

The logo for CienciaUAT, featuring the text "CienciaUAT" in a bold, orange, sans-serif font. The "U" is stylized with a horizontal bar extending to the left, and the "A" has a small triangle on top. The text is set against a white background with a thin orange border.

CienciaUAT

ISSN: 2007-7521

ISSN: 2007-7858

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Castillo-Ruiz, Román; Castillo-Archila, José Abelardo; Alemán-Castillo,
SanJuana Elizabeth; Castillo-Ruiz, Octelina; Trejo-Díaz, Gabriela Nallely

Alternativas para el aprovechamiento del cuajilote
(Parmentiera edulis): una especie agroindustrial subutilizada
CienciaUAT, vol. 17, núm. 1, 2022, Julio-Diciembre, pp. 123-138
Universidad Autónoma de Tamaulipas

DOI: <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v17i1.1635>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441972774009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

The Redalyc logo, featuring the text "redalyc.org" in a red, sans-serif font. The "red" is in a lighter shade of red than "alyc", and the ".org" is in a darker shade. The logo is set against a white background.

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Imágenes de: José Abelardo Castillo Archila

Alternativas para el aprovechamiento del cuajilote (*Parmentiera edulis*): una especie agroindustrial subutilizada

Alternatives for the use of cuajilote (*Parmentiera edulis*): an underutilized agro-industrial species

Román Castillo-Ruiz¹, José Abelardo Castillo-Archila², SanJuana Elizabeth Alemán-Castillo¹, Octelina Castillo-Ruiz¹, Gabriela Nallely Trejo-Díaz^{2*}

RESUMEN

El fruto de la especie *Parmentiera edulis*, conocida como cuajilote, se produce de forma abundante por temporada, es rico en nutrientes y puede ser aprovechado para elaborar alimentos. El objetivo de este trabajo fue establecer la viabilidad técnica de utilizar el cuajilote en la formulación de alimentos y bebidas fermentadas para promover su aprovechamiento comercial. Se determinó la composición nutricional, el contenido fenólico y su capacidad antioxidante. Los frutos se deshidrataron y se obtuvo una harina que se mezcló al 0 % (control), 5 %, 10 % y 15 % con harina de maíz, para preparar tortillas, y se evaluó su composición nutricional y aceptación organoléptica. También, se elaboró una bebida fermentada y una bebida destilada, usando *Sacharomyces cerevisiae*, a partir de pulpa de fruta con y sin cáscara. Los mostos para la bebida fermentada se pasteurizaron a 72 °C/15 s. El fruto presentó alto contenido de proteína (6.5 ± 2.5 %) y fibra (3.9 ± 1.6 %), de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. En las tortillas, al aumentar la cantidad de cuajilote se elevó la cantidad de fibra y proteína. Sensorialmente, las tortillas adicionadas con 5 % y 10 % de cuajilote fueron mejor aceptadas. En la bebida fermentada no se encontró diferencia significativa en sus parámetros fisicoquímicos al elaborarla con y sin cáscara, excepto para la acidez total. Tampoco modificó el rendimiento de producción de bebida fermentada o de alcohol destilado. El cuajilote es un fruto poco incorporado a la dieta que presenta propiedades funcionales nutricionales adecuadas y puede ser aprovechado como materia prima en la elaboración de tortillas, aumentando su valor nutricional o para producir bebidas fermentadas o alcohol etílico.

PALABRAS CLAVE: cuajilote, tortilla de maíz, bebida fermentada, alcohol etílico.

ABSTRACT

The fruit of the species *Parmentiera edulis*, known as cuajilote, is abundantly produced per season, is rich in nutrients and can be used to make food. The objective of this work was to establish the technical feasibility of using cuajilote in the formulation of fermented foods and beverages to promote its commercial use. The nutritional composition, the phenolic content and its antioxidant capacity were determined. The fruits were dehydrated and a flour was obtained that was mixed at 0 % (control), 5 %, 10 % and 15 % with corn flour, to prepare tortillas, and its nutritional composition and organoleptic acceptance were evaluated. Also, a fermented beverage and a distilled beverage were elaborated, using *Saccharomyces cerevisiae*, from fruit pulp with and without shell. The musts for the fermented beverage were pasteurized at 72 °C/15 s. The fruit presented a high content of protein (6.5 ± 2.5 %) and fiber (3.9 ± 1.6 %) of phenolic compounds and antioxidant capacity. In tortillas, increasing the amount of cuajilote increased the amount of fiber and protein. Sensorially, the tortillas added with 5 % and 10 % cuajilote were better accepted. In the fermented beverage, no significant difference was found in its physicochemical parameters when it was made with and without shell, except for total acidity. Nor did it modify the production yield of fermented beverage or distilled alcohol. Cuajilote is a fruit rarely incorporated into the diet that has adequate functional and nutritional properties and can be used as a raw material in the manufacture of tortillas, increasing its nutritional value or to produce fermented beverages or ethyl alcohol.

KEYWORDS: cuajilote, corn tortilla, fermented drink, ethyl alcohol.

*Correspondencia: gabriela.trejo@unicach.mx/ Fecha de recepción: 8 de octubre de 2021/ Fecha de aceptación: 8 de julio de 2022/ Fecha de publicación: 21 de julio de 2022.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Laboratorio de Seguridad Alimentaria y Nutrición, Reynosa, Tamaulipas, México. ²Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de Ciencias de la Nutrición y Alimentos, Libramiento Norte Poniente s/n, col. Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, C. P. 29000.

INTRODUCCIÓN

Los modernos y actuales sistemas alimentarios tienen patrones de consumo. Por ejemplo, los cultivos de cereales más usados son el arroz, trigo, maíz, mijo y sorgo. Las especies animales mayormente explotadas son las vacas, ovejas, cabras, cerdos y pollo. En el caso de los peces, son 10 las especies más capturadas, lo que aumenta la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios para obtener una nutrición adecuada, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés: Food and agriculture Organization of the United Nations) (FAO, 2018).

Generalmente las políticas agrícolas y/o los mercados, favorecen a las variedades de cultivos básicos y de alto rendimiento, aunque saliendo de los patrones alimenticios de consumo se puede encontrar una basta biodiversidad que provee los alimentos necesarios para el bienestar humano (Doval, 2019). Actualmente, ha surgido un interés para las especies subutilizadas que frecuentemente pasan desapercibidas (Rudebjer y col., 2014). Diversos beneficios potenciales en seguridad alimentaria, desarrollo de nuevos productos y la obtención de compuestos bioactivos de los cultivos de dichas especies, son razones para conservar la agrobiodiversidad, la cual recibe poca atención, tanto a nivel nacional como internacional (Johns, 2004). Sin embargo, a nivel local, en las comunidades rurales, estas especies subutilizadas, constantemente con amenaza de extinción, por el poco conocimiento de sus usos, pueden cumplir un papel fundamental para mejorar la calidad de vida, en cuanto a nutrición, salud y en la generación de ingresos (Sánchez y col., 2014; Padulosi y col., 2019). El interés por la búsqueda de alimentos funcionales que brinden beneficios a la salud ha aumentado en los últimos años, destacan entre ellos los de origen vegetal, que tienen un amplio contenido de nutrientes y componentes fitoquímicos diversos, que han demostrado efectos fisiológicos positivos en el organismo humano (Barrientos-Ramírez y col., 2019; Perfilova y col., 2020).

La especie *Parmentiera edulis* es un árbol de traspatio o silvestre que puede medir de 4 m a 10 m de altura. Es nativa de América Central: México, Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras (Lim, 2012). En México, es posible encontrarla desde las costas del golfo de México hasta las del océano Pacífico. Su producción inicia de 2 a 3 años después del trasplante, con un rendimiento aproximado de 1 000 a 2 000 frutos al año y forma parte de la vegetación nativa (Morales-Sánchez y col., 2015). Su fruto comúnmente conocido con el nombre de “cuajilote, turi, platanillo o pepino de árbol”, pertenece a la familia de las Bignoniaceae (Domínguez-Orta y Herrera-Martínez, 2018). El fruto es cilíndrico, recto o curvo, de color verde y amarillo cuando está maduro, con colores pardos y rojizos en estados de madurez avanzada. Puede medir de 10 cm a 30 cm. Es jugoso y con sabor dulce, el peso promedio oscila entre 130 g y 200 g (Álvarez-Olivera y col., 2010; Domínguez-Orta y Herrera-Martínez, 2018; Juárez-Martínez y col., 2019). La pulpa es fibrosa, de color blanquecino, con numerosas semillas de color negro.

El cuajilote es utilizado como fuente alimenticia complementaria para potenciar la cría de ganado bovino tropical (Palma y col., 2019). En México, se les atribuye uso medicinal a la fruta, corteza, flor y raíz de la planta, para tratar dolor de cabeza, cálculos biliares, gastroenteritis, gripe o tos, entre otros (Lim, 2012; Estanislao y col., 2016). Sin embargo, su aprovechamiento actual es bajo, debido a que es un fruto de temporada y se pierde por el exceso de humedad, sin poder almacenarse por largos periodos (Vicente-Flores y col., 2018). En cuanto a su composición nutricional, contiene fibra cruda, proteína, grasa y extracto libre de nitrógeno, además de un alto contenido de micronutrientes, como vitamina C, Fe, Zn y Cu (Álvarez-Olivera y col., 2010; Morales-Sánchez y col., 2015).

El maíz es el alimento básico en México, además de tener un fuerte contenido socio-cultural, la forma en que se puede consumir varía enormemente (Massieu-Trigo y Lechuga-Montegro, 2002). Aunque la tortilla de maíz es el

producto más importante de la dieta y la principal forma de consumo de este cereal (Rodríguez-Calderón y col., 2017). Se estima que 94 % de los mexicanos ingieren tortilla de maíz de manera regular y les aporta aproximadamente el 45 % de las calorías diarias (Escobedo-Garrido y Jaramillo-Villanueva, 2019). Es también fuente importante de proteínas, calcio, fibra y energía (Chávez-Santoscoy y col., 2016). El Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes reporta que una pieza de tortilla aporta 64 kcal, 13.6 g de carbohidratos, 1.4 g de proteínas, 0.5 g de grasa, 0.6 g de fibra, 58.8 mg de calcio y no contiene sodio (Pérez-Lizaur y col., 2014).

Las bebidas alcohólicas son el producto resultante de la fermentación alcohólica de diversas materias primas, especialmente de cereales, frutas u otros productos con alto contenido de carbohidratos simples, que pueden llevarse a un proceso posterior de destilación. El contenido alcohólico varía según el tipo de bebida. Para las bebidas alcohólicas destiladas es de 32 % a 55 % de volumen de alcohol (Alc. Vol) y para las bebidas fermentadas es de 2 % a 20 % Alc. Vol., de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-199-SCFI-2017). Los azúcares simples pueden estar presentes de manera natural o se generan a partir del procesamiento previo de la materia prima, es decir, por escisión hidrolítica de almidones, dextrinas, disacáridos, y otros (Sánchez y Cardona, 2005).

Las bebidas alcohólicas más consumidas incluyen las bebidas fermentadas, como la cerveza, el vino y la sidra; y bebidas fermentadas-destiladas como el tequila, el whisky y el vodka (Peña y Arango, 2009). El etanol obtenido por procesos fermentativos además de su uso en bebidas alcohólicas, puede utilizarse para la producción de energía y aplicaciones diversas en otras ramas industriales, como la agroalimentaria, farmacéutica y química, por mencionar algunas (Vázquez y Dacosta, 2007).

Las materias primas son un elemento clave en la producción de alcohol, en cuyo caso, se pre-

fieren materiales con abundante contenido de azúcares fermentables o complejos de fácil degradación (Arumugam y col., 2011). Históricamente, las materias primas más utilizadas han sido la caña de azúcar y la remolacha azucarera, que contienen una alta biodisponibilidad de azúcares fermentables. Los granos de maíz y de trigo representan otra fuente importante aprovechable. Los tubérculos, específicamente las papas, suelen ser materias primas destinadas a la producción de alcohol (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018). En general, cualquier residuo orgánico vegetal o recurso lignocelulósico puede ser utilizado como materia prima para la fermentación, siempre y cuando se someta a procesos degradativos que permitan generar cantidades importantes de azúcares fermentables (Vázquez y Dacosta, 2007). Estos últimos han sido motivo de estudio gracias a su extraordinaria abundancia, ya sea porque se trata de residuos de la actividad agroindustrial, agrícola o forestal, o por el hecho de que son materias primas con bajos costos de adquisición (Almenares-Verdecia y Serrat-Díaz, 2008). El uso del cuajilote como materia prima para la producción de alcohol podría ser una alternativa dada su composición química y por el hecho de ser un producto agrícola abundante en algunas regiones, por temporada. Se puede encontrar en huertos familiares o cerca de las viviendas, a la orilla de caminos, en parcelas agrícolas, cercos ganaderos, agostaderos y dispersa en potreros. Es considerado para los humanos y para el ganado de traspato como soporte de la seguridad alimentaria (Torres-Rivera, 2018).

El objetivo de este trabajo fue establecer la viabilidad de aprovechar el cuajilote como materia prima en la formulación de diferentes productos alimenticios y bebidas fermentadas para su aprovechamiento comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención del fruto

Los frutos fueron recolectados en el municipio de Suchiapa, Chiapas, México, en la temporada de verano (agosto-septiembre 2020). Se utilizaron frutos sin magulladuras, sin picaduras

de insectos, en estado de madurez óptimo, limpios y desinfectados.

Análisis composicional del fruto

Se trabajó con una muestra de 5 g de fruto para realizar análisis basados en los métodos de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, por sus siglas en inglés: Association of Official Analytical Chemists) (AOAC, 1995). El contenido total de proteínas se determinó utilizando el método de Kjeldhal (método oficial 950.36), junto con la humedad (método oficial 935.36), cenizas (método oficial 950.22), fibra (método oficial 950.37) y grasa (método oficial 935.38). El extracto libre de nitrógeno se calculó por diferencia. Los análisis se realizaron por triplicado.

Elaboración de los extractos de cuajilote

Los extractos se obtuvieron para el análisis de fenoles totales y capacidad antioxidante. Se pesaron 1.25 g de muestra seca de cuajilote y se les agregaron 25 mL de solución (agua, metanol y etanol 50/50 v/v). Se procedió a extraer los compuestos de interés mediante tres métodos diferentes, maceración (90 min/60 °C/150 rpm), ultrasonido (90 min/60 °C) y soxleth (90 min/60 °C). Posteriormente se filtraron los extractos (Watman N° 40) y centrifugaron (LABNET HERMLE Z-323-K, Alemania) a 10 000 rpm/10 min a 4 °C. El sobrenadante se almacenó en viales en condiciones de oscuridad hasta su uso. Las muestras obtenidas conteniendo compuestos fenólicos solubles se denominaron extracto acuoso de cuajilote (EAC), extracto metanólico de cuajilote (EMC) y extracto etanólico de cuajilote (EEC).

Cuantificación de fenoles totales del fruto de cuajilote

El contenido de fenoles totales del fruto de cuajilote se determinó espectrofotométricamente por el método de Folin-Ciocalteu según Parola-Contreras y col. (2021), utilizando ácido gálico como estándar. Se mezclaron 140 µL del extracto EAC, EMC y EEC (0.5 mg/mL) con 460 µL de agua destilada y 250 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu (1 N). Después de 5 min, se añadieron 1 250 µL de carbonato de sodio

al 20 % (peso/volumen). La mezcla se agitó en un vortex y se incubó durante 2 h en la oscuridad. La absorbancia se midió a 760 nm. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico por gramo de peso fresco (mg de EAG/g).

Capacidad antioxidante del fruto de cuajilote

Para la evaluación de la capacidad antioxidante se utilizó el método radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) y el método radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS). Para determinar DPPH, se empleó el método reportado por Ordoñez-Gómez y col. (2018), 100 µL de extractos de las muestras (0.5 mg/mL a 5 mg/mL) se hizo reaccionar con 900 µL de DPPH (Sigma) a 100 µM en ambiente oscuro y se registró la absorbancia a 517 nm (Espectro-fotómetro Velab®, VE-5100UV, México) después de 6 min, en la que se observó valor de absorbancia constante. El porcentaje de inhibición del radical DPPH fue calculado con la ecuación:

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = [(Ac - Am)/Ac] \times 100$$

Donde:

Ac: Absorbancia del control

Am: Absorbancia de la muestra en función del tiempo (5 min)

En el método ABTS, la actividad eliminadora de radicales (ARSA, por sus siglas en inglés: ABTS radical scavenging activity) de las muestras se determinó según el método descrito por Parola-Contreras y col. (2021). Se generó el radical catiónico ABTS mezclando la solución madre de ABTS (7 mM) con persulfato de potasio (2.45 mM). Y se dejó reposar en la oscuridad durante 16 h a temperatura ambiente. Luego, la solución radical ABTS se diluyó en solución salina tamponada con fosfato (PBS, 0.15 M, pH 7.4) para obtener una absorbancia de 0.70 ± 0.02 nm a 734 nm. Para el ensayo se mezclaron 230 µL de esta solución diluida con 20 µL del extracto (EAC, EMC y EEC). La absorbancia se midió a 730 nm de 1 min a 6 min después de la mezcla inicial, en condiciones de oscuridad. Se usó PBS en lugar

de ABTS para el blanco. Se utilizó agua destilada en lugar del extracto para el control. El ARSA se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{ARSA (\%)} = [1 - (\text{Amuestra} - \text{Ablanco} / \text{Acontrol})] \times 100$$

Donde:

A = es el valor de absorbancia a λ 730 nm.

Obtención de la harina de cuajilote

Los frutos se cortaron en rodajas para deshidratar las en horno de convección a 60 °C. Se molieron en una licuadora industrial hasta obtener la harina de cuajilote (HC) y se tamizó usando malla n° 40, para la homogenización del tamaño de partícula.

Elaboración de tortilla de maíz con cuajilote

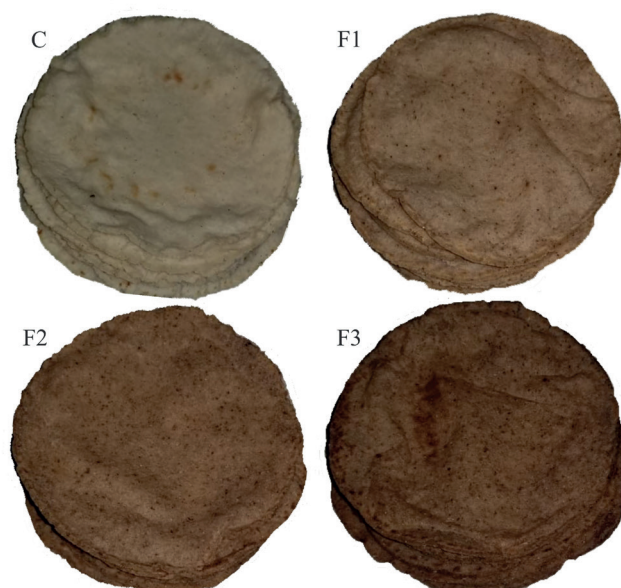
Se diseñaron 4 formulaciones, identificadas como F1 (5 % harina de cuajilote y 95 % harina de maíz), F2 (10 % harina de cuajilote y 90 % harina de maíz) F3 (15 % harina de cuajilote y 85 % harina de maíz), y control (100 % harina de maíz) (Figura 1). Las dos harinas (cuajilote y

maíz) se mezclaron uniformemente, para posteriormente hidratarse al 55 % de humedad hasta obtener una masa suave, con la cual se elaboraron tortillas de 12 cm de diámetro, con un peso de 30 ± 2 g y un espesor de 1.8 mm. Se cocieron y se almacenaron a temperatura ambiente (27 °C) en bolsas de polietileno para proceder con la evaluación de las características físicas de las tortillas.

Evaluación de las características físicas de las tortillas

Para evaluar la rolabilidad, las muestras de tortillas se enrollaron alrededor de una varilla de madera (4 cm de diámetro) para determinar el grado de rotura, de acuerdo con la escala subjetiva de 1 a 5 (1 = 0 %, 2 = 25 %, 3 = 50 %, 4 = 75 % y 5 = 100 % de rotura).

Se midió el inflado de las tortillas durante la cocción, utilizando una escala subjetiva de 3 puntos (1 = inflado completo, aproximadamente 70 % a 100 %; 2 = inflado medio, aproximadamente 40 % a 69 %; y 3 = sin inflado, aproxi-



■ Figura 1. Tortillas adicionadas con diferentes proporciones de harina de cuajilote (HC). C: 0 % HC y 100 % harina de maíz, F1: 5 % HC y 95 % harina de maíz, F2: 10 % HC y 90 % harina de maíz, F3: 15 % HC y 85 % harina de maíz.

Figure 1. Tortillas added with different proportions of cuajilote flour (HC). C: 0 % HC and 100 % corn flour, F1: 5 % HC and 95 % corn flour, F2: 10 % HC and 90 % corn flour, F3: 15 % HC and 85 % corn flour.

madamente 0 % a 39 %) (Hernández-Chávez y col., 2019).

Color

Se utilizó un colorímetro Hunter Lab Mini scan XE Plus previamente calibrado (Modelo 45/0-L; Hunter Assoc., Reston, VA., EE. UU.), para obtener por triplicado las variables de color luminosidad (L^*), a^* y b^* . Siguiendo la metodología descrita por Ramos-Ramos y col. (2019) se determinó el parámetro Hue (H^* , ángulo de matiz) mediante la siguiente ecuación:

$$H = \tan^{-1}(b/a)$$

Donde:

\tan^{-1} = tangente

a = el valor de a^*

b = el valor de b^*

El parámetro Croma (C^*) se determinó de acuerdo a los mismos autores usando la siguiente ecuación:

$$C = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Donde:

b = el valor de b^*

a = el valor de a^*

Evaluación sensorial

Se prepararon las tortillas con cada una de las cuatro formulaciones, y después de 20 min se realizó la evaluación sensorial (color, olor, sabor, grumosidad, grosor, textura, astringencia, resistencia, apariencia general), en la que participaron 30 jueces no entrenados. Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, 5 = Me gusta mucho, 4 = me gusta poco, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 2 = me disgusta, 1 = me disgusta mucho (Ramos-Ramos y col., 2019).

Análisis químico proximal de las tortillas de maíz con cuajilote

Se trabajó con una muestra de 50 g para cada formulación de tortilla para realizar análisis basados en los métodos de la AOAC (1995). El contenido total de proteínas se determinó utilizando el método de Kjeldhal (método ofi-

cial 950.36), junto con la humedad (método oficial 935.36), cenizas (método oficial 950.22), fibra (método oficial 950.37) y grasa (método oficial 935.38). El extracto libre de nitrógeno se calculó por diferencia. Los análisis se realizaron por triplicado.

Producción de una bebida fermentada y obtención de alcohol etílico

Se trabajó con 2.61 kg de fruto y se diseñaron dos formulaciones: (F1) frutos enteros con cáscara y (F2) frutos enteros sin cáscara (se removió la cáscara cuidadosamente, procurando retirar la menor cantidad de pulpa). Los frutos de cada formulación se trozaron, molieron y homogenizaron hasta obtener un mosto color amarillo-verdoso. Los mostos se pasteurizaron a 72 °C durante 15 s y se depositaron dentro de los reactores del digestor (Anaerobic Digester Armfield, W8-A, Argentina), los cuales se llenaron hasta un 80 % (800 mL) de su capacidad. Se adicionó la levadura *Sacharomyces cerevisiae* (marca comercial Tradi-pan) al 1 % (p/p) en relación al peso total del mosto y se procedió a mezclar para dispersarla en cada una de las soluciones. El proceso se mantuvo a 24 °C en anaerobiosis por una semana o hasta que los °Brix permanecieron constantes. Se agitó manualmente cada 12 h. Pasado este tiempo, el producto se filtró para separar los restos sólidos. Por último, para la destilación se montó la unidad de extracción sólido-líquido y se colocó el mosto obtenido de la fermentación en el tanque de almacenamiento inicial a una temperatura de ebullición de 70 °C a 85 °C. Se alimentó el tanque del equipo de destilación con líquido obtenido después de la fermentación del fruto de los tratamientos. Las condiciones de operación para la destilación fueron de 75 °C, en un tiempo aproximado de 1 h. Al final del proceso se determinó la cantidad de alcohol obtenida por medio de las pruebas de alcoholimetría por densidad, utilizando el alcoholímetro de Gay Lussac, graduado a 20 °C (Robsan, TDM-8010020, México) y el grado alcohólico fue expresado en volumen (cm^3 de alcohol etílico en 100 cm^3 de líquido a 20 °C), de acuerdo con lo especificado en la norma NOM-199-SCFI-2017. Los análisis se realizaron por triplicado.

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la bebida fermentada

Los análisis fisicoquímicos de acidez total, acidez volátil, extracto seco, cenizas y el contenido alcohólico se obtuvieron mediante los métodos aplicables para vinos mencionados en la NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Las pruebas se realizaron por triplicado.

Determinación de azúcares reductores en los mostos de cuajilote

Se evaluó el contenido de azúcares reductores en el mosto de cuajilote por medio del método Miller, por reducción del ácido dinitrosalicílico (DNS) (Miller, 1959). Para la formulación del reactivo DNS, se disolvieron 800 mg de hidróxido de sodio en agua destilada, posteriormente se agregaron 15 g de tartrato de sodio y potasio tetrahidratado; después se adicionaron 500 mg de ácido 3,5-dinitrosalicílico. La mezcla resultante se aforó a 50 mL con agua destilada y se almacenó en frasco ámbar a 4 °C. Para determinar la cantidad de azúcares reductores se realizó una curva de calibración de absorbancia con patrones a concentraciones conocidas, por lo que se prepararon soluciones de 100 mg/L hasta 1 500 mg/L, utilizando glucosa como muestra estándar. A estas soluciones se les agregó el reactivo preparado de DNS y se leyó la absorbancia de cada una de ellas en un espectrofotómetro UV/Vis (Velab®, VE-5100UV, México) a longitud de onda de 540 nm. Después, se adicionaron 0.5 mL del reactivo DNS preparado a 0.5 mL de cada una de las muestras de estudio. Se colocaron a ebullición por 5 min en baño maría, y se detuvo el calentamiento con un baño de agua fría. Finalmente, se disolvieron las muestras con 5 mL de agua destilada, se agitaron, se dejaron reposar por 15 min y se determinó su absorbancia a 540 nm. El mismo tratamiento se realizó para el blanco con agua destilada. Se compararon las lecturas de absorbancia de cada una de las muestras con la curva patrón para determinar la concentración de azúcares reductores.

Análisis estadístico

Se aplicó estadística descriptiva (media aritmética y desviación estándar) para reportar los datos del análisis nutrimental. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, además de la prueba de Tukey con un nivel de significancia $P \leq 0.05$ para determinar las diferencias entre las formulaciones de las tortillas, la bebida fermentada y la producción de alcohol. En el caso del contenido fenólico y capacidad antioxidante se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores, con tres niveles cada uno de ellos (3 x 3), además de la prueba de Tukey con un nivel de significancia $P \leq 0.05$, utilizando el programa estadístico para ciencias sociales (SPSS, por sus siglas en inglés: Statistical Package for the Social Sciences) versión 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la composición proximal del fruto de cuajilote

En el análisis proximal del fruto de cuajilote se observó un alto contenido de proteína cruda 6.5 %, fibra cruda (3.9 %) y minerales o ceniza (3.9 %) (Tabla 1). Estos resultados concordaron con los de Paredes-García y col. (2001), pero fueron más altos que los de Juárez-Martínez y col. (2019), quienes reportaron mayor contenido de lípidos (6.4 %).

■ Tabla 1. Análisis de la composición proximal del fruto de cuajilote.

Table 1. Proximal chemical analysis of cuajilote.

Fracción	Cuajilote
Humedad	83.8 ± 2.5
Proteína cruda	6.5 ± 2.5
Grasa cruda	1.6 ± 0.8
Fibra cruda	3.9 ± 1.6
Ceniza	3.9 ± 0.7
Extracto libre de nitrógeno	0.2 ± 2

Fenoles totales

El solvente utilizado y el método de extracción modificaron significativamente ($P \leq 0.05$) el contenido fenólico detectado en el fruto del

cuajilote (Figura 2). El etanol fue el disolvente que presentó concentraciones más elevadas de compuestos fenólicos, seguido por el metanol y finalmente el agua, excepto para la técnica soxhlet. El método de extracción que reportó mayores concentraciones de compuestos fenólicos fue el soxhlet, obteniendo 3.03 mg EAG/g con etanol, seguido por 2.43 mg EAG/g con agua como disolvente. Esto se debe a la solubilidad de los compuestos fenólicos, como difenoles y polifenos, en agua y alcohol (Muñoz y col., 2015). Un estudio realizado por Reyad-ul-Ferdous y col. (2015), en *Parmentiera cereifera*, una especie muy cercana a *P. edulis*, que ha sido más estudiada, mostró un contenido fenólico de 4.84 g EAG/100 g, usando una mezcla de metanol y agua como solvente.

Porcentaje de inhibición de DPPH y ABTS de los extractos del fruto de cuajilote

La capacidad de captación de radicales libres utilizando DPPH y ABTS, mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) según el método y solvente de extracción (Figura 3). La actividad de eliminación de radicales DPPH, de

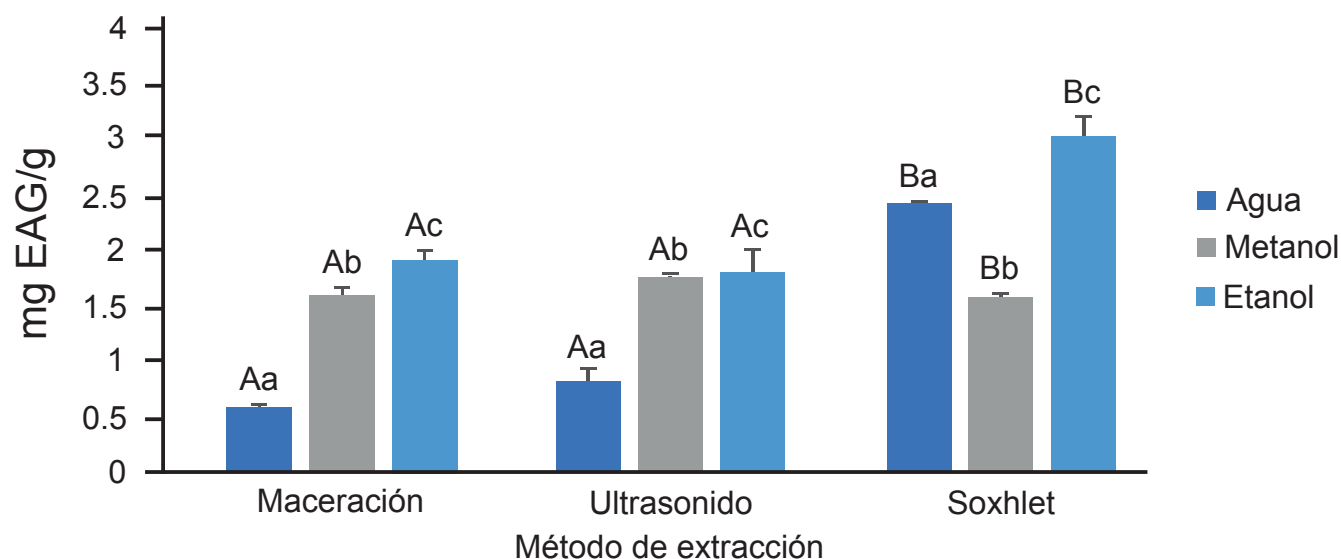
los extractos del fruto de cuajilote, variaron de 21.55 % a 70.09 %. El método que proporcionó el mayor porcentaje de inhibición en los EAC fue el método soxhlet con 69.36 %, en los EMC fue por maceración con 70.09 % y en los EEC fue por medio de soxhlet con 62.47 %.

En el ensayo ABTS, los valores oscilaron entre 22.55 % y 67.60 %, similares al ensayo de DPPH. El EAC y el EMC obtenidos por soxhlet presentaron la mayor capacidad antioxidante, con 67.60 % y 50.63 % de inhibición de ABTS. Los EEC mostraron porcentajes bajos de capacidad antioxidante. Dudonne y col. (2009), reportaron que las capacidades antioxidantes de los extractos de plantas no solo dependen de la composición del extracto, sino también de las condiciones de la prueba utilizada.

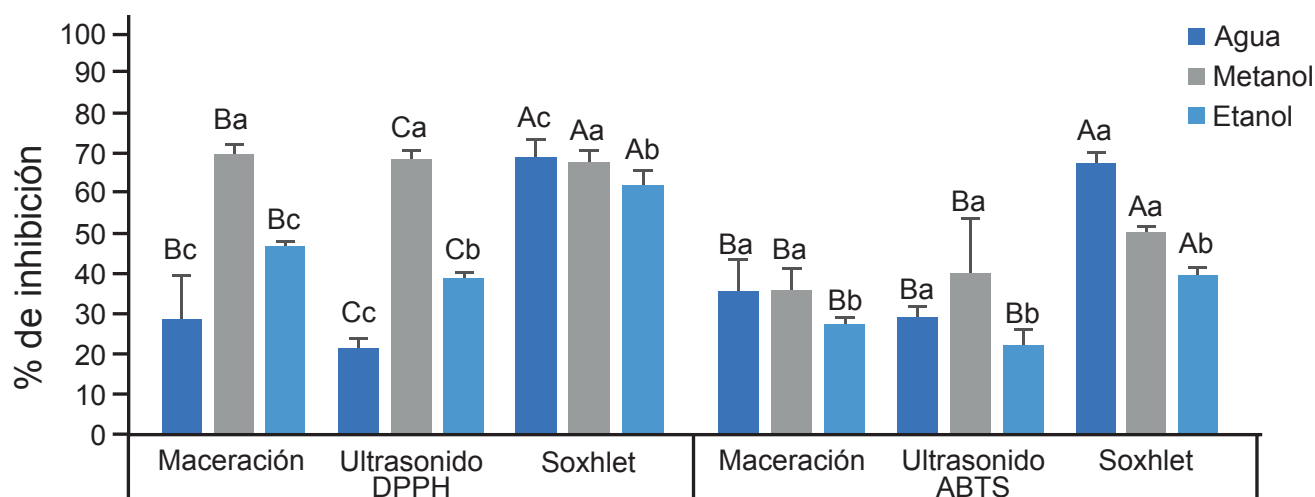
Características físicas, sensoriales y químicas de las tortillas con cuajilote

Rolabilidad

La rolabilidad de las tortillas no se vio modificada por la adición de hasta 15 % de harina de cuajilote. Las mezclas no presentaron ninguna



■ Figura 2. Contenido de fenoles en el fruto de cuajilote. ^{a,b,c}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tipos de solvente para cada método de extracción. ^{A,B,C}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre métodos de extracción para cada solvente. Figure 2. Phenol content in the cuajilote fruit. ^{a,b,c}Different letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between the types of solvent for each extraction method. ^{A,B,C}Different letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between extraction methods for each solvent.



■ Figura 3. Porcentaje de inhibición de los radicales libres ABTS y DPPH de los extractos acuosos, metanólicos y etanólicos del fruto cuajilote. ^{a,b,c}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tipos de solvente para cada método de extracción. ^{A,B,C}Letras diferentes indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre métodos de extracción para cada solvente.

Figure 3. Percentage of inhibition of ABTS and DPPH free radicals of the aqueous, methanolic and ethanolic extracts of the cuajilote fruit. ^{a,b,c}Different letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between the types of solvent for each extraction method. ^{A,B,C}Different letters indicate a significant difference ($P < 0.05$) between extraction methods for each solvent.

ruptura al momento de enrollarlas en la varilla de madera. Cortes-Soriano y col. (2016) reportaron resultados similares a este estudio, con una rolabilidad excelente en tortillas elaboradas con una mezcla de harina de maíz y hasta 40 % de avena. En tanto que, Argüello-García y col. (2017), elaboraron tortillas de maíz y harina de *Jatropha* en proporciones 95:5, 90:10, 85:15 y 80:20, respectivamente, y reportaron un rompimiento de la tortilla de 0 % a 25 %.

Grado de inflado

La adición de harina de cuajilote, al 10 % y 15 %, permitió el inflado promedio de la tortilla de 90 % y 87.5 %, respectivamente, mientras que el control y la tortilla del 5 % tuvieron un inflado del 100 %. Argüello-García y col. (2017), reportaron que al adicionar 20 % de harina de *Jatropha curcas* se redujo el inflado de la tortilla en 50 %. Los autores argumentaron que el alto contenido de proteínas en la formulación de harina de *J. curcas* puede haber dificultado el inflado.

Evaluación del color

El color es un atributo de gran importancia en los alimentos, debido a que se asocia con la calidad, tipo de alimento e incluso el valor nutricional (Mendoza y Calvo, 2010). En los parámetros de color de las formulaciones de tortilla (Tabla 2) se observó que la adición de harina de cuajilote modificó significativamente ($P \leq 0.05$) el atributo de luminosidad (L^*). En cuanto al parámetro a^* , las formulaciones con mayor adición de harina de cuajilote (10 % y 15 %) presentaron valores más altos (5.49 ± 0.32 y 5.45 ± 0.34 , respectivamente) inclinándose levemente hacia el color rojo, mientras que el tratamiento con 5 % fue menor. En el parámetro b^* , a mayor adición de harina de cuajilote menor fue el valor de este color, con diferencia significativa ($P \leq 0.05$), orientándose hacia el color amarillo, con base en el diagrama de coordenadas de cromaticidad. Los cambios en los atributos a^* y b^* modifican los valores de Croma (intensidad de calor) y Hue o matiz, que se asocia con el tono o color. Un valor de Hue cercano a 0 co-

■ **Tabla 2. Evaluación del color de las tortillas de harina de maíz y harina de cuajilote (media \pm DE).**
Table 2. Color evaluation of corn flour and cuajilote flour tortillas (mean \pm SD).

	L*	a*	b*	Croma	Hue
C	73.83 \pm 1.74 ^a	1.51 \pm 0.38 ^b	20.93 \pm 0.73 ^a	20.99 \pm 0.74 ^a	85.88 \pm 0.95 ^a
F1	61.94 \pm 1.43 ^b	4.21 \pm 0.31 ^a	18.92 \pm 0.32 ^b	19.38 \pm 0.26 ^b	78.08 \pm 0.08 ^b
F2	53.16 \pm 2.67 ^c	5.49 \pm 0.32 ^c	17.65 \pm 0.67 ^{bc}	18.48 \pm 0.63 ^b	72.71 \pm 1.16 ^c
F3	51.09 \pm 1.45 ^c	5.45 \pm 0.34 ^c	17.30 \pm 0.19 ^c	18.14 \pm 0.27 ^b	72.52 \pm 0.87 ^c

C: 0 % HC y 100 % harina de maíz, F1: 5 % HC y 95 % harina de maíz, F2: 10 % HC y 90 % harina de maíz, F3: 15 % HC y 85 % harina de maíz. ^{a,b,c}Letras distintas indican diferencias significativas entre las formulaciones ($P \leq 0.05$).

responde a un tono rojo, en tanto que un color cercano a 90 corresponde al amarillo. Es posible apreciar que el valor de Hue disminuyó significativamente con el incremento de harina de cuajilote adicionada (Tabla 2), lo que implica una modificación del color que percibirá el consumidor, como en el caso de este estudio (Figura 3). También se observó que el valor del croma disminuyó significativamente (Tabla 2), por lo que la intensidad del tono disminuyó. Esto significa que la tortilla de maíz pasó de un color amarillo a uno rojizo de menor intensidad por efecto de la adición de la harina de cuajilote.

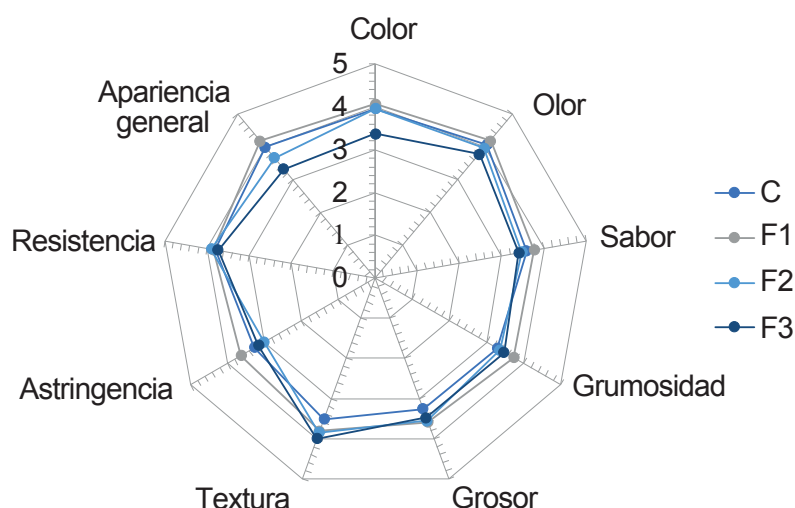
Hernández-Chávez y col. (2019) elaboraron tortillas de maíz adicionadas con harina de la leguminosa *Lupinus albus* L. en 2.5 %, 5 % y 7.5 %, y encontraron que el tratamiento del 2.5 % fue similar al control en todos los parámetros determinados (L^* , a^* , b^*) ($P > 0.05$). Los autores concluyeron que una mayor incorporación de harina de *L. albus* resultó en cambios significativos ($P < 0.05$) tanto en enrojecimiento (a^*) como en amarillez (b^*), caso contrario a lo reportado en el presente estudio, donde el control y la F1 (5 % de harina de cuajilote) fueron diferentes en todos los parámetros. Chávez-Santoscoy y col. (2016) hicieron tortillas de maíz nixtamalizadas siguiendo 3 formulaciones: control (100 % harina de maíz), y sustitución de extracto etanólico de la cáscara de frijoles negros en 3 g/kg y 7 g/kg. Los autores reportaron que cuando se adicionó extracto etanólico de frijol, la luminosidad disminuyó significativamente ($P < 0.05$) con respecto al control, debido a que el frijol contiene polifenoles,

lo que resultó en una tonalidad oscura de la tortilla. Los valores b^* fueron más bajos (amarillez) en comparación con las tortillas control ($P < 0.05$), resultados diferentes a los reportados en el presente estudio, en el que se observó que el color de las tortillas puede variar en función de la cantidad de harina de cuajilote adicionada. El color también puede cambiar debido a las reacciones de Maillard y caramelización que suceden durante la cocción (Manayay e Ibarz, 2010).

Evaluación sensorial

La fórmula F1 (5 % harina de cuajilote) y F2 (10 % harina de cuajilote) presentaron valores de aceptabilidad similares ($P < 0.05$) (escala 4, les gusta poco) a la muestra control, en los 9 atributos evaluados: color, olor, sabor, grumosidad, grosor, textura, astringencia, resistencia, apariencia general (Figura 4). En el caso de la fórmula F3, el atributo de color, apariencia general y astringencia obtuvo valores menores ($P < 0.05$) en la escala hedónica (Escala 3, ni les gusta, ni les disgusta). Es importante mencionar que las tortillas adicionadas con hasta 5 % y 10 % de harina de cuajilote no presentaron diferencia significativa ($P < 0.05$) en los diferentes atributos evaluados en comparación al control, lo que sugiere que es posible fortificar las tortillas de harina de maíz con hasta 10 % de harina de cuajilote sin afectar su aceptación por parte del consumidor.

Cortes-Soriano y col. (2016) evaluaron tortillas elaboradas con harina integral de avena y harina de maíz nixtamalizada y reportaron que, tanto los tratamientos con 10 % y 20 % de ha-



■ **Figura 4.** Evaluación sensorial de la tortilla elaborada con harina de maíz adicionada con cuajilote. Escala hedónica: 5 = Me gusta mucho, 4 = me gusta poco, 3 = ni me disgusta ni me gusta, 2 = me disgusta un poco, 1 = me disgusta mucho.

Figure 4. Sensory evaluation of the tortilla made with corn flour added with cuajilote. Hedonic scale: 5 = I like it very much, 4 = I like it a little, 3 = I neither dislike it nor like it, 2 = I dislike it a little, 1 = I dislike it a lot.

rina de avena, así como el tratamiento control, tuvieron mejores propiedades de sabor, textura y aceptabilidad; tendencia contraria a la que presentaron las tortillas elaboradas con 30 % y 40 %, en cuyo caso presentaron sabor a avena. Dicho comportamiento es similar a los resultados de este estudio, ya que se establece que existe un límite en la adición de harinas sustituto que no debe rebasarse para no afectar su aceptación. Rodiles-López y col. (2019) elaboraron una tortilla de maíz con harina de nopal y aguacate liofilizado y reportaron que los panelistas tuvieron una amplia aceptación por la tortilla con 2.5 % de harina de aguacate y 2.5 % de harina de nopal, entre menos harina de aguacate y nopal, mejor aceptación, lo que concuerda con lo obtenido en el presente estudio.

Análisis de la composición proximal de las tortillas de maíz con cuajilote

En la Tabla 3 se muestra la composición química de las tortillas. Se observó que a medida que aumentó la cantidad de harina de cuajilote incrementó la fibra y disminuyó el extracto libre de nitrógeno. El contenido de grasa fue

mayor en el F2 (4.14 ± 0.09) y menor en el F1 (3.65 ± 0.06). En cuanto a la proteína, fue mayor para la formulación F3 (8.48 ± 0.87 g) que contiene más porcentaje de harina de cuajilote.

Cortes-Soriano y col. (2016) evaluaron la calidad bromatológica y propiedades sensoriales de tortillas elaboradas con mezclas de harina de maíz (marca MINSA®) y harina de avena (variedad Obsidiana) (90: 10 %, 80: 20 %, 70: 30 % y 60: 40 %, respectivamente). Las tortillas adicionadas con 40 % de harina de avena presentaron altos contenidos de proteína y fibra, pero menor aceptabilidad, datos similares a este trabajo. El incremento en el contenido de nutrientes como proteínas, minerales y fibra de las tortillas con cuajilote está asociado a la suma de las harinas de este fruto a la harina de maíz, dada su composición química proximal (Tabla 1).

Evaluación de las características fisicoquímicas del mosto y de la bebida fermentada **Propiedades fisicoquímicas de la bebida fermentada**

En la Tabla 4 se observan los resultados obte-

■ **Tabla 3. Análisis químico proximal de tortillas de maíz adicionadas con cuajilote (media \pm DE).**
Table 3. Proximal chemical analysis of corn tortillas added with cuajilote (mean \pm SD).

Fracción	C (%)	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Humedad	10.88 \pm 0.02 ^d	11.07 \pm 0.02 ^c	11.26 \pm 0.03 ^b	11.98 \pm 0.06 ^a
Proteína cruda	7.10 \pm 0.40 ^b	8.00 \pm 0.88 ^{ab}	8.40 \pm 0.39 ^a	8.48 \pm 0.87 ^a
Grasa cruda	3.94 \pm 0.01 ^b	3.65 \pm 0.06 ^c	4.14 \pm 0.09 ^a	3.80 \pm 0.08 ^b
Fibra cruda	4.00 \pm 0.05 ^b	4.40 \pm 0.50 ^{ab}	4.43 \pm 0.89 ^{ab}	4.75 \pm 0.55 ^a
Ceniza	1.12 \pm 0.02 ^d	1.57 \pm 0.01 ^c	1.78 \pm 0.02 ^b	2.13 \pm 0.06 ^a
Extracto libre de nitrógeno	83.84 \pm 0.03 ^a	83.3 \pm 0.09 ^b	81.25 \pm 0.07 ^c	81.34 \pm 0.01 ^c

C: 0 % HC, F1: 5 % HC y 95 % harina de maíz, F2: 10 % HC y 90 % harina de maíz, F3: 15 % HC y 85 % harina de maíz.
^{a,b,c}Diferentes letras indican diferencias significativas entre las formulaciones ($P \leq 0.05$).

■ **Tabla 4. Características fisicoquímicas de la bebida alcohólica fermentada y destilado de cuajilote con cáscara (F1) y sin cáscara (F2).**

Table 4. Physicochemical characteristics of the fermented alcoholic beverage and distillate of cuajilote with shell (F1) and without shell (F2).

Propiedad		F1	F2
Mosto	Brix iniciales (°)	8	8
	pH	4.5	4.5
	Tiempo de fermentación (Días)	6	7
	Volumen obtenido (L)	1.71 \pm 0.12 ^a	1.9 \pm 0.09 ^a
	Azúcares reductores (g/L)	25.7 \pm 0.04 ^a	26.30 \pm 0.08 ^a
Fermento	Acidez total (g/L)	9.41 \pm 0.6 ^a	7.2 \pm 0.7 ^b
	Brix finales (°)	0.5	0.4
	Acidez volátil (g/L)	0.29 \pm 0.10 ^a	0.19 \pm 0.04 ^a
	Extracto seco (g/L)	15.9 \pm 0.9 ^a	17.3 \pm 1.1 ^a
	Ceniza (g/L)	1.4 \pm 0.5 ^a	1.3 \pm 0.6 ^a
	Volumen de alcohol a 20 °C (% alc)	10.1 \pm 0.25 ^a	10.3 \pm 0.24 ^a
Destilado	% de alcohol	40 \pm 0.7 ^a	42 \pm 0.5 ^a

^{a,b}Letras distintas indican diferencias significativas entre las formulaciones ($P \leq 0.05$).

nidos de la evaluación de las características fisicoquímicas del mosto y la bebida fermentada. En la formulación con cáscara, la acidez total fue significativamente mayor con ($P < 0.05$) respecto a la que no la contiene. Esta diferencia pudiera deberse a una mayor concentración de ácidos en la cáscara. Los resultados de acidez volátil se encuentran dentro del límite máximo permitido en la NOM-199-SCF1-2017 en especificaciones para vinos. El valor de acidez total, en el tratamiento con cáscara, superó los límites de las especificaciones de dicha norma. Al respecto, Pájaro-Escobar y col. (2018)

reportaron valores de acidez total y volátil de 5.25 g/L y 0.11 g/L, respectivamente, en un vino de carambola y tamarindo. Valores de acidez bajos en vinos pueden contribuir a una mejor calidad de los productos, tiene una gran influencia en la degradación de los ésteres frutales y favorece la oxidación de los compuestos fenólicos (López y col., 2019).

En los mostos de cuajilote no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la concentración de azúcares reductores, determinados por la técnica de Miller. El mosto obte-

nido con cáscara presentó 25.71 g/L y el mosto sin cáscara 26.30 g/L (Tabla 4). La concentración de azúcares reductores es importante, si se compara con otros frutos, como el mosto de piña y guarapo de caña, que presentaron un valor promedio de 8.2 g/L aproximadamente, dependiendo la variedad, en la investigación de Cornejo-Solorzano y col. (2018); o con manzanas, cuyos valores oscilaron entre 34.8 g/L y 73.8 g/L, según el método de cultivo (Raigón-Ramírez y col., 2006). La uva, por su parte, puede contener en promedio 200 g/L de azúcares reductores presentes en el jugo de fruta o en mosto (Xu y col., 2015; Robles-Calderón y col., 2016).

Tanto el extracto seco como las cenizas contribuyen a tipificar un vino. En cuanto al extracto seco y el contenido de ceniza, tampoco se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos. Como referencia, los valores para ceniza se encuentran dentro del intervalo que indica la NOM-199-SCF1-2017 en especificaciones para vinos. El contenido de extracto seco está muy por encima del mínimo que indica la misma norma. Aunque no se especifica un máximo, el contenido de extracto seco puede denotar gran contenido de sólidos, aún en la bebida fermentada, en cuyo caso puede afectar la apariencia física y su percepción sensorial. En este sentido, Pájaro-Escobar y col. (2018) reportaron un contenido de 13.5 g/L para el extracto seco en vino de fruta de carambola y tamarindo, mientras que García y col. (2016) encontraron valores de 16.377 g/L para el extracto seco en vino joven de borjón. Estas variaciones están influenciadas por el tipo de fruto.

Alcohol etílico

Fermentación del fruto cuajilote

El tratamiento F1 permitió obtener 1.7 L de mosto total después de 6 días, posiblemente debido a la disponibilidad de los azúcares y la madurez del fruto, que influyeron en la velocidad de reacción, por lo que la fermentación se llevó a cabo en menos tiempo, con 0.5 °Brix y 10.1 % de alcohol. Del tratamiento F2 se obtuvieron 1.9 L de mosto después de 7 d

de fermentación, con 0.4 °Brix y 10.03 % de alcohol (Tabla 4). La capacidad fermentativa del cuajilote puede ser equiparable al de otras frutas, como piña y plátano. En un estudio realizado por Páramo y Peck (2006), en donde elaboraron bebidas fermentadas de diversos frutos, como banano, calala, coyolito, granadilla, mango, nancite, papaya, piña y pitahaya, se encontró que dichas frutas permitían obtener bebidas de 9 % al 16 % de alcohol.

Destilación y porcentaje de alcohol final

En cuanto al porcentaje de alcohol, se observó que para F1 se obtuvo 40 % de alcohol y para F2 42 % de alcohol, bajo las mismas condiciones de proceso. No se observó diferencia estadística significativa entre ellos. El rendimiento alcohólico no se vio influenciado por la presencia de la cáscara, lo que puede resultar prometedor, ya que no es necesario incrementar una operación de despulpado para generar la bebida fermentada. El porcentaje de alcohol se encontró dentro de los límites para bebidas destiladas (NOM-199-SCF1-2017). Los volúmenes de producción de alcohol pueden incrementarse con un mayor número de destilaciones, lo que permitiría elevar el rendimiento.

CONCLUSIONES

El cuajilote (*Parmentiera edulis*) es un fruto de temporada rico en proteína y fibra, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. El fruto puede ser aprovechado para elaborar harina y fortificar tortillas de maíz, contribuyendo a enriquecer la dieta de poblaciones de bajos recursos en zonas rurales. El cuajilote también puede ser usado como sustrato para la producción de bebidas alcohólicas fermentadas, con características fisicoquímicas dentro de los valores reportados en normas oficiales mexicanas. Así mismo, se puede considerar al fruto como una alternativa en la producción de bebidas destiladas y alcohol, ya que el bajo costo y su abundancia de fruto de temporada, permitirían emplearlo como una materia prima de interés comercial. La inclusión de la cáscara de la fruta no representa una complicación para la producción de bebidas fermentadas o destiladas. El cuajilote es un fruto con potencial pa-

ra ser aprovechado como sustrato en alimentos y bebidas, lo que permitiría dar valor agregado a este recurso agropecuario subutilizado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca

otorgada al primer autor, a la Universidad Autónoma de Tamaulipas por el equipo proporcionado y a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por el apoyo con los laboratorios.

REFERENCIAS

- Almenares-Verdecia, J. F. y Serrat-Díaz, M. (2008). Aspectos tecnológicos generales para la conversión a etanol de la biomasa lignocelulósica. *Tecnología Química*. 28(3): 63-70.
- Alonso-Gómez, L. A. y Bello-Pérez, L. A. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*. 52(7): 967-990.
- Álvarez-Olivera P. A., Calzada-Almas, E. y Batista-Cruz C. (2010). Etnobotánica y propagación de *Parmentiera edulis* D.C., árbol de uso múltiple en Cuba. *Revista Forestal Baracoa*. 29(1): 77-86.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1995). *Official methods of analysis*. (Eighteenth edition). Washington D. C: AOAC International. 486 Pp.
- Argüello-García, E., Martínez-Herrera, J., Córdova-Téllez, L., Sánchez-Sánchez, O., and Corona-Torres, T. (2017). Textural, chemical and sensorial properties of maize tortillas fortified with nontoxic *Jatropha curcas* L. flour. *CyTA-Journal of Food*. 15(2): 301- 306.
- Arumugam, R. and Manikandan, M. (2011). Fermentation of pretreated hydrolyzates of banana and mango fruit wastes for ethanol production. *Asian Journal of Biological and Life Sciences*. 2(2): 246-256.
- Barrientos-Ramírez, L., Arvizu, M. L., Salcedo-Pérez, E., Villanueva-Rodríguez, S., Vargas-Radillo, J., Barradas-Reyes, B. A. y Ruiz-López, M. A. (2019). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de *Physalis chenopodifolia* Lam. silvestre y cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 10(51): 182-200.
- Chávez-Santoscoy, R. A., Gutiérrez-Urbe, J. A., Serna-Saldivar, S. O., and Perez-Carrillo, E. (2016). Production of maize tortillas and cookies from nixtamalized flour enriched with anthocyanins, flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris*) seed coats. *Food Chemistry*. 192: 90-97.
- Cornejo-Solorzano, L., Flores-Vera, M., Zambrano-Vélez, M., Gorozabel-Muñoz, A. y García-Men-
doza, J. (2018). Efecto de tres concentraciones de guarapo de caña de azúcar (*Saccharum*) sobre las características físico-químicas en la elaboración de vino de piña (*Ananas comosus*). *La Técnica*. (20): 41-54.
- Cortes-Soriano, I., Buendía-González, M. O., Palacios-Rojas, N., Martínez-Cruz, E., Villaseñor-Mir, H. E. y Santa-Rosa, H. (2016). Evaluación de la calidad de tortilla de maíz adicionada con harina de avena (*Avena Sativa* L.) nixtamalizada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(7): 1715-1725.
- Domínguez-Orta, J. C. y Herrera-Martínez, G. (2018). Una delicia en el árbol: el pepino kat. *Herbario CICY*. 10: 156-159.
- Doval, H. (2019). Healthy diets and sustainable food production for the health of our population and planet. *Revista Argentina de Cardiología*. 87(3): 245-248.
- Dudonne, S., Vitrac, X., Coutière, P., Woillez, M., and Mérillon, J. M. (2009). Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC Assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(5): 1768-1774.
- Escobedo-Garrido, J. S. y Jaramillo-Villanueva, J. L. (2019). Las preferencias de los consumidores por tortillas de maíz. El caso de Puebla, México. Estudios sociales. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. 29(53): e19627.
- Estanislao, C., Ordaz, C., San-Martín, E., Pérez, N., Pérez, G., and Gómez, D. (2016). Cytotoxic effect and apoptotic activity of *Parmentiera edulis* DC. hexane extract on the breast cancer cell line MDA-MB-231. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 6(1): 015-022.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). Biodiversidad para una agricultura sostenible. El trabajo de la FAO sobre el uso de la Biodiversidad en la Alimentación y la Agricul-

tura. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/CA2227ES/ca2227es.pdf>. Fecha de consulta: 2 de diciembre de 2020.

García, L., Flórez, C., Flores, J. y Marrugo, Y. (2016). Elaboración y caracterización fisicoquímica de un vino joven de fruta de borojó (*B patinoi* Cuatrec). *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 27(52): 507-519.

Hernández-Chávez, J. F., Guemes-Vera, N., Olguin-Pacheco, M., Osorio-Díaz, P., Bello-Perez, L. A., and Totosa-Sánchez, A. (2019). Effect of lupin flour incorporation of mechanical properties of corn flour tortillas. *Food Science and Technology*. 39(3): 704-710.

Johns, T. (2004). Especies subutilizadas y nuevos retos para la salud global. *LEISA Revista de Agroecología*. 20(1): 1-37.

Juárez-Martínez, Y. Y., Villanueva-González, G., Veana-Hernández, F. y Aguilar, P. (2019). Estudio Exploratorio del contenido de nutrimentos de *Parmentiera aculeata*. *Revista Teczapic*. 5(2): 25-28.

Lim, T. K. (2012). *Parmentiera aculeata*. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Dordrecht: Springer. 506-567 Pp.

López, C., González-Gallardo, C., Guerrero-Ochoa, M. J., Mariño, G., Jácome, B. y Beltrán-Sinchiguano, E. (2019). Estudio de la estabilidad de los antioxidantes del vino de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el almacenamiento. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*. 29(1): 105-118.

Manayay, D. e Ibarz, A. (2010). Modelamiento de la cinética de reacciones del pardeamiento no enzimático y el comportamiento reológico, en el proceso térmico de jugos y pulpas de fruta. *Scientia Agropecuaria*. 1(2): 155-168.

Massieu-Trigo, Y. y Lechuga-Montenegro, J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*. 17(36): 281-303.

Mendoza, E. y Calvo, C. (2010). Bromatología. *Composición y propiedades de los alimentos*. (Primera edición). México: McGraw-Hill. 318 Pp.

Miller, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*. 31: 426-428.

Morales-Sánchez, V., Osuna-Fernández, H. R., Brechú-Franco, A., Laguna-Hernández, G. y Vargas-Solís, R. (2015). Evaluación del efecto antiurolítico del fruto de *Parmentiera aculeata* en rata Wistar. *Botanical Sciences*. 93(2): 293-298.

Muñoz, C. W., Chavez, R. W., Pabón, L. C., Rendón, M. R., Patricia-Chaparro, M. y Otálvaro-Álvarez, Á.

M. (2015). Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*). *Revista CENIC. Ciencias Químicas*. 46: 38-46.

NOM-199-SCFI-2017 (2017). Norma Oficial Mexicana de Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. [En línea]. Disponible en: http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5502882. Fecha de consulta: 28 de julio de 2020.

Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D. y Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*. 9(1): 113-121.

Padulosi, S., Phrang, R. y Rosado-May, F. J. (2019). *Apoyando una agricultura sensible a la nutrición, a través de especies olvidadas y subutilizadas - Marco Operacional*. Roma (Italia): Bioversity International y FIDA. 42 Pp.

Pájaro-Escobar, H. A., Benedetti, J. y García-Zapateiro, L. A. (2018). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de un vino de frutas a base de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y Carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Información Tecnológica*. 29(5): 123-130.

Palma, J. M., Zorrilla, J. M. y Nahed, J. (2019). Integración de especies arbóreas con residuales agrícolas y agroindustriales en la generación de sistemas ganaderos resilientes. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 53(1): 73-90.

Páramo, L. y Peck, L. (2006). Determinación de parámetros a nivel de laboratorio para la producción de vinos a partir de frutas tropicales producidas en Nicaragua. *Nexo Revista Científica*. 19(2): 101-107.

Paredes-García, I., Valencia-Gutiérrez, M. y Bolívar-Fernández, N. (2001). Estudios de caracterización poscosecha del pepino kat (*Parmentiera aculeata*), en XVIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Veracruz, México. [En línea]. Disponible en: https://smbb.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_XIII/CXIII-57.pdf. Fecha de consulta: 19 de julio de 2022.

Parola-Contreras, I., Guevara-González, R. G., Fe-regrino-Pérez, A. A., Reynoso-Camacho, R., Pérez-Ramírez, I. F., Ocampo-Velázquez, R. V., ..., and To-var-Pérez, E. G. (2021). Phenolic compounds and antioxidant activity of methanolic extracts from leaves and flowers of chilcuague (*Heliopsis longipes*, Asteraceae). *Botanical Sciences*. 99(1): 149-160.

- Peña, C. y Arango, R. (2009). Evaluación de la producción de etanol utilizando cepas recombinantes de *Saccharomyces cerevisiae* a partir de melaza de caña de azúcar. *Dyna*. 76(159):153-161.
- Pérez-Lizaur, A. B., Palacios-González B., Castro-Becerra, A. L. y Flores-Galicia I. (2014). *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*. (Cuarta edición). México: Editorial Ogali. 152 Pp.
- Perfilova, O. V., Akishin, D. V., Vinnitskaya, V. F. Danilin, S. I., and Olikainen, O. V. (2020). Use of vegetable and fruit powder in the production technology of functional food snacks. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 548: 082071.
- Raigón-Ramírez, M. D., García-Martínez, M. D., Guerrero, C. y Esteve, P. (2006). *Evaluación de la calidad de manzanas ecológicas y convencionales*. *Actas electrónicas del VII Congreso de la SEAE y III Congreso Iberoamericano de Agroecología*. Zaragoza, España: Sociedad Española de Agricultura Ecológica. 63-74 Pp.
- Ramos-Ramos, M., Rodríguez-Castillejos, G., Santiago-Adame, R., Alemán-Castillo, S. E., Castillo-Ruiz, O., and Perales-Torres, A. L. (2019). Production and characterization of a snack based on maize flour and Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *CyTA-Journal of Food*. 17(1):1006-1013.
- Reyad-ul-Ferdous, M., Hussain, M. I., Mukti, M., Islam, M. A., Islam, M. N., Rahman, M. P., ..., and Sharif, F. (2015). Evaluation of Ex-Vivo Anti-inflammatory and total phenolic content of fruits of *Parmentiera cereifera* seem. *American Journal of Bio Science*. 3(2-1):1-4.
- Robles-Calderón, R. F., Muñoz, O. y Chirre-Flores, J. H. (2016). Estudio del consumo de azúcares reductores durante la fermentación alcohólica del mosto de uva Italia para la obtención de vino blanco. *Industrial Data*. 19(2):104-110.
- Rodiles-López, J. O., Arriaga-Martínez, L. P., Martínez-Flores, H. E., Zamora-Vega, R. y García-Martínez, R. M. (2019). Desarrollo de una tortilla adicionada con harinas de aguacate y nopal y su efecto en la reducción de colesterol, triglicéridos y glucosa en ratas. *Biotechnia*. 21(2):71-77.
- Rodríguez-Calderón, T. D. J., Chávez-Mejía, M. C., Thomé-Ortiz, H. y Miranda-Román, G. (2017). Elaboración y consumo de tortillas como patrimonio cultural de San Pedro del Rosal, México. *Región y Sociedad*. 29(70):155-179.
- Rudebjer, P., Meldrum, G., Padulosi, S., Hall, R. y Hermanowicz, E. (2014). Haciendo realidad la promesa de las especies olvidadas y subutilizadas. *Bioversity International*. 12 Pp.
- Sánchez, D. V., Muschler, R., Prins, C., Solano, W. y Astorga, C. (2014). Diversidad de especies vegetales alimenticias en la microregión cacahuatiquense sur de el salvador: un enfoque en especies comestibles subutilizadas y conocimiento local. *Agroecología*. 9(1 y 2):101-109.
- Sánchez, O. J. y Cardona, C. A. (2005). Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas. *Interciencia*. 30(11):671-678.
- Torres- Rivera, J. A. (2018). *Parmentiera aculeata* (Kunth) Seem. En J. M. Palma-García y C. González-Rebeles-Islas (Eds.), *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable* (pp. 87-95). México: Universidad de Colima.
- Vázquez, H. J. y Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*. 8(4):249-259.
- Vicente-Flores, M., Güemes-Vera, N., Chanona-Pérez, J. J., Quintero-Lira, A., and Piloni-Martini, J. (2018). Physicochemical evaluation of *parmentiera edulis* fruit (cuajilote) during its postharvest storage. *Book of Proceedings Latin Food*. 14.
- Xu, F., Xi, Z., Zhang, H., Zhang, C., and Zhang, Z. (2015). Brassinosteroids are involved in controlling sugar unloading in *Vitis vinifera* "Cabernet Sauvignon" berries during véraison. *Plant Physiology and Biochemistry*. 94:197-208.