

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### ELABORACIÓN DE CERVEZA A PARTIR DE CEBADA Y GARBANZO

María Rocio<sup>1</sup>Pacheco-Girón , Estéfana Alvarado-Bárceñas <sup>2</sup>, Chablé-Moreno Francisco<sup>2</sup>, Juan Carlos Raya-Pérez<sup>2</sup>\*

#### Resumen

Para la elaboración de cerveza se requiere agua, cebada, levadura cervecera, la cual producirá la fermentación y lúpulo, que le dará el sabor y olor característico a una cerveza. Se puede elaborar con otras fuentes de almidón como el maíz, arroz y las que son utilizadas como el mijo, el sorgo y la raíz de yuca usada en África, la patata en Brasil y el agave en México entre otras. En nuestro caso se elaboró con cebada y con garbanzo porquero, levadura y lúpulo en flor. La levadura contiene nutrientes que ayudan a aliviar el estreñimiento y el colesterol. A la cerveza se le hicieron los análisis físico químicos: % de alcohol, pH, grados °Brix, espuma; para grados brix el valor obtenido fue de 5.00, El valor de pH fue de 4.06, el contenido de alcohol fue de 7.4 %. La mezcla de garbanzo (51 g) y cebada (38 g) dio buenos resultados en la elaboración, obteniéndose un producto con buena aceptación entre el grupo de panelistas.

#### Palabras clave:

Bebida artesanal, lúpulo, fermentación

#### Abstract

To make beer, water, barley, brewing yeast, which will produce fermentation, and hops, which will give the beer its characteristic flavor and smell, are required. It can be made with other starch sources such as corn, rice and those used such as millet, sorghum and cassava root used in Africa, potatoes in Brazil and agave in Mexico, among others. In our cases it was made with barley and chickpeas, yeast and flowering hops. Yeast contains nutrients that help relieve constipation and cholesterol. Physical and chemical analyzes were carried out on the beer: % alcohol, pH, °Brix degrees, foam; for Brix degrees the value obtained was 5.00, the pH value was 4.06, alcohol content was 7.4%. Mixture of chickpea (51 g) and barley (38 g) gave good results in the preparation, obtaining a product with good acceptance among panelists group.

#### Key words:

Craft drink, hops, fermentation

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, <sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/I T Roque, Km.8 Carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Guanajuato, 38110, México.

\*Autor de correspondencia: [juan.rp2@roque.tecnm.mx](mailto:juan.rp2@roque.tecnm.mx)

## 1. Introducción

Los primeros centros cerveceros en Europa se ubicaron en Lovaina, Brujas, Gantes y Amberes en Flandes y Haarlem; Gouda en Holanda, en Alemania en Lübeck y Munich, entre otros. Para la producción de cerveza se requiere de la malta, lúpulo, levadura y agua, esta última constituye el 90 % del total de la cerveza. A nivel internacional, los grupos dominantes en la producción son Anheuser-Busch InBev cuyo origen se encuentra en Lovaina, Bélgica y mantienen un poco más del 50 % de la producción mundial, seguido de Heineken NV de Países Bajos con el 17.3 % del total. (Hernández Cortés & Castañeda Meléndez 2024).

La cerveza puede ser elaborada artesanal o industrialmente de la mezcla de diferentes cereales como cebada, arroz, maíz, entre otros (Bofill-Rodríguez & Gallardo-Aguilar, 2014; Monroy, 2019). La variedad de las cervezas, son resultado de los procesos postfermentativos, las temperaturas y tiempos utilizados, así como también los ingredientes y aditivos que se emplean.

La cebada es una gramínea con espigas largas y flexibles. Se puede plantar en suelos poco fértiles y a diferentes alturas. Crece adecuadamente en climas

frescos y poco secos. Necesita poco calor para madurar y se adapta a diferentes condiciones ambientales (SAGARPA, 2016). El garbanzo (*Cicer arietinum*) forma parte de a la familia Fabaceae y al género Cicer. En México el garbanzo tipo Desi es destinado al forraje para la alimentación del ganado, en Asia y África se consume como grano entero, y se cocina en platillos como estofados, ensaladas, también se rostizan y endulzan o se consumen como sopa. La planta femenina de lúpulo posee inflorescencias que se desarrollan alrededor de un eje central (Raquis) de las que nacen brácteas y bractéolas donde se forma un polvo resinoso de color amarillo. Las glándulas de lupulina tienen gran número de resinas amargas como son las humulonas o  $\alpha$ -ácidos y aceites esenciales. El responsable del grado de amargor de la cerveza son las sustancias amargas del lúpulo (Burgos, 2022). El objetivo de este trabajo la elaboración de cerveza con el empleo de una mezcla de cebada y garbanzo.

## 2. Materiales y métodos

La cebada fue donada por el INIFAP de Celaya, el garbanzo porquero fue proporcionado por el Tecnológico de ROQUE, la levadura y el lúpulo fueron adquiridos en Querétaro.

Tabla 1. Formulaciones de cerveza.

Formulaciones para 1 litro	Cebada (gr)	Garbanzo (gr)	Lúpulo inicial	(gr) final	Levadura (gr)	Grenetina (gr)	Azúcar (gr)
Formulación 1	26	64	0.869	0.434	0.58	0.266	7.5
Formulación 2	41.6	48	0.619	0.934	0.58	0.266	8
Formulación 3	38	51.13	1	0.52	0.58	0.266	8.5

Se puso a germinar el grano; se interrumpió el proceso de germinado y el material fue secado en horno. El grano fue triturado en un molino manual de acero inoxidable, para obtener cerca de 20% de harina, 50% de grano partido y aproximadamente 30% de grano entero. Se mezcló agua caliente 70 a 72 °C cubriendo la malta, se dejó tapado el recipiente durante una hora y media, para gelatinizar los almidones, y convirtiéndose los almidones en azúcares fermentables. Se le agregó agua caliente de 70 a 72 °C cubriendo la malta y se deja reposando durante 20 minutos para extraer los azúcares. Al comenzar a hervir se pone 50 % de lúpulo de un total de 1 gr-lúpulo para amargor. A los 45 minutos 25 % de lúpulo, 0.5 gr - lúpulo para sabor. A los 55 minutos el 25 % del lúpulo restante, 0.52 gr -Lúpulo para aroma. A los 55 minutos de hervido se adicionó 0.266 gr de grenetina para

precipitar las proteínas del mosto que se produjeron por el lúpulo y la malta, y lograr que estas impurezas se vayan al fondo de la olla, por decantación. Durante el proceso de cocción se genera espuma, lo que es importante retirarla para evitar que los aceites esenciales contenidos generen sabores extraños a la cerveza. Se sumerge la olla en un recipiente con hielo y agua para bajar la temperatura de la mezcla lo más rápido posible, alcanzando una temperatura de 25°C, Se utilizó la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Safale US-0.5), que es una de las levaduras para la elaboración de cerveza tipo Ale, trabaja a temperaturas de 12 a 25°C, Se vierte el mosto en el recipiente fermentador, ya esterilizado para evitar la contaminación con bacterias. Al Airlock se le pone agua, para dejar escapar el gas generado debido a la fermentación, el recipiente utilizado para fermentar se

mantuvo a una temperatura ambiente de 18 a 25°C durante 14 días. Después del proceso de fermentación, se pasa al envasado, en donde se le pone de 5 a 9 gramos de azúcar por cada litro de cerveza, obteniendo niveles de carbonatación adecuada.

La medición de espuma se realizó basándose en el principio de "NIBEM". Este se basa en medir el tiempo en segundos, después de estabilizarse la espuma descendiendo 10, 20 y 30 mm en la probeta. Se introdujo una gota de cerveza en el refractómetro de medición de 0-80% de alcohol, la cerveza debe estar previamente desgasificada y a temperatura ambiente. La cerveza debe estar a una temperatura de 20°C y desgasificada por completo y se midió el pH, con un potenciómetro HI 2211. Los grados °Brix se determinaron, introduciendo una gota de cerveza, previamente desgasificada y a temperatura ambiente, con un refractómetro Sper Scientific.

Se realizó el análisis sensorial con 50 jueces, estos evaluaron el grado de aceptabilidad de las 3 formulaciones, evaluando al sabor, color y olor. Para el sabor se tomó, 1 para es amargo, 2 para es dulce, 3 para insípido, y 4 para agrio. Para el color se tomó, 1 para es claro, 2 para es dorado y 3 para oscuro y por último para el olor, 1 para no es adecuado, 2 para satisfactorio y 3 para es adecuado.

### 3. Resultados

La formulación 1 no tuvo mucha aceptación por los jueces, debido a que de los 50 jueces solo a 9 de ellos les gusto esta formulación. La formulación 2, tuvo mayor aceptación que la formulación número 1, de los 50 jueces 13 de ellos les gustó esta formulación. La formulación 3 tuvo mayor aceptación por los jueces, de los 50 jueces, 28 de ellos les gusto esta formulación, a la que se le hicieron los análisis físico químicos. Los grados °Brix para una cerveza deben ser mayores a 4.5°Brix. La cerveza elaborada cumple con este valor debido a que lo obtenido para grados brix fue de 5.00, siendo un valor menor a los rangos reportados por los autores; Ortega, (2001) de 8.75 a 9.75, Barranco y Villarreal (2021).

El valor obtenido de pH en la cerveza fue de 4.06%, encontrándose menor de acuerdo al rango reportado por los autores; de 4.4 a 5.0, siendo más favorable 4.5 para su crecimiento y acción. Monroy, (2019) refiere valores de 4.240 y 4.26 para cervezas artesanales, y Ortega, (2001) con rangos 5.00 a 5.75, Barranco y Villarreal, (2021) reportando valores de 4.31 y 4.24.

El % de alcohol en la cerveza de cebada con garbanzo fue de 7.4%, para una cerveza completa de 3.5 a 4.5%

y 4.8 a 5.5% para una cerveza fuerte, Ortega, (2001) de 3.12 a 4.22. Cumple con la NOM-142-SSA1/SCFI-2014, en donde establece que para bebidas alcohólicas fermentadas debe ser de 2 a 20 % Alc. Vol. Se obtuvo un desplazamiento de espuma de 10, 20 y 30 mm, con tiempos de 24.69 s 44.94 s y 60.87 s. La presencia de la espuma en la cerveza, demuestra que ha sido elaborada, fermentada y envasada adecuadamente. La formulación número 3, fue la adecuada en cuanto a sabor, color y olor; se le realizaron los análisis físico químicos; y se obtuvo un contenido de alcohol de 7.4 %, con 5 grados °Brix y un pH de 4.06 %.

### 4. Conclusión

Se logró la obtención de una cerveza artesanal a partir de la mezcla de garbanzo y cebada, tuvo buena aceptación entre los panelistas, cumple con las características de una bebida fermentada, representa una alternativa para su cultivo en la región y otra forma en su consumo.

### Referencias

- Bofill-Rodríguez, Y., Gallardo-Aguilar, I. (2014). Ventajas de la producción de cerveza a partir de malta de sorgo. *Tecnología Química*. XXXIV (3):266-274.
- Burgos, C.M.E. (2022). Lúpulo, usos más allá de la cerveza. Universidad Austral de Chile.
- Hernández Cortés, C. & Castañeda Meléndez, B. (2024). Associations, groups, actors and controversies in the establishment of a "Modelo" group brewery in Acopinalco, Hidalgo, Mexico. *Revista Geografía Agrícola* 72(2):1-22. DOI:10.5154/r.rga.2022.72.5.
- Barranco, G.S.A. & Villarea, L.C.G.N. (2021). Evaluación del efecto de la temperatura en el proceso fermentativo en la producción de cerveza artesanal tipo blonde ale [Tesis de ingeniería]. Fundación Universidad de América facultad De Ingenierías Programa de Ingeniería Química Bogotá.
- Burgos, C.M.E. (2022). Lúpulo, usos más allá de la cerveza Revisión bibliográfica. Universidad Austral de Chile. Pg.4
- Castillo, L.R.I. (2021). Evaluación de las propiedades antioxidante de una cerveza artesanal a partir de maíz azul (*Zea mays*). Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Monroy, C.M. (2019). Evaluación de parámetros físicoquímicos en una cerveza utilizando triticale como adjunto (*X. triticosecale wittmack*) [Tesis

- de ingeniería]. Universidad Autónoma Del Estado de México Facultad De Ciencias Agrícolas. Pg. 67, 72
- Ortega, V.M.T. (2001). Elaboración de cerveza tipo lager a partir de malta y adjuntos cerveceros de sorgo. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Pg. 83, 85.
- Ortega-Murrieta, P.F., Fierros Leyva, G.A., Padilla Valenzuela, I., Valenzuela Herrera, V.A., Gallegos, J.A., et al. (2016). Blanoro, nueva variedad de garbanzo blanco de grano extra grande para exportación. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(1), 209-216.
- Rodríguez, C.H.A. (2003). Determinación de Parámetros Físico-Químicos para la Caracterización de cerveza Tipo Lager Elaborada Por Compañía Cervecera kunstmann S.A. [ Tesis de licenciatura ]. Universidad Austral de Chile.
- SAGARPA. (2016). Planeación Agrícola Nacional. Primera edición, Ciudad de México, México. <https://www.gob.mx/agricultura>.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y LA ACTIVIDAD MICROBIANA A UN QUESO FRESCO ELABORADO CON LA ASISTENCIA DE PULSOS ULTRASÓNICOS

Yohana Alicia Burboa Marquez<sup>1</sup>, Maritza Noemi Valdenebro González<sup>1</sup>, Francisco Cadena-Cadena<sup>1</sup>, Ofelda Peñuelas-Rubio<sup>1</sup>, Joe Luis Arias-Moscoso<sup>1\*</sup>

#### Resumen

En este estudio, se comparó el efecto de la pasteurización frente al uso de los pulsos ultrasónicos, para la producción de queso fresco y evaluar las características reológicas y microbiológicas. Se determinó el contenido de coliformes fecales a la leche utilizada, se evaluó mediante el análisis del perfil de textura (TPA), a los quesos elaborados, almacenados durante 4, 12 y 19 días. La producción de queso fresco elaborado con leche pulsada con ultrasonido mostro un rendimiento mayor que el queso fresco elaborado con leche pasteurizada. El TPA para el queso elaborado con la asistencia de pulsos obtuvo los valores más altos durante la evaluación sensorial. Finalmente, la evaluación microbiológica evidencio que la leche tratada con pulsos ultrasónicos no presenta unidades formadoras de colonias de coliformes, valores similares al uso de la pasteurización.

#### Palabras claves:

Pulsos ultrasónicos, queso fresco, propiedades reológicas, microbiología.

#### Abstract

In this study, the effect of pasteurization was compared to the use of ultrasonic pulses for the production of fresh cheese, and the rheological and microbiological characteristics were evaluated. The content of fecal coliforms in the milk used was determined, and the cheeses produced were evaluated through Texture Profile Analysis (TPA) after being stored for 4, 12, and 19 days. Fresh cheese produced with ultrasound-pulsed milk showed a higher yield than fresh cheese made with pasteurized milk. The TPA for the cheese made with pulse assistance obtained the highest values during the sensory evaluation. Finally, the microbiological evaluation showed that milk treated with ultrasonic pulses did not present coliform colony-forming units, with values similar to those obtained with pasteurization.

#### Key words:

Ultrasonic pulses, Fresh cheese, Rheological properties, microbiology.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bacúm 85276, México.

\*Autor de correspondencia: [jarias.moscoso@itvy.edu.mx](mailto:jarias.moscoso@itvy.edu.mx)

## 1. Introducción

La leche se caracteriza por su gran aporte en nutrientes, constituye en la dieta el aporte de aminoácidos esenciales, así como de vitaminas y minerales. La forma más común de conservarla es realizar tratamientos térmicos de pasteurización y esterilización, que inactivan las enzimas y microorganismos, extendiendo su vida útil (Pérez-Piqueras, 2020; Clement, 2018). Así mismo existen técnicas no térmicas para el procesamiento de la leche como: ultrasonidos, irradiación, tecnología de alta presión, tecnología de plasma frío, pulso eléctrico y la microfluidización (Kenari & Razavi, 2021).

El uso de ultrasonido es una alternativa para reducir la concentración de microorganismos sin modificar las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales ni perder el valor nutricional de los productos alimenticios en comparación con los métodos térmicos de pasteurización y esterilización (Nole, 2023).

El queso fresco se define como un queso no maduro, moldeado, de una textura relativamente firme, y preparado a partir de leche pasteurizada, adicionada con cuajo se moldea y está listo para consumirse. Es un producto no homogéneo, con diferencias importantes en su estructura interna, el cual puede verse afectado por una gran cantidad de factores, como su composición, maduración, procedimiento de elaboración, o incluso temperatura de almacenaje (Nogales & Sánchez, 2018). En el queso el análisis microbiológico es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la calidad del producto. Este análisis permite detectar la presencia de microorganismos patógenos, como coliformes fecales, que pueden afectar la salud del consumidor (Capuñay & Quiroz, 2022)

Por otro lado el análisis de perfil de textura (TPA) es uno de los métodos instrumentales más ampliamente utilizado para la evaluación de textura del queso. Por lo cual es una prueba popular de doble compresión para determinar las características texturales de alimentos (Nogales & Sánchez, 2018).

La presente investigación evaluó las propiedades reológicas y actividad microbiana a un queso fresco elaborado con la asistencia de pulsos ultrasónicos como alternativa a los tratamientos térmicos utilizados de manera tradicional. Se evaluó los cambios que presentan el queso fresco a través de un análisis de perfil de textura (TPA), se midió el esfuerzo al corte, dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad a un queso fresco almacenado por 4, 12

y 19 días, la medición del texturometro se realizó a un porcentaje de compresión del 75%.

## 2. Metodología

Para la elaboración de queso fresco Se siguió la metodología de Bernardo, A. (1997)., para la elaboración de queso a partir de 20 litros de leche, para cada tratamiento. Por un lado, se sometió a pasteurización 72 °C/30 min y por otro lado se sometió a los pulsos ultrasónicos a 40 Khz de amplitud de onda por 10 min. Luego, se añadió un cultivo iniciador y cuajo a la leche para coagularla. La cuajada se cortó en pequeños trozos para liberar el suero, que se drena posteriormente. A continuación, la cuajada se colocó en moldes y se prensó suavemente para eliminar el exceso de suero, dando forma al queso.

*Análisis fisicoquímicos a la leche.* Determinación de temperatura. El siguiente procedimiento fue basado por lo que describió (Fuentes-Coto et al, 2013), mediante el uso de un termómetro. Determinación de densidad. Se siguió la metodología propuesta por (Herrera, 2019). La determinación de la densidad es de importancia porque indica los valores establecidos por la ley y ayuda a determinar una posible falsificación o adulteración, valores por debajo de lo establecido indican que se le agregó agua a la leche o caso contrario indican descremado de la leche. La determinación se realizó con la ayuda de un lactodensímetro. Determinación de Acidez (Ácido Láctico). Se siguió la metodología propuesta por (Herrera, 2019). La acidez expresada como ácido láctico debe ser de 0.14-0.19 g/100 mL. La leche fresca, en estado normal, no contiene prácticamente ácido láctico.

Prueba de Alcohol. Se siguió la metodología propuesta por López et al. (2015). Esta prueba determina la estabilidad de la leche al calor. Si se tiene la formación de grumos al mezclarse el alcohol con la leche, indica que es una leche que no es apta para someterla a altas temperaturas.

*Análisis proximal.* Determinación de Humedad. Se siguió la metodología propuesta por la AOAC 2005, primero se precalentó la estufa Binder a 120°C por 1 hora, donde se colocaron los crisoles previamente lavados. Una vez transcurrida la hora se sacaron los crisoles y se colocaron en un desecador por 30 minutos hasta alcanzar peso constante. Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Velab) y se registró el peso de cada uno ( $m_1$ ).

*Determinación de cenizas.* La determinación de cenizas se realizó siguiendo la metodología de la AOAC (2005). La muestra obtenida en la determinación de

humedad se utilizó para la determinación de cenizas, la cual se incinero en una mufla (Marca Felisa) a 550°C por 2 horas, al término del tiempo se dejó enfriar 30 min dentro de la mufla y posteriormente se colocaron las muestras en un desecador por otros 30 min hasta obtener el peso constante.

Se calculó el porciento de ceniza del alimento mediante los siguientes datos: Peso del crisol con muestra – Peso del crisol vacío = Peso de la muestra; Peso del crisol con cenizas – Peso del crisol vacío = Peso de las cenizas; y las ecuaciones 1 y 2.

$$\% \text{ de cenizas en base seca} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ de materia orgánica} = 100 - \% \text{ de cenizas base seca} \quad (2)$$

$$\% \text{ de grasa cruda en base seca} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (3)$$

**Determinación de lípidos.** Los lípidos se obtuvieron con la metodología propuesta por la AOAC 2005. En el cual se colocó una muestra de 4 gramos al cual se añadió hexano por un periodo de tiempo de 4 horas. Posteriormente se extrajeron los lípidos del hexano mediante el rotaevaporador, calculando el porcentaje de grasa mediante los siguientes cálculos: Peso del vaso con grasa – Peso del vaso vacío = Peso de la grasa; y la ecuación 3.

**Determinación de proteínas por el método de microkjeldahl.** Se siguió la metodología propuesta por la AOAC 981.10. Se pesaron 3 muestras de cada queso elaborado de manera tradicional con leche pasteurizada y queso elaborado con leche asistida con pulsos ultrasónicos de 0.5 mg de muestra en la balanza analítica y se transfirieron cada una en matraces Kjeldahl, para su procesamiento siguiendo la técnica antes mencionada se añadió 1 gr de mezcla catalizadora y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado a cada muestra.

**Análisis de perfil de textura (TPA).** Para la realización del análisis se utilizó una máquina de texturómetro se hizo uso de las siguientes piezas la navaja para esfuerzo al corte es una Warner- Bratzler de 1 mm de grosor y espacio de corte de 30 mm fue a 60 mm/min y el tiempo de ejecución también es menos a 120 seg y para (TPA) usamos una sonda constituida por un plato cilíndrico de 50 mm de diámetro (p/50) con una doble compresión al 75% a una velocidad de 60 mm/min con

una celda de carga de 100 N por lo que estas pruebas se realizaron 6 repeticiones para cada queso.

El análisis microbiológico fue basado por lo que describió Dickinson (2013). BD Endo Agar es un medio ligeramente selectivo y de diferenciación para el aislamiento y la diferenciación de la familia Enterobacteriaceae y diversos otros bacilos gram negativos a partir de muestras clínicas.

### 3. Resultados

Los resultados se muestran en la tabla 1. El producto obtenido se dividió en dos moldes medianos los cuales tuvieron un prensado exacto para cada y los resultados de la caracterización fisicoquímica de la leche cruda son mostrados en la tabla 2. El análisis proximal realizado a las muestras es especificado en la tabla 3. El análisis Microbiológico se muestra en la tabla 4. se muestran los resultados de los análisis microbiológicos de los tratamientos realizados en la leche, la cual se realizó 7 muestras en placa de cada uno de los tratamientos.

Los valores medios del Análisis de Perfil de Textura (TPA) a una velocidad de 60 mm/min y 75% de compresión a muestras cubicas de queso fresco y pulsado de 1 cm x1cm y en el caso de los valores medios del análisis del perfil de textura aplicado con lo mencionado anteriormente a muestras cúbicas de queso fresco y pulsado de 1.5cm x 1.5cm están resumidos en la tabla 5.

Tabla 1. Resultados de elaboración de quesos

Tipo de tratamiento	Litros de leche	Tipos de queso	Cantidad de producto
Pasteurización	20	Fresco	1186 g
Pulsos ultrasónicos	20	Fresco	1273 g

Tabla 2. Análisis fisicoquímicos de la leche cruda

Parámetros	Leche cruda fresca
Temperatura	23°C
Densidad	1.0290 g/mL
Acidez (Ácido Láctico)	0.16%
Alcohol	Positiva

Tabla 3. Análisis proximal al queso fresco

Parámetros	Queso fresco pasteurizado	Queso fresco pulsado
Humedad	56.27 ± 0.552 <sub>a</sub>	48.00 ± 0.148 <sub>b</sub>
Cenizas	2.93 ± 0.021 <sub>a</sub>	1.95 ± 0.014 <sub>b</sub>
Proteínas	25.33 ± 0.516 <sub>a</sub>	22.91 ± 0.629 <sub>b</sub>
Grasas	32.70 ± 0.189 <sub>a</sub>	32.77 ± 0.026 <sub>a</sub>

Los resultados son expresados en porcentaje en base húmeda.

Letras diferentes entre los valores de los quesos indican diferencia significativa con  $\alpha=0.05$

Tabla 4. Análisis microbiológico a tratamientos en leche

Tratamiento	Coliformes UFC
Leche cruda fresca	6 UFC/mL
Leche Pasteurizada	0 UFC/mL
Leche con ultrasónico	0 UFC/mL

Tabla 5. Análisis de TPA en queso fresco y queso fresco pulsado

Parámetros Texturales	Tiempo (Días)	Queso Fresco	Queso Fresco Pulsado
Esfuerzo al Corte (N)	4	1.28 ± 0.25 <sub>a</sub>	3.77 ± 0.67 <sub>b</sub>
	12	1.40 ± 0.28 <sub>a</sub>	3.80 ± 0.53 <sub>b</sub>
	19	1.52 ± 0.25 <sub>a</sub>	3.27 ± 0.37 <sub>b</sub>
Dureza (N)	4	10.14 ± 4.97 <sub>a</sub>	37.35 ± 6.42 <sub>b</sub>
	12	18.84 ± 3.73 <sub>a</sub>	41.08 ± 6.88 <sub>b</sub>
	19	17.64 ± 3.60 <sub>a</sub>	41.22 ± 6.19 <sub>b</sub>
Cohesividad	4	0.29 ± 0.04 <sub>a</sub>	0.39 ± 0.09 <sub>b</sub>
	12	0.21 ± 0.02 <sub>a</sub>	0.35 ± 0.05 <sub>b</sub>
	19	0.19 ± 0.02 <sub>a</sub>	0.25 ± 0.02 <sub>b</sub>
Elasticidad	4	0.56 ± 0.07 <sub>a</sub>	0.71 ± 0.02 <sub>b</sub>
	12	0.62 ± 0.06 <sub>a</sub>	0.75 ± 0.05 <sub>b</sub>
	19	0.48 ± 0.02 <sub>a</sub>	0.69 ± 0.016 <sub>b</sub>
Gomosidad	4	5.79 ± 2.91 <sub>a</sub>	26.80 ± 4.58 <sub>b</sub>
	12	11.71 ± 2.24 <sub>a</sub>	31.30 ± 6.46 <sub>b</sub>
	19	8.52 ± 2.01 <sub>a</sub>	28.82 ± 4.86 <sub>b</sub>
Masticabilidad (N)	4	1.66 ± 0.75 <sub>a</sub>	10.69 ± 3.40 <sub>b</sub>
	12	2.47 ± 0.54 <sub>a</sub>	11.23 ± 3.16 <sub>b</sub>
	19	1.67 ± 0.35 <sub>a</sub>	7.30 ± 1.84 <sub>b</sub>

Letras diferentes entre los valores de los quesos indican diferencia significativa con  $\alpha=0.05$

#### 4. Conclusiones

Se elaboró un queso fresco de manera tradicional y con la asistencia de pulsos ultrasónicos, denotando que el queso que tuvo mejor apariencia fue al que se le sometió a los pulsos ultrasónicos. El análisis microbiológico mostro que no hay diferencia significativa entre las leches tratadas por los distintos métodos de procesamiento frente a la leche control sin tratamiento. Las características proximales mostraron diferencias siendo los valores más altos los obtenidos por el queso fresco elaborado con leche pasteurizada. En cuanto a la evaluación del TPA, siendo el queso elaborado con la asistencia de pulsos ultrasónicos obtuvo los valores más altos en cuanto a textura relacionada con el análisis sensorial de palatabilidad.

#### Referencias

- A.O.A.C. (2005). International Official Methods of Analysis. *The association of official analytical chemists*, Volumen II.
- Bernardo, A. (1997). Fundamentos de la elaboración de quesos, Editorial Mundi prensa, España. pp. 227
- Capuñay Puican, M.J., & Quiroz Cobeñas, T.Z.Z. (2022). Efecto del tratamiento térmico de la leche aplicando ultrasonido en la producción de queso fresco.
- Dickinson, B. (2013). Instrucciones de uso—medio en placas listo para su uso.
- Fuentes-Coto, G., Ruiz-Romero, R.A., Sánchez-Gómez, J. I., Ávila-Ramírez, D.N., & Escutia-Sánchez, J. (2013). Análisis microbiológico de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 419-432.
- Herrera, M. (2019). Manual de prácticas de laboratorio de análisis de alimentos.
- Kenari, Reza & Razavi, Razie. (2021). Effect of sonication conditions: Time, temperature and amplitude on physicochemical, textural and sensory properties of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*. DOI: 10.1111/1471- 0307.12761.
- López, A., Barriga, D., Jara, J., Ruiz, J., & Junta de Andalucía, (2015). Determinaciones analíticas en leche. Sevilla: Junta de Andalucía, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Consejería de Agricultura y Pesca.
- Nogales, D., & Sánchez, D. (2018). Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental (tesis pregrado). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Nole Rivera, A.Y., & Adrianzén Saavedra, A.B.D.R. (2023). Efectos de ultrasonidos y pasteurización sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de cabra.
- Pérez Piqueras, C.I. (2020). Métodos no térmicos para la pasteurización de leche de cabra y materna (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### CARACTERIZACIÓN TECNOFUNCIONAL DE OLEOGEL COMO SUSTITUTO DE GRASAS SATURADAS TRANS EN UNA LÍNEA DE PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE GALLETAS

Paola Rivera-González<sup>1</sup>, Mayra Victoria-Campos<sup>1</sup>, María Azucena Rocha-Mendoza<sup>2</sup>, y Everardo Mares-Mares<sup>1\*</sup>.

#### Resumen

Con la finalidad de proponer una alternativa emergente para la sustitución de grasas saturadas y trans en alimentos, en esta investigación se propone el desarrollo y aplicación de oleogeles, los cuales se elaboraron mediante emulsión-templado, se les determinó el perfil oxidativo y ácidos grasos libres (AGL) y se aplicaron mediante la sustitución total de la grasa saturada (mantequilla). Al producto final se le determinó textura, color, índice de peróxidos (IP), AGL y la composición química proximal. Los oleogeles de soja, canola y oliva mantienen una estabilidad oxidativa, ya que no superan el valor límite permisible del 2% para AGL e IP < 70. Con respecto a su aplicación, el oleogel con aceite de oliva y lecitina de soja no mostró resultados diferentes estadísticamente significativos en el perfil de textura y color en comparación con control por lo que se consideró el mejor tratamiento. En conclusión, los oleogeles a base de aceite de oliva son matrices poliméricas lipídicas estables que permitirán la sustitución de ingredientes ricos en ácidos grasos saturados.

#### Palabras claves:

Oleogel, grasas, galletas

#### Abstract

In order to propose an emerging alternative for the substitution of saturated and trans fats in foods, this research proposes the development and application of oleogels, which were prepared by emulsion-template, their oxidative profile and Free Fatty Acids (FFA) were determined and they were applied by the total substitution of saturated fat (butter). The texture, color, IP, FFA and proximal chemical composition of the final product were determined. The soy, canola and olive oleogels maintain oxidative stability, since they do not exceed the permissible limit value of 2% for FFA and IP < 70. Regarding its application, the oleogel with olive oil and soy lecithin did not show statistically significant different results in the texture and color profile compared to the control, so it was considered the best treatment. In conclusion, olive oil-based oleogels are stable lipid polymeric matrices that will allow the substitution of ingredients rich in saturated fatty acids.

#### Key words:

Oleogel, fat, cookies

<sup>1</sup> Ingeniería en Industrias Alimentarias/Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México / ITS de Guanajuato. Carr. Guanajuato – Puentecillas km 10.5. Puentecillas, CP 36262. Guanajuato, Gto., México.

<sup>2</sup> Posgrado en Biociencias, División de Ciencias de la Vida del Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato. Carr. Irapuato – Silao km 9. Ex Hacienda El Copal. CP. 36824 Irapuato, Gto., México.

\*Autor de correspondencia: emares@itesg.edu.mx

## 1. Introducción

Estudios de salud en México indican que el uso de grasas trans provoca cerca de 20 000 muertes al año y a nivel mundial cerca de los 500 000, debido a que las grasas trans y saturadas se acumulan en el organismo, bloqueando las arterias y elevando el riesgo de cardiopatías y eventos cerebrovasculares, así como de padecer diabetes. El creciente estigma hacia las grasas saturadas, debido al aumento de las tasas de obesidad y los trastornos metabólicos asociados, ha llevado a un impulso sustancial para el desarrollo de alternativas a este tipo de grasas tradicionales (Hwang et al., 2020). Los beneficios de salud positivos, atribuidos a las grasas no saturadas, como las encontradas en muchos aceites vegetales, han estimulado el interés en los sustitutos de grasa, a base de aceite. Por lo anterior, a partir del 24 de marzo, que se publicó el decreto en el Diario Oficial de la Federación, la industria alimentaria en México tiene un plazo de seis meses para aplicar cambios en la formulación y regular las grasas trans en la producción de alimentos (Perta-Crisa et al., 2023).

Las grasas son componentes esenciales de muchos productos alimenticios, ya que ayudan a proporcionar el color, sabor, textura y vida útil deseados. Actualmente es bien sabido que el consumo elevado de ácidos grasos saturados y trans tiene efectos negativos en la salud humana, lo que obliga a la industria alimentaria a buscar alternativas tecnológicas que permitan obtener productos con características físicas y organolépticas similares a los tradicionalmente comercializados, pero saludables para los consumidores. En la búsqueda de soluciones factibles y escalables, la estructuración de aceites en oleogeles se ha convertido en un área de investigación de creciente interés en los últimos años (Bascuas et al., 2021).

Una de las principales alternativas, motivo de investigación durante los últimos años, se centra en estructurar aceites líquidos e impartir características funcionales, de aspecto sólido, a través de oleogeles. El estudio de oleogeles, dirigidos a aplicaciones comestibles, farmacéuticas y cosméticas, se ha convertido en un campo muy activo en los últimos años y ha llevado a la identificación de una variedad de moléculas gelificadoras (Álvarez et al. 2018). Los oleogeles pueden usarse eficazmente para reemplazar las grasas sólidas en cremas, galletas y productos cárnicos triturados. El perfil de ácidos grasos, de los aceites gelificados, se mantiene así, como la funcionalidad y textura de los productos finales, siendo una estrategia para impartir las propiedades

funcionales deseables propias de las grasas y eliminar las grasas trans, reduciendo en gran medida el contenido de grasas saturadas (Quiles-Chuliá et al., 2022).

Estudios recientes han ido demostrando que la sustitución de las grasas trans y grasas saturada por ácidos grasos insaturados en matrices poliméricas denominadas "olegeles" es tecnológicamente posible, y está comprobado que disminuye el riesgo de cardiopatías (Sivakanthan et al., 2022), sin embargo, hace falta evidencias tecnológicas sobre su aplicación y escalamiento a nivel piloto e industrial, así como su estabilidad química y tecnológica, es por ello que en la presente propuesta se plantea el desarrollo tecnológico y estudio de un sustituto como un homólogo de grasa saturada y trans a partir de oleogel, con la finalidad de obtener productos de panificación nutritivos que contribuyan a satisfacer las políticas públicas en materia de salud y las demandas del consumidor, basados en una alimentación saludable. Por tal motivo, en el presente proyecto de investigación se caracterizó a nivel tecno funcional un oleogel como sustituto de grasas saturadas-trans en una línea de procesamiento industrial de galletas.

## 2. Metodología

A partir de la metodología descrita por Álvarez et al. (2018) con algunas modificaciones, se desarrollaron fórmulas de oleogel a partir de tres aceites ricos en ácidos grasos insaturados /polinsaturados (canola, oliva y soya), cada fórmula se elaboró con hidroxipropilmetilcelulosa al 30% y con goma xantana al 1%. Se probaron dos emulsificantes al 0.1%, Lecitina de Soya (LS) y monoestearato de glicerilo (MG). En todas las fórmulas se agregó butilhidroxianisol (0.1% m/V) y ácido cítrico (0.15% m/V) como antioxidantes. Las emulsiones se prepararon por emulsión-temple. A cada fórmula se le determinó el índice de peróxidos (IP) y % de ácidos grasos libres (AGL) de acuerdo con la NMX-F-154-SCFI-2010 y NMX-F-101-SCFI-2012 respectivamente. Posteriormente, se aplicaron los oleogeles a una fórmula industrial de galleta de la empresa guanajuatense "Santo Apetito" y se empleó un control (mantequilla) para evaluar el perfil de textura, color y análisis químico proximal de acuerdo con la metodología de la AOAC (2003),

Así mismo, se determinó el porcentaje de AGL e IP de acuerdo con la normativa antes mencionada. Se aplicó un análisis de varianza a través de un diseño factorial 3x2 empleando el software de Statgraphics y la prueba

de Tukey al 95% de confianza para determinar el efecto significativo del tipo de aceite y emulsificante.

Tabla 1. Estabilidad oxidativa de las emulsiones

Aceite-Emulsificante	Índice de peróxidos meq O <sub>2</sub> /kg	% de Ácidos Graso- Libres (Oleico)
C-LC	31.25±1.88 a	0.62±0.02 a
O-LC	24.54±1.20 b	0.58±0.01 a
S-LC	22.25±2.55 c	0.39±0.02 b
C-MG	39.52±3.22 d	0.56±0.03 ac
O-MG	28.25±1.99 a	0.32±0.01 d
S-MG	25.77±1.44 b	0.31±0.02 d
Referencia	70.0	2.0

Donde LC-Lecitina de Soya, MG-Monoestearato de Glicerilo, C-Canola, O-Oliva y S-Soya. Datos con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa /Tukey Test ( $P<0.05$ )

### 3. Resultados

Los resultados obtenidos (Tabla 1), demuestran que el que los oleogel obtenidos a partir de las emulsiones con el método de emulsión-témplate mantiene la estabilidad oxidativa de los aceites, en especial con el aceite de soya que mantiene un menor índice de peróxidos y ácidos grasos libres. Los resultados son similares a lo reportado por Vargas-Ortiz y col (2017).

Con respecto a su aplicación en galletas (Tabla 2), se determinó que la fórmula con aceite de oliva y lecitina de soya, no muestran diferencias significativas con respecto al control (mantequilla) en color, textura, humedad, grasa, proteína y carbohidratos lo que permite inferir sobre la viabilidad positiva de sustitución total de grasas saturadas y trans a nivel bromatológico y fisicoquímico.

Tabla 2. Evaluación fisicoquímica y bromatológica de oleogel en fórmulas de galleta

Oleogel	Firmeza (N)	Vector de Color	% Humedad	% Grasa	% Proteína	% Carbo- hidratos	%AGL	IP
C-LC	16.58 a	75.52 a	5.52 a	9.30 a	1.60 a	19.99 a	0.98 a	32.54 a
O-LC	15.87 a	74.66 a	5.11 a	9.55 a	1.67 a	21.28 a	0.82 b	39.11 b
S-LC	12.87 b	81.78 b	4.88 a	10.71 b	1.65 a	24.00 b	0.78 b	29.42 a
C-MG	17.52 a	77.87 a	5.32 a	9.64 a	1.62 a	20.88 a	0.79 b	42.55 b
O-MG	18.99 a	74.52 a	5.76 a	9.52 a	1.68 a	21.22 a	0.85 b	41.55 b
S-MG	17.44 a	78.51 a	5.44 a	9.11 a	1.63 a	23.55 b	0.78 b	32.54 a
Control	11.99 b	82.54 b	5.41 a	10.81 b	1.62 a	19.10 a	1.01 a	48.52 c

Donde: LC-Lecitina de Soya, MG-Monoestearato de Glicerilo, C-Canola, O-Oliva y S-Soya. Datos con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa /Tukey Test ( $P<0.05$ ).

### 4. Conclusiones

El proceso de elaboración de oleogel con el método emulsión-templado resulta eficiente al mantener el índice de peróxidos y porcentaje de ácidos grasos libres. En producto terminado, el oleogel con aceite de oliva y el emulsificante de lecitina de soya permiten obtener productos similares en textura y color a los que emplean grasas saturadas, por lo que pueden ser considerados como alternativas sustitutas y viables para dar cumplimiento a las normativas en materia de

salud en productos cuyas propiedades bromatológicas y fisicoquímicas no son afectadas.

### Referencias

Álvarez., M.E., Ciro., H.J., y Arango., J.C. (2018). Caracterización fisicoquímica de oleogel de aceite de aguacate (*Persea americana*) y sachu inchi (*Plukenetia volubilis*). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 21(1), 89–97.  
DOI: 10.31910/rudca.v21.n1.2018.666.

- AOAC (2003). Official methods of analysis of the Association of Official's Analytical Chemist, 17th Edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia USA.
- Bascuas, S., Morell, P., Hernando, I. & Quiles, A. (2021). Recent trends in oil structuring using hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 118: 106612, enero.  
DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106612.
- Hwang, H. S. (2020). A critical review on structures, health effects, oxidative stability, and sensory properties of oleogels. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 26, 101657.
- NMX-F-101-SCFI-2012 Alimentos – aceites y grasas vegetales o animales – determinación de ácidos grasos libres - método de prueba.
- NMX-F-154-SCFI-2010 Alimentos – aceites y grasas vegetales o animales - determinación del valor de peróxido – método de prueba.
- Quiles-Chuliá, M.D., Larrea-Santos, V., Hernando-Hernando, M.I., Morell-Esteve, P. (2022). Oleogeles, una alternativa saludable a las grasas sólidas tradicionales. Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Vargas-Ortiz, M., Servent, A., Salgado, C.M. (2017). Stability of the lipid fraction of avocado puree obtained by flash vacuum-expansion process. *Innovative food science and emerging technologies*. 41:109-116.  
DOI:10.1016/j.ifset.2017.02.016
- Perța-Crișan, S., Ursachi, C. Ștefan, Chereji, B.D., Tolan, I., & Munteanu, F.D. (2023). Food-Grade Oleogels: Trends in Analysis, Characterization, and Applicability. *Gels*, 9(5).  
DOI: 10.3390/gels9050386
- Sivakanthan, S., Fawzia, S., Madhujith, T., & Karim, A. (2022). Synergistic effects of oleogelators in tailoring the properties of oleogels: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(4), 3507-3539.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### USO DE UN EXTRACTO ANTIOXIDANTE PARA EVITAR EL OSCURECIMIENTO DE LA PULPA DE AGUACATE

María Guadalupe Herrera-Hernández<sup>1\*</sup>, Salvador Horacio Guzmán-Maldonado<sup>1</sup>, José Luis Pons-Hernández<sup>1</sup>

#### Resumen

Se han probado diferentes métodos para evitar el oscurecimiento como modificar el pH, aplicar calor o añadir antioxidantes, sin embargo, en ocasiones estos métodos llegan a ser costosos o poco accesibles. El presente trabajo tuvo como objetivo formular y evaluar una pasta de aguacate empleando como antioxidante un extracto de la piel del hueso de aguacate criollo además de un antioxidante comercial. Se midió color, se cuantificó el contenido de fenoles, taninos y flavonoides. Los resultados muestran que el antioxidante más eficaz para evitar la oxidación de la pulpa fue ácido ascórbico 0.5% + extracto de piel, puesto que presenta la menor diferencia neta de color de todos los tratamientos estando almacenada en refrigeración (4°C) durante 7 días. En cuanto a la caracterización fitoquímica, los mejores resultados para evitar la oxidación fueron obtenidos con ascórbico 0.5% y la mezcla ácido ascórbico 0.5% + extracto de piel de hueso de aguacate.

**Palabras claves:** *Persea americana*, piel del hueso  
**Abstract**

Different methods have been tested to prevent browning, such as modifying the pH, applying heat or adding antioxidants. However, these methods are sometimes expensive or difficult to access. The objective of this work was to formulate and evaluate an avocado paste using an extract from the skin of the creole avocado seed as an antioxidant, in addition to a commercial antioxidant. Color was measured, and the content of phenols, tannins and flavonoids was quantified. The results show that the most effective antioxidant to prevent pulp oxidation was 0.5% ascorbic acid + skin extract, since it presents the lowest net color difference of all the treatments when stored in refrigeration (4°C) for 7 days. Regarding the phytochemical characterization, the best results to prevent oxidation were obtained with 0.5% ascorbic acid and the mixture of 0.5% ascorbic acid + avocado seed skin extract.

**Key words:** *Persea americana*, skin seed

<sup>1</sup>Unidad de Biotecnología, Campo Experimental Bajío INIFAP, Celaya, Gto., CP: 30110 México

\*Autor de correspondencia: [herrera.guadalupe@inifap.gob.mx](mailto:herrera.guadalupe@inifap.gob.mx)

## 1. Introducción

La mayoría de las variedades comerciales de aguacate son híbridos interraciales, desarrollados a partir del intercambio de materiales entre las diferentes razas.

En general, la raza mexicana incluye variedades nativas con nombres locales, producen frutos que se consumen y comercializan localmente y se usan como pie de injerto para el cultivar 'Hass', que es el más distribuido en el mundo (Fiedler et al., 1998) y México es el principal proveedor del mercado internacional con una aportación de 45.95% del valor de las exportaciones mundiales. A pesar de la existencia un gran número de cultivares de aguacate, hay una marcada predilección por el consumo de aguacate Hass lo que ha generado el poco desarrollo de nuevas variedades adaptables a las diferentes condiciones agroecológicas y generación de nuevas variedades como alternativa a la variedad Hass, además de la falta de optimización de la extracción de aceite y generación de subproductos de aguacate (SAGARPA, 2017). Todo ello ha ocasionado que el aguacate criollo mexicano esté siendo sustituido por cultivares comerciales (principalmente aguacate Hass) o perdiéndose por la destrucción del ecosistema. Por esta situación los productores de aguacate criollo han externado su interés en conservar y darles valor agregado a sus cultivares, lo que a su vez permitirá encontrar alternativas para diversificar la producción e industrialización de aguacate. El presente trabajo tuvo como objetivo formular y evaluar una pasta de aguacate empleando como antioxidante un extracto de la piel del hueso de aguacate criollo además de un antioxidante

comercial, con la finalidad de encontrar la formulación y condiciones más adecuadas para evitar su oxidación y que conserven mejor su composición, ofreciendo así una alternativa de industrialización del aguacate criollo y utilización de subproductos (hueso).

## 2. Metodología

Los aguacates empleados para elaborar la pasta se obtuvieron de la sociedad de productores de aguacates de Comonfort y la región del municipio de Comonfort, Guanajuato. Se lavaron y posteriormente se procedió a retirar la cáscara quitando la menor cantidad posible de pulpa y se separó en una bolsa. Además, la pulpa y la piel del hueso de aguacate se separaron con mucho cuidado y se pusieron en bolsas diferentes. La piel de hueso de aguacate fue almacenada en un congelador a  $-20^{\circ}\text{C}$  por aproximadamente 24 horas y posteriormente se colocó en bolsas de tela para liofilizarlas durante 3-4 días. Una vez que la muestra se liofilizó, se molió y almacenó en refrigeración hasta su uso.

Para la obtención del extracto que se utilizó como antioxidante de la pasta de aguacate, se pesó 1 g de piel del hueso de aguacate y se le agregaron 10 mL de solución etanol-agua (70:30 v/v), después se agitó durante 20 minutos, enseguida se centrifugó por 15 minutos a 7000 rpm y finalmente el sobrenadante se filtró en papel Whatman y se colocó en un tubo falcon para utilizarlo posteriormente. Las muestras se prepararon de acuerdo a los tratamientos presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Muestras	Preparación
T1	Control	No contenía ningún antioxidante
T2	Ácido ascórbico 0.5%	0.15 g de ácido ascórbico
T4	Extracto	1 mL:10 g de pulpa
T5	Extracto + ácido ascórbico 0.5 %	1 mL:10 g de pulpa + 0.15 g de ácido ascórbico

Se pesaron 100 g de pasta de aguacate, estos fueron colocados en un procesador de alimentos el cual ya estaba previamente desinfectado, para posteriormente adicionar los demás ingredientes de acuerdo a los tratamientos correspondientes. Se envasaron al vacío y se almacenaron a temperatura ambiente y refrigeración por siete días. Además, según el límite permitido por el *Codex alimentarius* se agregaron 90 mg de sorbato de potasio y 30 mg de benzoato de sodio para 30 g de pulpa, estos aditivos fueron empleados

como conservantes para evitar el crecimiento de mohos y levaduras en la pasta de aguacate y así prolongar aún más su vida de anaquel, además estos aditivos no alteraron el sabor.

Para determinar el color se utilizó un colorímetro CR-400/410 Konica Minolta, tomando como base el sistema CIE-Lab, el equipo proporcionó los valores  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  y la diferencia neta de color ( $\Delta E$ ) se calculó de acuerdo a la metodología de Barreiro et al., (1997). La determinación de fenoles totales se realizó siguiendo el

método Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999). Los taninos condensados se cuantificaron de acuerdo al ensayo de vainillina de Desphande & Cheryan (1985). La cuantificación de flavonoides se realizó bajo la técnica descrita por Dewanto et al. (2002).

### 3. Resultados

Los parámetros de color medidos en las formulaciones elaboradas fueron tomados en las pastas de aguacate recién preparadas y después de su tratamiento de almacenamiento ya sea a temperatura ambiente (TA) o refrigeración (R) por siete días. Con los parámetros de color se calculó la diferencia neta de color ( $\Delta E$ ) (Tabla

2). La cual presentó diferencias significativas. Se observó que el almacenamiento a temperatura ambiente, para todos los tratamientos evaluados, presentó las mayores diferencias netas de color con valores que van desde los 13.9 hasta los 23.2.

La mezcla de ácido ascórbico 0.5% + extracto en refrigeración por 7 días, obtuvo la menor diferencia neta de color ( $\Delta E=3.9$ ) seguida del ácido ascórbico 0.5% con una diferencia neta de color de  $\Delta E=4.4$ . Lo cual indica que la mejor opción de almacenamiento sería someter las muestras en refrigeración por 7 días adicionándoles ácido ascórbico 0.5% + extracto natural de la piel del hueso de aguacate.

Tabla 2. Evaluación de la diferencia neta de color de los tratamientos

$\Delta E$	T1	T2	T3	T4
TA 7 días	17.5±4.0 aBC	14.6±1.9 aC	23.2±0.5 aA	13.9±0.7 aC
R 7 días	6.7±1.4 bA	4.4±0.2 bB	4.9±0.3 bB	3.9±0.1 bC

Medias con letras iguales minúsculas en la misma columna no presentan diferencia estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ). Medias con letras iguales mayúsculas en el mismo renglón no presentan diferencia estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

De todas las muestras analizadas las que presentaron una mayor cantidad de fenoles solubles fueron las del tratamiento con ácido ascórbico 0.5% + extracto (1922.8±12.7 mg EAG/100 g) después de su almacenamiento en refrigeración por 7 días, observándose un aumento considerable respecto al control. Lo anterior debido a que el mecanismo de la técnica se basa en una reacción redox, así que al contener ácido ascórbico en las formulaciones este le posee la capacidad de regenerar vitamina E, y de esta manera la mantiene en un estado activo contribuyendo a la acción antioxidante. La vitamina C protege de la oxidación a las lipoproteínas de baja densidad (LDL),

conjugándose con compuestos hidrofóbicos (palmitato de ascórbico, ácido acetal ascórbico) e incorporándose a las LDL para cumplir su rol antioxidante (Serra, 2007). El caso contrario se observó con los taninos condensados y los flavonoides. En el caso de los taninos, éstos fueron mayores en el control comparados con los tratamientos de los cuales el que presentó menor contenido fue el del extracto. Para los flavonoides el de menor concentración fue el tratamiento de ácido ascórbico 0.5% + extracto; entre los demás tratamientos no se presentaron diferencias significativas.

Tabla 3. Compuestos fenólicos cuantificados después de 7 días de almacenamiento a 4 °C

Muestra	Fenoles solubles mg EAG/100 g	Taninos condensados mg EC/100 g	Flavonoides mg EC/100 g
T1	517.5±6.5 c	68.0±2.9 a	82.5±4.0 a
T2	888.6±14.6 b	48.1±4.5 b	84.9±7.1 a
T3	436.3±10.1 d	35.2±2.9 c	85.2±6.1 a
T4	1922.8±12.7 A	47.1±0.0 b	59.1 ±3.9 b

Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencia estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ). EAG=equivalentes de ácido gálico, EC=equivalentes de catequina.

### 4. Conclusiones

La mezcla de ácido ascórbico y el extracto de piel de hueso de aguacate fue el tratamiento más eficaz que el extracto solo para evitar la oxidación de la pasta de aguacate puesto que presenta la menor diferencia neta

de color de todos los tratamientos. Además, al usar esta mezcla el contenido de compuestos fenólicos solubles fue significativamente mayor por lo que el consumidor obtendrá los beneficios de estos compuestos antioxidantes presentes en la pulpa. Con este

tratamiento se puede alargar la vida útil de la pulpa del aguacate a nivel casero, restaurantero o industrial. Lo que podría representar un ingreso extra para el productor. Además, ayuda al aprovechamiento de un subproducto de desecho como lo es el hueso de aguacate.

### Referencias

- Barreiro, J.A., Milano, M. & Sandoval AJ. (1997). Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *J Food Engineer* 33: 359–371.
- Fiedler, J., Bufler, G. & Bangerth, F. (1998). Genetic relationships of avocado (*Persea americana* Mill.) using RAPD markers. *Euphytica* 101:249-255.
- Deshpande, S.S. & Cheryan, M. (1985). Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *Jornal of Food Science* 50, 905-910.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K., & Liu, R.H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 3010-3014.
- SAGARPA (2017). Planeación Agrícola Nacional. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257067/Potencial-Aguacate.pdf>.
- Serra, H.M. & Cafaro, T.A. (2007). Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* [en línea]. Vol.41, núm. 4, pp. 525-532.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., & Lamuela R.M. (1999). Analysis of total phenols y other oxidation substrates y antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299, 152-178.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### ELABORACIÓN DE GALLETAS COMO COMPLEMENTO NUTRIMENTAL CON HARINA DE BAGAZO DE VINO TINTO Y AMARANTO

Erika Ramos-Ojeda<sup>1\*</sup>, Christopher Alesandro Lara-Capulín<sup>1</sup>, Fabiola Herrera-Enciso<sup>1</sup>, Laura Isabel Pérez-García<sup>2</sup>, María Victoria Rodríguez-García<sup>3</sup>

#### Resumen

En este proyecto de investigación se presentó el desarrollo de unas galletas, empleando harina de bagazo de uva (Tempranillo) y de amaranto. Considerando la importancia de una buena alimentación y la oportunidad de incorporar subproductos a la panificación como alternativa saludable logrando un mejor balance en el contenido de fibra. Se realizó la evaluación fisicoquímica, perfil de textura (TPA) y evaluación sensorial a cada formulación; así mismo, para evaluar los atributos de color, olor, sabor por medio de una escala hedónica de siete puntos. Se obtuvo que la formulación que contiene 85%-15% de harina de amaranto y bagazo de vino tinto respectivamente tuvo mayor aceptación en la evaluación sensorial, con un porcentaje de fibra del 5.4901 %, 2.2876 % de proteína, 2.7542% de humedad, con una actividad de agua de ( $a_w$ ) de 0.343 y una cantidad de grasa y cenizas de 32.0468% y 2.9650% respectivamente.

**Palabras claves:** Alimento funcional, análisis proximal, bagazo de vino tinto.

#### Abstract

In this research project, the development of cookies was presented, using grape bagasse flour (Tempranillo) and amaranth. Considering the importance of a good diet and the opportunity to incorporate by-products into baking as a healthy alternative, achieving a better balance in fiber content. The physicochemical evaluation, texture profile (TPA) and sensory evaluation were carried out for each formulation; Likewise, to evaluate the attributes of color, smell, and flavor using a seven-point hedonic scale. It was obtained that the formulation containing 85%-15% amaranth flour and red wine bagasse respectively had greater acceptance in the sensory evaluation, with a fiber percentage of 5.4901%, 2.2876% protein, 2.7542% moisture, with a water activity of ( $a_w$ ) of 0.343 and a quantity of fat and ash of 32.0468% and 2.9650% respectively.

**Key words:** Functional food, proximal analysis, red wine bagasse.

<sup>1</sup>Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México/ITRoque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto,38110, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Básica, Tecnológico Nacional de México/ITRoque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto,38110, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Agropecuarias, Tecnológico Nacional de México/ITRoque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto,38110, México.

\*Autor de correspondencia: erika.ro@roque.tecnm.mx

## 1.Introducción

La producción de vino en México representa solamente el 0.16% del total mundial, con una producción de 38000 toneladas, en los últimos años el consumo nacional de vino va en aumento en promedio de un 10 -13% anual. Por lo que el proceso de vinificación genera aproximadamente un 40-60% de subproducto conocido como orujo, el cual es rico en fibra y compuestos polifenólicos (González, 2018).

Existen variedades de uva destinadas a la elaboración de vinos, entre ellas se encuentra la uva Tempranillo. Es la especie de uva mayormente utilizada porque se pueden elaborar con ella todo tipo de vinos tintos. Existe una alta gama en la producción de vinos, desde los afrutados y espontáneos hasta los más deseados vinos de reserva (Romero, 2005).

En la actualidad se ha incrementado la innovación y desarrollo de nuevos productos que además de proporcionar cantidades importantes de nutrientes aportan un efecto beneficioso a la salud (Baker et al., 2022), ya que existe un aumento considerable de obesidad y enfermedades asociadas en donde parte de la población se ha interesado en mejorar sus hábitos alimenticios, consumiendo productos con alto nivel nutrimental (Atanasova, 2022).

Por lo que la presente investigación realiza la formulación de galleta elaboradas con el bagazo, como aprovechamiento de los residuos de la elaboración del vino tinto cuidando la sustentabilidad y la salud de los mexicanos.

## 2. Metodología

La formulación de las galletas tiene similitud con otros productos convencionales que emplean el uso de harina de bagazo del vino tinto y otras galletas comerciales (Machado et al., 2024), por lo cual se empleó una mezcla para definir la mejor formulación la cual contiene: harina de amaranto (HA), harina de bagazo de vino tinto (HBU), sal, jugo de naranja, polvo para hornear, rayadura de naranja, mantequilla, azúcar y huevo. Realizando tres formulaciones con diferentes porcentajes de harina. Con 85% de harina de amaranto (HA) y 15% harina de bagazo de vino tinto (HBU), 90% HA -10% HBU, y 95% HA – 5% HBU, junto a la muestra estándar Quaker y Great Valué.

Así como los análisis correspondientes para conocer el contenido nutricional que presentan las galletas elaboradas con harina de bagazo de uva de vino tinto (Tempranillo) y harina de amaranto, a cada una de las

formulaciones seleccionadas se les hizo su determinación de humedad, actividad de agua, cantidad de proteína, grasa, fibra, cenizas, perfil de textura (TPA) y la evaluación sensorial de cada uno de sus atributos. Realizando sus réplicas para una mejor determinación.

## 3.Resultados

La tabla 1 muestra los resultados del análisis de ANOVA para la cantidad de fibra en las diferentes formulaciones, incluyendo los controles Quaker (4) y Great value (5). Se determinó que la mejor formulación fue la que contiene 85%-15% (204g de HA, 36g HBU). Así mismo se determinó el ANOVA en el software Minitab, tomando en cuenta un nivel de significancia de  $\alpha < 0.05$  (Ronald, 2019).

Los resultados de los análisis y su comparación con galletas estándar, se muestran en la Tabla 2 en donde se pudo determinar la galleta con mayor fibra, considerada la variable de respuesta.

Posteriormente se determinó el perfil de textura, el cual permitió analizar parámetros significativos de las galletas, como la dureza, fracturabilidad, masticabilidad, comparando las formulaciones elaboradas con la muestra comercial como estándar. No se reportan valores de elasticidad, gomosidad, debido a que se analizaron muestras sólidas y estos únicamente son considerados para productos en estado semisólido.

En la Tabla 3 se observan los valores de las características del perfil de textura (TPA) obtenidas. Las muestras estándar, presentaron una dureza un poco inferior que las desarrolladas, esto tiene relación con el contenido de humedad de cada una, así como de sus demás componentes. La muestra 95% HA – 5% HBU, presentó una fracturabilidad de 195.053, a comparación de las comerciales, que de acuerdo a lo mostrado requiere mayor fuerza para ocasionar la fractura del alimento, con una alta dureza para hacerla pedazos, lo que representa la capacidad para masticar el bocado, involucra el contenido de humedad que contiene el alimento y los ingredientes, así como también las cantidades de harina de los mismos.

Se realizó el análisis sensorial en donde se indica el nivel de agrado para cada una de las muestras, indicando desde el número 1 como el mayor grado de disgusto ascendente hasta la escala 7 de mayor gusto o aceptación.

Tabla 1. Tabla resumen del método Tukey.

Factor	N	Contenido de fibra (%)	Desviación estándar	Intervalo de confianza de 95%
1	3	5.490	0.267	(4.761, 6.219)
2	3	4.784	0.336	(4.055, 5.513)
3	3	3.787	0.292	(3.057, 4.516)
4	3	0.900	0.854	(0.171, 1.629)
5	3	1.649	0.780	(0.920, 2.378)

Tabla 2. Análisis proximales de las galletas.

Producto	85-15 (%)	90-10 (%)	95-5 (%)	Quaker (%)	Great Valué (%)
Energía (Kcal/100g)	537.3572 kcal/g (2243.7096 KJ)	464.9014 kcal/g (1943.9072 KJ)	474.0556 kcal/g (1988.4898 KJ)	434 kcal/g (1825 KJ)	464,71 kcal/g (1949,18 KJ)
Humedad (%)	2.7542	1.6103	4.4249	2.4002	4.6779
Proteína (%)	2.2876	15.2285	7.8603	2.3108	0.2648
Grasas (%)	32.0468	25.5390	20.9972	18.6747	21.9936
Cenizas (%)	2.9650	3.0135	3.3077	1.7269	0.7530
Carbohidratos (HC)	59.9464	43.5341	63.4099	63.5	61.67
Fibra (%)	5.4901	4.7842	3.7866	0.8999	1.6490
A <sub>w</sub>	0.343	0.341	0.344	0.251	0.451

Tabla 3. Perfil de textura.

Muestra	Dureza (N)	Fracturabilidad (Kgf)
85%-15%	3974.728	4323.755
90%-10%	5854.477	2955.699
95%-5%	136.403	195.053
Quaker	374.870	398.003
Great Valué	2317.622	1676.016

La formulación indicada con el código 85%HA-15%HBU tuvo la mayor aceptación tomando en cuenta los atributos de color y aroma desde la perspectiva de los consumidores, mientras que, para el sabor, la apariencia y la textura, prefirieron la muestra Quaker, establecido por su similitud en los valores obtenidos, en cuanto a la dulzura, la muestra Gran Value, tuvo la mayor preferencia, estos resultados en conjunto permitieron seleccionar la mejor formulación de las galletas.

La prueba sensorial mostro diferencias significativas entre las galletas estándar y la galleta que presento la mayor aceptabilidad. La adición de harina de bagazo de uva (tempranillo) provocó cambios funcionales y de textura significativos que afectaron de manera positiva los atributos de calidad de las galletas.

#### 4. Conclusiones

Después del análisis del producto mediante el análisis estadístico (ANOVA) y las pruebas tanto fisicoquímicas como de textura, se determinó que la formulación con el 85% harina de amaranto y 15% harina de bagazo presentó los atributos: fibra del 5.4901 %, proteína del 2.2876 %, humedad de 2.7542, a<sub>w</sub> de 0.343 y cenizas de 2.9650%. La cantidad de fibra obtenida, comprueba que en efecto si existe diferencia significativa entre cada tratamiento, recordando que el bagazo es rico en este compuesto, ayudando en parte a prevenir enfermedades. A comparación de las otras formulaciones, y el estándar tomado de referencia, cada atributo indica diferencias significativas. La combinación de las harinas puede ser utilizadas por la industria alimentaria para producir galletas con una buena calidad, accesibles y sensorialmente aceptables

para la población en general, la cantidad de humedad es la responsable de la textura del producto, aunado a esto la dureza puede variar por lo mismo ya que, regularmente, el contenido de humedad de una galleta será inferior al 5% después del horneado y un límite permisible conforme a lo estipulado en la NMX-F-006.1983, cuyo porcentaje máximo de humedad ronda el 8.0%, lo que originaría una textura crujiente y estabilidad.

Gracias a la interpretación de los datos, a los panelistas les parecieron mucho mejor las galletas con la formulación del 85% HA y el 15% HBU por la mayor preferencia de los atributos que indican no solo la evaluación sensorial, sino también por el ANOVA y los análisis fisicoquímicos.

### Bibliografía

- Atanasova, P., Kusuma, D., Pineda, E., Frost, G., Sassi, F., & Miraldo, M. (2022). The impact of the consumer and neighbourhood food environment on dietary intake and obesity-related outcomes: A systematic review of causal impact studies. *Social science & medicine*, 299, 114879.
- Baker, M.T., Lu, P., Parrella, J.A., & Leggette, H.R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1217.
- González, H.M. (2018). Aprovechamiento de subproductos en la industria alimentaria para la obtención de compuestos bioactivos. México: AGT Editor.
- Machado, A.R., Voss, G.B., Machado, M., Paiva, J.A., Nunes, J., & Pintado, M. (2024). Chemical characterization of the cultivar 'Vinhão' (*Vitis vinifera* L.) grape pomace towards its circular valorisation and its health benefits. *Measurement: Food*, 100175.
- Romero, L. (2005). La tempranillo: todo lo que necesita saber sobre esta uva y sus vinos. Obtenido de La tempranillo: todo lo que necesita saber sobre esta uva y sus vinos.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### ANÁLISIS DEL IMPACTO DE HIDROCOLOIDES EN HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADO PARA ELABORAR TORTILLAS.

Ahuitzolt De Jesús Joaquín-Ramos<sup>1</sup>, María de Jesús Andrade-Vargas<sup>1</sup>, Gilda Zacarías-Aboytes<sup>2</sup>,  
Blanca Esthefania Aguilera-Saucedo<sup>3</sup>.\*

#### Resumen

El presente trabajo investiga el impacto de diferentes hidrocoloides, como goma guar (GG), goma xantana (XT) y carboximetil celulosa (CMC), en la optimización de la calidad de textura de tortillas de maíz industriales, abordando uno de los principales desafíos de la industria: la formulación adecuada de aditivos que aseguren un desempeño adecuado del producto bajo diversas condiciones de almacenamiento y manipulación. La firmeza, adhesividad, elasticidad y cohesividad fueron evaluadas en masa; tenacidad y extensibilidad en tortillas para diferentes combinaciones de los aditivos CMC, GG y XT. Los resultados mostraron que la XT, sola o combinada, mejoró la firmeza y elasticidad de las tortillas, mientras que las combinaciones de CMC y GG ofrecieron texturas más suaves y mayor extensibilidad. Además, XT mejoró la rolabilidad, reduciendo la cantidad y longitud de las roturas al enrollar las tortillas, lo que la posiciona como el aditivo más eficaz para optimizar la calidad textural y la manipulación del producto en la industria tortillera. Los resultados logrados destacan la importancia de seleccionar los hidrocoloides adecuados para garantizar un producto final de alta calidad sensorial y reológica.

**Palabras Claves:** textura, harina de maíz, tortilla, nixtamalización

#### Abstract

This study delves into the impact of various hydrocolloids—such as guar gum (GG), xanthan gum (XT), and carboxymethyl cellulose (CMC)—on enhancing the texture and flavor of industrial corn tortillas. This addresses a significant industry challenge: formulating the right additives to maintain product performance during storage and handling. The study assessed qualities like firmness, adhesiveness, elasticity, and cohesiveness in the dough, as well as tenacity and extensibility in the tortillas for different combinations of CMC, GG, and XT. The results revealed that XT, whether used alone or in combination, enhanced the firmness and elasticity of the tortillas, while combinations of CMC and GG yielded softer textures and greater extensibility. Furthermore, XT improved rollability, reducing the incidence and length of breaks when rolling the tortillas, positioning it as the most effective additive for optimizing the textural quality and product handling in the tortilla industry. These findings underscore the significance of selecting the appropriate hydrocolloids to guarantee a final product of exceptional sensory and rheological quality.

**Key words:** texture, corn, flour, tortilla, nixtamalization

<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>Universidad Anánuac campus Querétaro Circuito Universidades km7 El Marqués, Qro, 76246 México.

<sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México/IT Celaya, Antonio García Cubas Pte #600 esq. Av. Tecnológico, Celaya C.P. 38010, Guanajuato, México

\*Autor de correspondencia: [investigación@sodif.com.mx](mailto:investigación@sodif.com.mx)

## 1. Introducción.

Las tortillas, esenciales en la gastronomía mexicana, destacan por su sabor auténtico y su textura, siendo uno de los alimentos más importantes en México y algunos países de Centroamérica. Un alto porcentaje de los cambios que se producen en el cocimiento mediante el proceso de nixtamalización se deben a modificaciones en la estructura del almidón, principal macromolécula del maíz con un 72-73 g/100g (Lin et al., 2022). Sin embargo, los cambios que se generan entre el proceso de nixtamalización tradicional y el proceso industrial, han generado que la industria tortillera actualmente dependa en gran medida de aditivos mejoradores de textura y antimicrobianos, en su mayoría de origen sintético, aunque, en las proporciones erróneas, estos aditivos pueden disminuir la calidad sensorial, atentando contra el perfil de calidad del producto (Pudjianto et al., 2023).

El perfil de calidad sensorial en tortillas tradicionales engloba cualidades como: resistencia, elasticidad y rolabilidad adecuadas, mientras que, a nivel de masa, incluye características como: adhesividad baja y firmeza adecuada (Artavia et al., 2022). El principal problema al que se enfrenta la industria es seleccionar la formulación de hidrocoloides favorable que logre adaptarse a su propio proceso de fabricación,

permitiendo un producto terminado con buen desempeño textural o reológico incluso en condiciones de enfriamiento, congelación y recalentado (Rincón-Aguirre et al., 2021). El objetivo de este trabajo fue analizar el efectos de los hidrocoloides carboximetil celulosa (CMC), goma guar (GG) y goma xantana (XT) y sus diferentes combinaciones masas y tortillas de harina de maíz nixtamalizado.

## 2. Metodología.

A la harina de maíz nixtamalizado marca Naturelo (lote: C231211-01-HMBN) le fueron agregadas goma guar (GG), goma xantana (GX) y carboximetil celulosa (CMC) mediante en diferentes proporciones de acuerdo a un diseño mostrado en la tabla 1. Las mezclas fueron preparadas identificadas de acuerdo a la tabla 1 y después fueron agregadas a las masas en razón del 2% (m:m), 2 gramos de la mezcla más 98 g de masa de harina de maíz; posteriormente las harinas fueron amasadas en una batidora hasta tener una masa homogénea. La masa fue dividida en 4 porciones del mismo peso y amasada hasta formar esferas para el análisis de perfil de textura; las esferas fueron usadas para elaborar tortillas de aproximadamente 12 cm de diámetro y 1 mm de espesor usadas para medir tenacidad y extensibilidad.

Tabla 1. Proporciones usadas en las formulaciones del diseño generado con Minitab 19.

ID	CMC (g)	GG(g)	XT(g)
1	2.0	0.0	0.0
2	0.0	2.0	0.0
3	0.0	0.0	2.0
4	1.0	1.0	0.0
5	1.0	0.0	1.0
6	0.0	1.0	1.0
7	0.67	0.67	0.67

ID, identificador simple del experimento; CMC, carboximetil celulosa; GG, goma guar; XT, goma xantana.

Para la prueba de tensión y extensibilidad la tortilla cocida fue pesada, las dimensiones de diámetro y grosor fueron medidas a cada muestra para ingresar los datos a la prueba. El equipo Texture Analyzer TA-XT2 y el accesorio TORTILLA/PASTRY BURST RIG (HDP/TPB) que consta de dos placas que se pueden atornillar con la muestra intercalada entre ellas. Las placas tienen orificios en el centro que exponen una sección circular de la muestra que permite empujar una sonda esférica de 1" y un anillo de soporte liso que evita la rotura de muestras en el borde interior de las placas de sujeción. Para esta prueba la tortilla fue insertada de

manera que quedara tensa entre las dos placas y sujetando la tortilla con las tuercas para mantenerla inmóvil permitiendo de esta manera que este expuesta para la prueba la parte central de la tortilla, fija y tensa. El texturometro fue operado en modo de compresión y un cilindro de acrílico de 18 mm de diámetro comprimió hasta la distancia de 20 mm a una velocidad de  $1.17\text{mm}^{-1}$  en el recorrido el cilindro extendió la tortilla hasta su ruptura. Para la prueba de TPA de la masa se utiliza una sonda cilíndrica P/100 y la Heavy Duty Platform, que se utiliza para fijar muchos de los accesorios generales de los analizadores de textura

puesto que garantiza la alineación precisa de la sonda y la muestra de producto. Para la prueba la muestra se sitúa en el centro de la base y la sonda comprime de manera uniaxial, es decir se comprime y descomprime dos veces para imitar la acción de prensado de la masa; se debe hacer a una compresión alta sin llegar en ningún momento a que se disperse demasiado la masa. Una vez cocidas las tortillas, estas fueron envueltas en una servilleta de algodón por 30 minutos, posteriormente 4 tortillas fueron seleccionadas al azar y enrolladas en forma de taco con apoyo de la mano,

mantienen así por 10 segundos; después fueron desenrolladas y las grietas profundas marcadas con un plumón, posteriormente fueron colocadas en un lienzo para fotografiar y procesadas por análisis de imágenes mediante el software libre *ImageJ*. Las tortillas fueron calificadas de acuerdo a las escalas de las Tablas 2 y 3. Estas escalas evalúan dos factores: la longitud de las roturas generadas y el número de roturas por tortilla, asignando una calificación del 1 al 5, donde 1 la peor calificada y 5 la mejor.

Tabla 2. Escala de calificación de longitud de roturas

Rango	Valor
0 - 20	5
20.1 - 40	4
40.1 - 60	3
60.1 - 80	2
80.1 - 100	1

Los valores de referencia para la escala son porcentajes de la longitud de la ruptura respecto del diámetro total de la tortilla.

Tabla 3. Escala de calificación de número de roturas por cada tortilla

Rango de roturas	Calificación asignada
0 - 3	5
4 - 6	4
7 - 9	3
10 - 12	2
13 - 15	1

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra las gráficas de firmeza, adhesividad, elasticidad y cohesividad (1A, 1B, 1C y 1D), en la característica de firmeza los aditivos CMC y GG solos o en combinación con XT la firmeza mantiene valores altos (ID1, ID2, ID5, ID6, ID7), mientras al usar XT únicamente la firmeza disminuyó y la mezcla binaria CMC:GG (ID4) registró el valor más bajo. La adhesividad mide el trabajo que la sonda necesita para desprenderse de la muestra, en este caso la masa, valores negativos altos indican adhesividad grande. En la figura 1B, los valores de adhesividad más altos fueron para las mezclas ID6 e ID7, para el resto de las mezclas los valores fueron menores. En elasticidad (Figura 1C), los valores más altos son para ID3, ID6 y ID7, seguidos por ID5, en todos está presente la goma xantana, mientras que donde no está presente la goma xantana (ID1, ID2 e ID4) los valores disminuyeron, respecto a la cohesividad (Figura 1D) el comportamiento fue muy similar a la elasticidad, es decir, aumentó en presencia de xantana. La presencia

de goma xantana implicaría una ventaja al momento de elaborar la tortilla pues evitaría la ruptura.

Chhabra et al., (2018) usaron diferentes proporciones (0 a 1% m/m) de goma Guar y Xantana en harinas de diferentes variedades de maíz y midieron las viscosidad, encontrando un aumento cuando las cantidades de goma fueron incrementadas y proponen a estos hidrocoloides para ser usados como agentes ligantes en productos de maíz, sin embargo, no mostraron un efecto combinado de ambas gomas. En este trabajo los valores de elasticidad y cohesividad, características relacionadas con agentes ligantes, de CMC y GG fueron menores que en la formulación usando XT y al combinar el CMC con XT los valores de elasticidad y cohesividad no se vieron afectados, pero si la firmeza y la adhesividad, no así la firmeza que necesitó de CMC y GG para mantener valores similares a donde solo estuvieron presentes estos últimos, lo anterior puede deberse a efectos de la retrogradación del almidón que afecta las características reológicas de las harinas y soluciones de almidón (Fu y BeMiller, 2017).

El análisis de textura en la tortilla mostró que la tenacidad aumentó y fue más alto cuando se usó solamente XT (ID3, figura 1E) y la extensibilidad disminuyó (ID3, figura 1F). En las mezclas binarias de CMC y GG (ID4, figura 1E) la tenacidad disminuyó y la extensibilidad aumentó (ID 4, figura 1F); en presencia de XT ya sea en combinación con CMC, con GG o con ambas (ID5, ID6 e ID7, figura 1E) la dureza fue menor que cuando se usó goma xantana pero mayor que en la mezclas binarias de CMC y GG; por otro lado la extensibilidad (ID5, ID6 e ID7, figura 1F) fue menor que en ambas mezclas binarias de CMC y GG, pero mayor

que en la componente puro XT. Lo anterior implica que a mayor tenacidad (resistencia a la deformación) menor extensibilidad. Benazir et al. (2019) observaron que el módulo de elasticidad ( $G'$ ) y módulo de almacenamiento ( $G''$ ) incrementaron en presencia de CMC, indicando un aumento de la viscosidad en un pan a base de harina de maíz. Por otro lado, Platt-Lucero et al. (2010) reportaron una disminución de la firmeza y una mejor rolabilidad con valores de XT de 0.5% (m/m) y en la combinación de las mismas gomas (XT, 0.25 % m/m; CMC, 0.15% m/m; y GG, 0.10% m/m), resultados similares a los reportados en este trabajo.

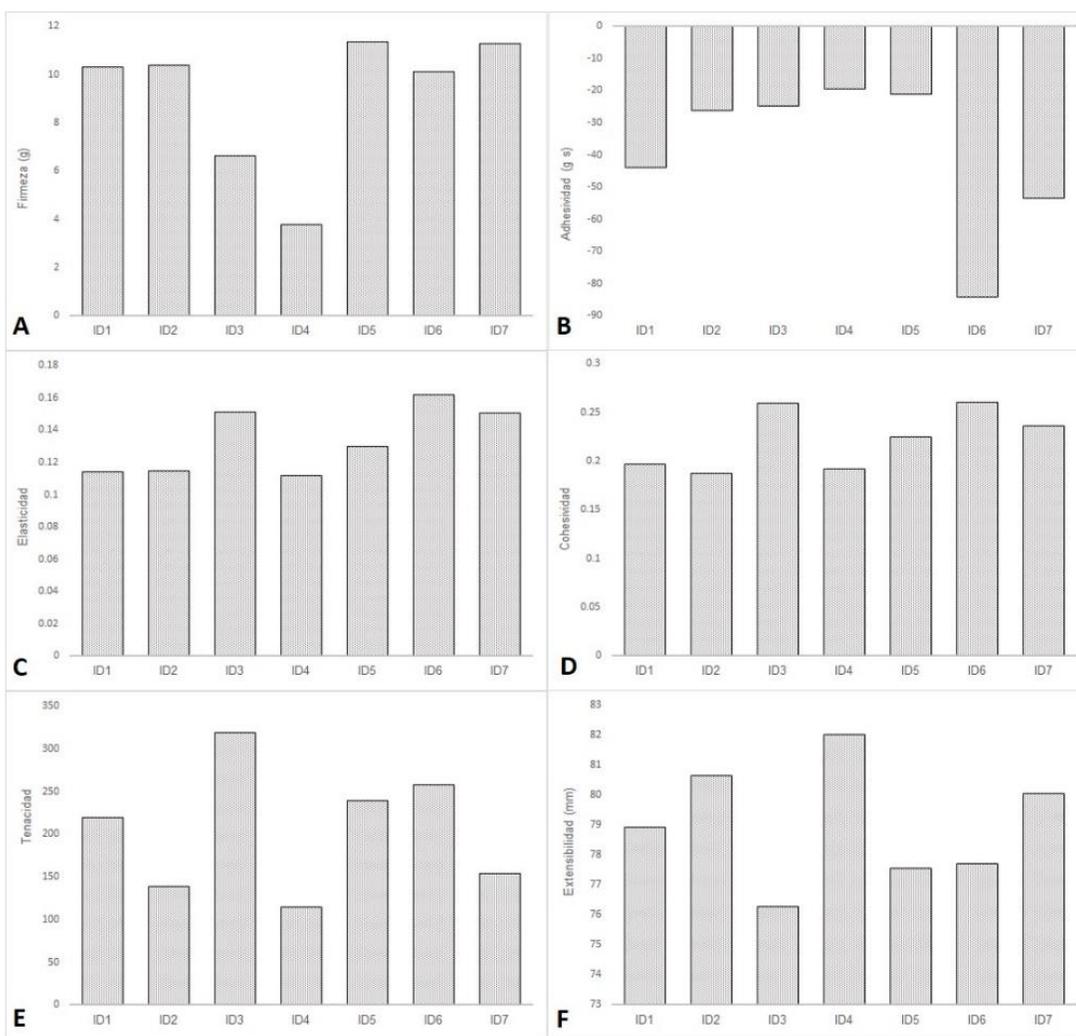


Figura 1. Efectos de la mezcla de aditivos sobre la textura masa de masa y tortilla evaluados en el texturometro. Los valores corresponden a la media de 12 réplicas (A, B, C y D) para masa; y 15 réplicas (E y F) para tortilla. ID1, Carboximetil celulosa (CMC); ID2, Goma guar (GG); ID3, Goma Xantana (XT); ID4, mezcla binaria CMC:GG (1:1); ID5, mezcla binaria CMC:XT (1:1); ID6, mezcla binaria GG:XT (1:1); ID7, mezcla ternaria CMC:GG:XT (0.67:0.67:0.67).

Tabla 4. Mejoría experimental de las formulaciones (ID) con respecto a control

Identificador	% de Mejoría
ID1	11.8634 %
ID2	10.8314 %
ID3	6.6789 %
ID4	-4.2199 %
ID 5	13.6621 %
ID 6	18.6432 %
ID 7	20.6771%

Los resultados de las pruebas de ampolla y rolabilidad en base a la mejoría obtenida tenemos los siguientes datos mostrados en la tabla 4. Con esta evaluación, se busca encontrar aquellas formulaciones que permitan tortillas con menor cantidad de roturas, principalmente y, de haber roturas, priorizar entonces las que presenten aquellas con menor longitud.

Los resultados de mejoría en orden decreciente (ID7 20.6771%, ID6 18.6432%, ID5 13.6621%, ID1 11.8634%, ID2 10.8314%, ID3 10.8314, ID4 -4.2199%) indican que hubo una mejora en las características para ambas pruebas con calificación de 5 en ambas e ID7 con fue la más alta con 20.6771%, estos resultados ayudarán a definir las concentraciones adecuadas de hidrocoloides en la masa para mejorar las características de la tortilla.

#### 4. Conclusión

Los aditivos para mejorar las características de tortillas interactúan con las macromoléculas (proteínas, almidón y lípidos) y agua contenidos en la masa, estos aditivos son usados en concentraciones bajas debido a que los cambios pueden ser muy drásticos y las combinaciones causan diferentes reacciones como fue demostrado en el presente trabajo. La firmeza es una características evidentemente afectada cuando interactuaron CMC y GG, pero que se vio restaurada en presencia de XT. XT actuando solo o en combinación con CMC o GG o con ambos mejoró la elasticidad y cohesividad de la masa. Sin embargo, los resultados en tortilla mostraron que XT aumentó la tenacidad y disminuyó la elasticidad. En las pruebas de rolabilidad y ampolla la mezcla CMC:GG:XT fue la mejor, a partir de estos resultados podrán ser propuestas cantidad adecuadas de hidrocoloides que permitan mejorar la manipulación de la masa y las características de las tortillas.

#### Bibliografía

- Artavia, G., Arias-Álvarez, C., Cortés-Herrera, C., & Granados-Chinchilla, F. (2022). Physicochemical and sensory assessment of partial corn substitutions with carotenoid-containing non-traditional flours during tortilla preparation. *Cogent Food and Agriculture*, 8(1). DOI: 10.1080/23311932.2022.2122273.
- Benazir, S., Majeed, D., Maswal, M., Gani, M., Mir, S. A., & Dar, B.N. (2019). Influence of hydrocolloids on rheological properties of gluten-free dough based on corn flour. *07(1)*, 72–83.
- Chhabra, N., Kaur, A., & Kaur, A. (2018). Assessment of physicochemical characteristics and modifications of pasting properties of different varieties of maize flour using additives. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10), 4111–4118. DOI: 10.1007/s13197-018-3337-1.
- Fu, Z., & BeMiller, J.N. (2017). Effect of hydrocolloids and salts on retrogradation of native and modified maize starch. *Food Hydrocolloids*, 69, 36–48. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.01.023.
- Lin, L., Zhao, S., Li, E., Guo, D., & Wei, C. (2022). Structural properties of starch from single kernel of high-amylose maize. *Food Hydrocolloids*, 124(November). DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.107349.
- Platt-Lucero, L.C., Ramirez-Wong, B., Torres-Chávez, P.I., López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D.I., et al. (2010). Improving textural characteristics of tortillas by adding gums during extrusion to obtain nixtamalized corn flour. *Journal of Texture Studies*, 41(5), 736–755. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2010.00252.x.
- Pudjianto, K., Sabirin, Putra, O.N., Darusalam, A., Mulawati, I.P.N., & Musa. (2023). Effects of Food

Additives Treatment on the Texture of Artificial Rice prepared from Dried Cassava and Corn Flours Mixture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1246(1).

DOI: 10.1088/1755-1315/1246/1/012055.

Rincón-Aguirre, A., Figueroa-Cárdenas, J. de D.,  
Ramírez-Wong, B., Arámbula-Villa, G.,

Jiménez-Sandoval, et al. (2021). Effect of nixtamalization with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ , and  $\text{CaCO}_3$  on the protein secondary structure, rheological, and textural properties of soft wheat flour doughs. Journal of Cereal Science, 101, 103271.

DOI: 10.1016/j.jcs.2021.103271.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### EVALUACIÓN DE TOSTADAS ELABORADAS CON BAGAZO DE MALTA

*Violeta Herrera-Enciso<sup>1\*</sup>, Erika Ramos-Ojeda<sup>1</sup>, Abril de María Montesinos-Bernal<sup>1</sup>, Susana E. Altamirano-Romo<sup>1</sup>, Fabiola Herrera-Enciso<sup>1</sup>*

#### Resumen

El bagazo de malta es el mayor subproducto de la industria cervecera, es fuente importante de vitaminas, fibra y proteínas; por lo que es considerada como ingrediente para desarrollar nuevos productos o incorporar y enriquecer a otros. El objetivo del presente trabajo es elaborar un alimento funcional adicionado en fibra, una tostada a base de maíz nixtamalizado con aprovechamiento del bagazo de malta de cebada. Fueron realizadas tres formulaciones con proporciones diferentes de masa de maíz y harina de bagazo; se aplicaron análisis proximales realizando el comparativo con un producto comercial; así mismo fueron evaluadas sensorialmente identificando la formulación de mayor aceptación. Los resultados obtenidos muestran una mejora en el valor nutrimental de las tostadas hechas con un 25% de bagazo.

#### Palabras clave:

Tostadas, bagazo, fibra

#### Abstract

Malt bagasse is the largest by-product of the brewing industry, it is an important source of vitamins, fiber and proteins; therefore, it is considered as an ingredient to develop new products or incorporate and enrich others. The objective of this work is to develop a functional food with added fiber, a toast based on nixtamalized corn using barley malt bagasse. Three formulations were made with different proportions of corn dough and bagasse flour; proximal analyses were applied, making a comparison with a commercial product; they were also evaluated sensorially, identifying the formulation with the greatest acceptance. The results obtained show an improvement in the nutritional value of the toasts made with 25% bagasse.

#### Key words

Toast, bagasse, fiber

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

\*Autor por correspondencia: violeta.he@roque.tecnm.mx

## 1. Introducción

Se sabe que la cerveza es una de las bebidas alcohólicas más populares y consumidas del mundo; la producción de malta cervecera ha mostrado un incremento continuo en los últimos años desde 2016 a 2022, siendo la tasa de crecimiento promedio anual de 3.4% (Inegi, 2023). El 85% del peso total de la malta, se descarta en forma de bagazo, caracterizado por conservar el 30% de las propiedades del grano de la malta (Monroy, 2019).

El bagazo de cerveza puede estar compuesto de un 15 - 26% de proteínas y un 70% de fibra (Pacheco-Espejo, 2022); conformada por celulosa (15.5 - 25%), hemicelulosa (28 - 35%) y lignina (aproximadamente el 28%). También contiene lípidos (3.9 - 18%), cenizas (2.5 - 4.5%), vitaminas, aminoácidos y compuestos fenólicos. Entre los componentes minerales se cuentan el calcio, fósforo, hierro y selenio. En lo referente a vitaminas contiene biotina, colina, ácido fólico, niacina, ácido pantoténico, riboflavina, tiamina y vitamina B6 (Santacruz, 2023).

La tendencia en el aprovechamiento de este tipo de residuos ha generado el desarrollo de alimentos

funcionales donde estos se puedan incorporar como ingrediente en sus formulaciones. Considerando lo anterior, se tiene como objetivo el desarrollo de una tostada elaborada con una base de masa de maíz nixtamalizado adicionada con harina de bagazo de malta en diferentes proporciones; así como la aplicación de los respectivos análisis proximales para la comprobación del mejoramiento en las propiedades nutrimentales del producto comparado con otro similar ya comercializado.

## 2. Metodología

El bagazo de malta fue obtenido como residuo de la elaboración de cerveza tipo Blonde Ale de la marca Fundadores; fue secado a 60°C durante 24 hrs, molido y tamizado para generar la harina. En la elaboración de las tortillas, se utilizó maíz amarillo cultivado en la comunidad de los capulines, el cual fue nixtamalizado, cocido y molido. La Tabla 1., muestra las proporciones de harina de bagazo y masa de maíz utilizadas en las 3 diferentes formulaciones de las tostadas.

Tabla 1. Proporciones de harina usadas en las formulaciones de tostadas

Formulación	Harina de bagazo (%)	Masa de maíz (%)
A	25	75
B	15	85
C	10	90

La mezcla de ambos componentes fue amasada hasta formar una pasta homogénea adicionando agua y sal; con una prensa se hicieron las tortillas con un diámetro cercano a los 15 cm y espesor de 2 mm; estas fueron deshidratadas en horno a 100° C por 45 minutos.

Los análisis proximales fueron aplicados por triplicado a cada una de las formulaciones y se realizó una comparación de medias (método de Tuckey), utilizando una tostada horneada comercial como control.

La fracturabilidad de las tostadas se obtuvo mediante un texturómetro, con los siguientes parámetros de operación: velocidad antes de la prueba de 1.0 mm/s, durante la prueba de 1.0 mm/s y velocidad final de 10.0 mm/s a una distancia de 3 mm.

Para la evaluación sensorial, se empleó una prueba de nivel de agrado (Villavicencio, 2021), donde 60

panelistas no entrenados (consumidores habituales) contestaron una encuesta de escala hedónica de 6 puntos para cada una de las formulaciones, dado que esta es una de las escalas más fáciles de comprender por los consumidores. Las muestras se evaluaron en base a los atributos característicos de las tostadas tradicionales, como son el color, olor, sabor y dureza.

## 3. Resultados

Las masas preparadas con la mezcla de harina de bagazo y masa de maíz mostraron las características adecuadas de humedad y flexibilidad para poder elaborar las tostadas, como lo muestra la Figura 1 y los resultados obtenidos del análisis proximal se presentan en la Tabla 2

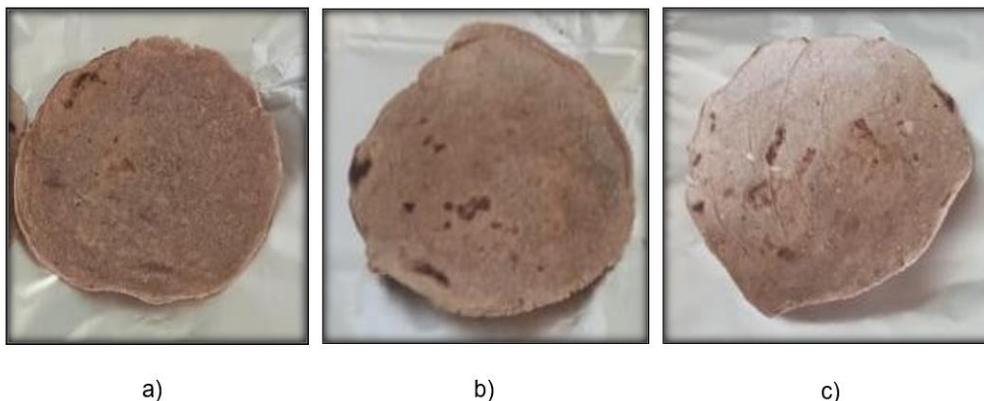


Fig. 1. Tostadas elaboradas con las formulaciones; a), FA; b), FB; y c), FC indicadas en la Tabla 1.

Tabla 2. Composición proximal de las formulaciones a base de bagazo de malta y harina de maíz nixtamalizado en comparación con un control de solo harina de maíz nixtamalizado

Componente	FA	FB	FC	Control
Humedad (%)	3.292 <sup>ab</sup>	3.625 <sup>a</sup>	2.397 <sup>b</sup>	2.347 <sup>b</sup>
Cenizas (%)	4.586 <sup>a</sup>	3.428 <sup>b</sup>	2.769 <sup>d</sup>	3.277 <sup>c</sup>
Fibra (%)	17.688 <sup>a</sup>	9.752 <sup>b</sup>	6.161 <sup>c</sup>	7.133 <sup>c</sup>
Proteína (%)	6.435 <sup>a</sup>	6.393 <sup>a</sup>	6.569 <sup>a</sup>	5.884 <sup>a</sup>
Grasa (%)	1.022 <sup>a</sup>	1.235 <sup>a</sup>	1.135 <sup>a</sup>	2.006 <sup>b</sup>
Carbohidratos (%)	66.630 <sup>c</sup>	75.156 <sup>b</sup>	80.589 <sup>a</sup>	78.682 <sup>b</sup>

Los valores son medias de tres réplicas expresadas en porcentaje en base húmeda. Letra diferentes en los renglones indica diferencia significativa con  $P < 0.05$ .

Los componentes nutrimentales que muestran diferencias significativas entre las formulaciones y control, son la proteína y las cenizas; la “a”, con mayor cantidad de bagazo es la que muestra el mayor porcentaje de fibra, 17.69; siguiéndole la “b” con 9.75%; la formulación “c” y el control no tienen diferencia; la adición de 10% de bagazo de malta no aporta más fibra que la contenida en el maíz. Un patrón muy similar se repite para la concentración de minerales (cenizas), en donde la variación es directamente proporcional con la

cantidad de bagazo adicionado. La Tabla 3, muestra los resultados de fracturabilidad de las tostadas, observando que la comercial requiere mayor fuerza para poder romperse, demostrando que es más dura que la elaborada con bagazo de malta. En la evaluación sensorial, no hubo diferencias estadísticamente significativas en alguno de los atributos evaluados entre las diferentes formulaciones, encontrándose en el nivel 5 de agrado, “me gusta”.

Tabla 3. Valores de fracturabilidad

Formulación	Fracturabilidad (g f)
A	658.868
B	545.937
C	479.763
Control	1307.965

#### 4. Conclusiones

Respecto a las propiedades nutrimentales, se puede concluir que la adición de harina de bagazo de malta

genera una mejora en las tostadas, en lo que se refiere al contenido de fibra dietética y minerales.

En la evaluación sensorial, no generó cambios en el nivel de agrado comparado con una tostada comercial,

se puede identificar un ligero cambio en la coloración, sin embargo, no es una característica que modifique la aceptación del producto.

Así como en las tostadas, el bagazo puede ser utilizado en una gran variedad de productos alimenticios aprovechando tanto sus propiedades nutrimentales como tecnológicas para el desarrollo de alimentos funcionales que sean de fácil acceso para la mayoría de la población mexicana.

### Referencias

- Arcia, P., Curutchet, A., Cozzano, S., Rodríguez, S., (2018). Bagazo de cervecería como Ingrediente en el desarrollo de panificados. Impacto del rotulado en la intención de compra y aceptabilidad. INNOTECH. DOI: 10.26461/16.02.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Anuario de estadísticas por entidad federativa. México, 2023.
- Monroy, M. (2019). Evaluación de parámetros fisicoquímicos en una cerveza utilizando triticale como adjunto (x. *Triticosecale wittmack*). Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Pacheco-Espejo, M. (2022). Estudio de alternativas de reutilización del bagazo producido en la industria cervecera. Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Santacruz-Salas A. (2023). Sustainability in the brewing industry: a critical review of the waste generated and its management. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Vol. 21, No 2. ISSN-1692-3561
- Villavicencio, E. (2021). Entrenamiento de panel y Análisis descriptivo convencional de tostadas de maíz criollo de Oaxaca. Universidad Nacional Autónoma de México.

## INGENIERÍA DE ALIMENTOS

### FORMULACIÓN, Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE GELATINA ADICIONADA CON PROBIÓTICO *Lactobacillus paracasei*.

Abril de María Montesinos Bernal<sup>1</sup>, Violeta Herrera Enciso<sup>1</sup>, Fabiola Herrera Enciso<sup>1</sup>, Diana Minerva Guerra Pérez<sup>1</sup>.

#### Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo formular y elaborar gelatina de lactosuero con piña, alfalfa, naranja, zanahoria, combinadas (piña/alfalfa, naranja/zanahoria) adicionada con probiótico (*Lactobacillus paracasei*). El lactosuero es un agente contaminante cuando es desechado al medio ambiente, la importancia del proyecto consistió en el aprovechamiento de este subproducto para la formular gelatina adicionada con probiótico. Los análisis realizados en este experimento fueron: pruebas microbiológicas (mohos, levaduras y mesófilos aerobios) y evaluaciones sensoriales. En la formulación fueron incluidos dos conservadores (ácido cítrico y benzoato de sodio).

#### Palabras clave:

Suero de leche, subproductos agroindustriales, proteína de suero de leche

#### Abstract

The aim of this study was to formulate and produce whey gelatin with pineapple, alfalfa, orange, carrot, combined (pineapple/alfalfa, orange/carrot) added with probiotic (*Lactobacillus paracasei*). Whey is a contaminating agent when it is discarded into the environment, the importance of the project consisted in the use of this by-product to formulate gelatin added with probiotic. The analyses carried out in this experiment were: microbiological tests (molds, yeasts and aerobic mesophiles) and sensory evaluations. Two preservatives (citric acid and sodium benzoate) were included in the formulation.

#### Keywords:

Whey protein, agro-industrial by-products, whey protein.

Departamento de Ingenierías/Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Roque, Km 8 carretera Celaya-Juventino Rosas, Celaya, Gto, México, 381124  
Autor por correspondencia: abril.mb@roque.tecnm.mx

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre las industrias alimentarias que más contaminan se encuentran las industrias lácteas, las cuales generan residuos considerables de leche diluida, leche separada, crema, suero, grasas, aceites, sólidos suspendidos, nitrógeno y residuos de limpieza. Estos elementos llegan a ser altamente contaminantes si no son tratados adecuadamente antes de ser desechados. (Sosa, 2015). El lactosuero o suero de leche es el líquido que se separa de la leche cuando ésta se coagula para la obtención del queso, y está constituido por todos los componentes de la leche que no se integran en la coagulación de la caseína. Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir 1 kilogramos de queso y restar un promedio de 8 litros de lactosuero. Esto representa cerca del 90% del volumen de la leche que contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de ésta, el 95% de lactosa (azúcar de la leche), el 25% de las proteínas, el 8% de la materia grasa y un completo perfil de minerales. Cerca del 70% de la proteína cruda que se encuentra en el suero corresponde a un valor nutritivo superior al de la caseína (Villareal, 2017), de manera que este subproducto de la industria láctea posee un alto valor nutritivo y puede ser una opción de materia prima para la elaboración de alimentos. En este trabajo fue analizada la calidad nutrimental y sensorial de una gelatina elaborada a base de suero de leche, sub producto de la elaboraciones de quesos.

## 2. METODOLOGÍA

La cepa liofilizada de *L. paracasei* fue reactivada agregando caldo MRS al vial del microorganismo, incubando a 37°C y después estriando en placas de agar MRS para incrementar el microorganismo. Después fueron generados cultivos de trabajo en caldo MRS para agregar a la gelatina con el objetivo de cuantificar las cantidad de unidades formadoras de colonias, se trabajó con agar MRS en placa utilizando diluciones seriadas preparadas a partir del cultivo madre ( $10^{-1}$ - $10^{-2}$ - $10^{-3}$ - $10^{-4}$ ). El análisis se aplicó por duplicado para cada dilución y se determinó las UFC/mL de medio.

En el procedimiento, se colocó 1 mL de la dilución en la base de la caja y posteriormente se vertió el agar, con movimientos suaves se homogenizo. Una vez solidificado el medio se incubó a 37 °C por 24 horas.

Realización de siembra por inmersión y por medio de estriado de *L. paracasei* para adicionar las formulaciones. Desarrollo de las formulaciones. Fueron utilizadas para la prueba piloto, suero ácido como suero dulce. Para las formulaciones se determinó utilizar suero dulce de leche (previamente pasteurizado), adicionando el probiótico *L. paracasei*. A cada una de las formulaciones se agregó ácido cítrico, benzoato de sodio y el testigo sin conservador, diferentes grados de dulzor. Los análisis realizados en fueron: Análisis microbiológico (mohos y levaduras para los tratamientos con conservador y sin conservador).

El análisis microbiológico de viabilidad de probióticos a los 28 días fue llevado a cabo usando como medio de cultivo Agar MRS y agua peptonada. En tubos de vidrio se colocaron 9 ml de agua peptonada y 1 g de muestra de gelatina, este proceso se siguió para todas las muestras las cuales se trabajaron por duplicado, posteriormente teniendo todas nuestras diluciones  $10^{-1}$ , se procedió a realizar una segunda dilución de todas las muestras seleccionadas obteniendo así una dilución de  $10^{-2}$ .

El tipo de análisis sensorial que se llevó a cabo fue el de las pruebas descriptivas, aplicada a jóvenes entre edades 18 a 20 años, las cuales permiten conocer los atributos sensoriales como lo son el color, olor, sabor, consistencia que tiene el producto y la intensidad de los mismos. Los parámetros con más desviación de resultados fueron “olor” y “sabor”. Prueba aplicada a jóvenes entre edades 18 a 20 años.

## RESULTADOS

Para la primera parte de este proyecto trabajamos con distintas concentraciones de los conservadores elegidos para determinar la concentración óptima (Tablas 1, 2 3, 4 y 5). Entre los conservadores como mejor resultado obtuvimos el benzoato en una concentración de 1 g/L la recomendada en su uso, sin embargo, las formulaciones sin conservador evidentemente no obtuvieron los mismos rendimientos en las formulaciones.

Las pruebas sensoriales arrojaron mejor aceptación las formulaciones combinadas de zanahoria y naranja, seguida de la de la de alfalfa con piña con grado de dulzor del 25%. Los parámetros con más desviación de resultados fueron “olor” y “sabor”. Prueba aplicada a jóvenes entre edades 18 a 20 años.

Tabla 1. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 3 g/L de ácido cítrico en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	9	10	10	12
Semana 2	29	35	33	37
Semana 3	87	95	89	93

\*Los resultado expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.\*

Tabla 2. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 5 g/L de ácido cítrico en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	6	7	9	9
Semana 2	19	22	22	24
Semana 3	68	72	61	69

\*Los resultados expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación \*

Tabla 3. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 0.8 g/L de benzoato de sodio en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	4	6	6	8
Semana 2	16	20	18	20
Semana 3	65	59	65	69

\*Los resultados expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.

Tabla 4. Resultados de la determinación de mohos y levaduras para la concentración de 1 g/L de benzoato de sodio en las diferentes formulaciones de gelatina.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
Semana 1	0	4	0	6
Semana 2	11	15	9	12
Semana 3	52	48	56	53

\*Los resultado expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.

Tabla 5. Resultados de la determinación de mohos y levaduras en formulaciones de gelatinas sin conservador.

Días de incubación	F1	F2	F3	F4
13 días	11	11	13	16
14 días	33	37	35	28
28 días	112	97	90	98

\*Los resultado expresados en UFC son el promedio de tres repeticiones realizadas para cada formulación.

## CONCLUSIONES

Para realizar las formulaciones se utilizaron suero ácido y suero dulce, considerando el mejor la segunda opción, ambos sueros fueron previamente pasteurizados. Los sabores empleados de origen natural solamente la piña fue pasteurizada para mezclar con el lactosuero. El sabor mejor evaluado fue la gelatina de naranja y zahoria, otro de los parámetros mejor calificado el color de la gelatina de la alfalfa, esto se debe a la vivacidad intensa de esta. Este estudio se podría implementar utilizando otros probióticos.

## REFERENCIAS

- Amaro, J., & Iparraguirre, M. (2018). Efecto del Consumo de Extracto de Alfalfa (Medicago sativa L.) Sobre el Recuento de Leucocitos, en Ratonés (Mus musculus). Revista Médica Herediana, 29(2)
- Cuaspud, P. (2015). Elaboración de Bebidas Naturales a Partir de Taxo (Passiflora tripartita Var. mollissima) y Piña (Ananas comosus) Enriquecidas con Lactosuero.
- Sosa, M.A. (Julio de 2015). Implementación de una Estrategia para la Utilización del Lactosuero como Medida para la Mitigación de la Contaminación del Río Naolinco en Miahuatlán, Veracruz
- Villareal, A. (2017). Desarrollo en Planta Piloto de una Bebida de Lactosuero y Fruta Natural para Adultos Mayores.