.8 de 50 siendo catalogada como BUENA (Pierde puntos en precisión de estilo y/o defectos de menor importancia).

Considerando que los jueces están certificados por la BJCP para la evaluación de cervezas artesanales, sidra y el aguamiel, por lo tanto al encontrar una amplia gama de estilos dentro de cada de estos productos especialmente en la cerveza, los comentarios obtenidos deben de ser considerados de manera subjetiva, ya que ninguno de ellos está especializado es Specialty Fruit Beer, teniendo como ejemplo comentarios contradictorios entre la misma mesa de jueces donde algunos daban ciertos puntos como positivos y otros como defectos.

Con respecto a la prueba de aceptabilidad del consumidor de la cerveza elaborada, solo se empleó la obtenida por lúpulo Saaz (3FS) por las mejores características fisicoquímicas presentadas. En la Figura 1, se muestran los atributos evaluados, donde de acuerdo con la escala hedónica de nueve puntos empleada, la evaluación adquirida se encuentra en "Me gusta mucho", los atributos de sabor y palatabilidad son mejor evaluados, la palatabilidad está relacionada con lo agradable que es la sensación en boca de un alimento, en el caso de bebidas alcohólicas el contenido de alcohol influye, sin embargo debido al sabor afrutado de la cerveza aunque el contenido de alcohol es mayor que otras, no es de desagrado para los consumidores.

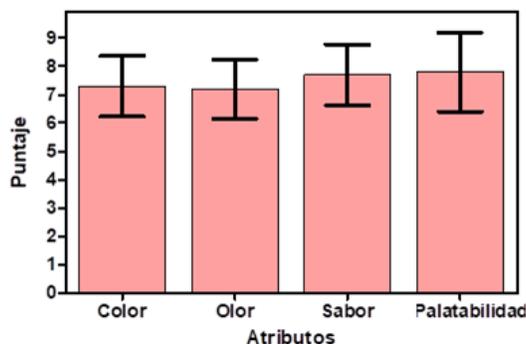


Fig. 1. Resultados de prueba de aceptación del consumidor de la cerveza specialty Fruit Beer con lúpulo cascade.

#### 4. Conclusiones

El uso de jugo de granada en la elaboración de una cerveza artesanal estilo Specialty Fruit Beer influye en las características fisicoquímicas del producto final, sin embargo, son propias del estilo elaborado. Estas características son aceptadas por los jueces entrenados, considerando que pueden hacerse cambios en la formulación, pero fue evaluada como una Fruit Beer dejando a un lado las características propias del estilo specialty Fruit Beer, pero para los consumidores la cerveza evaluada fue muy bien aceptada.

#### Referencias

ASBC. (2004). *Methods of Analysis*. American Society of Brewing Chemists. En *Barley-7* (Vol. I). USA: St. Paul.

Barberán, T.O.L. & Muñoz, G.W.A. (2022). Caracterización química de los residuos sólidos procedentes de la elaboración de tres tipos de

cerveza artesanal (stout -negra, imperial - rubia, guayacán - roja). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 27:13-25.

FAO (2013). Food and Agriculture Organization. CODEX STAN 310-2013. Norma para la granada. Normas internacionales de los alimentos, Codex Alimentarius. FAO-WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/en/>. (Revisado 03 de septiembre de 2024).

Espinosa, M.E. (2015). Calidad de diferentes cervezas mexicanas comerciales. 5to. Congreso Internacional Biología, Química y Agronomía, Universidad Autónoma de Guadalajara.

NOM-142-SSA1/SCFI-2014. Norma Oficial Mexicana, Bebidas alcohólicas. Especificaciones sanitarias. Etiquetado sanitario y comercial.

Martínez, M.A. (2015). Análisis comparativo de compuestos Bioactivos en cerveza artesanal y

- cerveza Industrial. Universidad de Lleida, Facultad de medicina.
- SADER (2021). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural: Granada, granos rojos llenos de sabor. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/granada-granos-rojos-llenos-de-sabor?idiom=es> (revisado 03 de septiembre de 2024).
- Segura, R.V.F., Núñez, D.M.Y.M., & Cabrera, L.A.J.M. (2014). Optimización de una cerveza tipo lager saborizada con zumo de granada (*Punica granatum L.*). INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación, 1(1), 107-107.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA Y MICROBIOLÓGICA DE UNA SALSA CHIMICHURRI ELABORADA CON CHILE DE ÁRBOL

*Alejandra Guadalupe Cerrito-Hortelano<sup>1</sup>, Luis A. Noriega-González<sup>1</sup>, Carlos A. Flores-Gómez<sup>2</sup>, Ma. Maricela Caballero-Palacio<sup>3</sup>, Ma. Cristina Vázquez-Hernández<sup>1,\*</sup>*

#### Resumen

En México existe una gran variedad de consumidores de salsas que han enriquecido la oferta gastronómica del país y del mercado, lo que ha propiciado que en los últimos años aumente el crecimiento en el desarrollo e innovación de estos productos, en el caso del estado de Guanajuato una de las salsas que más se consumen es la salsa chimichurri ya que usualmente sirve como acompañamiento para la pizza que es un alimento. En el presente trabajo se realizó el análisis bromatológico y diseño de etiqueta de una salsa chimichurri elaborada con chile de árbol. El objetivo fue caracterizar los componentes presentes en el producto para posteriormente diseñar la etiqueta nutricional de acuerdo a la norma NOM-051-SCFI/SSA1-2010 modificada en 2020. Los resultados mostraron que la salsa contiene un 18% de grasa, 55% de humedad, 2.03% de cenizas, 6.3% de proteína, 19% de carbohidratos, viscosidad de 430cp y un pH de 3.65

#### Palabras clave

Inocuidad, calidad nutricional, chile de árbol

#### Abstract

In Mexico there is a wide variety of sauce consumers that have enriched the country's and the market's gastronomic offering, which has led to an increase in the development and innovation of these products in recent years. In the case of the state of Guanajuato, one of the most consumed sauces is chimichurri sauce since it is usually served as an accompaniment to pizza, which is a food. In the present work, the bromatological analysis and label design of a chimichurri sauce made with chile de árbol was carried out. The objective was to characterize the components present in the product to later design the nutritional label according to the NOM-051-SCFI / SSA1-2010 standard modified in 2020. The results showed that the sauce contains 18% fat, 55% moisture, 2.03% ash, 6.3% protein, 19% carbohydrates, viscosity of 430cp and a pH of 3.65

#### Keywords

Safety, nutritional quality, chile de árbol

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias; <sup>2</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación; <sup>3</sup>Departamento de Ciencias Económico-Administrativas, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosaskm 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

\*Autor de correspondencia: ma.vh@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

En México existe una gran variedad de recetas de salsas (artesanales y comerciales), las cuales han enriquecido la gastronomía del mercado y ha propiciado el aumento de la producción y comercialización de estos productos (Arredondo-Hidalgo et al., 2017; Sloan, 2016). El objetivo de este tipo de productos es el de acompañar los platillos, mejorando, contrastando y/o complementando su sabor (Yubero, 2021). Nuestro país al ser centro de origen de diversas especies de chile ofrece una gran gama de posibilidades para diversificación de salsas un ejemplo de ellas es la "Chimichurri", este tipo de aliño de origen argentino fue modificado, según registros históricos en la ciudad de León, Guanajuato en 1958 en donde se sustituyeron ingredientes como el perejil y se agregó mayonesa, ajo y chile de diferentes tipos (Chile de árbol, pasilla, habanero, entre otros) para convertirse en uno de los complementos preferidos de los Guanajuatenses (Lorenzo et al., 2020). La salsa es producida en su mayoría de forma artesanal en los restaurantes y existen pocas marcas que la comercializan de forma industrial y no cumplen con la norma de etiquetado (Guayta & Maji, 2024). Al menos el 41% de familias mexicanas consumen, en promedio, casi siete botellas de 238 gramos al año, por este motivo, se ha perfilado como un negocio en ascenso (FIQA, 2024).

La seguridad alimentaria impacta directamente en los objetivos propuestos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agenda 2030 (ODS3 y ODS12; Salud y bienestar y Producción y Consumo responsable, respectivamente) debido a la necesidad de satisfacer los suficientes alimentos a la población de forma inocua y al mismo tiempo buscando mejorar la nutrición de los consumidores (ONU, 2024; Segovia-Arroyo, 2020). En el caso de los alimentos procesados es de suma importancia evitar la proliferación de enfermedades transmitidas por alimentos aplicando las buenas prácticas de manufactura (BPM) y tecnología de conservación para evitar la contaminación directa y cruzada (Garzón, 2019).

## 2. Metodología

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México campus Roque, en el Laboratorio de Calidad. La muestra de salsa Chimichurri (250 g) fue proporcionada por una empresa ubicada en Celaya, Gto., y refrigerada a 4°C hasta su análisis. Se codificó de la siguiente manera SCT-M01T

(Salsa Chimichurri Tradicional). Se realizaron mediciones físico-químicas para determinar pH y viscosidad, al mismo tiempo se analizó el contenido de coliformes totales según la metodología de la norma NOM-113-SSA1-1994 y contenido de Salmonella según la norma NOM-114-SSA1-1994, también se cuantificaron hongos y levaduras con base en la norma NOM-111-SSA1-1994 y cuantificación de microorganismos aerobios utilizando la norma NOM-092-SSA1-1994. Posteriormente se realizaron los análisis bromatológicos (Montoya, 2022) y el análisis de los resultados (La muestra fue analizada por triplicado y calculado el promedio, desviación estándar y error estándar medio).

## 3. Resultados

Al analizar la muestra se observó que el pH promedio fue de 3.68 para la salsa SCT-M01T con una viscosidad de 435. Lo cual indica que es un producto con alta acidez y viscosidad media. En la Figura 1 a) se muestran los resultados para hongos y levaduras los cuales se sembraron en medio papa dextrosa, incubados por 4 días a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , las placas no mostraron crecimiento de colonias por lo cual se considera que cumple con los estándares de inocuidad. Para la determinación de Salmonella fue utilizado agar XLD y agar verde brillante, se realizó estriado con las respectivas diluciones de las muestras, fueron incubadas durante 48 h a  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$  y los resultados mostraron que no se presentó crecimiento de colonias (Figura 1 b)) por lo cual se puede decir, que las normas de higiene durante la elaboración del producto fueron realizadas adecuadamente.

Con respecto al contenido de Coliformes totales, se utilizó agar RVBA para el cultivo de las diluciones de la muestra, esta fue incubada durante 4 días a  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ . No se tuvo crecimiento bacteriano, lo cual indica que el alimento está libre de contaminación fecal y no representa riesgo para el consumo humano (Figura 1 c)). Los microorganismos aerobios fueron cultivados en agar cuenta estándar durante 7 días a  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ , posterior a este tiempo se revisó el crecimiento bacteriano en donde se observó un resultado negativo lo cual asegura la calidad del producto en cuanto a la inocuidad alimentaria (Figura 1 d)).

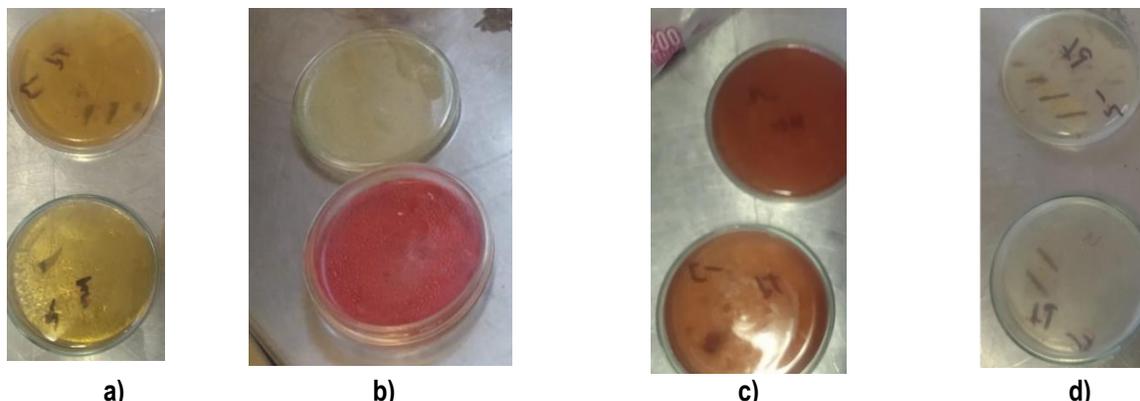


Figura 1. Resultados de las determinaciones: a) hongos y levaduras, b) salmonella, c) coliformes totales, y d) microorganismos aerobios.

Los análisis bromatológicos se muestran en la Tabla 1, en donde observamos que la salsa Chimichurri tradicional contiene 6.3 g de proteína por cada 100 g de producto lo cual comparado con salsas comerciales similares es entre 5 a 6 veces más la cantidad que aporta (Aldo's Vita 0.82 g y DE ÁRBOL 1g), menor cantidad de grasa (18 g por 100 g de producto) las marcas comerciales Aldo's Vita y DE ÁRBOL reportan el doble de contenido de grasa (32 g y 29 g respectivamente) y en cuanto a carbohidratos añadidos la marca Aldo's Vita reporta 34.8 g por 100 g de producto que en comparación con la salsa Chimichurri proporcionada para este proyecto es casi el doble (19 g por cada 100 g de producto), cabe mencionar que la marca DE ÁRBOL en esta variable reporta datos no confiables debido a que en sus ingredientes menciona que contiene varios carbohidratos añadidos entre ellos

almidón modificado pero en su tabla nutricional menciona que no contiene azúcares añadidos y solo 3 g de Hidratos de carbono disponibles, lo cual no es congruente con la información de la etiqueta. Si bien este producto no es considerado como parte de la canasta básica y solo se consume como acompañamiento o aliño es importante para los consumidores que todos los alimentos frescos o procesados como en el caso de esta salsa tengan un aporte nutricional y no solo se ingieran calorías vacías, además que es muy importante que la información contenida en la tabla nutricional sea confiable y congruente con los ingredientes reportados en la etiqueta la cual debe estar diseñada de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA-2010 modificada en 2020 (NOM-051, 2024).

Tabla 1. Análisis bromatológico de salsa Chimichurri (SCT-M01T). SEM (Error estándar medio). (Elaboración Propia, 2024).

	Promedio	Desviación Estándar	SEM
Humedad (%)	55	1.040833	±0.58901981
Cenizas (%)	2.03	0.207331	±0.26288873
Grasas (%)	18	2.516611	±0.91589874
Proteínas (%)	6.3	2.424871	±0.89904971
Carbohidratos (%)	19	3.840501	±1.13144475

#### 4. Conclusiones

Recientemente en México, se ha incrementado el consumo de salsa tipo Chimichurri elaborada con la adición de mayonesa, chile de árbol y ajo además de otros ingredientes como acompañamiento de alimentos o aliño en pizzas, hamburguesas, carnes rojas y

blancas, sopas, pastas, etc., su excéntrico sabor y textura cremosa la han convertido en un producto altamente comercial y una oportunidad de negocio. Sin embargo, la mayoría de la producción se realiza de forma artesanal, sin considerar las normas de higiene e inocuidad para la seguridad alimentaria pudiendo

convertirse en un riesgo a la salud de los consumidores. Además, muchas de las marcas comerciales no realizan un adecuado análisis bromatológico lo que resulta en la incongruencia de las tablas nutrimentales y nos lleva a pensar en una falsedad de la información presentada en la etiqueta. Con la caracterización de la salsa Chimichurri elaborada por la empresa Giannino's se demuestra que se puede elaborar un acompañamiento con características funcionales para disminuir el consumo de calorías vacías de este tipo de producto, aportando nutrientes.

## Referencias

- Arredondo-Hidalgo, M.G., del Consuelo Caldera-González, D., & Torres, C.P.M. (2017). La incursión de la salsa chimichurri en el mercado italiano: análisis del potencial exportador. *CP Mark-Caderno Professional de Marketing*, 5(2), 77-93.
- FIQA. Food Innovation Quality Assurance. (2024). El mercado de las salsas en México. Disponible en: <https://fiqa.com.mx/el-mercado-de-las-salsas-en-mexico/>. Consultado el 12 de septiembre de 2024.
- Garzón, M. a. (2019). La inocuidad de alimentos y el comercio internacional. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 330-338.
- Guayta Guamán, D. E., & Maji Chimbolema, E. E. (2024). Plan de negocios para la elaboración de una línea de producción de salsa de chimichurri en el cantón Ambato provincia de Tungurahua (B.C., Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Administrativas. Carrera de Administración de Empresas).
- Lorenzo, G., Ranalli, N., Andrés, S., Zaritzky, N., & Califano, A. (2020). Textural characteristics and viscoelastic behavior of traditional Argentinian foods. *Textural characteristics of world foods*, 89-106.
- Montoya, P.L. (2022). Formulación y caracterización de una salsa tipo italiana con alto valor nutrimental elaborada con tomate orgánico (*Solanum lycopersicum* cv. Uva). Celaya: Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Roque.
- NOM-051. Diario Oficial de la Federación (2020). Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11\\_C/seeco11\\_C.htm](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm)
- NOM-092-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab=0)
- NOM-113-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4880115&fecha=25/08/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880115&fecha=25/08/1995#gsc.tab=0)
- NOM-114-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la determinación de salmonella en alimentos. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881851&fecha=22/09/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881851&fecha=22/09/1995#gsc.tab=0)
- NOM-111-SSA1-1994. (1995). Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- Segovia-Arroyo, D. K. (2020). Diseño de un sistema de análisis de peligros y puntos críticos (HACCP) en salsas y aliños para la empresa Condimensa (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2020).
- Sloan, A.E. (2016). A Role Reversal for Ethnic Foods. *FOOD TECHNOLOGY*, 70(2), 15-15.
- Yubero, I.D. (2021). Salsas Sabor, color, compañía y refinamiento gastronómico. En L.O. Vázquez, *Distribucion y Consumo* (p. 120). España: Editorial MIC.

## **FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PAN ENRIQUECIDO CON HARINA DE CALABAZA (*Cucurbita máxima*) Y DE CAMOTE MORADO (*Ipomoea batatas*)**

Alexa Tapia-Pérez de Lara<sup>1</sup>, Rosa María Mariscal-Moreno<sup>1\*</sup> y María Cristina Vázquez-Hernández<sup>2</sup>

### **Resumen**

La diabetes mellitus tipo 2 es una enfermedad multifactorial que afecta severamente al organismo, donde entre sus alteraciones metabólicas se encuentra el desarrollo de la hiperglucemia. El tratamiento para esta condición debe abarcar varios enfoques, donde la nutrición juega un rol elemental, ya que, en compañía de una buena terapia médica, permite mejorar la calidad de vida del paciente y previene el desarrollo de futuras complicaciones. El objetivo de este trabajo de investigación fue formular un producto de panificación enriquecido con harina a base de calabaza y de camote morado, ambos grandes alimentos endémicos de México subutilizados, que permita su empleo para la producción de pan y derivados, así como para su posible consumo en individuos con diabetes tipo 2. Se realizaron distintas pruebas que permitieron conocer las características químicas, nutrimentales, sensoriales, organolépticas y benéficas que conllevaron a la estandarización de la formulación del producto empleando diferentes procedimientos e ingredientes.

### **Palabras clave:**

Producto de panificación, enriquecido, calabaza, camote morado.

### **Abstract**

Type 2 diabetes mellitus is a multifactorial disease that affects the human body significantly, due to its metabolic alterations and by the hyperglycemia. The treatment for this condition should include several approaches, where nutrition plays an elementary role, and in company of good medical therapy, it allows to improve the patient's quality of life and prevents the development of future complications. The objective of this research work was to formulate a bakery product enriched with pumpkin and purple sweet potato - based flour, both great underutilized endemic foods in Mexico, which allows its use for the production of bread and derivatives, as well as for its possible consumption in individuals with type 2 diabetes. Different tests were carried out to determine the chemical, nutritional, sensory, organoleptic and beneficial characteristics that led to the standardization of product formulation using different procedures and ingredients.

### **Key Words:**

Bakery product, enriched, pumpkin, purple sweet potato

<sup>1</sup>Departamento de Salud, Licenciatura en Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Universidad Iberoamericana Campus Ciudad de México, Prolongación Paseo de la Reforma, Santa Fe, Zedec Santa Fe, Álvaro Obregón, Ciudad de México, 01376, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, CP 38110 – México.

\*Autor de correspondencia: rosa.mariscal@ibero.mx

## 1. Introducción

La diabetes mellitus tipo 2 es un trastorno metabólico que involucra diversas alteraciones y complicaciones, destacando entre ellas la hiperglucemia. Por ello, existe una gran importancia en el tratamiento médico y nutricio para mejorar la calidad de vida del individuo que vive con esta condición (Mirmiran et al., 2014). No obstante, la responsabilidad no cae exclusivamente en los nutriólogos y especialistas de la salud, sino que también en el mercado y la industria alimentaria. Se debe impulsar a la modificación de la composición de ciertos alimentos con el fin de brindar nutrientes que beneficien a la salud del organismo (Gameró et al., 2021; Zafar et al., 2019).

El pan es un alimento altamente consumido a nivel mundial, esto debido a su versatilidad y accesibilidad que le permite estar presente en diversas comidas a lo largo del día (Mariscal et al., 2021). El pan más común en las mesas mexicanas es el de harina de trigo, mismo que tiene un alto índice glucémico y que podría favorecer a la elevación de la glucosa en sangre tras su ingesta (Foster & Brand., 1995). Según diversos estudios, los alimentos con un alto contenido de fibra y almidón de lenta digestión, favorecen a evitar estos

picos de glucosa, por lo que adicionar el pan de harina de trigo con alimentos con estas características sería favorecedor (Olayo et al., 2021). Justamente, tanto la calabaza (*Cucurbita máxima*) como el camote morado (*Ipomoea batata*) son alimentos desaprovechados endémicos de México que cumplen con los criterios antes mencionados, además de tener un alto aporte de micronutrientes y antioxidantes, características hipoglucemiantes y protectoras (Batool et al., 2022; Sawicka et al., 2014).

Es por lo anterior que el presente trabajo se enfocó en formular un producto de panificación enriquecido con estos dos alimentos que pudiera ser una mejor opción para el consumidor y posiblemente un buen aliado para el paciente con diabetes.

## 2. Metodología

En términos generales, en la Figura 1 se muestra la metodología utilizada para realizar el presente trabajo. Cabe mencionar que todos los pasos comprendidos dentro de la metodología tomaron lugar dentro de las instalaciones de la Universidad Iberoamericana Campus Ciudad de México.

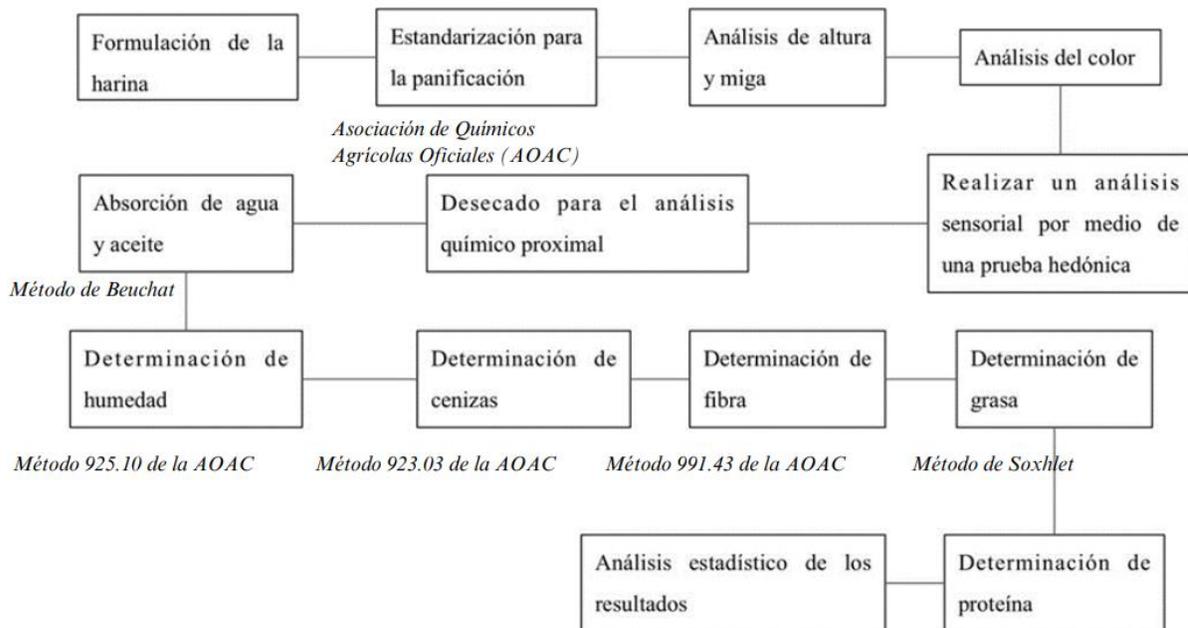


Fig. 1. Diagrama de Bloques de la elaboración de pan y sus análisis.

La formulación del presente estudio fue adaptada con base a la mostrada en el artículo de Mariscal et al. (2021), con el fin de obtener resultados comparables al estar basado en la metodología "Association of Official Analytical Chemists" (AOAC, 2016).

Se elaboraron dos panes de 100 g cada uno por cada muestra, donde un pan fue destinado al análisis químico proximal y el otro para la prueba sensorial, dicha que permitió evaluar el olor, color, textura, sabor y vista del producto con una escala hedónica de 5 puntos, donde, según el parámetro a evaluar, el 5 podría simbolizar un mayor agrado, textura más blanda o mayor claridad en el color del producto, y el 1 podría simbolizar un menor agrado, una mayor dureza o hasta un tono más oscuro en el pan. Asimismo, dentro de esta prueba se agregó una escala de aceptación global del producto que constó de 8 puntos, donde 8 es el de mayor agrado y 1 el de menor.

Para evitar sesgo, se codificó cada prueba, donde se le asignó el código 611 a la harina control, el 623 a la

harina de calabaza al 30% y el 626 a la harina de camote morado y calabaza al 30%. Cada muestra se sometió a 10 degustaciones en individuos con edades entre los 32 y 60 años para determinar su aceptación. Las diferencias estadísticas se evaluaron por medio de un análisis de varianza unidireccional ANOVA acompañado por una prueba de comparación múltiple de Tukey; se consideró un nivel de significancia estadística del 5%.

### 3. Resultados

Para el correcto análisis de los resultados es importante mencionar que los valores presentados en las siguientes tablas representan las medias+desviación estándar. Los valores con letras diferentes en la misma columna o fila, según sea el caso, representan que sí existe una diferencia significativa entre ellos ( $P < 0.05$ ). La Figura 2 muestra los tres productos de panificación realizados para su análisis dentro de este trabajo de investigación.

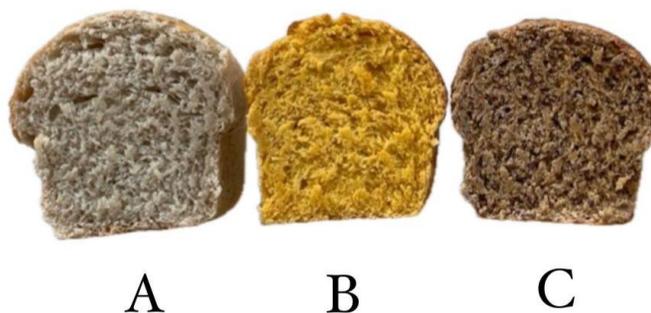


Fig. 2. Representación de los panes elaborados: A. pan con harina control, B. pan con harina de calabaza al 30% y C. pan con harina de calabaza y camote morado al 30%.

En la Tabla 1 se puede observar que no hay una diferencia significativa en la capacidad de absorción de aceite entre las harinas pero la capacidad de absorción de agua sí varía entre ellas, viendo así que la HC30% (Harina de Calabaza 30%) es la muestra con mayor capacidad de absorción, seguida por la HCCM30% (Harina de Calabaza y Camote Morado 30%) y por último la HC (Harina Control). Estos resultados comprueban que el aporte de fibra y de almidón proveniente de la calabaza y del camote tienen un impacto importante en el producto de panificación, influyente en el sabor, la textura y elasticidad de la masa, que favorece al crecimiento del pan durante la cocción y fermentación.

Adicionalmente, en la Tabla 2 se puede observar que, el pan HC30% fue el que obtuvo una mayor cantidad de cenizas, lo cual sugiere que su aporte de minerales sería mayor al de HCCM30% y HC. Asimismo, este pan también es significativamente más rico en fibra a comparación de las otras 2 muestras, factor ayuda a evitar el desarrollo de un pico de glucosa tras la ingesta del producto. El aporte de proteína demostró ser mayor tanto en el pan de HCCM30% como en el de HC, por lo que el de HC30% no sería considerada como la mejor opción para incrementar el aporte de este macronutriente. Ahora bien, los resultados muestran que el pan de HC tiene un mayor aporte de calorías, seguida por el de HC30%, por lo que el de HCCM30% sería el que contiene un menor aporte energético al

consumidor. Esto refuerza que el disminuir el porcentaje de composición de trigo en un producto de panificación, permite reducir el aporte energético, beneficiando al consumidor. Finalmente, en cuanto al aporte de grasa y de hidratos de carbono, no hay una diferencia significativa entre las 3 muestras.

Como se puede ver en la Tabla 3, el pan de HC fue de las tres muestras la que tuvo una mayor altura, seguida por el pan de HCCM30%, por lo que el pan de HC30% fue el de menor tamaño. Esto refuerza la importancia del trigo para la formación de una buena miga, que proporcione una buena altura.

Tabla 1. Capacidad de absorción de agua y aceite de la harina control, la harina de calabaza al 30% y la harina de calabaza y camote morado al 30%.

Muestra	Capacidad de Absorción de Agua	Capacidad de Absorción de Aceite
HC	1.19±0.00c	0.89±0.14a
HC30%	1.59±0.00a	1.09±0.13a
HCCM30%	1.39±0.00b	0.79±0.00a

Tabla 2. Resultados del análisis químico proximal de la harina control, la harina de calabaza al 30% y la harina de camote morado y calabaza al 30%.

Muestra	Cenizas	Fibra	Grasa	Proteína	Hidratos de Carbono	kcal Totales
Pan de HC	2.37+0.01c	2.22+0.15c	3.26+0.01a	14.88+0.53a	78.03+1.44a	409.99+5.54a
Pan de HC30%	4.19+0.00a	5.08+0.04a	3.23+0.06a	11.60+1.2b	77.27+2.66a	404.96+9.98b
Pan de HCCM30%	3.56+0.00b	3.81+0.72b	2.90+0.33a	14.82+0.58a	76.15+1.73a	400.28+1.72c

Tabla 3. Resultados de la medición de altura con Vernier del pan control, el pan con harina de calabaza al 30% y el pan con harina de camote morado y calabaza al 30%.

Muestra	Resultados
Pan de HC	5.91±0.01a
Pan de HC30%	4.53±0.43b
Pan de HCCM30%	5.09±0.15ab

Gracias a la Tabla 4 podemos ver que el pan con HC30% tuvo una mayor claridad o luminosidad ("L") que la HC y HCCM30%, lo cual puede atribuirse a las tonalidades amarillas y moradas de los productos. Analizando los valores de "a", podemos ver que hay una gran diferencia estadística entre ellos. Se aprecia que la HC tiene una luminosidad hacia verde, mientras que la HC30% tiene una luminosidad hacia rojo y la HCCM 30% tiene aún una mayor luminosidad hacia rojo. Finalmente, al ver los resultados para "b", se puede concluir que tanto la HC30%, como la HCCM30% tienen una mayor desviación hacia el amarillo que la HC.

En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos de la prueba sensorial hedónica. Podemos ver que sí existe una diferencia significativa en la aceptación global, donde el pan de HCCM30% fue el que tuvo una mayor aceptación, seguido de el pan de HC y finalmente, el de HC30%. Tanto la muestra HCCM30%

como la HC tuvieron una aceptación de 7 puntos (Me gusta mucho), por otro lado, la HC30% tuvo una aceptación de 6 puntos (Me gusta moderadamente). En cuanto a los parámetros individuales, no hubo una diferencia significativa en los resultados en cuanto el olor, dureza, textura, sabor dulce y sabor salado, donde los 3 panes quedaron con 4 de los 5 puntos disponibles en la escala, haciendo referencia a un "olor agradable", dureza "un poco blando", textura "agradable" y sabor dulce/salado "lo justo". Entrando en el apartado del aspecto físico, la muestra HC fue la que tuvo una mejor apreciación por el consumidor, seguida de la HCCM30% y finalmente, la HC30%, todas con 4 puntos de 5, dentro de la categoría "Agradable a la vista". El cambio en el color entre las muestras sí fue estadísticamente significativo, donde la HC y HC30% tuvieron un aspecto "Claro", mientras que la HCCM30% "Un poco oscuro", datos comprobables según los resultados arrojados por el colorímetro.

Tabla 4. Resultados de la medición de color con Colorímetro del pan control, el pan con harina de calabaza al 30% y el pan con harina de camote morado y calabaza al 30%.

Muestra	L	a	b
Pan de HC	26.63±0.12b	-5.25±0.26c	4.79±0.03b
Pan de HC30%	32.39±0.35a	4.13±0.18b	19.20±2.76a
Pan de HCCM30%	24.51±0.73b	9.96±0.25a	16.35±1.16a

Tabla 5. Resultados de la prueba sensorial hedónica del pan control, el pan con harina de calabaza al 30% y el pan con harina de camote morado y calabaza al 30%.

Parámetro	HC	HC30%	HCCM30%
Aceptación Global	7.00±0.00ab	6.60±0.52b	7.10±0.57a
Olor	4.00±0.47a	3.90±0.32a	4.10±0.32a
Aspecto Físico	4.40±0.52a	3.90±0.32b	4.20±0.42ab
Dureza	3.40±0.70a	3.50±0.71a	3.30±0.49a
Textura	4.20±0.42a	3.80±0.42a	4.00±0.47a
Color	3.40±0.52a	3.10±0.74ab	2.5±0.53b
Sabor Salado	3.20±0.42a	3.50±0.71a	3.30±0.68a
Sabor Dulce	2.90±0.32a	2.80±0.63a	3.20±0.63a

#### 4. Conclusiones

La adición de calabaza (*Cucurbita máxima*) y de camote morado (*Ipomoea batata*) tuvo un impacto significativo en el aporte nutrimental; condujeron al aumento de fibra, el pan con HC30% con un aumento del 128% y el pan con HCCM30% del 72% a comparación del pan con HC. También, hubo un buen aporte de almidón en el producto, así como de minerales según la determinación de cenizas, donde el pan de HC30% tuvo 77% más minerales que el pan de HC, y el pan de HCCM30% un 50% adicional. Ambos productos fueron bien aceptados por el público, cumpliendo las expectativas en cuanto a su olor, aspecto físico, dureza, textura, color y sabor.

Por lo anterior, este producto podría ser recomendado para su consumo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2, gracias a su aporte benéfico a la salud, al contener AR3 con efecto prebiótico, un posible bajo índice glucémico, buen aporte de antioxidantes, probable efecto hipoglucemiante y un uso diverso dentro de la preparación de alimentos, sin embargo, se requiere de una mayor investigación para poder afirmar lo anterior. Finalmente, la utilización de estos productos endémicos de México permitiría disminuir el desaprovechamiento y desperdicio de esta materia prima y lograría enriquecer diversos productos de panificación que podrían beneficiar a la población.

#### Referencias

- AOAC. (2016). Official methods of analysis of AOAC International (20 ed). AOAC International.
- Batool, M., Nawaz, M., Roobab, U., Faisal, M., Farooq, U. et al. (2022). Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (*Cucurbita* sp.). *Phytochemical and Nutritional Analyses of Medicinal and Aromatic Plants (MAP)*, 11(11).
- Foster, K. & Brand, J. (1995). International tables of glycemic index. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 871S-889S.
- Gamero, A., Fernández, T., Pérez, A., Valera, D., Petermann, F. et al. (2021). La influencia de la nutrición en la industria alimentaria. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 25(2).
- Mariscal, R.M., Chuck, C., Figueroa, J.D. & Serna, S.O. (2021). Physicochemical and Nutritional Evaluation of Bread Incorporated with Ayocote Bean (*Phaseolus coccineus*) and Black Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Processes*, 9(10), 1782.
- Mirmiran, P., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2014). Functional foods - based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. *World Journal of Diabetes*, 5(3), 267-281.
- Olayo, V.M., Alemán, S.J., Rodríguez, G., & Castillo, O. (2021). Almidón resistente como prebiótico y sus beneficios en el organismo humano. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24.
- Sawicka, B., Paradowska, K., Slupski, J. & Krochmal, B. (2014). Nutrition value of the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivated in south-

eastern Polish conditions. International Journal of Agricultural Research, 4(4), 169-178.  
Zafar, M.I., Mills, K.E., Zheng, J., Regmi, A., Hu, S.Q., et al. (2019). Low-glycemic index diets as an

intervention for diabetes: A systematic review and meta-analysis. The American Journal of Clinical Nutrition, 110(4), 891-902. DOI:10.1093/ajcn/nqz149.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### ANÁLISIS SENSORIAL, FISICOQUÍMICO Y BIOFUNCIONAL DE LA ZARZAMORA (*Rubus sp.*) VAR. FENOMENAL

*Cynthia Teresa Lara-García, Jaime Silva-Ramírez y Rita Miranda-López\**

#### Resumen

La zarzamora posee características sensoriales y biofuncionales atractivas al consumidor. Siendo cultivada principalmente en invernaderos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar sensorial, fisicoquímica y biofuncionalmente la zarzamora en invernadero y a campo abierto en su óptimo estado de maduración, para determinar su calidad. La zarzamora cultivada en invernadero mostró resultados más alineados en los parámetros morfológicos y fisicoquímicos establecidos en la NMX-FF-129-SCFI-2016 en comparación con la cultivada a campo abierto. Los análisis sensoriales de apariencia, aroma global y sabor dulce, fueron más altos en comparación con la de campo abierto. Esta última destaca por el mayor contenido de fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante por los métodos DPPH y FRAP, en el caso de ABTS, los valores no tuvieron diferencia significativa. Por lo tanto, la zarzamora de invernadero tiene mejores características morfológicas, fisicoquímicas y sensoriales; mientras que el cultivo a campo abierto tiene mayor contenido de compuestos biofuncionales.

#### Palabras claves

Calidad postcosecha, perfil sensorial, fenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante.

#### Abstract

Departamento de Ingeniería Bioquímica y Ambiental, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Av. García Cubas #600 esq. Av. Tecnológico C.P. 38010, Celaya, Gto., México.  
\*Autor de correspondencia: [rita.miranda@itcelaya.edu.mx](mailto:rita.miranda@itcelaya.edu.mx)

The blackberry possesses sensory and biofunctional characteristics that are attractive to consumers, being mainly cultivated in greenhouses. The objective of this study was to evaluate the sensory, physicochemical, and biofunctional properties of blackberries grown in greenhouses and open fields at their optimal ripeness to determine their quality. The greenhouse-grown blackberries showed results more aligned with the morphological and physicochemical parameters established in the NMX-FF-129-SCFI-2016 standard compared to those grown in open fields. Sensory analyses of appearance, overall aroma, and sweet taste were higher compared to those grown in open fields. The latter stands out for its higher content of total phenols, total anthocyanins, and antioxidant capacity by the DPPH and FRAP methods. In the case of ABTS, the values showed no significant difference. Therefore, greenhouse-grown blackberries have better morphological, physicochemical, and sensory characteristics, while open-field cultivation has a higher content of biofunctional compounds.

#### Key words:

Postharvest quality, sensory profile, total phenols, anthocyanins, antioxidant capacity.

## 1. Introducción

La zarzamora es una de las principales berries cultivadas en México. Su aroma y sabor son algunas de las características que la hacen atractiva para los consumidores. Además, es reconocida por su contenido de compuestos bioactivos, como antocianinas, y su capacidad antioxidante relacionada con estas. Diversas investigaciones han reportado que la ingesta diaria de este fruto tiene un impacto benéfico en la salud humana, influyendo en el control de algunas enfermedades crónico-degenerativas (Padilla-Jimenez et al., 2019). Por esta razón, su consumo aumenta, lo que exige una mayor producción y mejor calidad fisicoquímica, sensorial y biofuncional.

Existen diversas maneras de producir los frutos. Una de ellas es la conocida tradicional o a campo abierto, donde diversos factores ambientales limitan la eficacia y productividad, por lo que provoca que el fruto presente características distintas según su temporada (Díaz-Jésus et al., 2014). Por ello, los cultivos protegidos o de invernadero se requieren para una producción forzada que actúa sobre el microclima que rodea la planta, incrementando tanto rendimiento como la calidad de los productos obtenidos. Entre sus ventajas se encuentra la obtención de frutos fuera de temporada, disminución de riesgos climáticos y el aceleramiento del crecimiento, ya que se controla la luminosidad, humedad, temperatura, CO<sub>2</sub> y radiación solar (Serrano-Cermeño, 2005; Beltrano & Gimenez, 2020).

Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas, sensoriales y biofuncionales del cultivo en invernadero y a campo abierto.

## 2. Metodología

Las zarzamoras (*Rubus* sp.) de la variedad Fenomenal se adquirieron de invernadero (macrotunel recubierto con plástico calibre 720 blanco lechoso) y campo abierto del municipio de Valle de Santiago, Gto. Al momento de la recepción se sanitizaron con hipoclorito

de sodio a 200 ppm, considerando solo las muestras que cumplieron con los parámetros de calidad establecidos en la norma NMX-FF-129-SCFI-2016. A estas se les tomaron las medidas morfológicas y el peso. Además, se almacenaron a 2.5 °C y 29.5 % de humedad para ser analizadas posteriormente.

Los análisis fisicoquímicos se evaluaron acorde con la AOAC (2016); determinando sólidos solubles totales (SST) por el método 932.14, pH por el método 981.12 y acidez titulable por el método 942.15b (reportando como % de ácido málico). Además, se calculó el índice de madurez.

El análisis sensorial descriptivo cuantitativo evaluó la apariencia en color, aroma y sabor de las muestras, las cuales fueron analizadas por 11 panelistas entrenados, utilizando una escala de 10 puntos.

En los análisis biofuncionales, se determinaron fenoles por el método Folin-Ciocalteu según Santos-Zea et al. (2012), antocianinas totales por el método de diferencia de pH de acuerdo con Giusti & Wrolstad, (2001) y capacidad antioxidante por los métodos de ABTS, DPPH y FRAP (Benzie & Strain, 1996; Re et al., 1999; Van den Berg et al., 1999).

## 3. Resultados

En la Tabla 1 se reportó el peso promedio de 5.15±0.79 g para la zarzamora cosechada en invernadero y 4.31±0.93 g para la cosechada en campo abierto. De igual forma, se observa que el diámetro ecuatorial y polar fue mayor en la zarzamora cosechada en invernadero, con valores de 1.90±0.14 cm y 2.29±0.21 cm, respectivamente, en comparación la zarzamora cosechada en campo abierto, que presentaron los valores de 1.79±0.19 cm y 2.25±0.31 cm, respectivamente. De acuerdo con la norma NMX-FF-129-SCFI-2016, los frutos se clasifican en la categoría B por su tamaño. El peso y el diámetro ecuatorial de las zarzamoras cultivadas en invernadero mostraron diferencia significativa en comparación con las de campo abierto, siendo estos mayores.

Tabla 1. Peso y medidas morfológicas de dos tipos de cultivo de zarzamora

Muestra	Peso (g)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Diámetro Polar (cm)
Invernadero	5.15±0.79 <sup>b</sup>	1.90±0.14 <sup>b</sup>	2.29±0.21 <sup>a</sup>
Campo abierto	4.31±0.93 <sup>a</sup>	1.79±0.19 <sup>a</sup>	2.25±0.31 <sup>a</sup>

Media ± desviación estándar (n=30).

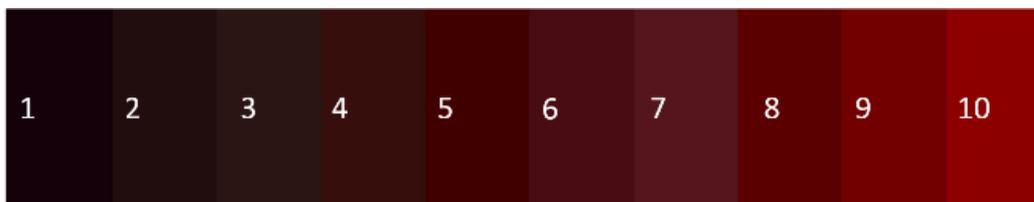


Fig. 1. Escala de color para evaluación de apariencia de las zarzamoras.

Los parámetros fisicoquímicos en la Tabla 2 mostraron diferencia significativa entre el cultivo en invernadero y campo abierto de la zarzamora. Los SST en las zarzamoras provenientes de invernadero fueron de  $12.33 \pm 0.34$ , mientras que las de campo abierto registraron  $8.00 \pm 0.00$ , cumpliendo con lo requerido en la NMX-FF-129-SCFI-2016. En cuanto al pH, el fruto cultivado a campo abierto fue más ácido, con un valor de  $3.75 \pm 0.07$ , a diferencia de los cultivados en invernadero, que tuvieron un valor de  $4.30 \pm 0.15$ . El contenido de ácido málico fue mayor en campo abierto, con un valor de  $0.71 \pm 0.01\%$ , en comparación con las de invernadero, que presentaron un valor de  $0.55 \pm 0.03\%$ . De manera similar, el índice de madurez fue superior en campo abierto, con valores de  $22.47 \pm 1.08$  frente a  $11.26 \pm 0.21$  en invernadero, aunque estos valores no cumplen con lo requerido en la Norma.

Por otro lado, se observa que los parámetros mencionados están relacionados, ya que las muestras de invernadero presentaron diferencia significativa respecto a las de campo abierto. Esto podría deberse a la modificación de la tasa de fotosíntesis, que depende de la calidad de la luz y temperatura en cada tipo de cultivo (Alvarado-Cepeda et al., 2020).

En la evaluación de color se utilizó la escala de color de la Figura 1. La zarzamora cultivada en invernadero obtuvo un valor de  $2.74 \pm 0.80$  y la de campo abierto  $5.21 \pm 0.89$  (Tabla 3). Por lo tanto, se observó que la zarzamora de invernadero tiende a tener un color más oscuro, con diferencia significativa en comparación a campo. Esto se atribuye a las temperaturas más altas en el invernadero, que pueden afectar la síntesis o degradación de antocianinas, siendo estas las responsables de su coloración (Alvarado-Cepeda et al., 2020; Solís-Mera, 2022).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de los dos tipos de cultivo de zarzamora

Muestras	SST (°Brix)	pH	Acidez titulable (% ácido málico)	Índice de madurez (°Brix/% Ac. Málico)
Invernadero	$12.33 \pm 0.34^b$	$4.30 \pm 0.15^b$	$0.55 \pm 0.03^a$	$22.47 \pm 1.08^b$
Campo abierto	$8.00 \pm 0.00^a$	$3.75 \pm 0.07^a$	$0.71 \pm 0.01^b$	$11.26 \pm 0.21^a$

Media  $\pm$  desviación estándar (n=3). Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Tabla 3. Apariencia de color en los dos cultivos de zarzamora

Muestra	Apariencia (escala de color)
Invernadero	$2.74 \pm 0.80^a$
Campo abierto	$5.21 \pm 0.89^b$

Media  $\pm$  desviación estándar (n=11 por triplicado). Escala de intensidad de 10 puntos (1= apenas perceptible y 10= máximo perceptible). Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Los resultados del análisis sensorial del aroma, presentados en la Tabla 4, muestras que el aroma global para las muestras de invernadero fue de

$6.35 \pm 0.57$ , mientras que el de las muestras de campo abierto fue de  $6.20 \pm 0.80$ , sin observarse diferencia significativa entre ambos cultivos. Tampoco se

encontró diferencia significativa, en los descriptores de frambuesa, fresa, capulín, arándano, uva, vino tinto y jugo de uva; con excepción del descriptor ciruela donde hubo diferencia significativa, con una intensidad de  $2.85 \pm 0.87$  en invernadero y  $3.73 \pm 0.75$  en campo abierto.

De acuerdo con Wang et al. (2005) en una investigación realizada en zarzamora, identificaron varios compuestos responsables de los aromas de esta fruta, entre los que se encuentran el butanoato de etilo (aroma afrutado parecido a manzana), el citronelol (aroma dulce y afrutado), 2,5-dimetil-hidroxi-3(2H)-furanona (aroma dulce, caramelo y nota de fresa) y 2-metilbutanoato de etilo (afrutado). Por lo tanto, es posible que estos compuestos estén presentes en las muestras de los distintos tipos de cultivo, contribuyendo a los aromas frutales identificados.

El perfil de sabor de los dos tipos de cultivo se observa en la Tabla 5, en donde se observa que el sabor dulce muestra diferencia significativa entre las muestras, siendo más intenso en la de invernadero, con un valor de  $4.53 \pm 0.66$ . Esto se pudo corroborar con el valor de grados Brix. Por otro lado, el sabor ácido se percibió en mayor proporción en las muestras de campo abierto, lo cual fue confirmado por los valores de pH y la acidez titulable (% ácido málico).

En cuanto a los descriptores de sabor (frambuesa, fresa, ciruela, uva y jugo de uva), estos tuvieron una mayor intensidad en las muestras de campo abierto, presentando una diferencia significativa en comparación con las muestras de invernadero.

El sabor de la zarzamora se ve afectado por factores ambientales, ya que su variación y magnitud del cambio dependen en gran medida de los compuestos aromáticos, siendo la diferencia de cultivar el principal factor determinante de la composición del aroma. Aunque las vías metabólicas pueden ser similares en las bayas, cada cultivar tiene un perfil metabólico único, lo que genera un perfil volátil característico, responsable tanto del aroma como del sabor distintivo de la zarzamora (Du & Qian, 2010).

El perfil de resabio reportado en la Tabla 6, muestra intensidades muy bajas. En el caso del sabor dulce y ácido, como era de esperarse, presentan el mismo comportamiento que en el perfil de sabor, con diferencia significativa entre los dos tipos de cultivo. Esto también se observa los descriptores de zarzamora, que tuvieron mayor intensidad en las muestras de campo abierto.

Tabla 4. Perfil de aroma de los dos cultivos de zarzamora

Descriptores	Muestra	
	Invernadero	Campo abierto
Intensidad global	$6.35 \pm 0.57^a$	$6.20 \pm 0.80^a$
Frambuesa	$3.20 \pm 0.79^a$	$2.89 \pm 0.81^a$
Fresa	$3.77 \pm 0.82^a$	$3.56 \pm 0.51^a$
Capulín	$3.48 \pm 0.72^a$	$3.82 \pm 0.76^a$
Arándano	$2.91 \pm 0.79^a$	$3.35 \pm 0.67^b$
Ciruela	$2.85 \pm 0.51^a$	$3.73 \pm 0.75^b$
Uva	$2.83 \pm 0.87^a$	$3.14 \pm 0.76^a$
Vino tinto	$2.35 \pm 0.66^a$	$2.30 \pm 0.51^a$
Jugo de uva	$2.41 \pm 0.68^a$	$2.71 \pm 0.79^a$

Media  $\pm$  desviación estándar (n=11 por triplicado). Escala de 10 puntos (1= apenas perceptible y 10= máximo perceptible). Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Tabla 5. Perfil de sabor de los dos cultivos de zarzamora

Descriptores	Muestra	
	Invernadero	Campo abierto

Dulce	4.53±0.66 <sup>b</sup>	3.35±0.49 <sup>a</sup>
Ácido	2.52±0.80 <sup>a</sup>	3.38±0.55 <sup>b</sup>
Frambuesa	2.91±0.74 <sup>a</sup>	3.58±0.61 <sup>b</sup>
Fresa	3.41±0.85 <sup>a</sup>	3.50±0.61 <sup>a</sup>
Capulín	3.58±0.63 <sup>a</sup>	3.61±0.60 <sup>a</sup>
Arándano	3.48±0.71 <sup>a</sup>	3.36±0.71 <sup>a</sup>
Ciruela	3.41±0.62 <sup>a</sup>	4.39±0.75 <sup>b</sup>
Uva	2.95±0.75 <sup>a</sup>	3.35±0.58 <sup>b</sup>
Vino tinto	2.35±0.66 <sup>a</sup>	2.48±0.57 <sup>a</sup>
Jugo de uva	2.20±0.72 <sup>a</sup>	3.12±0.66 <sup>b</sup>

Media ± desviación estándar (n=11 por triplicado). Escala de intensidad de 10 puntos (1= apenas perceptible y 10= máximo perceptible). Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística significativa (Anova univariable,  $P \leq 0.05$ ).

Tabla 6. Perfil de resabio de los dos cultivos de zarzamora

Descriptor	Muestra	
	Invernadero	Campo abierto
Dulce	2.42±0.64 <sup>b</sup>	2.20±0.43 <sup>a</sup>
Ácido	2.00±0.57 <sup>a</sup>	2.55±0.52 <sup>b</sup>
Frambuesa	2.03±0.56 <sup>a</sup>	2.38±0.52 <sup>b</sup>
Arándano	2.25±0.68 <sup>a</sup>	2.14±0.55 <sup>a</sup>
Ciruela	2.30±0.54 <sup>a</sup>	2.36±0.67 <sup>a</sup>
Jugo de uva	2.06±0.53 <sup>a</sup>	2.08±0.45 <sup>a</sup>

En la Tabla 7 se reportaron los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante de los dos tipos de cultivo. En cuanto a fenoles totales, se observó diferencia significativa en las muestras cultivadas a campo abierto, con un valor mayor de 2.16±0.24 mg EAG / g de muestra fresca. Esto está relacionado con el sistema de cultivo del fruto, ya que diversos factores como la luz y temperatura, influyen en la acumulación de compuestos fenólicos. Diversos estudios han demostrado que los tejidos vegetales se adaptan a la luz alterando la expresión de genes biosintéticos, lo que proporciona protección contra el estrés oxidativo (Papaioanou et al., 2018; Fang et al., 2020).

Las antocianinas siguieron la misma tendencia, con un valor de 142.46±9.08 mg de cianidina-3-glucósido/L. Este resultado se asocia con un mecanismo de protección de los tejidos epidérmicos contra la radiación UV-B, a la que estuvieron expuestas las

muestras de campo abierto. En contraste, en las muestras cultivadas en invernadero, parte de dicha radiación pudo ser bloqueada (Cruz-Andrés et al., 2018).

La capacidad antioxidante también mostró diferencia significativa, reportando mayores valores en el método DPPH con 5354.46±0.95 µmol EQ Trolox/g de muestra fresca, y en el método de FRAP, con 4688.33±16.11 µmol EQ Trolox/g de muestra fresca para las muestras de campo abierto. La capacidad antioxidante de los compuestos polifenólicos está asociada con sus características estructurales, como los dobles enlaces y grupos O-difenilo, hidroxilo o metoxi, por lo que cualquier cambio en estas estructuras puede afectar la capacidad antioxidante. Se ha evidenciado que el contenido total de antocianinas influye en la eliminación de radicales libres (Rubio-Ochoa et al., 2019).

Tabla 7. Compuestos bioactivos y actividad antioxidante en los dos cultivos de zarzamora

Muestra	Fenoles totales (mg EAG/ g muestra fresca)	Antocianinas totales (mg de cianidina-3-glucósido/L)	ABTS (μmol EQ Trolox/g de muestra fresca)	DPPH (μmol EQ Trolox/g de muestra fresca)	FRAP (μmol EQ Trolox/g de muestra fresca)
Invernadero	1.78±0.19 <sup>a</sup>	97.12±3.69 <sup>a</sup>	3903.26±2.88 <sup>a</sup>	5350.00±1.43 <sup>a</sup>	4607.78±1.11 <sup>a</sup>
Campo abierto	2.16±0.24 <sup>b</sup>	142.46±9.08 <sup>b</sup>	3907.18±0.44 <sup>a</sup>	5354.46±0.95 <sup>b</sup>	4688.33±16.11 <sup>b</sup>

Media ± desviación estándar (n=3).

Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística significativa (Anova univariable, P ≤ 0.05).

### 3. Conclusiones

La zarzamora cultivada en invernadero tuvo mejores características morfológicas y fisicoquímicas acorde con la NMX-FF-129-SCFI-2016. Además, en el perfil sensorial destacó por su sabor dulce a diferencia de la cultivada a campo abierto donde predominó el sabor ácido. Cabe resaltar que tanto en aroma y sabor tuvieron descriptores frutales (frambuesa, fresa, capulín, arandano, ciruela y uva) y fermentado (vino tinto). La zarzamora cultivada en invernadero sobresale por su mayor contenido de fenoles totales, antocianinas y su capacidad antioxidante (DPPH y FRAP).

En conclusión, el acondicionamiento de los cultivos de zarzamora en invernadero favorece a su calidad sensorial y fisicoquímica al contrarrestar los efectos negativos de los factores ambientales como la luz, humedad, concentración de CO<sub>2</sub> y la radiación. Sin embargo, para su calidad nutraceútica, es necesario modificar algunas de estas variables para optimizar la concentración de compuestos bioactivos y aumentar su valor en el mercado nacional e internacional.

### Referencias

- Alvarado-Cepeda, Y.A., Mendoza-Villareal, R., Sandoval-Rangel, A., Vega-Chávez, J.L., & Franco-Gaytán, I. (2020). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenido en dos sistemas de cultivo. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 8(43), 18–29.
- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20 ed). AOAC International.
- Beltrano, J., & Gimenez, D.O. (2020). Cultivo en hidroponía. In *Cultivo en hidroponía*.
- Benzie, I.F.F., & Strain, J.J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76.
- Cruz-Andrés, O.R., Pérez-Herrera, A., Martínez-Gutiérrez, G.A., y Morales, I. (2018). Cubiertas
- De Macrotúneles Y Su Efecto En Las Propiedades Nutraceúticas Del Chile De Agua. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(4-A), 555–558.
- Díaz de Jesús, M.E., López Muñoz, F.J., & Montoya Gallardo, P. (2014). Sistema de supervisión y control remoto de sensores inalámbricos para variables climáticas de un invernadero, a través de la web, Licenciatura tesis, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.
- Du, X., & Qian, M. (2010). Flavor Chemistry of Small Fruits : Blackberry , Raspberry , and Blueberry. In *Flavor and Health Benefits of Small Fruits* (pp. 27–43).
- Fang, Y., Nunez, G.H., da Silva, M.N., Phillips, D.A., & Munoz, P.R. (2020). A review for southern highbush blueberry alternative production systems. *Agronomy*, 10(10), 1–15.
- Giusti, M.M., & Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 1, 1–2.
- NMX-FF-129-SCFI-2016. (2016). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca-zarzamora (RUBUS. SPP) (pp. 1–10).
- Padilla-Jimenez, S.M., Angoa-Pérez, M.V., Mena-Violante, H.G., Oyoque-Salcedo, G., Renteria-Ortega, M., & Oregel-Zamudio, E. (2019). Changes in the Aroma of Organic Blackberries (*Rubus Fruticosus*) During Ripeness. *Analytical Chemistry Letters*, 9(1), 64–73.
- Papaioanou, M., Chronopoulou, E.G., Ciobotari, G., Efroze, R.C., Sfichi-Duke, L., et al. (2018). Cosmeceutical properties of two cultivars of red raspberry grown under different conditions. *Cosmetics*, 5(1).
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical

- cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9–10), 123–1237.
- Rubio Ochoa, E., Pérez Sánchez, R.E., Ávila Val, T.C., Gómez Leyva, J.F., & García Saucedo, P.A. (2019). Propiedades fisicoquímicas de frutos silvestres de *Rubus* con potencial nutracéutico y alimenticio. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 23, 291–301.
- Santos-Zea, L., María Leal-Díaz, A., Cortes-Ceballos, E., & Gutiérrez-Urbe, A. J. (2012). Agave (*Agave* spp.) and its traditional products as a source of bioactive compounds. *Current Bioactive Compounds*, 8(3), 218–231.
- Serrano-Cermeño, Z. (2005). Construcción de invernaderos. Ediciones Mundi-Prensa.
- Solís-Mera, J.A. (2022). Respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. en sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo marotúneles. *Acta Agronomica*, 70(4), 394–406.
- Van den Berg, R., Haenen, G., Van den Berg, H., & Bast, A. (1999). Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chemistry*, 66(4), 511–517.
- Wang, Y., Finn, C., & Qian, M.C. (2005). Impact of growing environment on Chickasaw blackberry (*Rubus* L) aroma evaluated by gas chromatography olfactometry dilution analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9), 3563–3571.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### EFFECTO DEL DESGRASADO DE HARINA DE SEMILLA DE PAROTA EN LA COMPOSICIÓN DE LAS DIFERENTES FRACCIONES PROTEÍCAS

Daniel Alberto Mendoza-García<sup>1</sup>, Jesús Rubén Rodríguez-Núñez<sup>2</sup>, Juan Carlos Raya-Perez<sup>1</sup> y Cesar Leobardo Aguirre Mancilla<sup>1\*</sup>

#### Resumen

Se evaluó el efecto del desgrasado de la harina de semilla de parota en la composición de las diferentes fracciones proteicas. Se obtuvieron las diferentes fracciones proteicas por el método de Osborne de 1924. Las fracciones proteicas se cuantificaron mediante el método de Bradford (1976). Los resultados arrojaron que para ambos casos tanto la harina de semilla de parota no desgrasada y desgrasada el componente mayoritario fueron las "albuminas" con  $173.4 \pm 0.2$  mg g<sup>-1</sup> harina y de  $158.65 \pm 0.1$  mg g<sup>-1</sup> harina, respectivamente.

#### Palabras claves:

Fracciones proteicas, parota, semilla, Osbornem, harina.

#### Abstract

The effect of defatting parota seed flour on the composition of the different protein fractions was evaluated. The different protein fractions were obtained by the Osborne method of 1924. The protein fractions were quantified by the Bradford method (1976). The results showed that for both cases, both the non-defatted and defatted parota seed flour, the main component was "albumins" with  $173.4 \pm 0.2$  mg g<sup>-1</sup> flour and  $158.65 \pm 0.1$  mg g<sup>-1</sup> flour, respectively.

#### Keywords:

Protein fractions, parota, seed, Osbornem, flour

<sup>1</sup>Departamento de Posgrado, Tecnológico Nacional de México/I.T. de Roque, km 8 Carretera Celaya–Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, 38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Biotecnología, Universidad de Guanajuato, Mutualismo #303, Colonia La Suiza, Celaya, Guanajuato, 38060 México.

\*Correo de contacto: d22980887@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

En la actualidad los productos industriales a base de proteínas derivados de la química verde han ido en aumento. La soja, con su alto contenido de proteínas y su calidad superior, se ha utilizado en una variedad de productos desde principios del siglo XX. No obstante, la utilización de nuevas fuentes vegetales como alternativas a la soja permitirán el surgimiento de nuevos cultivos que puedan proveer al mundo de nuevos productos a base de proteínas.

La semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb) es una legumbre que resalta por su contenido proteico crudo 30-39% (Salado *et al.*, 2024) que se cultiva en las zonas tropicales de México desde la extensión de la vertiente del Golfo de México y en la costa del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas (Jiménez-Hernández *et al.*, 2011). Las semillas de parota en estado no maduro son consumidas por la población mexicana tanto cocidas, al vapor o hasta tostadas y es gastronomía tradicional de los estados de Morelos, Jalisco, Guerrero y Michoacán (Serratos-Arevalo *et al.*, 2008). Por otra parte, las semillas maduras no tienen un valor biológico aun, presentan una testa dura e impermeable debido al proceso de lignificación de su pared celular provocando una inhabilitación para su consumo humano (Jiménez-Hernández *et al.*, 2011).

El fraccionamiento proteico se fundamenta en la extracción secuencial propuesta por Osborne (1924) donde clasifico las proteínas vegetales en base a la solubilidad diferencial de cada fracción proteica en diferentes disolventes acuosos y no acuosos. Por lo anterior, las proteínas de almacenamiento (también denominadas de esta forma) se clasifican en albuminas (solubles soluciones acuosas), globulinas (soluciones salinas), prolaminas (solubles en soluciones alcohólicas) y glutelinas (solubles en soluciones alcalinas) (Vinayashree & Vasu, 2021). Las proteínas de reserva vegetales tienen un impacto en la producción y transformación de alimentos donde proporcionan aminoácidos esenciales que deben ser aportados en la dieta de los organismos vivos, una de las maneras de conseguirlo es mediante la hidrólisis enzimática (pepsina o tripsina) que descompone las proteínas en sus monómeros (do Prado *et al.*, 2021).

El proceso de desgrasado en las semillas vegetales es el primer paso para la extracción de proteínas, se elimina el contenido lipídico y aumenta por proporcionalidad el contenido proteico de la muestra de trabajo. Rezig *et al.* (2013) evaluó como el efecto del

desgrasado en la semilla de calabaza afecta su proceso de extracción de fracciones proteicas, rendimiento proteico de extracción, solubilidad, etcétera. Realizar la comparación entre la muestra cruda y desgrasada nos proporcionara información si existe o no efecto.

Por lo anterior, el objetivo del trabajo es evaluar el efecto del desgrasado en la semilla de parota (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb.) en sus diferentes fracciones proteicas por medio de técnicas fisicoquímicas.

## 2. Metodología

Las semillas de parota fueron recolectadas de la Universidad Intercultural de Colima ubicada en el Municipio de Comala, Colima. Dichas semillas fueron transportadas en bolsas de polietileno a las instalaciones del TecNM, Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato y almacenadas en refrigeración a 4°C hasta su posterior uso. Posteriormente, se realizó una molienda de las semillas secas de parota en un molino de aspas (IKA, A 10 basic, Monterrey, México). Enseguida, la harina resultante se pasó a un molino de aspas doméstico (Halmiton Beach 80335, Wisconsin, USA), para reducir aún más el tamaño de partícula, posteriormente se tamizó en una malla No. 100 (150 µm) para finalmente obtener la harina de semilla de parota (HSP). La HSP fue almacenada en frasco hermético hasta su posterior uso.

Una vez obtenida la HSP se prosiguió a desgrasarla por maceración siguiendo la metodología de Raya-Pérez *et al.*, (2014) con algunas modificaciones, donde se utilizó una mezcla cloroformo-metanol (2:1) y harina solvente (1:4). Se hicieron 3 lavados, dos a las 2h y uno de 24h para la remoción de lípidos en la harina. Se concluyó este paso con la verificación de la cuantificación de lípidos por el método de Goldfish al obtener  $\cong$  1% de lípidos en la harina de semilla de parota desgrasada (HSPD).

Se obtuvieron las fracciones proteicas de la harina de semilla de parota (HSP) y la harina desgrasada de semilla de parota (HDSP), por el método de Osborne (1924) de acuerdo con lo reportado por Raya-Pérez *et al.*, (2014) con algunas modificaciones. Las fracciones proteicas (albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas) fueron obtenidas de manera secuencial. Para la obtención de la primera fracción (albúminas) se preparó una muestra de HSP (0.1g) y se suspendió en H<sub>2</sub>O destilada (1:10 p/v) y se agitó por vortex durante

15 min a temperatura ambiente, seguido la suspensión fue centrifugada a 14,000 rpm a 4°C por 20 min utilizando una centrifuga OHAUS (Frontier™ serie 5000, Estados Unidos). La fracción de albuminas de la HSP correspondió al sobrenadante recuperado. Seguido, el precipitado (P-1) resultante se utilizó para la segunda extracción proteica de “globulinas”.

La fracción de globulinas fue obtenida del precipitado P-1. Brevemente, el precipitado fue resuspendido en una solución de 50 mM tris-HCl + 0.4 M NaCl (pH 8) en una relación 1:10 (p/v) agitando la suspensión durante 15 min en vortex a temperatura ambiente para ser enseguida centrifugada a 14,000 rpm a 4°C por 20 min. La fracción de globulinas correspondió al sobrenadante obtenido denominado “C-Gb”, el cual se almacenó a 4°C hasta su uso. El precipitado resultante (P-2) se utilizó para la tercera extracción proteica de “prolaminas”.

La fracción de prolaminas fue obtenida del precipitado P-2 resuspendiendo en isopropanol al 55% (1:10 p/v), la suspensión fue agitada con vortex durante 15 min a temperatura ambiente para enseguida centrifugar a 14,000 rpm a 4°C por 20 min. El sobrenadante resultante correspondió a la fracción prolaminas y fue denominada “C-Pr”, el cual se almacenó a 4°C hasta su uso. El precipitado resultante (P-3) se utilizó para la tercera extracción proteica de “glutelinas”.

La fracción de glutelinas fue la cuarta y última extracción, el precipitado P-3 fue resuspendido en una solución alcalina de 0.1M de Buffer de Boratos + 0.5% SDS (1:10 p/v), la suspensión fue agitada con vortex por 15 min a temperatura ambiente para enseguida centrifugar a 14,000g a 4°C por 20 min. el sobrenadante obtenido fue denominado “C-Gl”. Se almaceno a 4°C hasta su uso.

El contenido de proteínas tanto de las fracciones de la HSP y la HSPD fue realizado por la metodología de Amza et al. (2015), se cuantificó por el método de Bradford (1976) (Bradford Reagent B6916, Sigma-Aldrich, 3050 Spruce Street, St. Louis, MO 63103, U.S.A.), siguiendo las instrucciones del fabricante. El procedimiento se basa en la formación de un complejo entre el colorante azul brillante G y las proteínas en la solución. El complejo proteína-colorante provoca un cambio en la absorción máxima del colorante de 465 a 595 nm, en donde la cantidad de absorción es

proporcional a la cantidad de proteína presente. Las suspensiones de proteínas se dejaron reaccionar por 40 min a 25°C antes de leer la absorbancia a 595 nm en un espectrofotómetro de microplacas (Spectra Max 190). Para la relación volumen proteína-reactivo fue de 5 µL de volumen de proteína y 250 µL de reactivo de Bradford. Para la determinación de la concentración de proteína de cada muestra, se realizó una curva estándar con una muestra patrón de albúmina de suero bovino (BSA) a concentraciones de 0.0, 0.025, 0.125, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0 y 1.5 mg/mL.

### 3. Resultados

Se encontró en la HSP y HSPD los 4 diferentes tipos de fracciones proteicas en base al método de fraccionamiento de Osborne (1924) y se determinó el contenido de proteína mediante el método de Bradford, utilizando como estándar BSA. Los resultados se muestran en la Tabla 1. La fracción mayoritaria para ambos casos fueron las albuminas, no obstante, se puede apreciar que existe una ligera disminución en el contenido de albuminas en la HSPD respecto a la HSP. De acuerdo con el análisis estadístico por prueba de “Tukey” arrojó que la HSP y HSPD son estadísticamente diferentes lo que indica que existe un efecto del solvente de “cloroformo/metanol”.

Por otra parte, las fracciones de albuminas de ambas harinas son estadísticamente diferentes a las demás fracciones y de igual manera las globulinas, mientras que las glutelinas y prolaminas no mostraron diferencias significativas. Además, el fraccionamiento proteico de la semilla de parota se comportó de manera tradicional al de las leguminosas teniendo como componente mayoritario a las albuminas (Pimentel et al., 2016). Un comportamiento similar de las fracciones de semilla de parota es el presentado por Raya-Perez et al. (2012) que trabajaron con semilla de capulín y tuvieron como mayor componente a las albuminas, seguido de las globulinas, glutelinas y por ultimo las prolaminas. Además, se concuerda con la literatura que la fracción menos predominante fueron las prolaminas, ya que, las prolaminas solo son predominantes en los cereales no en las semillas de plantas (Horax et al., 2011).

Tabla 1. Cuantificación de las fracciones proteicas de la HSP y HSPD.

Fracción	(mg/mL)	%Relativo
Albuminas	17.34 ± 0.89 <sup>1</sup>	54.31 <sup>1A</sup>
	15.86 ± 0.41 <sup>2</sup>	49.68 <sup>2A</sup>
Globulinas	12.35 ± 0.14 <sup>1</sup>	38.66 <sup>1B</sup>
	11.95 ± 0.21 <sup>2</sup>	37.42 <sup>2B</sup>
Prolaminas	0.99 ± 0.05 <sup>1</sup>	3.10 <sup>1C</sup>
	1.05 ± 0.01 <sup>2</sup>	3.29 <sup>2C</sup>
Glutelinas	1.25 ± 0.01 <sup>1</sup>	3.93 <sup>1C</sup>
	1.40 ± 0.04 <sup>2</sup>	4.39 <sup>2D</sup>

\*Los valores mostrados corresponden a la media (n = 3) ± la desviación estándar. Las diferentes letras como superíndices entre mismos grupos indican diferencia significativa (p < 0.05). \*Los valores denotados para la HSP están denotados con un <sup>1</sup> y un <sup>2</sup> para los de la HSPD.

#### 4. Conclusiones

El análisis fisicoquímico del fraccionamiento proteico nos proporciona información de sus proteínas de reserva vegetales que en el área industrial alimentaria fomenta la utilización de nuevas fuentes de origen vegetal que puedan competir con otras fuentes vegetales o incluso con los animales, proporcionando aminoácidos esenciales después de un tratamiento de hidrólisis. Los resultados obtenidos indican que la fracción mayoritaria fueron las albuminas tanto para la HSP y la HSPD, también se corroboró la influencia que tiene el solvente en la obtención de la fracción de albumina, teniendo una reducción postratamiento. Este experimento representa una de las primeras etapas de caracterizaciones bioquímicas en semillas de interés proteico, este parámetro estará vinculado estrechamente a las propiedades estructurales, nutricionales y tecnofuncionales de la proteína de semilla de parota.

#### Referencias

- Amza, T., Amadou, I., Balla, A., & Zhou, H. (2015). Antioxidant capacity of hydrolyzed protein fractions obtained from an under-explored seed protein: Gingerbread plum (*Neocarya macrophylla*). *Journal of Food Science and Technology*, 52, 2770-2778.
- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- do Prado, D.M., de Almeida, A.B., de Oliveira Filho, J.G., Alves, C.C., Egea, M.B., & Lemes, A.C. (2021). Extraction of bioactive proteins from seeds (corn, sorghum, and sunflower) and sunflower byproduct: Enzymatic hydrolysis and antioxidant properties. *Current Nutrition & Food Science*, 17(3), 310-320.
- Horax, R., Hettiarachchy, N., Kannan, A., & Chen, P. (2011). Protein extraction optimisation, characterisation, and functionalities of protein isolate from bitter melon (*Momordica charantia*) seed. *Food Chemistry*, 124, 545-550.
- Jiménez-Hernández, J., Meneses-Esparza, F., Rosendo-Escobar, J., Vivar-Vera, M.A., Bello-Pérez, L.A., & García-Suárez, F. J. (2011). Extracción y caracterización del almidón de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum* Extraction and characterization of starch from *Enterolobium cyclocarpum* seeds. *CyTA-Journal of Food*, 9(2), 89-95.
- Pimentel, J.G.R., Herrera, A.H., Mancilla, C.L.A., Prieto, J.C., de la Fuente, G.I., & Pérez, J.C.R. (2016). Caracterización de las proteínas de reserva y contenido mineral de semilla de melón ("Cucumis melo" L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1667-1678.
- Raya-Pérez, J.C., Gutiérrez-Benicio, G.M., Ramírez Pimentel, J.G., Covarrubias-Prieto, J., & Aguirre-Mancilla, C.L. (2014). Caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de frijol de México. *Agronomía mesoamericana*, 25(1), 01-11.
- Salado, P.M.O., Castro, A.A., Gutiérrez, L.A., LeeRangel, H.A., & ValenzuelaNuñez, L.M. (2024). Nutritional evaluation and comparison of extraction processes of parota [*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Mimosaceae] almonds. *Range Management and Agroforestry*, 45(1), 175-179.
- Serratos-Arévalo, J.C., Carreón Amaya, J., Castañeda Vázquez, H., Garzón De la Mora, P., & García Estrada, J. (2008). Composición químico-

nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*). *Interciencia*, 33(11), 850-854.  
Vinayashree, S., & Vasu, P. (2021). Biochemical, nutritional and functional properties of protein

isolate and fractions from pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Kashi Harit) seeds. *Food Chemistry*, 340, 128177.

## POTENCIAL DE LA AVENA Y NOPAL PARA EL DESARROLLO DE PASTAS TIPO FETTUCCINE

Susana A. Altamirano-Romo<sup>1</sup>, Diana M. Guerra-Pérez<sup>1</sup>, Violeta Herrera-Enciso<sup>1</sup> y Jorge Gutiérrez-Tlahque<sup>2\*</sup>

### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue desarrollar una pasta tipo fettuccine libre de gluten, con avena y nopal enriquecida con quinua. Los tratamientos se establecieron en función de la combinación de harinas de Avena (A), Nopal (N) y Quinua (Q), en diferentes proporciones: T1 (70% A, 20% N y 10% Q), T2 (50% A, 35% N y 15% Q), T3 (70% A, 25% N y 5% Q), T4 (50% A, 40% N y 10% Q), T5 (60% A, 30% N y 10% Q), T6 (55% A, 40% N y 5% Q) y T7 (65% A, 20% N y 15% Q). Se realizó una evaluación sensorial, mediante la prueba de ordenamiento de Friedman con un  $P \leq 0.05$ . Se determinó el tiempo óptimo de cocción utilizando un diseño experimental completamente al azar y la prueba de comparación de medias de LSD con un  $P \leq 0.05$ . Los resultados indican que la pasta más preferida sensorialmente es T5, tomando en cuenta la textura y sabor, además no mostró diferencia para el atributo color entre los tratamientos. El tiempo óptimo de cocción fue 3 min para los tratamientos excepto para T6 y T7, por lo que T5 resulta ser una alternativa para los consumidores intolerantes al gluten.

### Palabras Clave:

*Avena sativa* L., *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., *Chenopodium quinoa* Willd, alimento funcional.

### Abstract

The objective of this research was to develop a gluten-free fettuccine-type pasta with oats and cactus enriched with quinoa. The treatments were established based on the combination of Oat (A), Cactus (N) and Quinoa (Q) flours, in different proportions: T1 (70% A, 20% N y 10% Q), T2 (50% A, 35% N y 15% Q), T3 (70% A, 25% N y 5% Q), T4 (50% A, 40% N y 10% Q), T5 (60% A, 30% N y 10% Q), T6 (55% A, 40% N y 5% Q) y T7 (65% A, 20% N y 15% Q). A sensory evaluation was performed using the Friedman rank order test with a  $P \leq 0.05$ . The optimal cooking time was determined using a completely randomized experimental design and the LSD means comparison test with a  $P \leq 0.05$ . The results indicate that the most sensorially preferred pasta is T5, taking into account texture and flavor, and there was no difference for the color attribute between the treatments. The optimal cooking time was 3 min for the treatments except for T6 and T7, so T5 is an alternative for gluten-intolerant consumers.

### Keywords:

*Avena sativa* L., *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., *Chenopodium quinoa* Willd, functional food.

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México Campus Roque, Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México.

\*Autor de correspondencia: [jorge.gt@roque.tecnm.mx](mailto:jorge.gt@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición aplicada en México por el Instituto de Salud Pública y el INEGI a personas a partir de 20 años de edad de ambos sexos, muestran resultados preocupantes en el que el país presenta un 18.4% en diabetes, 29.4% en hipertensión, 19.5% en colesterol alto, y un 75.2 % de sobre peso y obesidad donde es mayor la prevalencia en mujeres con un 76.8%, mientras que en hombres fue del 73.5 (Basto-Abreu et al., 2023). La diabetes es una enfermedad crónica no transmisible de carácter inflamatorio acompañada de resistencia a la insulina o disminución de la respuesta metabólica a la insulina en varios tejidos, el hígado y el músculo esquelético, así como por una reducción en la síntesis de insulina por las células beta pancreáticas, que representan una verdadera epidemia que va en aumento debido al envejecimiento de la población y los estilos de vida actuales que acentúan el sedentarismo y la mala alimentación (Daryabor et al., 2019).

La pasta es un producto de consumo masivo en México ya que el 99.6 % de las familias adquirieron algún tipo de pasta en los últimos años (Aguilar-Quintana et al., 2021). Sin embargo, la pasta de trigo es un alimento nutricionalmente no balanceado, debido a su escaso contenido de fibra dietética, y al bajo valor biológico de su proteína, originado por la deficiencia de aminoácidos esenciales como el caso de la lisina y el grano que la compone es un cereal altamente calórico, además de la intolerancia al gluten (Messia et al., 2021). Debido a lo anterior se deben buscar nuevos ingredientes que permitan obtener una pasta alimenticia con mayor calidad nutricional, mediante una sustitución parcial o total de trigo por ingredientes ricos en nutrientes, como avena (*Avena sativa* L.), nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) y quinua (*Chenopodium quinua* Willd).

La avena (*Avena sativa* L.), es un ingrediente rico en proteínas y lípidos, además, el  $\beta$ -D glucano de la avena es importante por sus beneficios a la salud humana por la presencia de potentes antioxidantes llamados avenantramidas (Thies et al., 2014; Li et al., 2017). Por otro lado, la semilla de quinua (*Chenopodium quinua* Willd), es un pseudo-cereal que representa una tendencia actual en la alimentación debido a su aporte nutricional, ya que contiene entre el 14% y 18% de proteína, ácidos grasos poliinsaturados y fibra dietética, adicionalmente su valor nutracéutico se lo confiere su alto contenido de compuestos fenólicos y flavonoides, además de que es un grano libre de gluten (Chatain et al., 2019; Contreras-Jiménez et al., 2019). Finalmente,

el cladodio de nopal (*Opuntia ficus-indica*), represente una fuente importante de fibra a partir de compuestos como la hemicelulosa, lignina, ácido galacturónico, xilosa, mucilago, así como proteínas con aminoácidos mayoritarios como alanina, isoleucina, asparagina y treonina (Cornejo-Villegas et al., 2010; De Wit et al., 2015; Figueroa-Pérez et al., 2018). Al no existir evidencia científica sobre el uso de avena y nopal como ingredientes que sustituyan parcial o totalmente al trigo que representa el ingrediente comercial de mayor uso en la elaboración de pastas. El objetivo del presente trabajo es realizar una pasta tipo Fettuccine libre de gluten a base avena y nopal, donde se aplique quinua como ingrediente adicional para aumentar el contenido de proteína.

## 2. Metodología

Las harinas de avena, quinua y nopal se elaboraron de forma separada, donde las hojuelas de avena y las semillas de quinua se pulverizaron con un molino (Marca ENCAMEX, Modelo MC-100, México) y posteriormente se tamizaron con un tamiz malla número 60 (Marca Gilson, Estados Unidos), para tener harinas con un tamaño de partícula equivalente a 0.250 mm. Para el caso de los nopales se cortaron en cuadros de aproximadamente 1.5 cm x 1.5 cm, posteriormente se escaldaron durante 10 min a 90 °C en una solución de agua con concentración del 2% de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ), se escurrieron con ayuda de un colador para eliminar el líquido de cocción, después se colocaron en charolas con orificios pequeños para facilitar la entrada de aire y calor, posteriormente se secaron en un horno de convección forzada (Marca Memmert, Modelo UF110, Alemania) a 70°C, con un flujo de aire al 100% durante 24 h. Finalmente los cladodios de nopal deshidratados se molieron con una licuadora (Marca Osterizer Blender, Modelo 6662-13, México) y la harina se tamizó en las mismas condiciones que la avena y la quinua. Para preparar las pastas se colocaron las harinas de avena, de nopal y de quinua en una batidora (Marca Kitchen Aid 6 QT BOWL-LIFT, Modelo KP26M1XNP, Estados Unidos), se mezclaron durante 1 min, después se agregaron 70 mL de agua por cada 100 g de muestra, y se dejó amasar durante 10 min. Se utilizó un extrusor manual (Marca Ibili, Modelo 773100, España), primeramente con las manos se trabajó la masa haciendo una masa de forma ovalada y se aplastó ligeramente, posteriormente se ingresa a los rodillos que giraron en sentido opuesto para permitir el laminado de la masa y

se ajustó hasta obtener un grosor de 3 mm. La lámina de pasta fue cortada dando la forma del Fettuccine con dimensiones de 25 cm de largo 2 cm de ancho. Por último, la pasta tipo fettucine se sometió a un secado con un horno eléctrico (Marca Memmert, Modelo UF110, Alemania), con aire a convección forzada a 90 °C, con flujo de aire al 100% durante 90 minutos, después las charolas se colocaron en un desecador durante 12 h para terminar de absorber humedad de las pastas. Los tratamientos se establecieron en función de la combinación de harinas de Avena (A), Nopal (N) y Quinua (Q), en diferentes proporciones: T1 (70% A, 20% N y 10% Q), T2 (50% A, 35% N y 15% Q), T3 (70% A, 25% N y 5% Q), T4 (50% A, 40% N y 10% Q), T5 (60% A, 30% N y 10% Q), T6 (55% A, 40% N y 5% Q) y T7 (65% A, 20% N y 15% Q). Se realizó una evaluación sensorial, mediante la prueba de ordenamiento de Friedman con un  $P \leq 0.05$ . Se determinó el tiempo óptimo de cocción utilizando un diseño experimental completamente al azar y la prueba de comparación de medias de LSD con un  $P \leq 0.05$ .

Para determinar la pasta mayormente preferida se realizó un análisis sensorial, de acuerdo a De Souza et al., (2006), utilizando el método no paramétrico de Friedman, mediante el paquete estadístico InfoStat (versión 2018), donde los atributos evaluados fueron color, sabor y textura.

El tiempo óptimo de cocción se midió de acuerdo al método propuesto por Vasiliu & Navas, (2009), se pesaron 150 g de cada pasta en una balanza (Marca Ohaus, Modelo H-8111, Estados Unidos), donde fueron sumergidas en 1 L de agua a 90°C; transcurridos 2 a 4 min de cocción, una cinta de pasta fue colocada sobre una lámina de vidrio, luego una segunda lámina de vidrio se utilizó para presionar suavemente a la primera, esta operación se repitió cada 30 s hasta obtener el punto al dente.

### 3. Resultados

De acuerdo a los resultados de la Tabla 1, la mejor pasta cocida es el tratamiento T5, ya que mostró la mejor aceptación en cuanto a textura y sabor, y no mostró diferencia estadísticamente significativa para el atributo color con respecto a las otras pastas. Así mismo, la pasta que mostró menor aceptación fue la T6 para los atributos sabor y textura, ya que presentó la menor sumatoria de rangos y fue significativamente diferente con respecto a la mejor, sin embargo, para el

atributo color no mostró dicha diferencia estadísticamente significativa con respecto a las otras pastas. Así las pastas que presentan avena en su formulación, desfavorecen la aceptación por parte de los panelistas que no asocian este olor con las pastas tradicionales debido a que esta materia prima presenta un ligero olor y sabor aromático (Kudake et al., 2017; Guo et al., 2018). La presencia de harinas de avena, quinua y nopal que son libres de gluten disminuye la calidad sensorial de las pastas ya que esta proteína favorece atributos como la dureza y elasticidad de las pastas, favoreciendo mejores puntuaciones sensoriales de suavidad y sabor en las pastas tradicionales (Wang et al., 2021).

De acuerdo a los datos de la Tabla 2, se observa que la mayoría de las pastas obtuvieron 3 min como punto óptimo de cocción a diferencia de los tratamientos T6 y T7; no obstante, este tiempo de cocción para todos los tratamientos fue menor con respecto a pastas comerciales con harina de trigo, donde el tiempo más adecuado de cocción de las pastas varía ampliamente, de 8.0 min a 17.4 min, con diversos contenidos de proteínas y amilosa de almidón. Así el tiempo de cocción se ve significativamente influenciado por el contenido de proteínas de las harinas (Park & Baik, 2004).

Acosta (2007) declara que contenido de proteína y la calidad del gluten son las variables más importantes en la determinación de la calidad de la pasta en la cocción. Debido a que, en el proceso de secado, a través del calor la proteína coagula creando una red proteica alrededor de los gránulos de almidón, la cual sirve como capa protectora para evitar que los gránulos de almidón migren al agua de cocción y así mejorar la firmeza y consistencia de la pasta cocina. Mora (2012) declara que la etapa de cocción es muy interesante en pastas que no contienen trigo, debido a que carecen de la calidad del retículo proteico que aporta el gluten y contienen a los gránulos de almidón más expuestos a la gelatinización.

Chillo et al. (2009) elaboraron pastas con quinua (50%) y avena (50%) con la adición de Carboximetil Celulosa (CMC) como agente estructurante. Los tiempos óptimos de cocción para las pastas de quinua estuvieron entre 5.0 y 5.5 min, y los de las pastas de avena estuvieron entre 4.5 y 5.0 min, los cuales no están alejados a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Tabla 1. Resultados del análisis sensorial de las pastas cocidas.

Tratamientos	Color	Sabor	Textura
	Suma de rangos		
T1: A:70% N:20% Q:10%	192 a*	196 abc	181 cd
T2: A:50% N:35% Q:15%	207 a	185 bc	188 bcd
T3: A:70% N:25% Q:5%	219 a	206 abc	203 abcd
T4: A:50% N:40% Q:10%	199 a	204 abc	208 abcd
T5: A:60% N:30% Q:10%	206 a	230 a	236 a
T6: A:55% N:40% Q:5%	190 a	174 c	167 d
T7: A:65% N:20% Q:15%	187 a	205 abc	217 abc

\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes con un valor de  $P \leq 0.05$ , de acuerdo a la prueba de Friedman. Donde, A: Avena, N: Nopal y Q: Quinua.

Tabla 2. Tiempo óptimo de cocción de las pastas elaboradas.

Tratamientos	Tiempo (min)
T1: A:70% N:20% Q:10%	3 ab*
T2: A:50% N:35% Q:15%	3 ab
T3: A:70% N:25% Q:5%	3 ab
T4: A:50% N:40% Q:10%	3 ab
T5: A:60% N:30% Q:10%	3 ab
T6: A:55% N:40% Q:5%	2.5 b
T7: A:65% N:20% Q:15%	4 a

\*Medias con una letra común no son significativamente diferentes con un valor de  $p \leq 0.05$ , de acuerdo a la prueba de comparación de medias LSD. Donde, A: Avena, N: Nopal y Q: Quinua.

#### 4. Conclusiones

Las pastas tipo fettucine que incorporan avena y nopal enriquecidas con quinua presentan tiempos de cocción más cortos que las pastas comerciales de esta categoría, lo que cautivaría al consumidor como consecuencia de que la cocción de la pasta ayuda a hacer más práctica su preparación. No obstante, debido a la naturaleza de sus ingredientes que permiten obtener una pasta libre de gluten, sensorialmente no es igual a las comerciales, debido a la ausencia de esta proteína presente en la sémola de trigo, ingrediente fundamental en las formulaciones de las pastas presentes en el mercado.

#### Referencias

- Acosta, K.D. (2007). Elaboración de una pasta alimentaria a partir de sémolas de diferentes variedades de cebada. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mexico.
- Aguilar-Quintana, D., Velarde Mendivil, A.T. & Camarena Gómez, D.M.J. (2021). Distribución comercial de una sopa tradicional con innovación. *Vértice universitario*, 23(90), 3-14.
- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., et al. (2023). Prevalencia de prediabetes y
- diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud Pública de México*, 65, s163-s168.
- Chatain, C., Pernollet, M., Pralong, P. y Leccia, M. T. (2019). Anaphylaxie alimentaire au Quinua. *Revue Française d'Allergologie*, 59(3), 243-244. DOI: 10.1016/j.reval.2019.02.021.
- Chillo, S., Civica, V., Iannetti, M., Suriano, N., Mastromatteo, M., y Del Nobile, M. A. (2009). Properties of quinua and oat spaghetti loaded with carboxymethylcellulose sodium salt and pregelatinized starch as structuring agents. *Carbohydrate Polymers*, 78(4), 932-937. DOI:10.1016/j.carbpol.2009.07.013.
- Contreras-Jiménez, B., Torres-Vargas, O.L. & Rodríguez-García, M.E. (2019). Physicochemical characterization of quinua (*Chenopodium quinua*) flour and isolated starch. *Food Chemistry*, 298, 124982. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.124982.
- Cornejo-Villegas, M.A., Acosta-Osorio, A.A., Rojas-Molina, I., Gutiérrez-Cortéz, E., Quiroga, M. A. et al. (2010). Study of the physicochemical and pasting properties of instant corn flour added with calcium and fibers from nopal powder. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 401-409. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2009.08.014.

Revista de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Volumen 1, Número 2-B, Julio-Diciembre 2024

Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2023-122017411500-102

ISSN: en trámite | [www.revistaiia.mx](http://www.revistaiia.mx)

- Daryabor, G., Kabelitz, D. & Kalantar, K. (2019). An update on immune dysregulation in obesity-related insulin resistance. *Scandinavian Journal of Immunology*, 89(4), e12747. DOI:10.1111/sji.12747.
- De Souza, C., Buriti, F., Behrens, J., & Saad, S. (2006). Sensory evaluation of probiotic Minas fresh cheese with *Lactobacillus acidophilus* added solely or in co-culture with a thermophilic starter culture. *International Journal of Food Science and Technology*. DOI:10.1111/j.1365-2621.2007.01534.x.
- De Wit, M., Bothma, C., Hugo, A., Sithole, T., Absalom, C. & Van den Berg, C. (2015). Physicochemical and sensory evaluation of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill and *Opuntia robusta* Wendl) cladode flour in different baked products. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 17, 89–106. DOI:10.56890/jpacd.v17i.64.
- Figuroa-Pérez, M.G., Pérez-Ramírez, I.F., Paredes-López, O., Mondragón-Jacobo, C. & Reynoso-Camacho, R. (2018). Phytochemical composition and in vitro analysis of nopal (*O. ficus-indica*) cladodes at different stages of maturity. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 1728-1742. DOI:10.1080/10942912.2016.1206126.
- Guo, Q., Kang, J., Bai, Y. & Xu, F. (2018). Dietary fiber: Chemistry, structure, and properties. *Journal of Chemistry*, 2018. DOI:10.1155/2018/1328797.
- Kudake, D.C., Pawar, A.V., Muley, A.B., Parate, V.R. & Talib, M.I. (2017). Enrichment of wheat flour noodles with oat flour: Effect on physical, nutritional, antioxidant and sensory properties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(12), 204-213. DOI:10.20546/ijcmas.2017.612.026.
- Li, X.P., Li, M.Y., Ling, A. J., Hu, X. Z., Ma, Z., et al. (2017). Effects of genotype and environment on avenanthramides and antioxidant activity of oats grown in northwestern China. *Journal of Cereal Science*, 73, 130-137. DOI:10.1016/j.jcs.2016.12.005.
- Messia, M.C., Cuomo, F., Falasca, L., Trivisonno, M.C., De Arcangelis, E., & Marconi, E. (2021). Nutritional and technological quality of high protein pasta. *Foods*, 10(3), 589. DOI:10.3390/foods10030589
- Mora, A. (2012). Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinua. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Park, C.S. & Baik, B.K. (2004). Cooking time of white salted noodles and its relationship with protein and amylose contents of wheat. *Cereal Chemistry*, 81(2), 165-171. DOI:10.1094/CCHEM.2004.81.2.165.
- Thies, F., Masson, L.F., Boffetta, P. & Kris-Etherton, P. (2014). Oats and CVD risk markers: a systematic literature review. *British Journal of Nutrition*, 112(S2), S19-S30. DOI:10.1017/S0007114514002281.
- Wang, X., Lao, X., Bao, Y., Guan, X. & Li, C. (2021). Effect of whole quinoa flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 119, 106840. DOI:10.1016/j.foodhyd.2021.106840.

## QUÍMICA DE ALIMENTOS

### CALIDAD FISICOQUÍMICA EN GRANOS DE MAÍZ AMARILLO Y BLANCO CON ENFOQUE A LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

*Silvia Nayely García-Venegas<sup>1\*</sup>, Mariano Mendoza Elos<sup>1</sup>, Francisco Cervantes Ortiz<sup>1</sup> y Gilberto Rodríguez Pérez<sup>2</sup>*

#### Resumen

El experimento se estableció en el laboratorio de Industrias Alimentarias del TECNM campus Roque en 2018. Se utilizaron dos genotipos de color amarillo y uno blanco, el diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. El objetivo fue evaluar la calidad fisicoquímica de los materiales para su aprovechamiento en la industria alimentaria. Las variables evaluadas fueron: Peso de mil granos, Peso hectolítrico, Índice de flotación, Humedad, Luminosidad, °Brix, Cenizas, Aceite y Proteína. En la evaluación de calidad, Gorrión fue el material sobresaliente para PH (79.65 Kg hL<sup>-1</sup>), y %H (13.26 %). Cobra obtuvo un IF (81.66%), alta L\* (59.71), Aceite (16.33%) y mayor nivel de °Brix (4.86), mientras que CML264XCML311 presentó mayor PMG (409.53) y tuvo resultados sobresalientes en Cenizas (1.49%) así como en Proteína (14.66%). Concluyendo que estos genotipos cuentan con las características de calidad adecuadas para su transformación alimentaria con enfoque a la nutrición humana.

#### Palabras clave

Maíz, grano, Calidad fisicoquímica.

#### Abstract

The experiment was established in the Food Industries laboratory of the TECNM Roque campus in 2018. Two yellow genotypes and one white were used, the experimental design was completely randomized with three repetitions. The objective was to evaluate the physicochemical quality of the materials for their use in the food industry. The variables evaluated were: Weight of a thousand grains, Hectoliter weight, Flotation index, Humidity, Luminosity, °Brix, Ash, Oil and Protein. In the quality evaluation, Sparrow was the outstanding material for PH (79.65 Kg hL<sup>-1</sup>), and %H (13.26 %). Cobra obtained an IF (81.66%), high L\* (59.71), Oil (16.33%) and a higher level of °Brix (4.86), while CML264XCML311 presented a higher PMG (409.53) and had outstanding results in Ash (1.49%). as well as in Protein (14.66%). Concluding that these genotypes have the appropriate quality characteristics for their food transformation with a focus on human nutrition.

#### Keywords

Corn, grain, quality physical chemistry

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Roque, Carr. Juventino Rosas - Celaya Km. 8, Celaya, Guanajuato, CP. 38110, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Calle 600, Bácum, San Ignacio Río Muerto, Sonora, CP. 85276, México.

\*correo de contacto: d24980864@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

El maíz representa uno de los cultivos mayormente producido a nivel mundial (CONACyT, 2014). Por su parte, los maíces de color amarillo brindan ventajas de calidad tales como la textura y apariencia, así como la presencia de  $\beta$ -carotenos representando a la vitamina A (Coutiño et al., 2008). Las características físicas y químicas del grano sano y entero de maíz, pueden variar ampliamente dependiendo de la variedad o híbrido que se utilice. Estas características se ven influenciadas también por el ambiente y el manejo agronómico, así como por el secado y las condiciones de almacenamiento (Gutiérrez-Coronado et al., 2010). El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica del grano, desarrollando el experimento dentro del Instituto Tecnológico de Roque.

## 2. Metodología

El experimento se estableció en el laboratorio de Industrias Alimentarias del TECNM campus Roque en 2018. Se utilizaron dos genotipos de color amarillo y uno blanco, el diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: peso de mil granos, peso hectolítrico, índice de flotación, Humedad, Luminosidad, °Brix, Cenizas, Aceite y Proteína. Los materiales utilizados fueron: Cobra, Gorrión (ambos amarillos) y CML264 X 311 (blanco).

## 3. Resultados

En la evaluación física (Tabla 1) se obtuvo para peso de mil granos, donde el valor más alto lo obtuvo CML264 x CML311 con 409.53 g, por el contrario, los granos más pequeños se presentaron en Gorrión con 334.37 g. Al respecto, el CIMMYT (2016) utilizan márgenes de tamaño de granos de maíz según el peso, manifestando que materiales que pesan entre 330 a 380 g son considerados granos medianos. Se observa que Gorrión tuvo en promedio el mayor peso hectolítrico (PH) con un valor de 79.65 kg hL<sup>-1</sup>, sin embargo, CML264 x CML311 obtuvo el valor más bajo con 77.36. De acuerdo a la norma mexicana NMX/034 (2002) que marca un límite de peso hectolítrico de 74, todos los genotipos evaluados cumplen con la norma, sin embargo, la metodología de CIMMYT (2016), la cual fue utilizada como referencia para esta investigación, maneja un límite de 78, considerándolo como un grano de textura dura, de acuerdo a esto, entra Gorrión con 79.86 con un peso de 78.86 kg hL<sup>-1</sup>; cabe señalar, que

los granos en un rango de 74 a 78 se consideran de dureza intermedia, donde se encuentra el resto de los genotipos. Cobra presentó en promedio el mayor índice de flotación con 81.66 %, mientras que los niveles más bajos se presentaron en CML264 x CML311 con 54.44%; sin embargo, la norma mexicana NMX/034 (2002) tiene como referencia un nivel menor de 40 determinando que genotipos con estos valores son considerados duros a intermedios, lo que demuestra que ninguno de los materiales se encuentra en este rango. No obstante, la escala descrita por el CIMMYT (2016), dice que los genotipos encontrados entre los valores de 38 a 62, como CML264 x CML311 tienden ser de una dureza intermedia, mientras que los encontrados entre 63 a 87, son granos suaves. El genotipo que presentó mayor % de humedad fue Gorrión con 13.26 % mientras que el promedio más bajo se obtuvo en Cobra con 12.33 %, sin embargo, de acuerdo con el manual de calidad de grano para técnicos post cosecha de CIMMYT (2016), la humedad es importante para prevenir presencia principalmente de hongos o plagas, dejando claro que el rango ideal de humedad es de 12 a 14 %. Para el caso de luminosidad, Cobra obtuvo el valor más alto con 59.71 y en segundo lugar CML261 x CML311 con 59.28, indicando que estos granos fueron más claros de acuerdo a la escala del colorímetro, debido a que, entre mayor valor, el grano es más blanco. El genotipo que presentó la luminosidad más baja fue Gorrión con 56.19. Existe un rango establecido por la NMX/034 del 2002 de 55, de acuerdo a los resultados obtenidos para esta variable se obtuvieron valores mayores a la referencia, lo que los hace idóneos para la nixtamalización.

Los resultados que arrojó el análisis químico de dichos materiales (Tabla 2) demuestran que el genotipo con mayor nivel de grados brix fue Cobra con 4.86 %, lo que significa que es el material con mayor cantidad de azúcares, mientras que Gorrión con valor de 4.59 %, entre Cobra y Gorrión existe mínima diferencia de 0.27 grados brix, lo que indica que Cobra presenta ligeramente mayor concentración de azúcares; Por otra parte, se observa que CML264 x CML311 presentó en promedio mayor contenido de ceniza con 1.49 %, en cambio, Cobra obtuvo menor porcentaje con 1.24 %. sin embargo; Fuentes (2012) reportó un porcentaje ligeramente más alto de 2.13 de cenizas totales en el grano, definiendo que la mayor parte se encuentra concentrado en el germen.

Tabla 1. Comparación de medias de las propiedades físicas de grano en tres genotipos contrastantes.

Genotipo	PMG (g)	PH (KghL <sup>-1</sup> )	IF (%)	H(%)	L*
Cobra	347.75 b	76.03 c	81.66 a	12.33 c	59.71 a
Gorrion	334.37 c	79.65 a	71.44 b	13.26 a	56.19 c
CML264 X CML 311	409.53 a	77.36 b	57.44 c	13.08 b	59.28 c
DMS (0.05)	9.06	0.4	2.03	0.25	4.96

Medidas con la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa con  $P \leq 0.05$ . PMG= peso de mil granos; PH= peso Hectolítrico; IF= índice de flotación; H= humedad de grano; L\*= luminosidad de grano; PF= punción de fuerza; DMS, Diferencia mínima significativa.

Tabla 2. Comparación de medias de las propiedades químicas de grano en seis genotipos contrastantes.

Genotipo	°Brix	Ceniza (%)	Aceite (%)	Proteína (%)
Cobra	4.86 a	1.24 c	16.33 a	13.67 b
Gorrion	4.59 c	1.32 b	13.22 b	10.85 c
CML264 X CML 311	4.80 b	1.49 a	12.77 c	14.66 a
DMS (0.05)	0.05	0.03	2.41	0.1

Medidas con la misma letra en la misma columna no tienen diferencia significativa  $P \leq 0.05$ .

Cobra es el material con mayor presencia de aceite o grasa con un valor de 16.33 %, CML264 x CML311 obtuvo 12.77 %, teniendo este el valor más bajo junto con Gorrión con 13.22. Fuentes (2012) realizó diferentes análisis en grano (germen, pericarpio y endospermo), donde comento que el porcentaje aproximado de grasa en el grano debe ser del 4.8%, sin embargo, reportó porcentajes que oscilaron entre los 8.3 y 18.4, esto pudo ser debido a que el mayor porcentaje se encuentra en el germen, lo que pudiera explicar los porcentajes obtenidos en este proyecto. El genotipo con el porcentaje más alto en proteína fue CML264 x CML311 con 14.66 %, mientras que el más bajo lo obtuvo Gorrión con 10.85 % sin embargo, Fuentes (2012) encontró valores de 9.14 %, de acuerdo con la referencia en la literatura (rango va 6 a 10 % de proteína que constituye el maíz), deduciendo que estos genotipos cuentan con el porcentaje de proteínas que pudieran ayudar como enfoque a la nutrición humana ni animal.

#### 4. Conclusiones

Los genotipos que obtuvieron mejores resultados de calidad fisicoquímica fueron Cobra y Gorrión, presentando los mejores promedios en la mayoría de las pruebas realizadas, comparándose con CML264 x CML311 quien fue el testigo. Para producir una masa de alta calidad, tanto en nixtamalización como en la molienda del nixtamal, la parte fisicoquímica debe ser óptima, por tal motivo los materiales utilizados en este

trabajo obtuvieron estándares óptimos para su proceso en la industria alimentaria.

#### Referencias

- CIMMYT. (2016). Calidad de grano para técnicos postcosecha. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, pp. 1-52.
- CONACYT. (2014). Maíz. México, CONACYT. Recuperado el 14 de septiembre del 2017. <http://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- Coutiño, B., Vázquez, G., Torres, B. & Salinas, Y. (2008). Calidad del grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. *Fitotecnica mexicana*, 31(3), pp. 9-14.
- Fuentes, L. (2012). Comparación de cualidades nutricionales de once variedades de maíz. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 9, pp. 50-52.
- Gutiérrez-Coronado, M., Coronado-Amaya, E., Vázquez-Ortiz, F., López-Franco, Y. & Ortega-Corona, A. (2010). Caracterización física y química de maíz de calidad proteínica mejorada. *Journal of Food*, 7(2), pp. 111 - 118.
- NMX-FF-034/1-2002. (2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano, cereales. Parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado, especificaciones y métodos de prueba. *Normas mexicanas oficiales*, pp. 1-16.

## PRODUCCIÓN DE PAN CON INGREDIENTES NO CONVENCIONALES

Carla Andrea Moreno-García<sup>1</sup>, Rosa María Mariscal-Moreno<sup>1\*</sup>, María Cristina Vázquez-Hernández<sup>2</sup>

### Resumen

En México, existen prevalencias de sobrepeso, obesidad y enfermedades no transmisibles alarmantes, en donde para disminuirlas es importante realizar cambios en el estilo de vida en donde la nutrición es clave, además, de comprender el cambio que ha sufrido la dieta de la humanidad debido a la revolución agrícola. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la adición de ingredientes tradicionales; quelites cenizos (*Chenopodium album* L.) (Q) harina de grillo (*Acheta domestica*) (G) y subproducto de mango paraíso (*Mangifera indica* L) (M) en las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de productos panificables, con la finalidad de desarrollar un alimento que brinde mayor cantidad de fibra y proteína. Los resultados mostraron que la adición de estos ingredientes no tradicionales MQ y MG ofrece a los individuos una alternativa de pan de mejor calidad nutricional, específicamente en contenido de fibra donde hubo un incremento del 245%, proteína 3.16%.

### Palabras claves:

Pan, subproducto de mango, harina de grillo, quelite cenizo.

### Abstract

In Mexico, there are alarming prevalences of overweight, obesity and non-communicable diseases, where to reduce them it is important to make changes in lifestyle where nutrition is key, in addition to understanding the change that the human diet has undergone due to the agricultural revolution. The objective of this research was to evaluate the effect of the addition of traditional ingredients; quelites cenizos (*Chenopodium album* L.) (Q) cricket flour (*Acheta domestica*) (G) and by-product of paradise mango (*Mangifera indica* L) (M) in the physicochemical, sensory and nutritional characteristics of bakery products, in order to develop a food that provides a greater amount of fiber and protein. The results showed that the addition of these non-traditional ingredients MQ and MG offers individuals an alternative bread of better nutritional quality, specifically in fiber content where there was an increase of 245%, protein 3.16%.

### Keywords:

Bread, mango by-product, cricket flour, quelite cenizo.

<sup>1</sup>Departamento de Salud Licenciatura en Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Universidad Iberoamericana Ciudad de México, Prol. P.º de la Reforma, Santa Fe, Zedec Sta Fé Álvaro Obregón, 01376 Ciudad de México, México

<sup>2</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato, CP 38110 - México

\*Autor de correspondencia: rosa.mariscal@ibero.mx

## 1. Introducción

La alimentación es el consumo de alimentos que suministran al cuerpo energía y macronutrientes y micronutrientes para realizar diferentes actividades, pero actualmente esta dieta ha vivido, cambios dinámicos, particularmente grandes variaciones en su estructura que ocasiona cambios en la actividad física y composición corporal del individuo, cabe mencionar que estas adaptaciones en el estilo de vida son paralelos al status de salud, aspectos socioeconómicos y demográficos (Ibarra, 2016).

Desde el inicio de la humanidad y hasta aproximadamente hace 10,000 años, la dieta era variada, baja en grasas, alta en fibra, tenían menos deficiencias y actividad física moderada a vigorosa. Todo cambio en la Revolución Industrial y la segunda Revolución Agrícola la cual, provocó el cambio en la dieta, en un incremento en grasas, carbohidratos y baja en fibra, esto se reflejó con enfermedades crónicas como obesidad (Ibarra, 2016). Otros tipos de factores debido a esta transición fue a nivel económico que a su vez transforma las condiciones de producción y demanda alimentaria (Arizpe et al., 2021).

Esta transición ha incrementado la prevalencia de sobrepeso y obesidad que afecta a más del 70% de los adultos y a más de 1/3 de niños y adolescentes (Colchero et al., 2019). En donde el consumo de alimentos ricos en energía no esenciales representa el 26% de la ingesta energética total y se ha asociado con

una menor calidad nutricional de las dietas (Ríos-Reyna et al., 2022).

Por eso es crucial tener en cuenta cómo el sector alimentario afecta lo mencionado anteriormente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) introdujo el concepto de reformulación de alimentos, el cual consiste en disminuir la cantidad de nutrientes no saludables en alimentos procesados como la sal, grasas saturadas, grasas trans y azúcar. Sin embargo, al hacer estos ajustes, es importante no comprometer otros aspectos como la calidad del producto, su textura, sabor y precio (Marrón et al., 2018).

Otro aspecto para considerar es que cuando se desea hacer un cambio en los productos como lo debería hacer el sector alimentario se debe tener en cuenta algunas consideraciones como es nutrición y salud, tecnología de los alimentos, legislación y perspectivas del consumidor y marco de la reformulación para que el producto final cuente con lo necesario para sobresalir de otro (Marrón et al., 2018).

Por lo tanto, este proyecto de elaboración de producto panificable de subproducto de mango con harina de grillo y quelite cenizo se abordará desde el aspecto de nutrición y salud. Debido a que se desea obtener un producto funcional disminuyendo la cantidad de grasas saturadas y grasas trans, al mismo tiempo que aumentar el contenido de proteína y fibra, proporcionando una alternativa de pan saludable y sustentable.

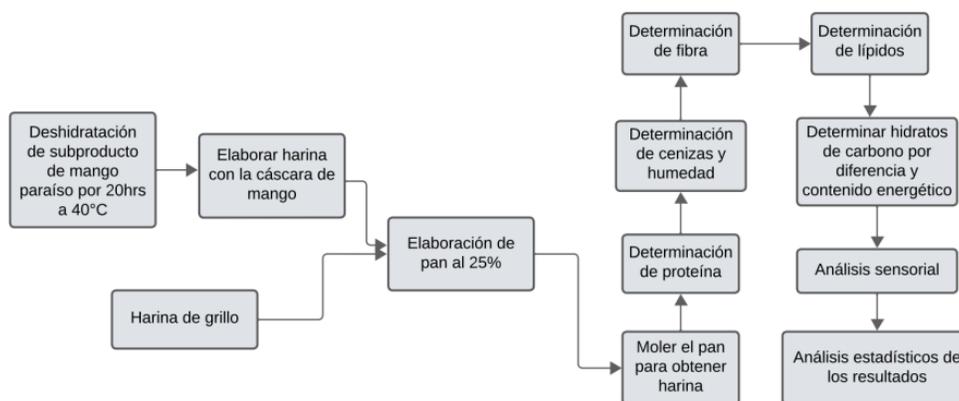


Fig. 1 Metodología de análisis proximal y deshidratación de los productos panificables

## 2. Metodología

En la Figura 1 se observa la metodología a seguir para evaluar la calidad nutrimental del producto panificable del subproducto de mango y harina de grillo. En donde la materia prima de subproducto de mango paso por un

proceso de deshidratación por 20 horas a 40°C posteriormente se realizó la molienda del producto, con respecto a la harina de grillo ya se contaba con la harina marca Insect Nutrition para ser utilizada. Se realizaron 2 panes de 100g con una sustitución del 25%, el primer

pan fue para el análisis proximal utilizando el método Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), el segundo pan se utilizó para la prueba sensorial. De igual forma el producto panificable de subproducto de mango y quelite cenizo se llevó a cabo la misma metodología solo con la diferencia que el proceso de deshidratación del quelite cenizo fue de 24 h a 40°C.

Se realizó una evaluación sensorial, lo cual se seleccionaron 10 participantes de edades comprendidas entre los 37 y los 60 años para evaluar la aceptación de un producto panificable. Se llevó a cabo una prueba hedónica que constaba de 8 preguntas, cada una abordando entre 5 y 8 aspectos del producto. Durante la evaluación, se interrogaba a los participantes sobre el producto panificable sin revelar los ingredientes utilizados hasta el final de la prueba. Es importante destacar que la selección de los participantes se realizó de manera aleatoria, evitando así influenciar los resultados, únicamente se indagaba sobre posibles alergias alimentarias sin revelar detalles sobre los ingredientes hasta concluida la evaluación.

### 3. Resultados

En el análisis bromatológico junto con el método de Tukey realizado en los productos panificables se observó que el pan con harina de trigo (HT) tiene 12% de proteína, la muestra de subproducto de mango con grillo (MG) tiene 12.3% y la muestra de subproducto de mango con quelite (MQ) 11.3%, es decir, cuando se

adiciona un pan con MG hay un incremento de proteína del 3.16% y cuando se adicionó con quelite hay una reducción del 5.33% esto se debe a que este último principalmente aporta fibra. De igual forma, dentro del análisis se obtuvieron diferentes letras A, B, C en donde estas indican la ubicación de los datos en relación con la media, por ejemplo, tanto el pan de harina de trigo (HT) y subproducto de mango con grillo (MG) tuvieron la letra A, es decir, MG estadísticamente tiene mayor cantidad de proteína que el pan con subproducto de mango y quelite cenizo (MQ), sin embargo, al comparar el producto con (HT) la diferencia de beneficios es mínima (Figura 2).

Con los lípidos se observó que el pan (HT) tiene 2% la muestra de (MG) tiene 3.94% y la muestra (MQ) 2.39%, es decir, cuando se adiciona con grillo hay un incremento del 51% de lípidos esto se debe a que el grillo tiene 57.7% de lípidos monosacáridos los cuales estos son beneficiosos a la salud, en lugar de la grasa que comúnmente se utiliza en la panificación y cuando se adiciona con quelite hay una disminución del 8%, esto es porque su cantidad de lípidos presente en una planta es menor que en alimento de origen animal.

En fibra se observó que el pan (HT) tiene 1.41% la muestra (MG) tiene 4.19% y la muestra (MQ) 4.87%, es decir, cuando se adiciona con quelites cenizos hay un incremento de 245% y cuando se adiciona con grillo de igual forma hay un incremento de 197% de fibra en los productos de panificación realizados.



Fig. 2. Combinación de materias primas, subproducto de mango con quelite (MQ), subproducto de mango con grillo (MG) en una formulación de 30% y grillo con quelite al 25%.

En los hidratos de carbono se observó que el pan (HT) tiene 80% la muestra (MG) tiene 77.97% y la muestra (MQ) 80.14%, es decir, cuando se adiciona con quelites

cenizos hay un incremento de 2% y cuando se adiciona con grillo hay una disminución del 2.6%. De igual forma se realizó un análisis en el contenido energético (kcal)

provenientes de cada nutrimento. En Figura 3 se observan las calorías provenientes de cada nutrimento presente en los diferentes productos panificables, por ejemplo, al observar la cantidad de carbohidratos y comparar el control con MG y MQ se observa una disminución del 4% y 2% respectivamente quizá se tenga la idea de que esta disminución no fue significativa, pero es porque hubo un aumento en otros aspectos, que mejoran la calidad del producto, es decir,

estos carbohidratos son complejos los cuales son beneficiosos para la salud, debido a que cuentan con un bajo índice glucémico y en relación a esto, hubo un aumento de fibra en los dos productos elaborados al compararlos con el control en donde MG Y MQ obtuvo 5% y 4% respectivamente esta mejoría de igual forma ayuda a la disminución del índice glucémico y por ende a la disminución del desarrollo de enfermedades como la diabetes y enfermedades coronarias.

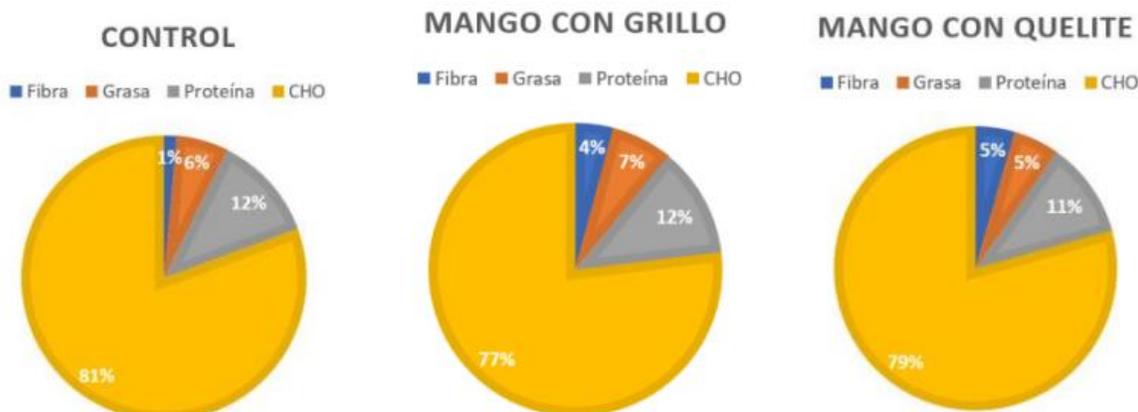


Fig. 2. Distribución energética de los productos (kcal).

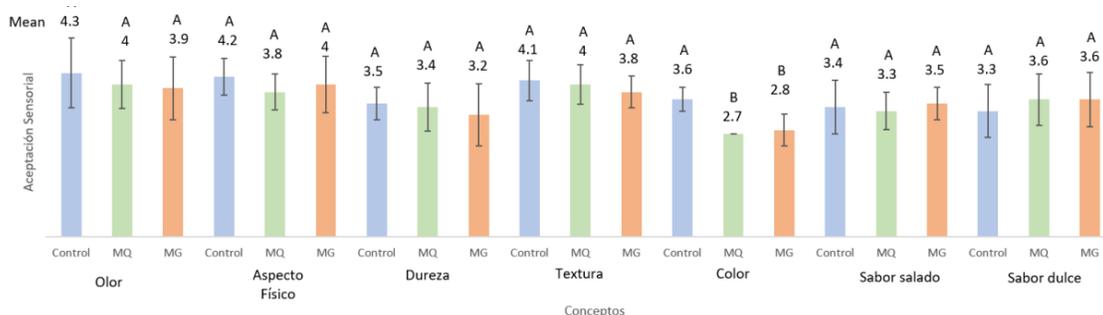


Fig. 3: Prueba de aceptación de características organolépticas de los productos panificables realizados. MQ, Mango con quelite; MG, Mango con grillo. Letras diferentes indican medias significativamente diferentes con  $P \leq 0.05$ .

Con respecto a los lípidos existe un aumento del 2% en MG y una disminución del 1% en MQ, con la proteína MG obtuvo 12% igual al control y MQ obtuvo 11% en comparación con el control, estos resultados hablando numéricamente quizá no son relevantes, pero, cuando se conoce la composición de estos ingredientes, se puede comprender que hay beneficios en el producto, por ejemplo, el cambio que se realizó de los lípidos impacta directamente a la salud. Por ejemplo, en el área industrial se utiliza normalmente margarina siendo

80% grasa, en comparación con la harina de grillo utilizada en donde 57% son monoinsaturadas los cuales son grasas saludables para el consumo de la población y con respecto a la presencia de grasa en los quelites se consideran monoinsaturadas.

Finalmente, con la adición de proteína es muy similar a los lípidos, quizá numéricamente no es significativo, pero si hubo cambio, el pan con MG esas proteínas son saludables ya que su composición de este animal es 65% proteínas, además, cuenta con todos los

aminoácidos esenciales igual que el trigo, pero con la diferencia que el grillo aumenta la presencia de valina y lisina, algo que en el trigo está en menor cantidad dando más beneficios al producto.

Estas variaciones brindan una mejoría al producto panificable, debido a que cuenta con ingredientes tradicionales mexicanos que aportan características específicas para el beneficio de la salud como es, poder antiinflamatorio, prevé enfermedades cardiovasculares y diabetes, además de mejorar la cicatrización y a la prevención del envejecimiento, disminuye el colesterol LDL entre otros aspectos. Se puede interpretar que la adición de ingredientes con fibra y proteína en productos panificables puede ser una estrategia poblacional para disminuir la prevalencia de ciertas enfermedades, debido que es muy importante considerar el estilo de vida de la población mexicana, en donde México, el consumo de productos panificables es alto.

Se realizó un análisis en los productos panificables para determinar su contenido nutricional para así con ayuda de la NOM-051 saber si los productos eran acreedores de sellos de advertencia. Los productos de panificación realzados no requieren sellos de advertencia, porque las kilocalorías totales de los productos son, HT 249 kcal, MG 253 kcal y MQ 253.9 kcal estando por debajo de la norma ( $\geq 275$ kcal totales), el sello de azúcar, HT presentó 7 g, MG 6.95 g y MQ 6.93 g de azúcar lo cual, no los hace acreedores del sello, con relación al de grasas no fue posible realizar este análisis, debido a que no se hizo la separación entre grasa trans y grasa saturada, porque considerando las materias primas probablemente este tipo de grasas no están presentes en los productos, con el sello de sodio, los productos panificables tienen 318 mg siendo inferior a la NOM-051, finalmente, en relación con las leyendas los productos no contienen edulcorantes ni cafeína.

Finalmente se realizó una prueba sensorial hedónica de los productos, en la Figura 4 se observa que de manera muy general, hubo un promedio de aceptación de 3.61% de una escala de 5 puntos, el olor el más aceptable fue de MQ con 4 puntos, el aspecto físico el más aceptado fue MQ con 4 puntos, sentían un poco más duro MQ 3.4 que MG 3.2, esto probablemente se deba a que por naturaleza los productos de animal suelen ser más crocantes o duros, y los quelites suelen ser suaves y más digeribles, se observó que MG tuvo 3.5 puntos y MQ 3.6 con respecto al sabor salado por otra parte, en sabor dulce hubo un promedio general

3.6 finalmente se preguntó con respecto al color, MQ 2.7 puntos y MG 2.8 de 5 puntos.

#### 4. Conclusiones

Los panes estudiados ofrecen a los individuos sanos o con enfermedades crónicas no transmisibles una alternativa más saludables. Los quelites y subproducto de mango contienen antioxidantes, compuestos fenólicos, flavonoides y minerales, grillos propiedades nutraceuticas como antioxidantes, antidiabéticas, antiobesidad y anticancerígenas. Los productos presentaron mejor calidad nutricional, específicamente en proteína (MG incremento de 3.16%), los lípidos (aumento del 51% de lípidos monosacáridos) los cuales ayuda a disminuir el colesterol LDL y aumentar HDL, fibra (MQ un aumento de 246%. Al realizar la prueba sensorial el pan fue aceptado por los consumidores, sin embargo, el color es algo en donde se puede hacer cambios. Comunicar los hallazgos obtenidos en este trabajo, podría servir como guía para futuros estudios similares, enfocadas en intervenir desde la perspectiva tradicional del país, así como desde aspectos ambientales y nutricionales, con el propósito de reducir la prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles. Haciendo especial énfasis en la adición de fibra, proteína y minerales como estrategias clave.

#### Referencias

- AOAC (2016). Official methods of analysis of AOAC International (20 ed). AOAC International.
- Ibarra, L.S. (2016). Transición alimentaria en México. Razón y palabra. 20(94):162-79.
- Arizpe N, Cervantes-Parra, J.C., & Nieves P. 2021. Análisis integral de la dieta tradicional mesoamericana. Rednutrición. 811. 3.
- Colchero, M.A., Guerrero-López, C.M., Molina, M., & Unar-Munguía, M. (2019). Affordability of Food and Beverages in Mexico between 1994 and 2016. Nutrients. 11(1):78. 4.
- Ríos-Reyna, C., Díaz-Ramírez, G., Castillo-Ruiz O., Pardo-Buitimea, N.Y., & Alemán-Castillo, S.E. (2022). Policies and strategies to combat obesity in Latin America. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social. 60(6):666-74.
- Marrón-Ponce, J.A., Sánchez-Pimienta, T.G., Louzada, M.L., & Batis, C. (2018). Energy contribution of NOVA food groups and sociodemographic determinants of ultra-processed food consumption in the Mexican population. Public health nutrition. 21(1):87-93.

## DESARROLLO DE UNA PASTA INTEGRAL HECHA A BASE DE HARINA DE MIJO Y MEZQUITE

*Susana E. Altamirano-Romo<sup>1\*</sup>, Jorge Gutiérrez-Tlahque<sup>2</sup>, Martha Rubio-Jaime<sup>1</sup>, Abril de María Montesinos-Bernal<sup>3</sup>*

### Resumen

El propósito de este trabajo fue desarrollar una pasta integral hecha a base de harina de mijo y mezquite, utilizada en la elaboración de un tipo de pasta conocida como fettuccine, el trabajo fue desarrollar dos formulaciones con cantidad diferente de mezquite, la formulación 1 fue (66.7% de mijo, 33.3% de mezquite), la formulación 2 (80% de mijo, 20% de mezquite) y la control con 100% trigo, se realizaron análisis bromatológicos de las pastas, en cuanto a humedad, proteínas, fibra, grasa y carbohidratos. Se realizaron pruebas de cocción a cada una de las formulaciones a diferentes tiempos de cocción, donde se evaluó la calidad de la pasta. Los resultados obtenidos para los parámetros de cocción señalan diferencia significativa con respecto al control en el caso de pérdida por cocción y porcentaje de hinchazón. De acuerdo con los resultados las pastas tipo fettuccine a base de mijo y mezquite presento un mayor contenido de fibra, cenizas al ser comparada con el control.

### Palabras claves:

Mezquite, mijo, pasta integral, fettuccine, pruebas de cocción.

### Abstract

The purpose of this work was to develop a wholegrain pasta made from millet and mesquite flour, used in the preparation of a type of pasta known as fettuccine, the work was to develop two formulations with different amounts of mesquite, formulation 1 was (66.7% millet, 33.3% mesquite), formulation 2 (80% millet, 20% mesquite) and the control with 100% wheat, bromatological analysis of pastas, in terms of moisture, protein, fiber, fat and carbohydrates were performed. Cooking tests were carried out on each of the formulations at different cooking times, where the quality of the pasta was evaluated. The results obtained for the cooking parameters was significant difference with respect to the control in the case of cooking order and swelling percentage. The fettuccine type pasta based on millet and mesquite had a higher fiber and ash content when compared to the control.

### Key words:

Mesquite, millet, wholegrain pasta, fettuccine, cooking test.

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México/I. T. Roque, carretera Celaya-Juventino Rosas km 8.0 Celaya, Gto., 38124, México.

\*Autor de correspondencia: susana.ar@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

La enfermedad celiaca y la intolerancia al gluten y enfermedad celiaca es un trastorno causado por ingesta de gluten lo cual afecta y provoca daños al intestino delgado. Como parte del tratamiento de esta enfermedad se aplica una dieta la cual consta en evitar el consumo de productos que contengan gluten por naturaleza o por procedimientos de fabricación (González, 2017). Las pastas son un alimento tradicional en la dieta mediterránea, a base de cereales, que suele ser recomendada por su comodidad, palatabilidad y calidad nutricional. Se caracterizan por un índice glucémico bajo que se atribuye a las interacciones entre los dos principales componentes: almidón y proteína. Las formas básicas de los productos de pastas como espagueti, lasaña, macarrones y otros, no se han alterado mucho durante siglos. Se prepara una masa cuyo ingrediente fundamental es la harina de trigo del granular *durum* que se une con agua, se recomienda añadir sal, huevo y otros ingredientes para la elaboración de la masa, lo que conforma y se seca posteriormente para obtener un producto que se cuece en agua hirviendo antes de su consumo (Criollo-Feijoo et al., 2017).

Existe una amplia variedad de artículos en el mercado que se sustenta en harinas de trigo y otros cereales, cuyas características sensoriales son de gran aceptación por parte de los consumidores, que puedan atribuirse a la presencia de gluten en su estructura. A pesar de los beneficios del consumo de cereales, pueden provocar alergias e intolerancias alimenticias, siendo, de especial interés, la intolerancia al gluten y la celiacía. La elaboración de alimentos sin gluten derivados de cereales se enfrenta a diversos obstáculos tecnológicos que derivan de la ausencia de la funcionalidad del gluten (Castaño-Carvajal et al., 2019).

El mezquite se desarrolla en las regiones áridas y semiáridas de México, tiene múltiples usos, ya que su madera es usada como combustible, para construcción de cercas, sus vainas como forraje y como alimento para el hombre; produce resinas que tiene uso en la fabricación de pegamentos, barnices, mientras sus flores son importantes en la producción de miel (Rodríguez-Sauceda et al., 2014). La presencia de harina de mezquite promueve la formación de una red de gluten con menor fuerza y extensibilidad, donde el final una cohesión y elasticidad reducidas.

El mezquite es un recurso con amplia distribución geográfica y ecológica en zonas áridas mexicanas.

Para las etnias nómadas precolombinas fue y sigue siendo útil. Lo utilizan como fuente de alimento, combustible y uso medicinal. En la actualidad se le considera con potencial como forraje, material de construcción y combustible; proporcionan sitios para recreación humana, refugio de fauna silvestre, fuente de néctar para abejas y otros insectos, es importante también en la retención del suelo, ya que previene el proceso de desertificación. Su cultivo y mejoramiento han sido recomendados por varios autores (Rodríguez-Sauceda et al., 2014).

El mijo perla ha mostrado ser un forraje de buena calidad nutritiva, equiparándose e incluso superando frecuentemente la calidad del forraje de maíz y el sorgo, tanto en digestibilidad como en contenido de proteína. Así mismo, es un forraje que presenta buen comportamiento de rebrote después de ser cortado en estados tempranos de desarrollo. A pesar de las ventajas que muestra el mijo perla, es importante determinar la posibilidad de cosecharlo en forma muy temprana, ya sea para ensilarlo o para henificarlo, con el fin de reducir el periodo en que el cultivo permanece expuesto a las condiciones ambientales (Urrutia et al., 2014).

Se concede este nombre a aquellos alimentos que se consumen como parte de una dieta habitual y contienen componentes biológicamente activos, los cuales otorgan beneficios para la salud y disminuyen los riesgos de sufrir enfermedades. Entre algunos ejemplos de alimentos funcionales, se encuentran: los alimentos que contienen ciertos elementos minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra dietética, y los alimentos que añaden sustancias biológicamente activas (fotoquímicas u otros antioxidantes) (Navarrete-Jaramillo, 2015). El propósito de este trabajo fue desarrollar una pasta integral hecha a base de harina de mijo y mezquite, utilizada en la elaboración de un tipo de pasta conocida como fettuccine.

## 2. Metodología

Se utilizaron los siguientes materiales, el mezquite (*Prosopis laevigata*) utilizado fue obtenido de la comunidad de Juventino Rosas, con coordenadas 20°49' y 20°33' de latitud norte; los meridianos 100°51' y 101°08' de longitud oeste. El mijo utilizado fue el mijo perla (*Pennisetum glaucum* L.), obtenido de la central de abasto de Celaya Guanajuato, con coordenadas 100°48' 55" de longitud oeste y 20°31'40" de latitud norte. Las harinas de mijo y mezquite se elaboraron por separado las cuales fueron pasadas por malla 60 para

obtener un tamaño de partícula adecuado para su homogenización y se mezclaron para obtener la pasta.

El contenido de grasa se determinó por el método de Goldfish y equipo (NOVATECH, Modelo 6F-6, Polonia); La de humedad fue determinada por la desecación hasta peso constante una estufa de convección natural (marca Memment, modelo UF110, Alemania), de acuerdo con la metodología de la norma NOM-211-SSA1-2002. El contenido de proteína fue realizado usando el método Kjeldahl de acuerdo con la metodología NMX-F-068-S-1980. Para la determinar el contenido de minerales, los crisoles de porcelana fueron llevados a peso contante en condiciones de temperatura de 550°C en una mufla hasta su calcinación, de acuerdo con la metodología 923.03 de la AOAC (1990). La fibra se determinó por el método de la AOAC (1995), con modificaciones.

En la evaluación de la calidad de las pastas las propiedades de cocción es muy importante, ya que estos son parámetros fundamentales e índices comúnmente empleados por los consumidores y por las industrias productoras en generales de distintas pastas alimenticias (Florez et al., 2017) y los pasos seguidos fueron : pesar 25 g de pasta seca y agregar en 500 mL de agua en ebullición y determinar el tiempo de cocción. Determinando el tiempo desde que se introdujo hasta sacarla, para lo cual se tomaron 3 pastas de 6.5 cm de largo a cada 4 min transcurrido y se presionó entre dos portaobjetos hasta la desaparición del núcleo central blanco, lo que indica que la pasta está completamente cocida (Martínez, 2008).

La pérdida por cocción fue realizada con el método 66-50 de la AOAC (2000) y se pesaron 25 g de cada formulación de pasta seca y se agregaron 500 mL de agua en ebullición. El agua de cocción de cada formulación de fettuccine, se colecto después de cada tiempo óptimo de cocción y se evaporó en una estufa a 100 °C durante 24 h. el residuo se pesó y se reportó como el porcentaje de sólidos totales perdidos en el agua de cocción (Ovando, 2008).

Para el porcentaje de hinchamiento de cada uno de los tratamientos, se tomaron 25 g de pasta seca y se sometieron a su tiempo óptimo de cocción, se escurrió el líquido de cocción y se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente. Seguidamente, se registró el peso de la pasta cocida (drenada) y pasta seca, utilizando una balanza analítica. El porcentaje de

hinchamiento de las pastas se calculó empleando la siguiente relación (Criollo et al., 2017): % de Hinchamiento = (Peso pasta cocida-Peso de la pasta seca)/(Peso de la pasta seca) x100

### 3. Resultados

Las muestras que se analizaron fueron: M1 (Pasta a base 66.7% mijo, 33.3% mezquite), M2 (80% mijo, 20 % mezquite) y la C (100% trigo integral). En la Tabla 1 se puede apreciar una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras M1, M2 y C, para las variables de humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra y carbohidratos. En las pastas elaboradas con harina de mijo-mezquite, donde la muestra M1 presentó mayor contenido de grasa, mientras que la muestra control presento mayor contenido de humedad, proteína y fibra. De acuerdo a los resultados el contenido de humedad de las pastas se incrementó en la muestra C con un valor de 9.26%. no se observó diferencia en relación con las pastas elaboradas con harina de mijo-mezquite, según la NMX-F-023-S-1980, la cual establece el porcentaje de humedad debe ser del 0-14% se observa que a medida que se incrementa la cantidad de mijo, la humedad disminuye. Se puede inferir que el contenido de humedad es la conexión existente entre el peso del agua el peso total del alimento.

También se aprecia que existe una diferencia significativa en las tres muestras, de acuerdo con la norma NMX-F-023-S-1980, que declara que el porcentaje de cenizas debe ser máximo de 0.7-1.2%, en el presente trabajo se observó que la que obtuvo un mayor porcentaje fue la M2, que contiene 80% mijo, 20% mezquite. De acuerdo con (López et al., 2008) el mijo posee un alto contenido de hierro, calcio, fósforo, potasio, sodio, magnesio, zinc y manganeso, además se puede observar que la pasta de mijo y mezquite mejoraron su calidad nutricional, ya que aumenta significativamente el contenido de minerales con respecto a la muestra control. Para el contenido de proteína no se encontró diferencia significativa en las muestras M2, C, de acuerdo con Fuentes (2011) establece que el mijo es rico en proteína y que, de acuerdo con la normativa, se requiere cumplir con un mínimo de 11%, y la pasta M2 elaborada con mijo-mezquite contiene 8.61%, lo cual se debe al aporte de proteína, vitaminas y minerales que contiene el mijo (Blandón, 2019).

Tabla 1. Análisis bromatológicos de la pasta.

Muestras	Humedad	Cenizas	Proteína	Grasa	Fibra	Carbohidratos
M1	7.6b ± 0.02	2.6b ± 0.05	4.8b ± 0.4	6.7a ± 0.20	43.1a ± 0.9	35.0b ± 0.7
M2	6.9b ± 0.7	2.9a ± 0.02	9.3a ± 2.3	4.2a ± 0.43	37.7b ± 0.05	38.7a ± 3.0
C	9.2a ± 0.05	0.8c ± 0.0	10.1a ± 0.98	4.5b ± 0.05	21.1c ± 2.0	53.9a ± 0.9

M1: Pasta a base 66.7% mijo, 33.3% mezquite, M2: 80% mijo, 20 % mezquite y la C: 100% Trigo integral. \*Valores con diferente letra indican que existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos de acuerdo con la prueba de comparación de medias de LSD con un valor de  $P \leq 0.05$ . C.V. coeficiente de variación.

Tabla 2. Evaluación de la calidad de la pasta.

Muestras	Tiempo óptimo de cocción (min)	Perdida por cocción (%)	% de hinchamiento
M1	13	4.13 c	109.51 b %
M2	12	5.01 a	98.44 b %
C	14	2.41 b	128.57 a %

M1: Pasta (66.7% mijo, 33.3% mezquite); M2: (80% mijo, 20 % mezquite); C pasta 100% trigo.

Para el contenido de grasa nos encontramos diferencia significativa entre las formulaciones con mijo y mezquite, este contenido de grasa de las pastas fue menor que el indicado lo que podría favorecer la estabilidad durante el almacenamiento del producto (Granito et al., 2014). Se observa que los valores de grasa obtenidos en el presente trabajo fueron directamente proporcional a la cantidad de harina de mezquite, donde M1 con 33.3% de mezquite la que obtuvo un mayor porcentaje de grasa. En cuanto al contenido de fibra se encontró diferencia significativa, siendo que los alimentos con mayor contenido de fibra demuestran una mayor masticabilidad, observándose esta característica en la muestra M1 que contiene 66.7% mijo, 33.3% mezquite, al aumentar harina de mijo disminuye el contenido de fibra lo cual indica un aumento en carbohidratos (Odry & Elba, 2018). Las pastas elaboradas con mijo y mezquite, donde la vaina de mezquite proporciona fracciones de fibra soluble e insoluble, la fibra soluble es fermentada y sus principales efectos fisiológicos se relacionan con la disminución de los niveles sanguíneos de glucosa y colesterol, así mismo como con el desarrollo de la flora intestinal. La fibra insoluble es poco fermentable, siendo sus principales propiedades la regulación de los hábitos intestinales y su marcado efecto laxante (Román-Pérez, 2016).

En la prueba de evaluación de la calidad de la pasta el tiempo óptimo de cocción de los fettuccine se presenta en la Tabla 2 y se observa que el tiempo óptimo de cocción para los fettuccine es mayor para la pasta C. El tiempo de cocción dependerá del tipo y del grosor de la pasta, de las características del agua y del gusto del

consumidor. Para conseguir la pasta "al dente" por regla general tiene que hervir de 8 a 15 minutos, y debe quedar cocida pero todavía dura por dentro al probarla (Frauca-Moreno y Herrea-Cañas, 2014). De acuerdo a los tiempos de las pastas realizadas con harina de mijo y mezquite estuvieron entre esos tiempos la pasta M1 que contiene (66.7% mijo, 33.3% mezquite) obtuvo un tiempo de 13 minutos ya que debido al debilitamiento de la pasta si se deja por más tiempo la pasta empieza a deshacerse, es por eso que es esencial que al momento de pensar en sustituir el gluten se tenga como materia prima otros cereales con un alto contenido de proteína para formar una estructura fuerte y lo más similar a las pastas de trigo (Frauca-Moreno & Herrea-Cañas, 2014). La determinación de las pérdidas por cocción es ampliamente utilizada como un indicador de la calidad de las pastas (baja cantidad de sólidos en el agua de cocción indica alta calidad de la pasta). En pastas elaboradas con trigo se considera que las pérdidas por cocción están relacionadas con el desarrollo o no de una red proteica, a partir del gluten. Las pérdidas por cocción de los fettuccine se muestran en la Tabla 2, se observa que las tres muestras se encontró diferencia significativa se observó un menor porcentaje de pérdida por cocción en la pasta C de acuerdo con (Martínez, 2010) los valores de pérdida por cocción deben ser próximos a un 7% y no deben superar el 8%, pero desde luego, tanto las materias primas usadas, como el proceso de elaboración y el método de secado al que fueron sometidas las pastas pueden afectar cuantitativamente este parámetro. De modo que, para las muestras evaluadas, todos los residuos de cocción

se podrían considerar aceptables. Se considera que el índice de hinchamiento es la relación entre el peso de la muestra cocida y el peso de la muestra seca, como se observa en la Tabla 2, no se encontró diferencia en las muestras M1 y M2. Según Ramírez en el 2015, una pasta debe de hincharse el doble de su volumen a los 10 minutos de ser hervida, este debe mantener su forma, firmeza sin ponerse pastosa y desintegrarse.

#### 4. Conclusiones

Se elaboraron dos formulaciones diferentes de pastas tipo fettuccine a base de una mezcla de harina de mijo y mezquite, de acuerdo con los resultados la M1 (66.7% mijo, 33.3% mezquite), fue la que presentó mayor contenido de fibra y grasa, en comparación con la C (100% harina de trigo), además la M2 (80% mijo, 20% mezquite), presentó mayor contenido de cenizas y la C (100% trigo), presentó mayor contenido de proteína y humedad así mismo la pasta que resultó más nutritiva fue la C.

Para la evaluación de la calidad de la pasta debe tener un mínimo de tiempo de cocción menor, una menor pérdida de cocción por lo cual de acuerdo con los resultados la pasta que obtuvo un menor tiempo de cocción fue la M2 (80% mijo, 20% mezquite) y C (100% harina de trigo) tuvo una menor pérdida.

#### Referencias

- Blandón M. (2019). Desarrollo y formulación de pastas libre de gluten. Tesis Licenciatura, Escuela Agrícola, Zamorano, Honduras.
- Castaño-Carvajal, M.F., Correa Giraldo, D. & Aguado Laverde, L.M. (2019). Elaboración de productos tipo tallarín libres de gluten y evaluación de sus propiedades fisicoquímicas. Rev. U.D.C.A Art. & Div, 1-7.
- Criollo-Feijoo, J., Martínez Mora, E., Silverino Calderón, C. & Diaz Torres, R. (2017). Prueba de cocción de pastas alimenticias elaboradas con harina de trigo- almidón de banano. Cumbres, 63-73.
- Florez, E.J., Ortega G., L.M., & Rincones M., E.E. (2017). Evaluación nutricional y sensorial de pastas alimenticias elaboradas con sémola de trigo (*Triticum durum*) y harina de ahuyama (*Cucurbita maxima duch*). Rev. Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 25 (42).
- Frauca-Moreno, D. & Herrea-Cañas, F.B. (2014). Elaboración de pastas alimenticias a partir de harinas de amaranto (*Amaranthus sp*) y soja (*Glycine max*), su análisis sensorial y bromatológico. Tesis licenciatura, Universidad Dr. José Matías Delgado, Antiguo Cuscatlán La Libertad, El Salvador.
- González-Torres, L.G. (2017). Elaboración de harina de banano verde para la formulación de pastas dirigidas a personas con intolerancia al gluten. Tesis Licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la Asunción.
- Granito, M., Pérez, S. & Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice de pasta larga enriquecida con leguminosas. 41(4). DOI: 10.4067/S0717-75182014000400012.
- López, S., Kairuz, M.N., & Nader-Macias, M.E. (2008). Evaluación nutricional, microbiológica y sensorial de mijo y productos elaborados a partir de harina de mijo. La alimentación latinoamericana. (273) 54-59. ISSN: 0325-3384.
- Navarrete-Jaramillo, A.A. (2015). Elaboración y caracterización de pasta funcional con adición de harina de bagazo de uva. Revista chilena de nutrición. Tesis Licenciatura, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Odry, V., & Elba, S. (2018). Perfil de textura instrumental y sensorial de pastas elaboradas con *Cajanus cajan* fermentada. Rev. Fac, Farm. 60(1) 31-36.
- Ovando-Martínez, M. (2008). Pasta adicionada con harina de plátano: digestibilidad y capacidad antioxidante. Tesis Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos, México.
- Román-Pérez, H.R. (2016). Bromatología de la vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) como alternativa para consumo sustentable en la comarca lagunera. Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.
- Ramírez Ch., A.M. (2015). Evaluación de características físicas, químicas y sensoriales de pasta fettuccine con sustitución parcial de la harina de trigo por almidón de yuca y cascara de huevo, Tesis Licenciatura, Escuela agrícola panamericana, Zamorano, Honduras.
- Rodríguez-Sauceda, E.N., Rojo Martínez, G.E., Ramírez, B., Cong Hermida, M.d., Martín, S. & Piña Ruiz, H.H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex.Willd) 10(3), 173-193.

Urrutia-Morales, J., Hernández-Alatorre, A., Cervantes-Becerra, J.F. & Gámez- Vázquez, H. (2014). Características nutricionales del forraje de mijo

perla en cuatro estados fenólicos. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 5(3), 321-330.