



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
LICENCIATURA EN ALIMENTACIÓN SUSTENTABLE

**“EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE NOPAL EN DIFERENTES PRESENTACIONES EN
RELACIÓN A LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE UNA SALSA MACHA”**

**Qué Para Obtener el Título de
Licenciado en Alimentación Sustentable**

Presenta:

Aburto Islas Diego Misael

Directora: M.C.A Ana Karen Zaldívar Ortega

Codirector: Dr. Antonio de Jesús Cenobio Galindo

Asesores: Dr. Uriel González Lemus

M.C.A Denis de Jesús Dimas López

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, Junio del 2024



Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 17 de junio de 2024
Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
 Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de Licenciatura en Alimentación Sustentable, **Diego Misael Aburto Islas**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Efecto De La Incorporación De Nopal En Diferentes Presentaciones En Relación A Las Propiedades Físicoquímicas Y Sensoriales De Una Salsa Macha”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo
SECRETARIO Dr. Uriel González Lemus
VOCAL 1 Mtra. Ana Karen Zaldívar Ortega
SUPLENTE 1 Mtra. Denis de Jesus Dimas López

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
 “Amor, Orden y Progreso”

Dr. Antonio de Jesus Cenobio Galindo
Coordinador de la Licenciatura en
Alimentación Sustentable



Av. Universidad Km. 1, Exhacienda de
 Aquetzalpa. C.P. 43600. Tulancingo, Hidalgo.
 México
 Teléfono: 7717172000 Ext. 2461
 pelaeza@uaeh.edu.mx



Resumen

Este proyecto busca la integración del nopal en diversas presentaciones (deshidratado, cristalizado y desflemado) en la elaboración de una salsa macha, con el objetivo de mejorar el contenido de fibra y fomentar hábitos alimentarios más saludables en la población mexicana. La globalización ha provocado un aumento en el consumo de alimentos ultra procesados, lo que ha contribuido a una mayor incidencia de enfermedades no transmisibles como la obesidad, diabetes e hipertensión. La salsa macha tradicional, elaborada con chiles secos, semillas y frutos secos, ofrece una oportunidad para revalorizar ingredientes endémicos y promover su consumo, especialmente el nopal, conocido por sus beneficios nutricionales y facilidad de cultivo.

Se realizaron análisis bromatológicos y sensoriales para evaluar las propiedades fisicoquímicas y la aceptación del consumidor de las salsas macha con nopal. Los resultados mostraron que la incorporación de nopal en sus diferentes presentaciones no solo incrementa el contenido de fibra, sino que también es bien aceptada por los consumidores. Además, el uso de aceite de oliva en la salsa no solo mejora su perfil nutricional, sino que también aporta beneficios adicionales para la salud, alineándose con las tendencias actuales de consumo saludable.

Palabras clave: Nopal, Salsa macha, Fibra dietética, Análisis fisicoquímico, Análisis sensorial, Aceite de oliva.

Índice General

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Marco teórico	5
3.1. Chile	5
3.1.1. Chiles secos	6
3.2. Salsa.....	7
3.2.1. Tipos de salsas en México.....	7
3.2.2. Salsa macha.....	8
3.3. Aceite de oliva.....	8
3.4. Nopal	11
3.4.1. Consumo de nopal en México.....	13
3.4.2. Producción nacional del nopal	13
4. Justificación	14
5. Hipótesis	15
6. Objetivos	15
6.1. Objetivo general.....	15
6.2. Objetivos específicos	15
7. Establecimiento del experimento.....	16
7.1. Tratamientos del nopal.....	16
7.1.1. Deshidratado	16
7.1.2. Cristalizado.....	16
7.1.3. Desflemado	16
7.2. Elaboración de la salsa	17
7.3. Análisis químico proximal.....	18
7.3.1. Determinación de humedad.....	18
7.3.2. Contenido de ceniza	18
7.3.3. Cuantificación de proteína	19
7.3.4. Determinación de extracto etéreo	20
7.3.5. Determinación de fibra	21

7.4. Evaluación sensorial	22
8. Resultados	23
8.1. Elaboración de la salsa	23
8.2. Tratamientos del nopal.....	23
8.2.1. Deshidratado (Ns).....	23
8.2.2. Cristalizado (Nc)	24
8.2.3. Desflemado (Nd).....	24
8.3. Análisis químico proximales	25
8.3.1. Humedad	25
8.3.2. Cenizas	26
8.3.3. Extracto etéreo	27
8.3.4. Fibra	28
8.3.5. Proteína.....	29
8.3.6. Carbohidratos	30
8.4. Evaluación sensorial	31
9. Conclusiones	33
10. Referencias.....	34
Anexos.....	41
Anexo 1. Análisis químico proximal.....	41
Anexo 2. Análisis sensorial	42

Índice de Tablas

Tabla 1. Los chiles de mayor uso en comidas mexicanas	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica del nopal	11
Tabla 3. Composición química del nopal (Opuntia spp) g/100 g de nopal fresco. .	12
Tabla 4. Ingredientes para la elaboración de la salsa macha con nopal para 100 g.	17
Tabla 5. Análisis de datos de prueba de Kramer de las tres muestras de salsa macha.....	31
Tabla 6. Prueba de Friedman para las tres muestras de salsa macha.	32

Índice de Figuras

Figura 1. Clasificación del aceite de oliva.....	10
Figura 2. Formato utilizado en la evaluación sensorial.	22
Figura 3. Nopal deshidratado	24
Figura 4. Nopal cristalizado.....	24
Figura 5. Nopal desflemado	25
Figura 6. Resultados en el contenido de humedad en la salsa macha.	26
Figura 7. Resultados en el contenido de cenizas en la salsa macha.	27
Figura 8. Resultados en el contenido de extracto etéreo en la salsa macha.	28
Figura 9. Resultados en el contenido de fibra en la salsa macha.	29
Figura 10. Resultados en el contenido de proteína.....	30
Figura 11. Resultados en el contenido de carbohidratos en la salsa macha.	31
Figura 12. Determinación del contenido de ceniza.....	41
Figura 13. Cuantificación de proteína.....	41
Figura 14. Determinación de extracto etéreo	42
Figura 15. Determinación de fibra.	42
Figura 16. Evaluación sensorial de la salsa macha.....	42

1. Introducción

Las salsas mexicanas son parte de la gastronomía mexicana la cual forma parte del patrimonio cultural e inmaterial de la humanidad (Perales-Vázquez *et al.*, 2020). Para la elaboración de salsas se usan ingredientes tanto autóctonos como extranjeros, entre estos se encuentra principalmente el chile, además del tomate y el jitomate que son utilizados en las salsas crudas verdes y rojas, además se añaden cebolla, ajo, cilantro, sal y algunos condimentos (Pérez *et al.*, 2023).

Dentro de esta variedad de salsas se encuentra la salsa macha originaria de Veracruz (Nabor, 2020). Esta es una salsa casera con consistencia en pasta y líquida hecha de chiles secos serrano, morita fritos y/o molidos en un molcajete con ajo y sal. Algunas veces se agregan frutos secos como el cacahuete frito y/o molido, arándanos o nueces. Además, a la salsa líquida se le agrega aceite de oliva (Muñoz-Zurita, 2008).

El chile que es parte fundamental de las salsas en la cocina mexicana es una baya hueca carnosa o semicarnosa que encierra las semillas, posee distintos tamaños que va de menos de 1 cm hasta los 30 cm de largo, con formas redondas o alargadas (Aguirre & Muñoz, 2015) es un ingrediente fundamental en la gastronomía y tradiciones mexicanas. Las salsas se elaboran a partir de una gran variedad de ingredientes, pero lo que distingue a las salsas mexicanas es el chile. De acuerdo a los datos emitidos por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural en 2020, un mexicano consume un estimado de 18 kg de chile al año. El chile además de estimular el flujo salival y los jugos gástricos incita a una alta digestibilidad de las proteínas del maíz y del frijol (Aguirre & Muñoz, 2015). El consumo de salsas picantes produce cierta satisfacción al liberar dopaminas haciéndolas tan recurrentes de consumir (Sánchez-Mejía, V., Márquez Alcudia & Paz Gómez, 2019).

En distintas preparaciones se utilizan chiles secos como una alternativa al chile fresco, entre ellos se encuentran el chile chipotle, pasilla o el mulato, que son representativas de la cultura y economía (Bermúdez & Espinosa, 2021). Las salsas

elaboradas a partir de chiles secos brindan sabores más concentrados e intensos, lo que se refleja en el resultado final de la salsa (SIAP, 2023).

El nopal es una planta que se produce en zonas templadas, semiáridas y tropicales secas de México, el fruto y la planta son de interés para su industrialización, el fruto que es la tuna como la parte comestible y los cladodios también comestibles haciendo énfasis en la obtención de fibras y la producción de harinas, estos últimos poseen actividad antidiabética y antioxidante (Diego-Zarate *et al.*, 2021). El nopal tiene efecto hipoglucemiante en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 debido a las sustancias que contiene como antioxidantes (flavonoides, flavonoles y carotenos), vitaminas del complejo B, A y C, y minerales como el Ca, Mg y Fe, así como fibra dietética que es más del 50% de la composición de cladodio (Rodiles-López *et al.*, 2019).

Además del aprovechamiento nutricional que tiene el nopal es una planta resistente a altas temperaturas y sequías, otra ventaja que tiene la planta es tener raíces largas que evitan la pérdida de la capa cultivable del suelo al retenerla, su cultivo es sencillo y la producción de los cladodios o pencas es muy favorable (Lugo-Marino *et al.*, 2021).

Al considerar al nopal como una planta de interés se buscó implementarlo en un alimento que es común en México y que acompaña una variedad de platillos, que es la salsa en su variedad de salsa macha, para esto se agregó nopal en tres diferentes presentaciones: deshidratado (Ns) en el cual se cortaron los cladodios en rectángulos de 2 cm por 1 cm, y se llevaron a deshidratar en un horno de convección a 98 °C por tres horas y media. Cristalizado (Nc) para su elaboración se utilizó una solución osmótica de sacarosa relación 1:2 (peso/volumen), donde se sumergieron los cladodios ya cortados en rectángulos de 2 cm por 1 cm, por 6 horas, posteriormente se llevaron a deshidratación en un horno de convección a 98 °C por tres horas y media. Desflemado (Nd) se cortaron los cladodios en cuadros de 1 cm y se llevaron a asar por 5 minutos removiendo constantemente hasta el desprendimiento del mucílago, posteriormente se enjuagaron con agua potable, el agua restante se evaporó en un sartén.

2. Antecedentes

En el trabajo realizado por Porog-López *et al.* (2023), plantea el uso de nibs de cacao fermentados y no fermentados en una salsa macha, a la cual se le realizó un análisis sensorial para conocer el tratamiento que resultaría más aceptable para los consumidores, siendo el tratamiento 1 donde se utilizó cacao fermentado y tostado a 115 °C el más preferido en los rangos de edad de 31 a 64 años.

Román & Hernández (2020), proponen una salsa picante con quinoa y chile serrano seco, destacando el uso de la quinoa como un ingrediente original que mantiene su textura crujiente, para la incorporación de la quinoa esta tiene que ser desaponificada, para que no le confiera sabores amargos a la salsa, además mencionan que su salsa es rica en proteína, vitaminas, minerales, carbohidratos y fibra de acuerdo con su análisis bromatológico.

Otros trabajos que se han realizado similares a una salsa macha son infusiones realizadas con chiles secos en aceite, como el trabajo de Zamljen *et al.* (2022), en el cual determinan el contenido de fenoles y capsaicinoides de un aceite de oliva con chiles secos, en dos presentaciones, el chile entero y hojuelas de chile, El aceite de oliva con hojuelas de chile presentó niveles más altos de capsaicinoides, destacando la capsaicina y la dihidrocapsaicina, obteniendo una mejor extracción en el aceite con hojuelas de chile, mostrando que es una fuente saludable antioxidantes.

Loizzo *et al.* (2021) evaluaron la actividad antioxidante de aceites de oliva vírgenes infusionados con chiles secos en forma de polvo fino. Para la evaluación de la actividad antioxidante se hizo mediante ensayos de estabilización de radicales ABTS (Ácido 2,2'-azino-bis-(3-etiltiazolina-bencenosulfónico-6) Y DPPH(2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo), concluyendo en la obtención de aceites infusionados aceptables por los jueces, además son aceites con un mayor número de compuestos bioactivos, siendo un producto con un valor añadido.

Respecto al uso del nopal, se encuentra el trabajo de Rodiles-López *et al.* (2016), en el cual elaboran una botana de nopal por deshidratación osmótica usando una relación 1:2 nopal:jarabe, el jarabe se elaboró a partir de sacarosa, obteniendo como

condiciones óptimas la solución osmótica a 50 °Bx, 80 °C de temperatura y 6 h de inmersión del nopal en el jarabe, se secó a 62 °C por 3 h en estufa, para así obtener una botana de nopal con sabor dulce, además se menciona que el nopal perdió fibra y aumento la cantidad de carbohidratos.

Lugo-Marino *et al.* (2021), elaboran una botana a partir de nopal deshidratado previamente encurtido con el fin de proporcionar sabor ácido y picoso, este snack está dirigido a adolescentes y jóvenes, este snack es una alternativa saludable, beneficia al medio ambiente a los productores del campo. De acuerdo a la escala de Likert con valores de 1 a 5 los resultados tuvieron una buena valoración en sabor de 3.67 y un valor bajo en apariencia con un valor de 2.17.

Diego-Zarate *et al.* (2021), evalúan el efecto que tiene el nopal deshidratado en polvo sobre las salchichas Viena, se utilizaron diferentes concentraciones del polvo de nopal, 0%, 2%, 4% y 6%, se disminuyó el contenido de grasa y aumentó el contenido de fibra a su vez se vió comprometida su apariencia, la concentración que determinaron óptima para la elaboración de cárnicos fue la de 2%, para así conservar su perfil de textura.

3. Marco teórico

3.1. Chile

El chile es un cultivo originario de América, es una planta muy importante en la gastronomía y cultura mexicana, ha formado parte de la alimentación desde tiempos prehispánicos junto al maíz y al frijol (Aguirre & Muñoz, 2015).

Los chiles pertenecen al género *Capsicum*, familia *Solanaceae*. Existen 5 especies domesticadas de chile (*C. annum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*) y 25 especies silvestres. El chile es uno de los cultivos de mayor producción a nivel mundial con una producción estimada de 24 millones de toneladas (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2017). En México se producen 1,276,123 t/ha, principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California Sur, Jalisco, San Luis Potosí, Veracruz, Tamaulipas, Guanajuato y Michoacán (Escalera-Ordaz *et al.*, 2019). Este se produce en todo el año, aunque su volumen disminuye entre los meses de abril y junio (Sánchez-Mejía, Márquez Alcudia & Paz Gómez, 2019).

El consumo per cápita del chile es de 18 kg, esto abarca todo tipo de variedades y presentaciones, ya sea guisados, deshidratados, encurtidos, enlatados, frescos o en salsas (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, 2018).

El género *Capsicum* presenta una variedad en los frutos en cuanto a su tamaño, forma y colores. Los chiles pueden clasificarse en verdes y secos o deshidratados (Sánchez-Madrigal *et al.*, 2019). El fruto, una baya hueca carnosa o semicarnosa, que encierra las semillas, posee distintos tamaños que va de menos de 1 cm hasta los 30 cm de largo, con formas redondas o alargadas (Aguirre & Muñoz, 2015) y distintos colores. En estado inmaduro se encuentran en tonalidades verdes, amarillas y blanca, que cambian a rojos, naranjas y marrones en el estado maduro. Su sabor se debe, en gran medida, a los compuestos bioactivos que están presentes como fenoles, flavonoides, carotenoides y capsaicinoides. De igual manera se encuentran metabolitos activos como el ácido gálico, ácido ferúlico y ácido clorogénico (Osorio-Barraza *et al.*, 2021). Los capsaicinoides son los

responsables de la sensación de picor, los capsinoides son similares a los anteriores, pero no generan la sensación de picor (Ornelas, 2020).

Durante el procesamiento la deshidratación, la mayoría de los nutrientes y compuestos bioactivos del chile se pierden debido a altas temperaturas, esto genera la destrucción, isomerización y transformación de los compuestos, pero no todo es malo ya que con el procesamiento térmico del chile se liberan compuestos que son absorbidos de mejor manera durante la digestión (Ornelas, 2020).

3.1.1. Chiles secos

El deshidratado de los alimentos es un método de conservación muy sencillo que se lleva a cabo en la preservación de muchos alimentos tanto vegetales como animales, previniendo el crecimiento y la reproducción microbiana, así como la reducción de reacciones de deterioro debidas a la humedad, esto también reduce el peso y el volumen de los alimentos (Getahun *et al.*, 2021). Los chiles secos se obtienen del tostado del chile directamente sobre el fuego, se enfrían y posteriormente se llevan a deshidratar hasta tener una humedad de entre 8 – 12 % (Sánchez-Madrigal *et al.*, 2019).

Tabla 1. Los chiles de mayor uso en comidas mexicanas

Nombre en fresco	Nombre en seco
Mirasol o puya	Guajillo o cascabel
Jalapeño o cuaresmeño	Chipotle
Poblano	Ancho o mulato
Chile de árbol	Chile de árbol
Chilaca	Pasilla
Güero	Chilhuacle
Serrano	Serrano
Habanero	Habanero

Fuente: (Moreno-Rojas, 2020).

3.2. Salsa

Las salsas mexicanas son parte de la gastronomía mexicana y son reconocidas mundialmente ya que desde 2010 la gastronomía mexicana fue aceptada en la lista de patrimonio cultural e inmaterial de la humanidad (Perales-Vázquez *et al.*, 2020). Hoy en día las salsas son el fruto del uso de ingredientes autóctonos y algunos otros de origen extranjero, de entre los ingredientes utilizados se encuentran el tomate y el jitomate que son utilizados en las salsas crudas verdes y rojas, además se añaden cebolla, ajo, cilantro, sal y algunos condimentos (Pérez *et al.*, 2023). Las salsas elaboradas con chiles frescos tienden a ser más picosas por tener un mayor contenido de capsaicina, mientras que las salsas elaboradas con chiles secos tienen un sabor más definido, debido al proceso de deshidratación que concentra e intensifica los sabores (SIAP, 2023).

3.2.1. Tipos de salsas en México

Existe una gran variedad de salsas en México por lo que resulta difícil clasificarlas por lo que el chef Ricardo Muñoz Zurita, propone en su libro *Salsas mexicanas*, clasificarlas por 4 grupos estos son: picos de gallo, guacamoles, salsas de chiles frescos y salsas de chiles secos.

El pico de gallo es una salsa con un nivel de picante bajo, es una mezcla de frutas y verduras picadas, esta salsa también conocida como salsa bandera, se compone principalmente de jitomate, cebolla y chile, cuenta con una gran variedad de versiones, desde el uso de distintos chiles, así como la incorporación de diferentes frutas como el mango, la sandía o algunos otros frutos como el pepino y la jícama para obtener sabores más neutros.

El guacamole es otro tipo de salsa, que se caracteriza por el uso del aguacate, el aguacate destaca por su textura y sabor, al tener un sabor neutral se puede combinar con diversos ingredientes como frutos, especias y chiles.

Las salsas elaboradas con chiles frescos a menudo tienen un nivel de pungencia más alto, existen diferentes salsas de chile fresco pero las más conocidas son las variedades verde y roja que difieren principalmente en el tomatillo o el tomate rojo,

fuera de esto la composición puede ser la misma o incluso variar los chiles y especias.

Las salsas elaboradas con chiles secos tienen sabores más definidos y concentrados (SIAP, 2023). Algunas salsas elaboradas con chiles secos son la salsa borracha, la cual en su forma básica consta de chile pasilla, cebolla blanca, ajo, tomate verde, cerveza y sal al gusto, y la salsa macha (SIAP, 2018),

3.2.2. Salsa macha

La salsa macha, es originaria del estado de Veracruz, en un principio se consumían los chiles secos con aceite de palma para acompañar los diferentes platillos prehispánicos, a diferencia de otras salsas esta no se elabora con tomate verde o rojo (Nabor, 2020). Esta salsa se prepara principalmente en Orizaba Veracruz, es una salsa casera con consistencia en pasta y líquida hecha de chiles secos serrano y morita fritos y molidos en un molcajete con ajo y sal. Algunas veces se agregan algunos frutos secos como el cacahuete frito y/o molido. A la salsa líquida se le agrega aceite de oliva, después de mezclarla se separan la parte sólida del aceite, de esta manera es posible utilizar el aceite o revolver para obtener una salsa más espesa (Muñoz-Zurita, 2008).

3.3. Aceite de oliva

El aceite de oliva es un alimento muypreciado por sus características organolépticas y nutricionales, este aceite se obtiene de los frutos del árbol del olivo (*Olea europea L.*) (Martínez-Robinson *et al.*, 2019), es un zumo oleoso obtenido mediante el prensado del fruto, en perfectas condiciones de madurez, sin tratamientos mecánicos, físicos o térmicos, con la finalidad de no alterar sus componentes (Sánchez-Rodríguez & D Mesa, 2018). Contiene ácido oleico, ácido palmítico, ácido linoleico y más de otros 200 compuestos químicos, de entre estos se encuentran polifenoles (Rubert *et al.*, 2020). Su producción representa el 1.9 % de la producción mundial de aceites, y se concentra principalmente en el Mediterráneo, con un 75 % provenientes de Europa siendo España e Italia los que aportan la mitad del mercado mundial, la producción no solo se queda en países europeos, en México los estados de Baja California y Sonora son zonas adecuadas

para el cultivo de olivos y su producción tiene una tendencia al crecimiento (Martínez-Robinson *et al.*, 2019).

La calidad de un aceite de oliva se define por su cultivo influyendo la variedad, el clima, las prácticas de cultivo y el estado de madurez durante la cosecha, por otro lado, se encuentra su procesamiento, factores como los métodos de extracción y las condiciones de conservación empleadas (León-Mendoza *et al.*, 2021). La acidez también es importante como indicador de calidad mientras esta sea menor, mejores serán las características del aceite, el aceite de oliva extra virgen (AOVE) destaca por su sabor afrutado y una acidez menor o igual al 0.8 %, y el aceite de oliva virgen (AOV) tiene una acidez menor o igual a 2 % (Reyes *et al.*, 2023). El aceite de oliva virgen, se obtiene por procedimientos físicos, lavado, decantación, centrifugación y filtración; y cuando este alcanza las especificaciones fisicoquímicas y organolépticas establecidas por el Reglamento n° 2568/91 y de la Comisión Europea y la Norma Comercial del Consejo Oleícola Internacional (COI), se reconoce como un aceite de oliva extra virgen (AOVE) (Jiménez, 2023). En condiciones adecuadas tienen un rendimiento de entre el 15 y 20 % del peso inicial del fruto (Martínez-Robinson *et al.*, 2019). Los aceites de oliva obtenidos por métodos mecánicos y de la calidad más baja se denominan aceite de oliva lampante, el cual se lleva a un proceso de refinado y se mezcla con aceite de oliva virgen (AOV) y se denomina aceite de oliva compuesto por aceites de oliva refinados y aceites de oliva virgen, este llega hasta los consumidores etiquetado simplemente como aceite de oliva. Los residuos del procesamiento del aceite se tratan con disolventes orgánicos para obtener aceites de orujo de oliva crudo, usado para fines industriales, este tiene una mayor cantidad de ceras y esteroides (Jiménez, 2023). La clasificación de los aceites de oliva se presenta resumida en la Figura 1. Tipos de aceites de oliva.

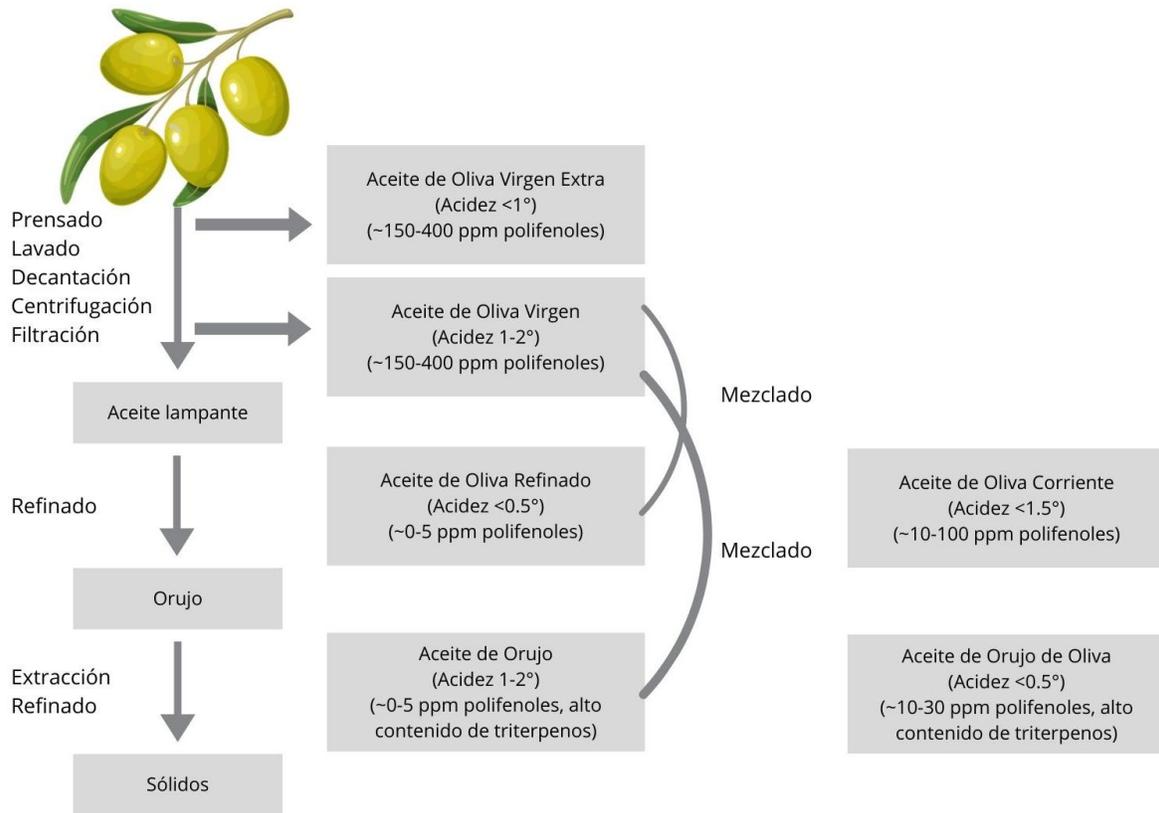


Figura 1. Clasificación del aceite de oliva

Fuente: (Sánchez-Rodríguez & D Mesa, 2018).

El aceite de oliva se conforma de dos partes una saponificable y otra insaponificable, la parte saponificable la conforman triglicéridos, mayoritariamente ácidos oleico (55-80%), palmítico (7.5 a 20%), linoleico (3.5 a 21%) y esteárico (0.5 a 5%). La parte insaponificable la conforman hidrocarburos, alcoholes triterpénicos y alifáticos, esteroides (León-Mendoza *et al.*, 2021). También destacan los compuestos fenólicos tanto simples como secoiridoides y lignanos. Un consumo de entre 8 y 40 g de aceite de oliva extra virgen tiene efectos contra enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y aumenta los niveles de colesterol HDL (Reyes *et al.*, 2023). Los aceites de oliva extra virgen son los que tienen mejores efectos positivos en la salud, con actividad antioxidante, antiinflamatorias y cardioprotectores, mejora el perfil lipídico en sangre, disminuye la presión arterial sistólica, modula la apoptosis, disminuye la angiogénesis y tiene actividad antimicrobiana (Sánchez-Rodríguez & D Mesa, 2018).

3.4. Nopal

El nopal es una cactácea endémica de América, crece en una gran diversidad de climas, en México este cultivo crece de manera silvestre y de manera controlada (Rodiles-López *et al.*, 2016). Su cultivo se extiende sobre una superficie de 300,000 ha (Iacopetta *et al.*, 2021), se contabilizan 100 de 300 especies reconocidas y alrededor de 50 se comercializan para consumo humano, del fruto se identifican 23 variedades comestibles agrupadas en blancas, púrpuras, rojas, anaranjadas y amarillas (Cruz y Miranda, 2022). Es parte de la familia *Cactaceae* de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, en la Tabla 2 muestra la clasificación taxonómica del nopal. Se produce principalmente en zonas templadas, semiáridas y tropicales secas en México, las diversas partes de la planta son utilizadas en la industria, el fruto llamado tuna como una fuente comestible y el cladodio para obtener fibras y producir harinas (Diego-Zarate *et al.*, 2021). Además, ha sido utilizado ampliamente para fines medicinales por sus efectos hipoglucemiantes, por sustancias bioactivas como los antioxidantes, vitaminas B, A y C, minerales como Ca, Mg y Fe, y fibra dietética que es más del 50 % de los sólidos totales (Rodiles-López *et al.*, 2016).

Tabla 2. Clasificación taxonómica del nopal

Reino	<i>Vegetal</i>
Subreino	<i>Embryophyta</i>
División	<i>Angioserma</i>
Clase	<i>Dicotiledoneae</i>
Subclase	<i>Dialipetalas</i>
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Platyopuntia</i>
Especie	<i>Varios nombres</i>

Fuente: (Garduño *et al.*, 2023)

La especie *Opuntia ficus-indica* es la más conocida y comercializada, de la cual se obtienen frutos dulces, comestibles denominados tunas y la parte vegetal denominada cladodio o penca se consumen como vegetal fresco (Rodiles-López *et al.*, 2016). Los nopales contienen un 94 % de agua, 1.32 % de proteína y 3.3 % de carbohidratos siendo un 2.2 % fibra dietética (Rodiles-López, *et al.*, 2016). La Tabla 3 muestra la composición química del nopal en cuestión de su etapa de maduración. La fibra se divide en 2 tipos, la soluble que se conforma por mucílagos, gomas, pectinas y hemicelulosas, mientras que la insoluble está conformada por celulosa, lignina y una gran parte de hemicelulosa, los efectos que tiene en el organismo son hipoglucemiantes, hipercolesterolemicas, retención de agua, intercambio iónico, absorción de ácidos biliares, minerales, vitaminas, y su interacción con la microbiota (Diego-Zarate *et al.*, 2021).

Tabla 3. Composición química del nopal (*Opuntia* spp) g/100 g de nopal fresco.

	Tiempo en días			
	22	60	100	135
Carbohidratos	Sin datos	53.01	56.73	60.77
Cenizas	18.41	20.64	22.80	24.30
Fibra	15.87	16.14	20.11	23.33
Proteínas	14.22	8.39	8.29	7.07
Lípidos	3.00	2.38	1.42	1.87

Fuente: (Garduño *et al.*, 2023)

El nopal es una especie resistente debido a que tolera altas temperaturas y sequías, su cultivo es sencillo tiene un bajo costo y puede desarrollarse bajo recursos hídricos limitados, sus raíces retienen la tierra cultivable, por lo que es una buena alternativa para tierras que están a punto de erosionar incorporando tierras no aptas para la agricultura, sus raíces llegan a medir 10 m de longitud. Otro beneficio,

además del ecológico, es el económico y social donde los productores se ven beneficiados pudiendo vender sus frutos, las pencas en un estado de maduración óptimo para consumo y los más madurados para la alimentación de ganado (Cruz & Miranda, 2022). (Lugo-Marino *et al.*, 2021).

3.4.1. Consumo de nopal en México

El nopal ha formado parte de la alimentación de los mexicanos por siglos, su consumo va desde el cladodio o nopal fresco, en ensaladas o en salsas. El interés por el nopal está creciendo en todo el mundo, esto debido a los cambios en sus propiedades fisicoquímicas en función de la edad y su uso para tratar y prevenir enfermedades crónicas no transmisibles (Hernández-Becerra *et al.*, 2022). En México este interés se ve reflejado en el incremento de la producción de nopal, su implicación en la producción de hortalizas corresponde al 5.1 % del total nacional y un consumo per cápita de 6.4 kg (SADER, 2020).

3.4.2. Producción nacional del nopal

Los cladodios, nopales o nopalitos como se les conoce comúnmente se pueden encontrar durante todo el año en mercados locales, aunque su temporada principal se encuentra en los meses de marzo a junio, tenido un 53.33 % del volumen total nacional. Se cultiva en dieciocho estados de la república de los cuales destacan Morelos, Ciudad de México y Estado de México como los principales productores (SADER, 2020). En 2022 se produjeron 872,334 toneladas de nopal, Morelos produjo 406,609 toneladas, Ciudad de México 198,363 toneladas y Estado de México 87,767 toneladas (SADER, 2024).

4. Justificación

La globalización ha tenido un efecto adverso en la alimentación mexicana, incrementando la incidencia de enfermedades no transmisibles como la obesidad, la diabetes y la hipertensión (Barquera y Arellano, 2023). El consumo de alimentos ultra procesados, como los elaborados con harinas refinadas ha afectado considerablemente la salud de la población que además de quitar la mayor parte de fibra del grano, se agregan una gran cantidad de grasas, azúcares y aditivos alimentarios que terminan conformando un alimento nada recomendable para su consumo.

La OMS (2020) recomienda un consumo diario de 25 g de fibra dietética, mientras que en México se consumen entre 16 y 18 g por día. Por ello, es crucial implementar nuevas formas de introducir fibra en la dieta mexicana.

A diferencia de los alimentos ultra procesados, la gastronomía mexicana tradicional ofrece una gran variedad de platillos elaborados con ingredientes naturales y elaboraciones artesanales. Entre estos platillos se encuentran las salsas, que utilizan una mezcla de diversos ingredientes y el chile como ingrediente principal.

El nopal al igual que el chile ha formado parte de la alimentación mexicana por siglos. El interés que ha generado debido a sus propiedades fisicoquímicas y sus usos para tratar y prevenir enfermedades está incrementando (Hernández-Becerra *et al.*, 2022). Tan solo en México este interés se ve reflejado en el incremento de su producción, el cual representa el 5.1 % de la producción nacional de hortalizas, con un consumo per cápita de 6.4 % (SADER, 2020).

Dado el alto consumo de salsas en la dieta mexicana y la falta de información de la salsa macha sobre su caracterización fisicoquímica, este proyecto busca elaborar una salsa macha incorporando nopal en tres presentaciones diferentes. El objetivo es mejorar el contenido de fibra y fomentar el interés por el consumo del nopal, especialmente aquellos endémicos de la región. Además, se realizará un análisis sensorial para determinar cuál tratamiento de nopal es más aceptable, revalorizando esta cactácea fácil de cultivar y beneficiosa para la salud y el medio ambiente.

Al aprovechar la popularidad de las salsas y el interés que ha generado el nopal, se busca mejorar la ingesta de fibra dietética, promover hábitos alimentarios saludables y sustentable. Así mismo contribuir a la revalorización de ingredientes tradicionales y el consumo local.

5. Hipótesis

Es posible incrementar el contenido de fibra en una salsa macha por medio de la incorporación de nopal en diferentes presentaciones (deshidratado, cristalizado y desflemado) y que esta sea aceptada por los consumidores.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

Diseñar y caracterizar una salsa macha incorporando nopal en tres presentaciones diferentes (deshidratado, cristalizado y crudo), como una alternativa al consumo y empleo de nopal.

6.2. Objetivos específicos

1. Desarrollar tres tratamientos de nopal por medio de modificaciones fisicoquímicas para ofrecer una alternativa al consumo del nopal.
2. Realizar una salsa macha base por medio de una formulación estándar previamente aceptada por consumidores para incorporar los tratamientos de nopal.
3. Caracterizar las salsas mediante análisis fisicoquímicos para conocer su composición nutrimental.
4. Determinar que variante de la salsa macha con nopal es preferida por los jueces consumidores por medio de una evaluación sensorial, para conocer la aceptabilidad de los tratamientos.

7. Establecimiento del experimento

Las materias primas utilizadas, chiles secos (morita, guajillo y árbol), cacahuates, semillas de calabaza, ajonjolí, aceite de oliva, fueron adquiridos en los mercados locales del municipio de Tulancingo, Hidalgo. Los nopales (*Opuntia spp.*) fueron adquiridos por comerciantes locales provenientes de la localidad La Puerta del Yolo situada en el municipio de Cuauhtepac de Hinojosa, Hidalgo; fueron seleccionados, lavados y acondicionados para su uso.

7.1. Tratamientos del nopal

7.1.1. Deshidratado

Para el nopal deshidratado (Ns) se cortan 250 g de nopal en rectángulos de 2 cm por 1 cm y alrededor de 7 mm de grosor, de acuerdo con Lugo-Marino y colaboradores (2021). Para ello se colocaron en una rejilla y se llevaron a un horno de convección (Hamilton Beach modelo 31190C) a 98 °C por tres horas y media, los cladodios secos se almacenaron a 25 ±5 °C en un recipiente hermético hasta el momento de su utilización.

7.1.2. Cristalizado

Para elaborar el nopal cristalizado (Nc) se usó como base la metodología descrita por Rodiles-López y colaboradores (2016), en 500 ml de una solución osmótica de 1:2 (peso/volumen) en la cual se colocaron 250 g de nopal cortado en rectángulos de 2 x 1 cm, esto se llevó a cocción a 85 ±5 °C por 6 h. El secado se modificó respecto al utilizado por Rodiles-López y colaboradores, este se realizó en un horno de convección de la marca Hamilton Beach modelo 31190C, a 98 °C. Se colocaron los nopales deshidratados por ósmosis en una charola de aluminio y se llevaron al horno por tres horas y media. Al finalizar se dejaron enfriar a 25 ±5 °C y se almacenaron en un recipiente hermético.

7.1.3. Desflemado

El desflemado del nopal (Nd) se realizó para retirar el mucilago o “baba” de los cladodios, estos fueron cortados en cuadros de 1 cm y se llevaron a asar por 5 minutos a 225 ± 5 °C removiendo constantemente hasta el desprendimiento del mucílago, posteriormente se enjuagaron con agua potable, el agua restante se

evaporo en un sartén a más de 100 °C. Al terminar se almacenaron a 25 ±5 °C en un recipiente hermético hasta el momento de su uso.

7.2. Elaboración de la salsa

Para la elaboración de la salsa, los chiles fueron previamente esterilizados en una olla express a una temperatura de 125 ± 5 °C por 15 minutos, las semillas y frutos secos se tostaron en un comal y se siguió la formulación que se muestra en la Tabla 1.

Una vez pesados los ingredientes, los chiles y ajos fueron salteados con aceite de oliva a 180 ± 5 °C por 3 minutos, la mezcla se colocó en un procesador (Oster) junto con la sal y el aceite de oliva, a esta salsa homogénea se le incorporaron las semillas y frutos secos, así como los diferentes tratamientos de nopal, las salsas con Ns, Nc y Nd se colocaron en frasco previamente esterilizados y etiquetados, fueron almacenadas a temperatura ambiente (25 ±5 °C) hasta su uso.

Tabla 4. Ingredientes para la elaboración de la salsa macha con nopal para 100 g.

Ingrediente	Contenido en gramos (g)
Nopal spp.	15
Chile guajillo	4
Chile morita	8
Chile de árbol	3
Ajo	5
Ajonjolí	6
Sal	5
Cacahuete	2
Pepita	2
Aceite de oliva	50

Fuente: elaboración propia

7.3. Análisis químico proximal

7.3.1. Determinación de humedad

Para determinar la variable humedad en la salsa, se siguió la metodología propuesta por la A.O.A.C. 44 – 16 (2003). Se colocó la cápsula de aluminio en la estufa de secado (Craft) a peso constante, posteriormente en un desecador la cápsula se enfrió y con ayuda de una balanza analítica (Biomedica, BA2204C) se registró su peso. Posteriormente, a la cápsula se agregó 5 g de salsa homogeneizada y se colocó en la estufa a 105° C por 6 h. Después se almacenó en un desecador para enfriar y se registró el peso de la cápsula con la muestra seca. La medición de cada una de las salsas se realizó por triplicado. Para el cálculo del porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{W1 - W2}{W} \times 100$$

Donde:

W1 es el peso de la cápsula más la muestra húmeda.

W2 es el peso de la cápsula más la muestra seca.

W es el peso de la muestra.

7.3.2. Contenido de ceniza

Para determinar la variable ceniza en la salsa se siguió la metodología propuesta por la A.O.A.C 923.03 (2003). Se colocó el crisol en la estufa de secado (Craft) a peso constante, posteriormente en un desecador se enfrió a temperatura ambiente, y con ayuda de una balanza analítica (Biomedica BA2204C) se registró su peso. Después se agregó 3 g de la salsa en el crisol, se calcinó con un mechero y se llevó a la mufla (Felisa, FE-361) a 550 °C por 6 horas. Después de seis horas se colocó el crisol con las cenizas en un desecador hasta enfriar, enseguida se pesó en la

balanza analítica. La medición de cada una de las muestras se realizó por triplicado. Para el cálculo del porcentaje de ceniza se utilizó siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{p1 - p2}{p} \times 100$$

Donde:

p1 es el peso del crisol con cenizas

p2 es el peso del crisol vacío

p es el peso de la muestra

7.3.3. Cuantificación de proteína

Para determinar la variable proteína en la salsa se siguió la metodología Kjeldahl propuesta por la A.O.A.C. 955.04 (2003), la cual se divide en tres fases (digestión, destilación y titulación). Para la digestión, en un tubo Kjeldahl se colocó 5 g de mezcla digestora sulfato de potasio anhidro (K_2SO_4) y sulfato cúprico pentahidratado ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) envuelto en papel libre de nitrógeno, después se pesó 0.5 g de la salsa y se vertió en el tubo, posteriormente, se agregó 15 ml de H_2SO_4 (ácido sulfúrico concentrado). Esto se llevó al digestor (Büchi, K-425/K/436) por 3 horas, al finalizar la digestión se agregaron 20 ml de agua destilada.

Para la destilación, en un matraz Erlenmeyer se agregaron 50 ml de ácido bórico al 2% y tres gotas de rojo de metilo, los cuales se colocaron en la boquilla de salida del destilador (Büchi modelo K-350) por un intervalo de cinco minutos. En la titulación se utilizó H_2SO_4 al 0.1 N. La medición de cada una de las muestras se realizó por triplicado. Para el cálculo de la concentración de nitrógeno se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(Vm - Vb) \times 0.014 \times NH_2SO_4}{M} \times 100$$

Donde:

Vm es el volumen de H₂SO₄ del gasto en la muestra

Vb es el volumen de H₂SO₄ del gasto en blanco

N es la normalidad de H₂SO₄

M es el peso de la muestra

Para la determinación de Proteína se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%P = \%N \times 6.25$$

7.3.4. Determinación de extracto etéreo

Para determinar la variable extracto etéreo se siguió la metodología Goldfish propuesta por la A.O.A.C. 920.309 (2003). En la estufa de secado (Craft) se colocó el vaso Büchi a 105 °C hasta el peso constante, posteriormente en un desecador el vaso se enfrió, y con ayuda de una balanza analítica (Biomedica, BA2204C) se registró su peso. En un cartucho de celulosa se colocó la muestra de salsa seca proveniente de la determinación de humedad, después se llevó al extractor Büchi (E816-HE), el equipo se programó con éter de petróleo como solvente y se programó a 3 h de extracción, 30 minutos de lavado y 30 minutos de secado. El vaso se retiró y se pesó. La medición de cada una de las muestras se realizó por triplicado. Para el cálculo del porcentaje de extracto etéreo se hizo por diferencia de peso y se utilizó siguiente fórmula:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100$$

Donde:

M1 es el peso del vaso solo

M2 es el peso del vaso con grasa

M es el peso de la muestra

7.3.5. Determinación de fibra

Para determinar la variable fibra se siguió la metodología propuesta por la A.O.A.C. 962.09 (2003). La muestra de salsa seca y sin grasa se vertió en un vaso Berzelius al cual se le agregó 200 ml de H₂SO₄ al 0.255 N, el vaso con la solución se colocó en el determinador de fibra (Labconco, LAC300001-00) por 30 minutos a ebullición. Posteriormente, se filtró y lavó con agua destilada hasta obtener un pH neutro. Después agregó nuevamente la muestra al vaso Berzelius con 200 ml de NaOH (hidróxido de sodio) al 0.313 N, se colocó en el determinador de fibra por 30 minutos a ebullición, se filtró y lavó con agua destilada hasta obtener un pH neutro, por ultimo se le agregó 25 ml de C₂H₆O (alcohol etílico) y se colocó en un crisol, después se llevó a la estufa (Craft) a 105 °C por 4 h y se registró su peso con ayuda de la balanza analítica (Biomedica modelo BA2204C). Después el crisol se colocó en una mufla (Felisa modelo FE-361) a 550 °C por 6 h. Al finalizar, se realizó el pesado final de la muestra. Cada análisis de la salsa se realizó por triplicado. Para el cálculo del contenido de fibra se utilizó la siguiente fórmula:

% Fibra

$$= \frac{\text{Peso del crisol con muestra seca} - \text{Peso del crisol con muestra calcinada}}{\text{Peso real de la muestra}} \times 100$$

7.4. Evaluación sensorial

El análisis sensorial se realizó con una prueba de preferencia siguiendo el método de Domínguez, 2007. La prueba se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Agropecuarias, a un grupo de 50 jueces consumidores no entrenados se les presentaron tres variantes de salsa machas variando la presentación del nopal. El juez recibió las muestras en platos codificados con números de tres dígitos en orden aleatorio, las muestras se codificaron de la siguiente manera (492) Nc, (735) Ns y (518) Nd, se les proporcionó el formato de la Figura 2 en el cual se ordena la muestra que más les gusto con un 1 y la que menos con un 3. Para la limpieza del paladar se utilizó agua.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
HIDALGO
Instituto de Ciencias Agropecuarias
Ficha de evaluación sensorial
Prueba de preferencia



Producto: Salsa macha con nopal

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: _____

Instrucciones: Pruebe las tres muestras de izquierda a derecha, enjuáguese la boca entre cada muestra, luego asigne un orden de preferencia a las muestras presentadas, siendo 1 la más preferida y 3 la menos preferida.

735 492 518

Comentarios:

¡Muchas gracias!

Figura 2. Formato utilizado en la evaluación sensorial.

Para su análisis se realizó un cuadro de concentración de datos donde se anotaron: número de juez, nombre, edad, así como los códigos de las muestras y el valor dado por cada juez. El análisis estadístico se llevó a cabo la prueba de Kramer para determinar si existe un producto preferido frente a otros, así como un análisis de

varianza por rangos prueba de Friedman con un nivel de significancia del 5 %, para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$X^2 = \left[\frac{12}{(k)(J)(J + 1)} \times \Sigma Tj^2 \right] - 3k(J + 1)$$

Donde:

T es el número total de cada columna

J es el número de productos o columnas

k es el número de jueces o filas

8. Resultados

8.1. Elaboración de la salsa

En la figura () se observa la salsa obtenida, no existe una diferencia visible entre estas debido a que la formulación de la salsa fue la base para las tres formulaciones de nopales, la salsa presenta un color rojizo característico de este tipo de salsas, así como una textura espesa, el nopal es casi imperceptible a simple vista por lo que no interfiere en el apartado visual de esta.

8.2. Tratamientos del nopal

Los tres tratamientos de nopal se muestran a continuación, estos no afectan de manera visual a la salsa por lo que una de las principales desventajas del nopal tratado que es la apariencia se ve enmascarada por el color rojizo de la salsa macha.

8.2.1. Deshidratado (Ns)

El nopal deshidratado se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Nopal deshidratado

8.2.2. Cristalizado (Nc)

El nopal cristalizado se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Nopal cristalizado

8.2.3. Desflemado (Nd)

El nopal desflemado se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Nopal desflemado

8.3. Análisis químico proximales

8.3.1. Humedad

Los resultados obtenidos en la Figura 3 muestran, de manera estadística ($p < 0.05$), una variación en los tres tratamientos, Ns tuvo un contenido de humedad de 17.48 %, para Nc fue de 9.58 % y para Nd fue de 21.92 %. El tratamiento Nd presentó mayor contenido de humedad con 21.92 %, esto debido a que durante el proceso se busca retirar simplemente el mucilago y no secar o deshidratar el nopal, mientras que Nc presento el menor porcentaje de humedad siendo de 9.58 %. Rodiles-López y colaboradores en 2016 explican que la pérdida de agua durante la deshidratación osmótica es muy rápida durante las primeras horas aunado a esto se realiza un secado en estufa lo cual lleva al nopal a tener una humedad de 8.5 %, el valor resultante de la salsa macha con nopal cristalizado es muy similar, considerando que la salsa se compone de ingredientes con muy bajo porcentaje de humedad.

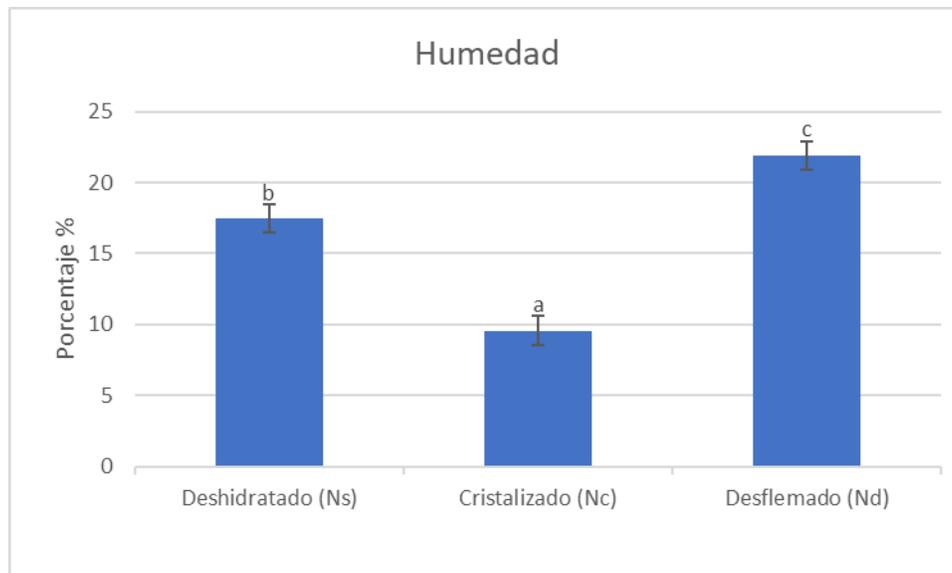


Figura 6. Resultados en el contenido de humedad en la salsa macha. La letra diferente indica diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Contenido de humedad promedio de las muestras analizadas para deshidratado (Ns), (b) 17.489 ± 1.371 ; para cristalizado (Nc), (a) 9.581 ± 1.514 ; para desfleado (Nd), (c) 21.923 ± 1.609 . Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.3.2. Cenizas

Los resultados obtenidos de cenizas se muestran en la Figura 4, se puede apreciar una variabilidad estadística ($p < 0.05$) en los tres tratamientos, el contenido de cenizas en Ns es de 6.26 %, en Nc es de 5.67 % y en Nd un 4.29 %. Los resultados obtenidos muestran un comportamiento diferente siendo el desfleado con mayor contenido de humedad el que tuvo menor contenido de cenizas, mientras que el deshidratado fue el que mayor contenido de cenizas tuvo, esta variabilidad pudo deberse a los demás componentes de la salsa y ya que el contenido de nopal en la formulación es del 15 % siendo el segundo ingrediente, después del aceite de oliva.

De acuerdo con Rodiles-López y colaboradores en 2016 la concentración de cenizas disminuye en el deshidratado, debido a lixiviación, por otro lado, Rodriguez y colaboradores en 2019 reportan un comportamiento similar con el calcio debido a su solubilidad en agua, aunque una captación de sodio siendo atribuido al coeficiente de difusión de masa es mayor debido a su pequeño tamaño molecular. Mientras que Contreras-Padilla y colaboradores en 2012 reportaron que el nopal

lío­filizado pre­sen­to menor can­ti­dad de hu­medad y mayor con­tenido de cenizas mien­tras que el se­cado por aire ca­liente y por tú­nel tu­vie­ron mayor can­ti­dad de hu­medad y menor con­tenido de ceniza.

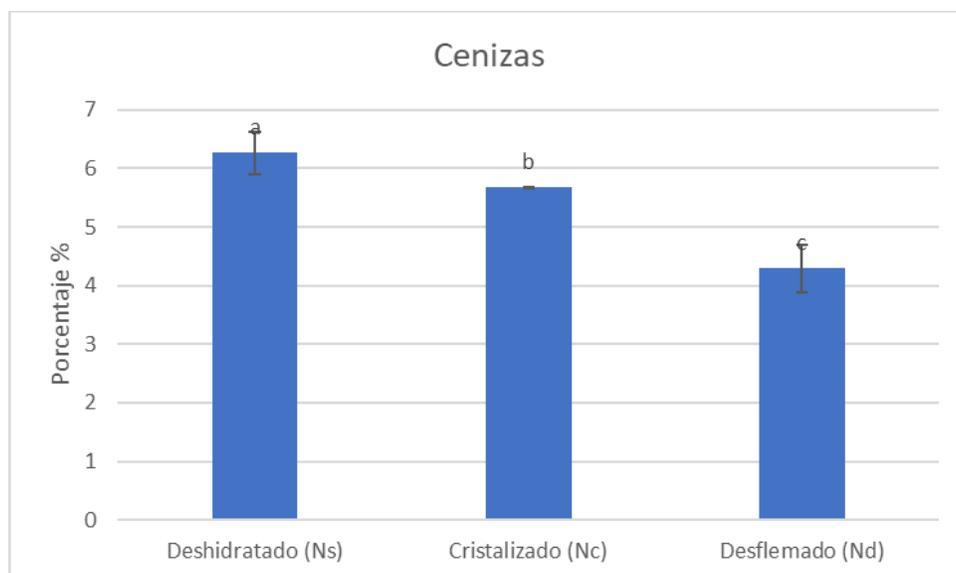


Figura 7. Resultados en el contenido de cenizas en la salsa macha. La letra diferente indica diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Contenido de cenizas promedio de las muestras analizadas para deshidratado (Ns), (a) 6.262 ± 0.363 ; para cristalizado (Nc), (b) 5.671 ± 0.014 ; para desfle­mado (Nd), (c) 4.291 ± 0.408 . Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.3.3. Extracto etéreo

En la Figura 5 se pueden apreciar que no existe una variabilidad estadística ($p < 0.05$) en los tres tratamientos, el contenido de grasa en Ns es de 52.19 %, en Nc es de 51.14 % y en Nd un 52.09 %, la composición de la salsa es de un 50 % aceite de oliva por lo que los valores resultan similares entre sí, y la poca variabilidad presente podría deberse a los frutos secos y semillas. Un estudio realizado por González-Rodríguez *et al.* (2020) obtuvieron los siguientes resultados en el porcentaje de extracto etéreo en nopales frescos, 1.3138 para nopales de cerro y 0.1962 para nopales de invernadero, mientras que Contreras-Padilla *et al.* (2012) indican que los procesos de secado reducen aún más el contenido de grasa, debido a compuestos volátiles que se producen durante los tratamientos térmicos lo que resulta en cantidades inapreciables provenientes del nopal.

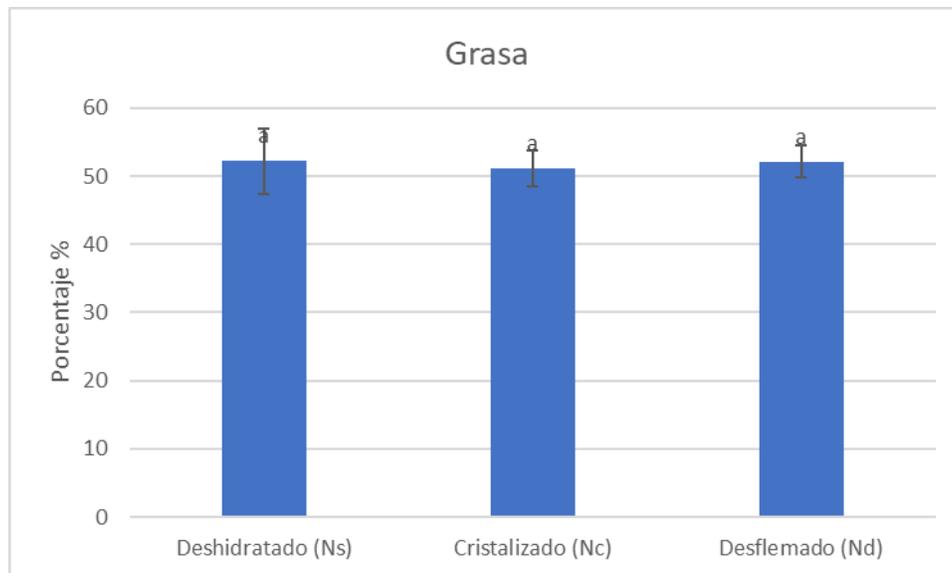


Figura 8. Resultados en el contenido de extracto etéreo en la salsa macha. La letra diferente indica diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Contenido de extracto etéreo promedio de las muestras analizadas para deshidratado (Ns), (a) 52.198 ± 4.777 ; para cristalizado (Nc), (a) 51.14 ± 2.635 ; para desfleado (Nd), (a) 52.092 ± 2.337 . Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.3.4. Fibra

En la Figura 6 se pueden apreciar que no existe una variabilidad estadística ($p < 0.05$) en los tres tratamientos, el contenido de fibra en Ns es de 9.73 %, en Nc es de 8.02 % y en Nd un 9.28 %. El porcentaje de fibra se vio disminuido en el cristalizado en 1 % aunque no fue un cambio significativo este podría deberse a un aumento en el nivel de carbohidratos y la pérdida de fibra que está constituida principalmente por el mucílago como lo reportado por Rodiles-López *et al.* (2016), de igual manera Contreras-Padilla *et al.* (2012) observaron una degradación en el porcentaje de fibra principalmente soluble correspondiente a la parte del mucilago debido al proceso de deshidratación, por métodos térmicos.

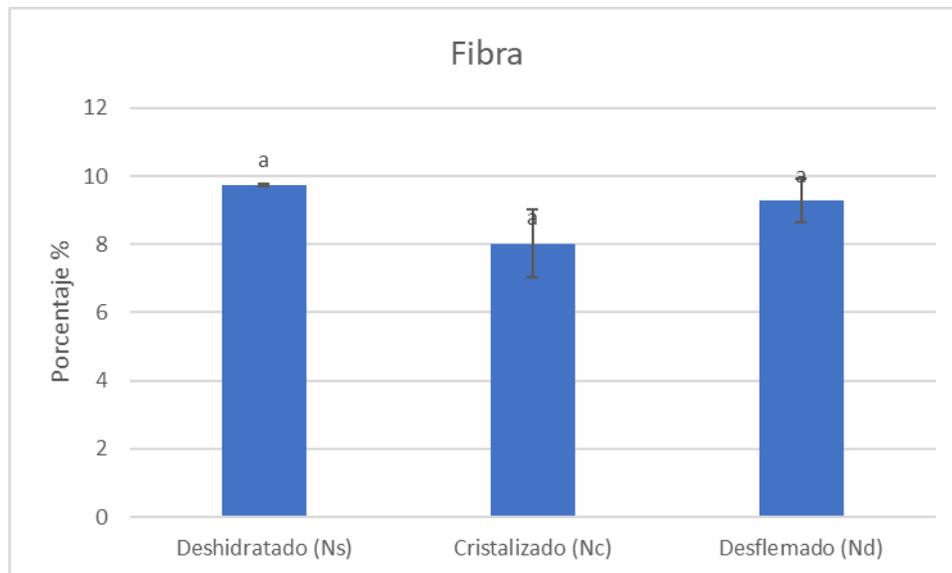


Figura 9. Resultados en el contenido de fibra en la salsa macha. La letra diferente indica diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Contenido de fibra promedio de las muestras analizadas para deshidratado (Ns), (a) 9.736 ± 0.022 ; para cristalizado (Nc), (a) 8.022 ± 0.994 ; para desflechado (Nd), (a) 9.283 ± 0.643 . Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.3.5. Proteína

En la Figura 7 se pueden apreciar que existe una variabilidad estadística ($p < 0.05$) entre el Ns y los otros dos tratamientos, el contenido de proteína en Ns es de 9.47 %, en Nc es de 6.78 % y Nd un 7.35 %. Siendo el tratamiento Ns el que tuvo mayor contenido de proteína mientras que Nc presentó el menor contenido sin diferencias significativas con Nd, esta variabilidad pudo deberse principalmente al contenido en semillas y frutos secos presentes en la salsa. González-Rodríguez *et al.* (2020) determinaron el contenido de proteína de nopal fresco y nopal deshidratado por 100 g, el nopal deshidratado tuvo un mayor contenido de proteína alrededor de un 90 % más que el nopal fresco. Rodiles-López *et al.* (2016) realizó un análisis bromatológico a nopal fresco y nopal deshidratado por osmosis, el nopal fresco en base seca mostro un incremento similar a lo reportado anteriormente, siendo el contenido en base húmeda de 0.60 % y en base seca de 9.16 %. En el nopal deshidratado por osmosis en base seca el contenido de proteína fue de 8.75 resultando en un porcentaje menor a la base seca de nopal fresco crudo.

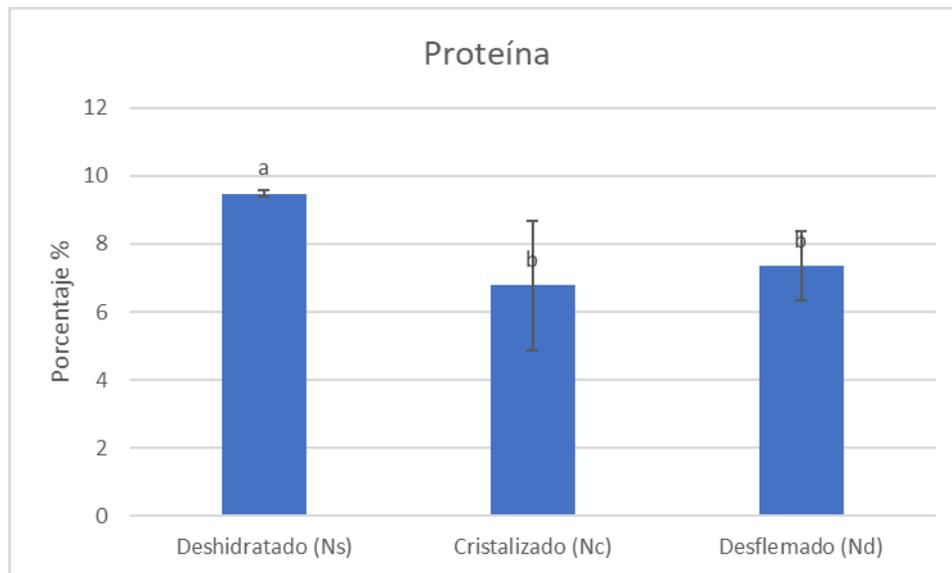


Figura 10. Resultados en el contenido de proteína en la salsa macha. La letra diferente indica diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Contenido de proteína promedio de las muestras analizadas para deshidratado (Ns), (a) 9.477 ± 0.098 ; para cristalizado (Nc), (b) 6.787 ± 1.9 ; para desfleado (Nd), (b) 7.357 ± 1.023 . Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.3.6. Carbohidratos

En la Figura 8 se pueden apreciar que existe una variabilidad estadística ($p < 0.05$) en los tres tratamientos, el contenido de carbohidratos en Ns es de 12.95 %, en Nc es de 18.78 % y en Nd un 4.19 %. Estas diferencias se deben al agente osmótico utilizado que es la sacarosa, incrementando el contenido en carbohidratos en el tratamiento Nc, mientras que en Ns al retirar el agua contenida y utilizar una mayor cantidad de nopal deshidratado el contenido en carbohidratos aumenta, por el contrario, Nd disminuye su contenido en carbohidratos al contener un mayor contenido de humedad.

Rodiles-López *et al.* (2016) reportan una ganancia de carbohidratos y una pérdida de fibra, donde el análisis en base seca para el nopal fresco tuvo 63.97 % y el nopal deshidratado tuvo un 74.38 %, al utilizar sacarosa como agente osmótico. Por otra parte, Rodríguez *et al.* (2019) enfatizan que a medida que incrementa la concentración de sacarosa y el tiempo de inmersión la pérdida de agua incrementaba, afectando directamente la concentración de sacarosa.

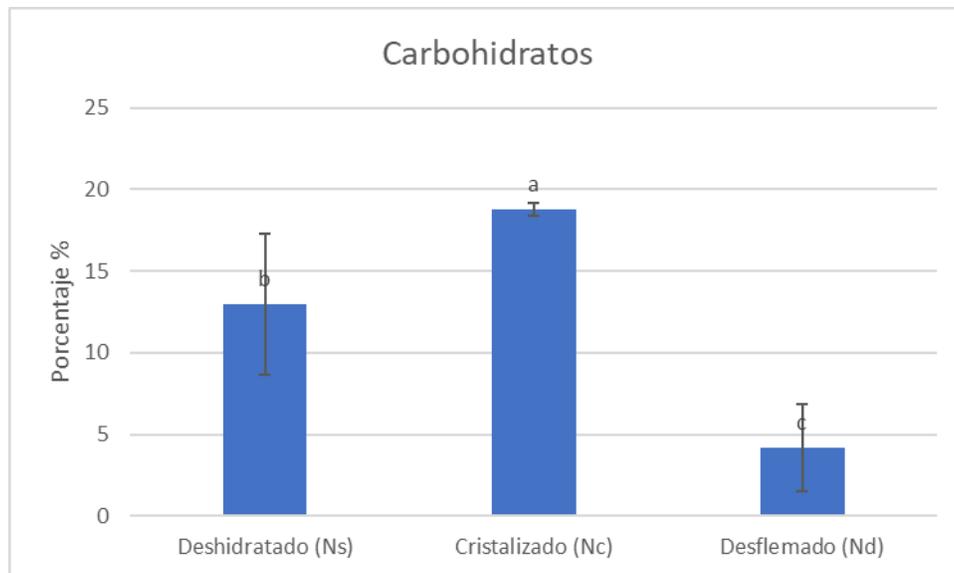


Figura 11. Resultados en el contenido de carbohidratos en la salsa macha. La letra diferente indica diferencias estadísticas ($p < 0,05$). Contenido de carbohidratos promedio de las muestras analizadas para deshidratado (Ns), (b) 12.954 ± 4.306 ; para cristalizado (Nc), (a) 18.782 ± 0.397 ; para desfleado (Nd), (c) 4.197 ± 2.699 . Los resultados se expresan en medias \pm desviación estándar.

8.4. Evaluación sensorial

Las muestras fueron evaluadas por 50 jueces, determinando cual muestra fue la de mayor agrado con el número "1" y la muestra de menor agrado con el número "3", en la Tabla # se muestran la suma de estos valores debajo y del lado derecho de los códigos. Al comparar la suma total de preferencia de un producto vs la suma de los otros ("492" vs "735", "492" vs "518" y "735" vs "518"), Ns es la muestra más preferida, seguida por Nd y la menos preferida corresponde a Nc.

Tabla 5. Análisis de datos de prueba de Kramer de las tres muestras de salsa macha.

Productos/suma preferencia		Nc	Ns	Nd
		492	735	518
		109	93	98
Nc	492	109	0	16
Ns	735	93	-16	0
				11
				-5

Nd	518	98	-11	5	0
-----------	------------	----	-----	---	---

Una vez analizada la preferencia de los jueces, se buscó conocer si existe una diferencia significativa estadísticamente ($p < 0.05$) de acuerdo con la Tabla. # se obtuvo X^2 con un valor de 2.68, comparado con el valor de chi-cuadrado de 5.99 correspondiente al valor crítico resulta menor por lo que se concluye que no existe una diferencia significativa entre la preferencia de las tres muestras de salsa.

Tabla 6. Prueba de Friedman para las tres muestras de salsa macha.

Muestra	Rangos
Nc (492)	109
Ns (735)	93
Nd (518)	98
Chi-cuadrado	5.99
X^2	2.68

La muestra preferida fue Ns correspondiente a nopal deshidratado, al contrario que Lugo-Marino et. al. (2021) obtuvieron un valor bajo en lo que respecta a la apariencia del análisis sensorial realizado a un snack de nopal deshidratado, mencionando que su apariencia es importante para su aceptación. En la salsa macha, el nopal está homogeneizado con todos los ingredientes este no es perceptible a la vista y esto influencia directamente a que sea el más agradable en cuanto a sabor sin importar su apariencia.

9. Conclusiones

La salsa es un complemento fundamental en la gastronomía mexicana, existe una amplia variedad de salsas, esto permite el poder modificar sus ingredientes e innovar sus características fisicoquímicas y sensoriales.

Un ingrediente fundamental en la salsa macha es el aceite de oliva el cual aporta beneficios a la salud es una fuente de ácidos grasos: oleico, palmítico y linoleico con beneficios a la salud cardiovascular, regular los niveles de colesterol. Además, cuenta con polifenoles los cuales le proporcionan actividad antioxidante y antiinflamatoria.

En este trabajo se resalta la incorporación de nopal en la salsa macha, esta cactácea es muy versátil y beneficiosa para la salud, una fuente de fibra dietética, con actividad hipoglucemiante y antioxidante. Dentro de todos sus beneficios destacan los que tiene hacia el ambiente ya que es una planta resistente a distintas condiciones climáticas, previene la erosión de los suelos y su aprovechamiento beneficia a productores locales.

La incorporación de nopal afectó las propiedades fisicoquímicas de la salsa, existieron diferencias significativas en el porcentaje de humedad, cenizas y carbohidratos, que fueron resultado de los tratamientos del nopal, mientras que la proteína apenas y hubo diferencias, en el caso de la fibra en los tres tratamientos no hubo diferencias significativas por lo que la inclusión de cualquiera de los tres no afecta el contenido de la misma.

La evaluación sensorial realizada con 50 jueces indicó que la muestra con nopal deshidratado fue la preferida, aunque las diferencias en la preferencia no fueron estadísticamente significativas. Siendo así que la apariencia del nopal no afectó la percepción visual de la salsa contribuyendo a una mayor aceptación.

La integración del nopal y la salsa macha resultó en una manera de aumentar la ingesta de fibra en la dieta mexicana, promueve además hábitos alimentarios saludables y sostenibles, por medio de un producto atractivo para el consumidor.

10. Referencias

- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. (12 de noviembre de 2018). *Chile verde*. gob.mx. <https://www.gob.mx/aserca/es/articulos/chile-verde?idiom=es>
- Aguirre, E. & Muñoz, V. (2015). *El chile como alimento*. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 66(3), 16-23.
- Ariza-Ortega, J. A. & Díaz-Reyes, J. (2022). *Evaluación de lípidos y su calidad en aceites de oliva*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(4), 469-469. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.4.469>
- Barquera, S. & Arellano, M. (7 de septiembre de 2023). *La transición alimentaria en México: una amenaza para la salud humana y planetaria*. insp.mx. <https://www.insp.mx/informacion-relevante/la-transicion-alimentaria-en-mexico-una-amenaza-para-la-salud-humana-y-planetaria>
- Bermúdez, M. & Espinosa, A. (9 de diciembre de 2021). *El chile como parte de la cultura alimenticia de México*. ciad.mx. <https://www.ciad.mx/el-chile-como-parte-de-la-cultura-alimenticia-de-mexico/>
- Contreras-Padilla, M., Gutiérrez-Cortez, E., Valderrama-Bravo, M. D. C., Rojas-Molina, I., Espinosa-Arbeláez, D. G., Suárez-Vargas, R. & Rodríguez-García, M. E. (2012). *Effects of drying process on the physicochemical properties of nopal cladodes at different maturity stages*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67, 44-49. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0265-x>
- Cruz-de la Cruz, L. L., Espinosa-Solares, T., Aguilar-Méndez, M. Á., Guerra-Ramírez, D. & Hernández-Eugenio, G. (2020). *Influence of microwave drying process on microstructure and thermodynamic properties of nopal cladodes*. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 12(2), 115-130. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2019.12.075>

- Cruz, E. I. R. & Miranda, H. C. (2022). *Nopal/tuna, mercado y territorio en México: un enfoque de capacidades*. *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (21), 100-123. <https://doi.org/10.17141/eutopia.21.2022.5435>
- Diego-Zarate, L. M., Méndez-Zamora, G., Rivera-de Alba, J. A. & Flores-Girón, E. (2021). *Effect of dehydrated nopal (Opuntia spp) powder on physicochemical and sensory properties of Vienna sausages*. *Biotecnia*, 23(2), 89-95. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1377>
- Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de alimentos*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.
- Escalera-Ordaz, A. K., Guillén-Andrade, H., Lara-Chávez, M. B. N., Lemus-Flores, C., Rodríguez-Carpena, J. G. & Valdivia-Bernal, R. (2019). *Caracterización de variedades cultivadas de Capsicum pubescens en Michoacán, México*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(SPE23), 239-251. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2024>
- Garduño, H. C., Merino, M. V. F., Barajas, M. B. & García, M. V. D. (2023). Capítulo II Propiedades nutricionales, antihiper glucemiantes y antioxidantes del nopal. *Principios activos de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana* (pp. 49-68). Universidad Autónoma del Estado de México
- Getahun, E., Delele, M. A., Gabbiye, N., Fanta, S. W. & Vanierschot, M. (2021). *Studying the drying characteristics and quality attributes of chili pepper at different maturity stages: experimental and mechanistic model*. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26, 101052. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101052>
- Gomez-Delgado, Y. & Velázquez-Rodríguez, E. B. (2019). *Salud y cultura alimentaria en México*. *Revista Digital Universitaria*. 20(1). <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>
- González-Rodríguez, F., Chávez-Polanco, D. A., González-de la Torre, S., González-Govea, M., Suárez-Medina, E. A., Soltero-Sánchez, J. R., Castañeda-Aguirre, E., Trejo-Perea, N. A. & Luna-Díaz, J. J. (2020).

Determinación del valor bromatológico y contenido de mucílago en el nopal (Opuntia spp.) de cerro y de invernadero, del estado de Michoacán. Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos, 5, 184-188.
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/3/37.pdf>

Hernández-Becerra, E., Aguilera-Barreiro, M. d. I. A., Contreras-Padilla, M., Pérez-Torrero, E. & Rodríguez-García, M. E. (2022). *Nopal cladodes (Opuntia Ficus Indica): Nutritional properties and functional potential. Journal of Functional Foods, 95, 105183.* <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105183>

Iacopetta, D., Baldino, N., Caruso, A., Perri, V., Lupi, F. R., de Cindio, B. & Sinicropi, M. S. (2021). *Nutraceuticals Obtained by SFE-CO2 from Cladodes of Two Opuntia ficus-indica (L.) Mill Wild in Calabria. Applied Sciences, 11(2), 477.*
<https://doi.org/10.3390/app11020477>

Jiménez, A. (2023). *Aceite de oliva en nutrición clínica. Nutrición Clínica en Medicina, 17(2), 141-165.* <https://doi.org/10.7400/NCM.2023.17.2.5124>

León-Mendoza, L., Casanova-Pavel, D. & González-Cabeza, J. (2021). *Estabilidad de la calidad sensorial de aceites de oliva Olea europea (Oleaceae) extra virgen varietal y mono varietal. Arnaldoa, 28(3), 613-624.*
<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.283.28308>

Loizzo, M. R., Bonesi, M., Falco, T., Leporini, M., Pagliuso, M., Sicari, V. & Tundis, R. (2021). *Carolea olive oil enriched with an infusion of Capsicum annum and C. chinense dried pepper powders to produce an added value flavoured olive oils. Journal of Food Processing and Preservation, 45(10), e15776.*
<https://doi.org/10.1111/jfpp.15776>

López-Salido, S. C., Llanes-Canedo, C., Ezzahra-Housni, F. & González-Flores, J. J. (2020). *Análisis del conocimiento de fibra dietética, índice de masa corporal y nivel socioeconómico en la población mexicana. Interciencia, 45(10), 469-474.*

- Lugo-Marino, J. J. A., Aguilar-Lugo-Gérez, E. R. & Pérez-Campos, S. J. (2021). *Aceptabilidad de un snack de nopal deshidratado previamente encurtido*. *Vinculatégica EFAN*, 7(2), 627-641. <https://doi.org/10.29105/vtga7.1-129>
- Martínez-Robinson, K. G., Cárdenas-Román, F. A., Campa-Mada, A. C., Toledo-Guillen, A. R., López-Franco, Y. L., Carvajal-Millan, E. & Lizardi-Mendoza, J. (2019). *Caracterización de los residuos sólidos de la extracción del aceite de oliva de Caborca, Sonora, México*. *Biotecnia*, 21(3), 48-55.
- Moreno-Rojas, K. (17 de marzo de 2020). *Chiles y salsas en México. Un sabor a identidad*. Chile Habanero MX. <https://chilehabanero.mx/chiles-y-salsas-en-mexico-un-sabor-a-identidad/>
- Muñoz-Zurita, R. (2008). *Salsas Mexicanas* (Primera ed.). México: Larousse.
- Nabor, A. (23 de abril de 2020). *Qué es la salsa macha y cómo prepararla fácil y rápido en casa*. El Universal. <https://www.eluniversal.com.mx/menu/que-es-la-salsa-macha-y-como-prepararla-facil-y-rapido-en-casa/>
- Ornelas, J. J. (17 de julio de 2020). *Reivindicando al Chile: Sabor y salud en un alimento*. ciad.mx. <https://www.ciad.mx/reivindicando-al-chile-sabor-y-salud-en-un-alimento/>
- Osorio-Barraza, L. M., Manzur-Valdespino, S., Zafra-Rojas, Q. Y., Delgado-Olivares, L., Calderón-Ramos, Z. G. & Cruz-Cansino, N. d. S. (2021). *Composición y aplicaciones clínicas de especies de chiles (Capsicum spp.) domesticados*. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 10(19), 249-257. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i19.7183>
- Perales-Vázquez, G. d. C., Mercado-Mercado, G., de la Rosa, L. A. & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2020). *Bioaccesibilidad y cinética de liberación in vitro de compuestos fenólicos en algunas salsas de la cocina mexicana*. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.205>

- Pérez, C. F., Méndez, D. H., Salgado, G. D. C. M., Vázquez, V. P. & Morales, M. S. (2023). *Evaluación sensorial de salsa de xoconostle, un producto endémico del Noreste de Guanajuato. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 547-551. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.73>
- Porog-López, K. M., Avendaño-Arrazate, C. H., Utrilla-Vázquez, M. & Martínez-Bolaños, M. (2023). *Uso alternativo del grano de cacao (Theobroma cacao L.) para la elaboración de salsa macha. AgroDivulgación*, 3(1), 61-67. <https://doi.org/10.54767/ad.v3i1.161>
- Reyes, B., Chamorro, R., Morales, G., Hernández, M. C., Farías, C. & Valenzuela, R. (2023). *Composición química y aplicaciones clínicas del aceite de oliva extra virgen. Revista chilena de nutrición*, 50(3), 320-331. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182023000300320>
- Rodiles-López, J. O., Arriaga-Martínez, L. P., Martínez-Flores, H. E., Zamora-Vega, R. & 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. Biotecnia*, 21(2), 71-77. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i2.909>
- Rodiles-López, J. O., Manivel-Chávez, R. A., Zamora-Vega, R. & Martínez-Flores, H. (2016). *Elaboración de una botana de nopal obtenida por deshidratación osmótica. Superficies y vacío*, 29(2), 49-54.
- Rodriguez, A., Sancho, A. M., Barrio, Y., Rosito, P. & Gozzi, M. S. (2019). *Combined drying of Nopal pads (Opuntia ficus-indica): Optimization of osmotic dehydration as a pretreatment before hot air drying. Journal of food processing and preservation*, 43(11), e14183. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14183>
- Román, M. L. & Hernández, E. C. (2020). *Salsa picante con quínoa y chile serrano seco. Revista científica Quantica*, 1(2).

- Rubert, M., Torrubia, B., Díaz-Curie, M. & De la Piedra, C. (2020). *Aceite de oliva y salud ósea*. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 12(3), 107-110.
<https://dx.doi.org/10.4321/s1889-836x2020000300007>
- Sánchez-Rodríguez, E. & D Mesa, M. (2018). *Compuestos bioactivos del aceite de oliva virgen*. *Nutrición Clínica en Medicina*, 12(2), 80-94.
<https://doi.org/10.7400/NCM.2018.12.2.5064>
- Sánchez-Madrigal, M. Á., Rentería-Ríos, N. V., Quintero-Ramos, A., Segovia-Lerma, A., Piñón-Castillo, H. A., Olivas-Hernández, P. A., Ruiz-Gutiérrez, M. G. & Méndez-Zamora, G. (2019). *Efecto del proceso de tostado-deshidratado sobre las características fisicoquímicas y estructurales de chiles tostados-secos (Capsicum annum L.)*. *Agrociencia*, 53(3), 319-335.
- Sánchez-Mejía, V., Márquez-Alcudia, G. & Paz-Gómez C. A. (2019). *Preferencias de consumidores de salsas picantes guasalzas de Comalcalco, Tabasco*. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*, 25(73), 390-402.
<https://doi.org/10.19136/hitos.a25n73.3551>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (02 de diciembre de 2020). *Crece en México el consumo y producción de nopal: Agricultura*. gov.mx.
<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-en-mexico-el-consumo-y-produccion-de-nopal-agricultura?idiom=es>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (20 de julio de 2020). *El Chile es parte de nuestra riqueza mexicana*. gov.mx.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-chile-es-parte-de-nuestrariqueza-mexicana>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (13 de marzo de 2024). *El nopal mexicano: Un tesoro nutricional de la tierra*. gov.mx.
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-nopal-mexicano-un-tesoro-nutricional-de-la-tierra>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (02 de diciembre de 2020). *El nopal, parte de la riqueza del campo mexicano*. gov.mx.

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-nopal-parte-de-la-riqueza-del-campo-mexicano>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (5 de julio de 2018). *El secreto está en la salsa*. gob.mx. <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-secreto-esta-en-la-salsa>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (10 de marzo de 2023). *¿No que muy salsa?*. gob.mx. <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-importancia-de-los-cereales-en-el-sector-alimentario-328634>

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (1 de Agosto de 2017). *Chile (Capsicum spp.)**. gob.mx. <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/chile-capsicum-spp>

Zamljen, T., Slatnar, A., Hudina, M., Veberic, R. & Medic, A. (2022). *Characterization and quantification of capsaicinoids and phenolic compounds in two types of chili olive oils, using HPLC/MS*. *Foods*, 11(15), 2256. <https://doi.org/10.3390/foods11152256>

Anexos

Anexo 1. Análisis químico proximal



Figura 12. Determinación del contenido de ceniza.

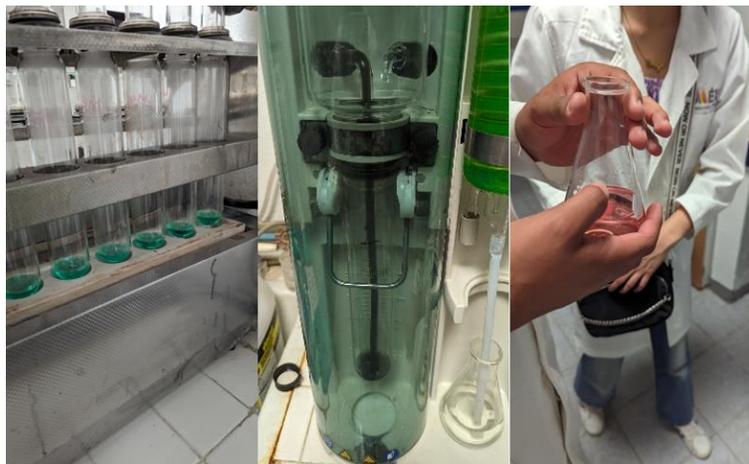


Figura 13. Cuantificación de proteína.



Figura 14. Determinación de extracto etéreo



Figura 15. Determinación de fibra.

Anexo 2. Análisis sensorial



Figura 16. Evaluación sensorial de la salsa macha.