

**Composición química, propiedades físicas y
tecnofuncionales de vaina de mezquite (*Prosopis
spp*) para uso como extensor en productos
cárnicos emulsionados**

Aracely Margarita García Alonzo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Composición química, propiedades físicas y
tecnofuncionales de vaina de mezquite (*Prosopis
spp*) para uso como extensor en productos
cárnicos emulsionados**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Aracely Margarita García Alonzo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Composición química, propiedades físicas y tecno-funcionales de vaina de mezquite (*Prosopis* spp) para uso como extensor en productos cárnicos emulsionados

Aracely Margarita García Alonzo

Resumen. Actualmente, se desarrollan una gran variedad de productos cárnicos en los que se utilizan materias primas no cárnicas. El mezquite (*Prosopis* spp) es un árbol muy abundante en Sonora. En el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD) se han utilizado sus vainas en productos cárnicos picados. El objetivo de la investigación fue evaluar la composición química proximal, propiedades físicas (color y pH) y tecno-funcionales (Capacidad de Retención de agua CRA, Capacidad de Retención de Aceite CRAC, Capacidad de Hinchamiento CH, Capacidad de Emulsificación CE, Capacidad de Gelificación CG) de harinas elaboradas con vainas de *Prosopis* (*chilensis* y *alba*) para su posible uso como extensor en productos cárnicos emulsionados. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos (harinas de *Prosopis chilensis*, *Prosopis. alba* y un extensor comercial de fécula de papa y carrageninas) y dos repeticiones, se realizó un ANDEVA y una prueba Tukey. Los resultados mostraron que todos los tratamientos presentaron tonalidades beige y pH ácidos. El contenido de humedad fue menor para las harinas de vaina, todos los tratamientos tuvieron bajo contenido de grasa y abundantes carbohidratos. Las propiedades tecnofuncionales de las harinas presentaron porcentajes altos y en la CE se destacó *P. alba*; aunque en la CG las harinas de vaina formaron geles a mayor concentración que el extensor comercial, en general las harinas elaboradas en este estudio poseen buenas características para ser consideradas un potencial extensor. Se recomienda elaborar un producto cárnico con los tratamientos para comprobar su efectividad.

Palabras clave: Harinas, *Prosopis chilensis*, *Prosopis alba*.

Abstract. Currently, a great variety of meat products is developed in which non-meat raw materials are used. Mesquite (*Prosopis* spp) is a very abundant tree in Sonora. In the Center for Research in Food and Development, A.C., (CIAD), its pods have been used in minced meat products. The objective of the research was to evaluate the proximal chemical composition, physical properties (color and pH) and techno-functional properties (Water Retention Capacity WRC, oil Retention Capacity ORC, Swelling Capacity SC, Emulsification Capacity EC, Gelling Capacity GC) of flours made with *Prosopis* pods (*chilensis* and *alba*) for possible use as an extender in emulsified meat products. A Completely Random Design was used with three treatments (*Prosopis chilensis* flours, *Prosopis. alba* and a commercial potato starch and carrageenan extender) and two repetitions, an ANDEVA and a Tukey were performed. The results showed that all the treatments presented beige tones and acid pH. The moisture content was lower for the pod flours, all the treatments had low fat content and abundant carbohydrates. The techno functional properties of the flours present high percentages and in the EC *P. alba* stood out; Although in the GC the pod flours formed gels at a higher concentration than the commercial extender, in general the flours prepared in this study have good characteristics to be considered a potential extender. It is recommended to make a meat product with the treatments to check its effectiveness

Key words: Flour, *Prosopis chilensis*, *Prosopis alba*.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen.....	iii
Tabla de contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	15
5. RECOMENDACIONES.....	16
6. LITERATURA CITADA	17
7. ANEXOS	22

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Resultados de análisis de color (media \pm DE) de harinas de mezquite (<i>Prosopis chilensis</i> y <i>P. alba</i>) y un extensor comercial.....	8
2. Resultados de pH (media \pm DE) de harina de mezquite (<i>Prosopis chilensis</i> y <i>alba</i>) y extensor comercial.....	10
3. Resultados de composición química proximal (media \pm DE) de harina de mezquite (<i>Prosopis chilensis</i> y <i>alba</i>) y extensor comercial.....	11
4. Resultados de las propiedades tecnofuncionales (media \pm DE) de harina de mezquite (<i>Prosopis chilensis</i> y <i>alba</i>) y un emulsificante comercial.....	12
5. Capacidad de gelificación de harina de mezquite (<i>Prosopis chilensis</i> y <i>alba</i>) y un emulsificante comercial.....	14

Figuras	Página
1. Proceso para la elaboración de harina de mezquite <i>Prosopis chilensis</i> y <i>P. alba</i>	3
2. Colores correspondientes a cada una de las harinas obtenidos con ColorMine Org. (a) <i>Prosopis chilensis</i> ; (b) <i>Prosopis alba</i> ; (c) extensor comercial.	9

Anexos	Página
1. Evaluación de la capacidad de retención de agua.	22
2. Evaluación de la capacidad de retención de aceite.....	22
3. Evaluación de la capacidad de gelificación.....	22
4. Evaluación de la capacidad de hinchamiento.....	23
5. Evaluación de la capacidad de emulsificación.....	23
6. Mezcla para la elaboración de salchicha en la realización de una prueba preliminar.	23
7. Diagrama de evaluación de la capacidad de retención de agua.	24
8. Diagrama de evaluación de la capacidad de retención de aceite.....	24
9. Diagrama de evaluación de la capacidad de hinchamiento.	25
10. Diagrama de evaluación de la capacidad de gelificación.....	25
11. Diagrama de evaluación de la capacidad de emulsificación.	26

1. INTRODUCCIÓN

La carne es un producto pecuario que contiene proteínas, aminoácidos, grasas, minerales, vitaminas y pequeñas cantidades de carbohidratos además de, componentes bioactivos que están biodisponibles (FAO 2019). El consumo *per cápita* de carne en países en vías de desarrollo se ha duplicado desde 1980, lo que se debe a que en los últimos años ha existido un enorme crecimiento demográfico, las preferencias alimentarias han cambiado y los ingresos han aumentado; por lo que, para el 2050 la producción de carne mundial se duplicará (FAO 2019). En 2018, México se posicionó en el sexto lugar como consumidor de carne con más de 8.5 millones de toneladas de carne; específicamente, la carne de bovino incrementó 1.7% su consumo, pero mantuvo su consumo *per cápita* de 14.8 kg (CoMeCarne 2018).

Existen una gran variedad de productos que se derivan de la carne (Olmedilla y Jiménez 2014), tal es el caso de los embutidos, en los cuales se utiliza una gran variedad de conservantes, ya que a nivel mundial las pérdidas por deterioro de carne y productos cárnicos representa más del 20% (Saucier 2016). Según la Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, los productos cárnicos curados, emulsionados y cocidos, son elaborados con carne de una o más especies, pueden contener vísceras y otros subproductos comestibles de los animales autorizados, los que además pueden ser sazonados, ahumados o no.

Para elaborar este tipo de productos cárnicos, en general, se usan materias primas no cárnicas que, tienen como función reemplazar una parte de la carne que se utilizaría en el producto (Pérez y andujar 2000), las cuales tienen propiedades funcionales, que ayudan a retener agua, a gelificar y emulsificar grasas (Guemes 2007), por este motivo se le llaman extensores o ingredientes de relleno. Entre estos existen dos tipos: los de origen animal como los derivados lácteos, entre los que se incluye el caseinato de sodio (Elías 1996). Los de origen vegetal, que en su mayoría son derivados de soya, gluten de maíz, quinoa, amaranto, lentejas y guisantes (Pérez y Andujar 2000). De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, el uso de dichos extensores no puede exceder el 1.5%.

En la literatura existen diversos estudios en los que se ha demostrado el efecto de algunos ingredientes obtenidos a partir de cierto tipo de plantas sobre las propiedades tecno-funcionales, tales como: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRAC), y la capacidad de hinchamiento (CH) (Lara *et al.* 2013). La CRA consiste en la capacidad de los alimentos o sus componentes a retener agua, cuando estos son sometidos a ciertas condiciones (Labuza *et al.* 1979). La CRAC es la cantidad de grasa que una muestra puede absorber (Sangronis *et al.* 2004). La CH está directamente relacionada con la capacidad de absorción de agua, y es fundamental para la preparación de alimentos viscosos (García *et al.* 2012); mientras que la capacidad de gelificación representa las propiedades microestructurales y mecánicas, que se inmovilizan en forma de gel (Vegas *et al.* 2017).

En los últimos años el estudio de los compuestos provenientes de las plantas ha aumentado considerablemente, debido a que algunos de estos poseen características semejantes a los ingredientes comerciales. El mezquite (*Prosopis* spp) es un árbol perteneciente a la familia *Fabaceae*, que comprende 44 especies alrededor del mundo, y que se caracteriza por la producción

de vainas con semillas. En México esta planta es un recurso valioso que está distribuido mayormente en zonas áridas con clima cálido, y ha sido utilizada por que se le atribuyen numerosos usos; la madera de esta especie es útil para elaboración de carbón, leña y muebles, y los frutos secos son utilizados para elaborar harinas, atoles y panes (García *et al.* 2012).

En el CIAD, se han utilizado las vainas para el desarrollo de productos cárnicos de bovino y cerdo picados (hamburguesas y salchichas). Aispuro (2014) y Velásquez (2018), demostraron en sus estudios la capacidad antioxidante y antimicrobiana de la harina de vaina de mezquite como ingrediente. Mientras que, estudios realizados por Ramírez y colaboradores en 2019 demostraron que los extractos de hoja de esta planta poseen propiedades similares.

Al mezquite ya se le han realizado varias evaluaciones, por lo que para expandir el banco de información que se tiene de él, en esta investigación se evaluó la composición química y las propiedades físicas y tecno-funcionales de la harina elaborada a partir de vainas de *Prosopis (chilensis y alba)* para su posible uso en productos cárnicos como ingrediente extensor y se comparó con un extensor comercial. En este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- Expandir el banco de información de la harina a partir de vaina de mezquite de dos variedades, *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba*.
- Evaluar la composición química proximal y propiedades físicas (color y pH) de las harinas elaboradas a partir de vainas de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba* y un extensor comercial.
- Evaluar las propiedades tecnofuncionales (CRA, CRAC, CH, CE, CG) de las harinas elaboradas a partir de vainas de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba* y un extensor comercial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

La elaboración de harinas de vainas de mezquite (*Prosopis* spp), los análisis fisicoquímicos, así como la evaluación de las propiedades tecno-funcionales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Investigación en Carne y Productos Cárnicos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), ubicado en Hermosillo, Sonora, México.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres tratamientos los cuales fueron las dos variedades de mezquite (*Prosopis chilensis* y *P. alba*) y un control (extensor comercial). En el estudio se realizaron dos repeticiones por triplicado para un total de seis unidades experimentales y un total de 12 unidades observacionales. Los resultados de los análisis de composición química, propiedades físicas y tecno-funcionales se analizaron utilizando el software Sistema de Análisis Estadístico (SAS® 9.6). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), una comparación de medias usando una prueba Tukey, y un Alpha de $P < 0.05$ para determinar si existieron diferencias significativas entre las harinas y el control.

Elaboración de la harina de vainas de mezquite (*Prosopis* spp)

La harina fue obtenida a partir de dos variedades de mezquite; las cuales fueron identificadas como *Prosopis chilensis* y *P. alba*, de acuerdo con los registros del herbario de la Universidad de Sonora, con los números de ejemplar 26119 y 26121 para *P. chilensis* y *P. alba*, respectivamente. El proceso que se siguió fue el mismo realizado por Aispuro (2014) (Figura 1), el cual consistió en realizar el lavado y posterior secado de las vainas en horno de secado (modelo DX402C, Yamato, Japón) a 50 °C por 12 h. Una vez secas, se tostaron en una mufla (modelo FE-361 marca Felisa, México) a 100 °C por 15 min; posteriormente, se cortaron en trozos para facilitar la pulverización en un molino (modelo 200, marca Pulvex, México), y una vez molidos se colocaron en bolsas y se envasaron al vacío hasta su evaluación.

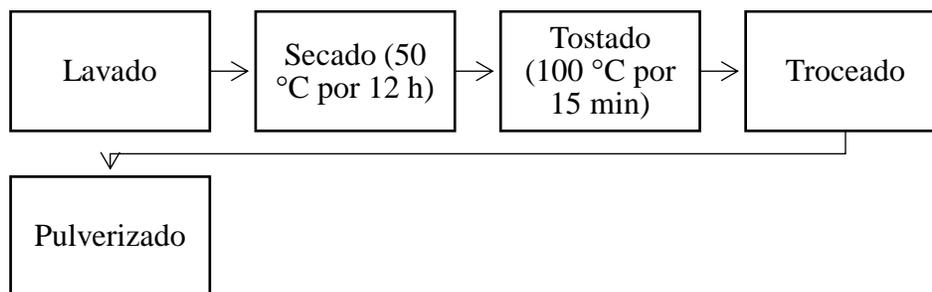


Figura 1. Proceso para la elaboración de harina de mezquite *Prosopis chilensis* y *P. alba* Aispuro (2014).

Evaluación de color

La evaluación de color de las harinas se realizó con el espectrofotómetro modelo CM-508d (Konica Minolta, Japón). Las muestras fueron colocadas en placas Petri desechables, y para cada muestra se realizaron mediciones en diferentes sitios de la superficie hasta obtener al menos seis valores por muestra. La evaluación consideró los parámetros L^* , a^* , b^* , croma o saturación y tono o matiz (hue).

Evaluación de pH

El pH es una escala numérica utilizada para establecer el grado de acidez de una muestra, si los valores son menores a 7, o el grado de alcalinidad si estos son mayores (Vázquez *et al.* 2016). En este caso la evaluación del pH se realizó según la descripción de Torrescano *et al.* (2003), utilizando un potenciómetro (Hannah Instruments modelo 211, EUA), para lo cual se pesaron 5 g de muestra y se agregaron 45 mL de agua destilada, la muestra fue homogenizada por 30 segundos a 6000 rpm utilizando un homogeneizador (Ultraturrax modelo T25 marca IKA, Alemania). Esta determinación se realizó por triplicado.

Composición química proximal de harinas

El análisis de la composición química proximal de las harinas de *Prosopis chilensis* y *P. alba*, además del producto comercial, se realizó considerando la evaluación de los contenidos, en porcentaje, de humedad, proteína, grasa y ceniza. Adicionalmente, se calculó por diferencia del total, el porcentaje de carbohidratos totales.

Humedad. El análisis se realizó por duplicado mediante el método 934.01 (AOAC 2000). La humedad se obtuvo por secado en horno (modelo DX402C, Yamato, Japón) a 100-105 °C por 12 horas. Las cápsulas de porcelana perfectamente limpias fueron colocadas en la estufa a 100 °C por 1 hora, posteriormente se colocaron en un desecador por 30 min para permitir su enfriamiento, luego estas fueron pesadas (se anotó el peso), se taró la balanza y se pesaron alrededor de 2 g de cada muestra (se anotó el peso), procurando hacer una distribución uniforme de las muestras, y se colocaron en la estufa a 100 °C por 12 h. Transcurrido el tiempo, las cápsulas se sacaron de la estufa y se colocaron en el desecador por 30 min. La cápsula se pesó (se anotó el peso) y se calculó la humedad por pérdida de peso mediante la Ecuación 1. La muestra seca se utilizó en el análisis de grasa.

$$\% H = \frac{((\text{Peso cápsula} + \text{Peso muestra}) - \text{Peso seco})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad [1]$$

Proteína. Esta evaluación constó de cuatro etapas: valoración de HCl, digestión, destilación y valoración de la muestra. La determinación de proteína se realizó por la técnica micro-Kjeldahl de acuerdo con el método 2001.11 (AOAC 2000), utilizando un digestor (modelo MKG-600, CRAFT, Lituania) y un destilador (modelo MKO-100, CRAFT, Lituania).

Valoración de la solución de HCl. En un papel encerado se pesaron 0.01 g de NaCO₃ (Carbonato de sodio) seco a temperatura ambiente y se vertió en un matraz Erlenmeyer de 50 mL, se agregaron 20 mL de agua destilada; se agitó para disolver el carbonato y se añadieron dos gotas del indicador. Se introdujo un magneto en el Erlenmeyer y se colocó sobre una placa de agitación debajo de una

bureta que fue llenada previamente con el HCl a valorar, el cual fue vertido por goteo hasta que la solución de NaCO₃ cambió de color, se registró el volumen gastado y se calculó la Normalidad real de la solución de HCL con la Ecuación 2.

$$\text{HCL} = \frac{((\text{Peso NaCO}_3))}{(\text{Volumen gastado de HCL})(0.053)} \quad [2]$$

Digestión de la muestra. En un papel encerado se pesaron 0.2 g de la muestra (se anotó el peso) y de 1.5 a 2.0 g de la mezcla catalizadora, ambos se vertieron dentro de un matraz micro-Kjeldahl de 100 mL. Se le añadieron 3 mL de H₂SO₄ concentrado y se colocaron en el digestor micro-Kjeldahl, bajo campana de perclórico, a temperatura media hasta que la muestra estuvo digerida por completo (con una apariencia completamente clara), se dejó enfriar y posteriormente se llevó a cabo la destilación.

Destilación de la muestra. Se agregaron 10 mL de agua destilada al matraz micro-Kjeldahl para disolver la muestra. El contenido del matraz se vertió completamente en el receptor de muestras del destilador micro-Kjeldahl hasta que la muestra fue transferida por completo al contenedor. En la salida del equipo se colocó un matraz Erlenmeyer de 50 mL con un contenido de 25 mL de ácido bórico al 4% más dos gotas de indicador rojo de metilo modificado. Se agregaron 20 mL de NaOH 40% en el receptor del destilador micro-Kjeldahl y se dejó caer poco a poco en el contenedor, hasta que se formó una mezcla uniforme color café. Se cerraron las llaves, se encendió el equipo y se colocó una pinza para cerrar el sistema. A partir del cambio de color de la solución de ácido bórico, se tomó un tiempo de 5 min. Para cambiar de muestra, se retiró el matraz Erlenmeyer con mucho cuidado, y se abrió la llave del desecho. El equipo se enjuagó con 25 mL de agua destilada dos veces, y así el equipo quedó listo para utilizarse con la siguiente muestra.

Valoración de la muestra. Para llevar a cabo la valoración de la muestra obtenida en la destilación se introdujo un magneto en el Erlenmeyer con el destilado que se recuperó, y el matraz se colocó sobre una placa de agitación debajo de la bureta que previamente fue llenada con el HCl (0.1N). El HCl fue vertido por goteo hasta que la solución cambió de color. Se registró el volumen gastado y se calculó el porcentaje de proteína con la Ecuación 3.

$$\% P = \frac{((0.01401)(\text{Normalidad del HCl})(\text{Volumen gastado de HCl})(\text{Factor proteico}))}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad [3]$$

Grasa. Para determinar el contenido de grasa cruda se usó el método Goldfish de acuerdo con el método 991.36 (AOAC 2000), se tararon (peso constante) los vasos de extracción de grasa Goldfish en la estufa a 100 °C por 1 h. Los vasos tarados se colocaron en un desecador por 30 min. Una vez fríos se pesaron y se anotó el resultado. Cada muestra obtenida a partir de la determinación de humedad se transfirió a un mortero y se trituró con cuidado tratando de no perder muestra. Una vez que la muestra fue triturada, se traspasó a un papel filtro Whatman # 4 y se colocó en un dedal de celulosa previamente identificado. Se realizaron tres lavados a la cápsula de porcelana con éter y se vertió dentro del dedal. Este se insertó en una pinza de resorte que lo sostuvo en el condensador y lo alineó para lograr un mejor flujo del condensado. En cada uno de los vasos de extracción se agregaron 40 mL de éter, se engranó en el condensador con un anillo de cierre y empaque. Se aplicó el calor deslizando la placa del calentador hacia arriba para alcanzar el vaso de precipitado. El

tiempo de extracción desde que empieza a gotear el dedal fue 5 h. Cuando la extracción se completó, el dedal con la muestra se retiró y se reemplazó con un tubo de recuperación. Cuando sólo quedaban trazas del solvente, el vaso de Goldfish se colocó en una estufa a 100 °C por una hora, se pasó al desecador por 30 min y una vez que se enfriaron se pesaron (se anotó el peso del vaso + grasa). El cálculo se realizó por diferencia de peso obteniendo el porcentaje de grasa en la muestra.

Cenizas. Este análisis se realizó mediante la calcinación de las muestras en una mufla a 550 °C (modelo FE-361 marca Felisa, México) siguiendo el método 942.05 (AOAC 2000). Los crisoles de porcelana se tararon colocándolas en la mufla a 550 °C por 1 h, se apagó la mufla y se sacaron los crisoles tarados cuando la temperatura bajó a menos de la mitad, y se colocaron en el desecador por 30 min. Los crisoles colocados en el desecador se pesaron (se anotó el peso del crisol), y se pesaron 1.5 g de muestra (se anotó peso de la muestra), la cual fue distribuida uniformemente. Los crisoles se colocaron en una placa de calentamiento a temperatura media dentro de una campana de extracción para ser sometidos a una preincineración, hasta que el crisol dejó de producir humo excesivo. Realizado lo anterior, la muestra fue incinerada a 550 °C por 12 h, y una vez transcurrido el tiempo, los crisoles se transfirieron al desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente (30 min aproximadamente). El crisol se pesó (para obtener el peso de la ceniza) y se calculó el contenido de ceniza por diferencia de peso, con ayuda de la Ecuación 4.

$$\% C = \frac{(\text{Peso de la ceniza} - \text{Peso del crisol})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad [4]$$

Evaluación de las propiedades tecno-funcionales

Capacidad de retención de agua. El análisis de esta propiedad en la harina se realizó para determinar la capacidad que posee para formar una masa con características viscoelásticas (Vázquez 2016). Esta fue determinada con el método Robertson *et al.* (2000), con ligeras modificaciones, para lo cual se pesaron 1.5 g de muestra en tubos graduados, luego se colocaron 30 mL de agua destilada. Para realizar una buena homogenización se utilizó el vórtex a 1000 rpm por 2 min, posteriormente los tubos fueron centrifugados a 3000 rpm a 4 °C durante 20 min. Las muestras se mantuvieron en reposo durante 24 h a temperatura ambiente, posteriormente se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo con el precipitado sobrante. La capacidad de retención de agua se calculó utilizando la Ecuación 5.

$$\text{CRA} = \frac{(\text{Masa del tubo con precipitado} - \text{Masa del tubo} - \text{Masa de la muestra})}{\text{Masa de la muestra}} \quad [5]$$

Capacidad de retención de aceite. En la elaboración de alimentos, esta propiedad es determinante, ya que el aceite juega un papel importante en el enranciamiento; en el caso de productos cárnicos es relevante porque ayuda a mejorar la palatabilidad y la conservación de aromas (Aguilera 2009). En esta investigación para la determinación de la CRAC se utilizó el método propuesto por Robertson *et al.* (2000) con algunas modificaciones. Para llevar a cabo la determinación se pesaron 1.5 g de muestra y en un tubo graduado, al cual fueron agregados 15 g de aceite de maíz. Para

homogenizar las muestras se utilizó el vórtex a 1000 rpm por 2 min, y posteriormente éstas fueron centrifugadas a 3000 rpm por 20 min a 4 °C. Las muestras se mantuvieron en reposo durante 24 horas, a temperatura ambiente; transcurrido el tiempo se eliminó el sobrenadante y se pesó el tubo. La capacidad de retención de aceite se calculó utilizando la Ecuación 6.

$$\text{CRAC} = \frac{(\text{Masa del tubo con precipitado} - \text{Masa del tubo} - \text{Masa de la muestra})}{\text{Masa de la muestra}} \quad [6]$$

Capacidad de hinchamiento. Esta propiedad se relaciona directamente con la capacidad de absorción de agua, y es fundamental para la preparación de alimentos viscosos como son sopas, salsas y masas (Praderes *et al.* 2009). Para determinarla se utilizó el método de Salas *et al.* (2008), para lo cual se pesaron 0.5 g de muestra en un tubo graduado y se midió el volumen inicial. Enseguida se adicionaron 5 mL de agua destilada a cada tubo y se agitaron en el vórtex durante 1 min; se dejaron reposar por 24 horas, y posteriormente se midió el volumen ocupado por las muestras.

Capacidad de emulsificación. Una emulsión es la dispersión o suspensión de dos líquidos inmiscibles, y para que esto ocurra intervienen las fuerzas de atracción y repulsión, estéricas y de agotamiento (Vegas *et al.* 2017). Esta propiedad se evaluó mediante el método propuesto por Pedroche *et al.* (2004) con ligeras modificaciones. Para llevar a cabo esta evaluación, se pesó 1 g de muestra en un tubo, al cual se añadieron 50 mL de agua destilada; el contenido se homogenizó en un vórtex a 8000 rpm, por 2 minutos para luego agregarse 50 mL de aceite de maíz y volver a homogenizar a 8000 rpm. De cada tubo fueron extraídos 30 mL de la mezcla, los cuales se transfirieron a tubos de ensayo, se centrifugaron por 5 min a 1500 rpm y por último fue medido el volumen de la emulsión por diferencia de pesos.

Capacidad de gelificación. La gelificación es el proceso en el que los gránulos de almidón al ser sometidos a cierta temperatura forman una estructura conocida como gel (Kawaljit y Narpinder 2007). Esta propiedad se evaluó utilizando la metodología de Coffman y García en 1977 con algunas modificaciones. Para llevar a cabo esta evaluación se prepararon varias suspensiones de muestra (4, 8, 12, 16, 20% p/v) en agua destilada, para lo cual se pesaron por duplicado las muestras en el siguiente orden 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 g, las cuales fueron colocadas en tubos de ensayo junto con 5 mL de agua destilada en cada tubo. Posteriormente, las muestras se homogenizaron en vórtex a 1000 rpm por 1 min, luego fueron introducidas a un baño María a 100 °C por 1 hora y llevadas a un baño de hielo por 1 hora para provocar un choque térmico, para observar la capacidad de gelatinización los tubos fueron invertidos y si existió formación de geles sin contenido acuoso se consideró positivo el resultado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de color

El color es el factor que más afecta la apariencia de la carne y de los productos cárnicos durante su almacenamiento y el que más influye en la preferencia de los consumidores, por lo que en la industria se utilizan diferentes colorantes (Pérez y Andujar 2000).

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de color de las harinas elaboradas a partir de *P. chilensis*, *P. alba* y un extensor comercial utilizado en la industria cárnica, en el cual se observa que el parámetro correspondiente a la luminosidad (valor L*), presenta valores considerados altos (82.82 a 89.58), por tratarse de harinas de color claro y con tendencia a blanco, al igual que el extensor comercial, que presenta el valor mayor ($P < 0.05$), mientras que la harina de *P. chilensis* el menor ($P < 0.05$). Estos resultados no concuerdan con los obtenidos en el estudio realizado por Escobar *et al.* (2009), quienes reportaron un valor de 76.5, indicando menor grado de luminosidad, siendo inferior a los obtenidos en esta investigación, lo cual puede deberse a que en el estudio de estos investigadores sólo se utilizó la harina del cotiledón de *P. chilensis*.

Cuadro 1. Resultados de análisis de color (media \pm DE) de harinas de mezquite (*Prosopis chilensis* y *P. alba*) y un extensor comercial.

Parámetro	<i>P. chilensis</i> Media \pm D.E	<i>P. alba</i> Media \pm D.E	Comercial Media \pm D.E	C.V. (%)
L*	82.82 \pm 0.57 ^c	85.49 \pm 0.77 ^b	89.58 \pm 0.11 ^a	0.66
a*	2.86 \pm 0.12 ^a	1.77 \pm 0.21 ^b	1.25 \pm 0.06 ^c	7.93
b*	24.27 \pm 0.83 ^a	19.92 \pm 0.64 ^b	10.20 \pm 0.20 ^c	3.71
C	24.44 \pm 0.83 ^a	20.00 \pm 0.65 ^b	10.23 \pm 0.23 ^c	3.78
h	83.29 \pm 0.21 ^a	84.94 \pm 0.45 ^b	83.28 \pm 0.17 ^b	0.38

DE: Desviación Estándar. L*, coordenadas negro/blanco, a*, coordenadas rojo/verde, b*, coordenadas amarillo/azul, C, croma, h, matiz. C.V.: Coeficiente de Variación
^{a, b, c}: letras diferentes en filas representan diferencia significativa ($P < 0.05$).

Los resultados correspondientes a la contribución del color rojo (+) a verde (-) (valor a*), también se incluyen en el Cuadro 1, donde se observa que todos los tratamientos son diferentes ($P < 0.05$), teniendo como valor máximo 2.86 correspondiente a la harina de *P. chilensis* y un mínimo para el extensor comercial (1.25). En relación con nuestros resultados, los de Escobar *et al.* (2009) no concuerdan, ya que estos autores encontraron valores negativos (-2.10) en su investigación, lo que indica una tendencia hacia el color verde, muy probablemente debido a que usaron vainas de *Prosopis* verdes (sin madurar) y en este estudio se utilizaron vainas maduras.

Para el caso del amarillo (valor b*) los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre los tres tratamientos. La harina de *P. chilensis* tubo la mayor contribución, mostrando un valor de 24.27, indicando una tendencia hacia coloración amarilla; mientras que el extensor comercial presentó el valor menor (10.20). Estos resultados no concuerdan con el estudio de Escobar *et al.* (2009), ya que estos autores reportaron un valor mayor (29.1) debido a que, como se

mencionó anteriormente, en dicho estudio solo se utilizó harina del cotiledón, y las vainas utilizadas no estaban maduras al momento de elaborar la harina.

El croma (C^*) es la manera por la cual se determina si un color es fuerte o débil; es decir, el grado de saturación de este (Munsell 2019). Los resultados muestran que todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) entre los resultados de croma encontrados en las harinas de *P. chilensis* y *alba* y el extensor comercial. Para esta variable, el valor mayor fue 24.44 que correspondió a la harina de *P. chilensis*; mientras que el menor fue de 10.23, para el extensor comercial, indicando una tonalidad mucho menos tendiente al color amarillo; resultados que pueden deberse a que las vainas de las especies de *Prosopis* utilizadas en este estudio, estaban maduras y eran de color amarillo. Estos resultados no concuerdan con los valores obtenidos por Montoya *et al.* (2012) de 9.79, en cuyo estudio se evaluó el índice de blancura de una harina de trigo comercial que se utiliza como extensor.

El matiz o tono (h) es el parámetro que comúnmente se conoce como color (rojo, azul, amarillo) (Dael *et al.* 2016). De acuerdo con los resultados para esta variable se observa que no existe diferencia estadística ($P > 0.05$) entre *P. chilensis* y el extensor comercial; sin embargo, ambos son diferentes ($P < 0.05$) a *P. alba*, siendo este último el que presentó el valor más alto (84.94). Lo anterior puede deberse a que todos presentan tonalidades beige claro, o tendientes hacia blanco, valores similares a lo encontrado por Montoya *et al.* (2012) de 86.74. Dichas tonalidades en el caso de las harinas de vainas pueden deberse a la reacción de Maillard ocurrida en el tostado de las vainas. Kim *et al.* (2008), mencionan que dicha reacción de pardeamiento no enzimático se favorece a temperaturas más altas, siendo además más evidente si en el proceso de elaboración de harina se utilizaron temperaturas de 100 °C.

Para establecer el color verdadero se utilizó la página ColorMine.org; para lo cual se utilizaron los valores obtenidos de los parámetros de color ($L^* a^* b^*$) para cada una de las harinas y el extensor comercial, obteniéndose la gama de colores que se muestran en la Figura 2.

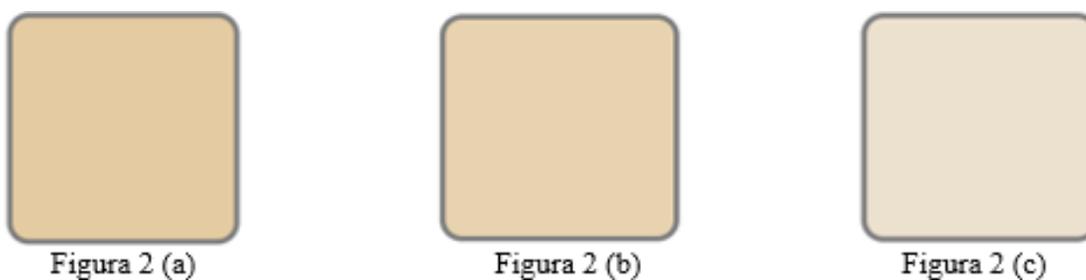


Figura 2. Colores correspondientes a cada una de las harinas obtenidos con Color-Mine Org. (a) *Prosopis chilensis*; (b) *Prosopis alba*; (c) extensor comercial.

Evaluación del pH

En el presente estudio los resultados de la evaluación del pH se presentan en el Cuadro 2, donde se observa que el pH de la harina de *P. alba* fue el mayor ($P < 0.05$), con un valor de 5.10, mientras que el menor fue para el extensor comercial, con 4.93; esto puede deberse a que el extensor comercial es una mezcla de varios productos. En un estudio realizado por Margalef *et al.* (2012) se

caracterizó harina de *Prosopis nigra* y se obtuvo un pH de 5.8, valor mucho más alto al obtenido en las harinas de *P. chilensis* y *alba* en este estudio. El pH al usar las harinas como extensor en productos cárnicos, influye determinantemente debido a que el punto isoeléctrico de las proteínas de la carne se encuentra entre pH de 5.1 y 5.3, y el pH de la carne va de 5.5 a 5.7 (López *et al.* 1991). Si al combinar el extensor, y los demás ingredientes, incluida la carne, se llega al punto isoeléctrico va a existir una pérdida de agua y como resultado se va a obtener un producto cárnico con características no deseadas, en este caso los valores de pH encontrados no afectarían a los productos emulsionados ya que, aunque son ácidos en una emulsión cárnica, se usan proporciones adecuadas de los componentes para crear un equilibrio (Morón 2020).

Cuadro 2. Resultados de pH (media \pm DE) de harina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *alba*) y extensor comercial.

Harina	pH
	Media \pm D.E
<i>P. chilensis</i>	5.07 \pm 0.00 ^b
<i>P. alba</i>	5.10 \pm 0.01 ^a
Comercial	4.93 \pm 0.01 ^c
C.V.(%)	0.10

DE: Desviación Estándar. C.V: Coeficiente de Variación.

^{a, b, c} : letras diferentes representan diferencia significativa ($P < 0.05$).

Composición química proximal de harinas

Los resultados del análisis de composición química proximal de las harinas de mezquite *Prosopis chilensis* y *alba* y un extensor comercial se muestran en el Cuadro 3, en el cual se incluyen los contenidos de humedad, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos. Los valores obtenidos en relación con el contenido de humedad a un nivel de significancia del 5% muestran que las harinas de *P. chilensis* y *alba* son estadísticamente iguales ($P > 0.05$), y por tanto diferentes al extensor comercial. La humedad contenida en la harina de *P. chilensis* fue de 3.93%, el cual es menor al valor reportado por Escobar *et al.* (2009), quienes encontraron un contenido de humedad de 6.3%. La harina de *P. alba* presentó una humedad de 3.65%, valor menor al reportado por Avellanada y Cubas (2018), ya que encontraron un contenido de 7.9%. El contenido de humedad encontrado en el presente estudio fue inferior a los obtenidos en dichas investigaciones, resultados que pueden atribuirse a las diferencias en el proceso de secado durante la elaboración de la harina. La humedad del extensor comercial fue de 11.74%; valor mucho mayor ($P < 0.05$) en comparación con las harinas de *Prosopis chilensis* y *alba*. Los resultados del extensor comercial pudieron ser mayores debido al tiempo que este llevaba almacenado, ya que las harinas tuvieron un menor tiempo de almacenamiento. Cabe recalcar que cuando se lleva a cabo la formulación de un producto cárnico, esta se realiza considerando los porcentajes de cada ingrediente (Morón 2020), por lo que la humedad de la harina no sería un problema en las proporciones adecuadas.

Cuadro 3. Resultados de composición química proximal (media \pm DE) de harina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *alba*) y extensor comercial.

Harina	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (%)
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
<i>P. chilensis</i>	3.93 \pm 0.16 ^b	9.54 \pm 0.22 ^a	1.63 \pm 0.12 ^a	3.13 \pm 0.31 ^b	81.77 \pm 0.22 ^a
<i>P. alba</i>	3.65 \pm 0.18 ^b	8.79 \pm 0.14 ^b	1.75 \pm 0.14 ^a	3.57 \pm 0.16 ^a	82.24 \pm 0.36 ^a
Comercial	11.74 \pm 0.42 ^a	8.93 \pm 0.02 ^b	0.59 \pm 0.03 ^b	2.74 \pm 0,02 ^c	75.99 \pm 0.45 ^b
C.V. (%)	3.93	5.18	7.22	1.41	0.43

DE: Desviación Estándar C.V: Coeficiente de Variación.

^{a, b, c}: letras diferentes en columnas representan diferencia significativa ($P < 0.05$).

Los resultados obtenidos del análisis de proteína muestran que *P. chilensis* presentó el contenido de proteína más alto ($P < 0.05$) de los tres tratamientos, pero entre la harina de *P. alba* y el extensor comercial no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$). La cantidad de proteína de la harina de *P. chilensis* fue de 9.54%, inferior al resultado obtenido por Escobar *et al.* (2009) de 63.6%, lo cual es debido a que se trata de harina obtenida a partir del cotiledón, y el contenido de proteína de esta parte de la semilla normalmente es alto. En la harina de *P. alba* el contenido de proteína fue de 8.79%, mayor al reportado por Sciammaro (2015), que fue de 7.2%. Mientras que en el extensor comercial se encontró 8.93% de proteína, lo que representa un valor intermedio entre las harinas de *P. chilensis* y *P. alba*. Además, cabe destacar que el contenido proteico constituye un parámetro relevante para determinar la posibilidad de uso de una harina como aditivo gelificante, emulsionante y espumante, porque con este tipo de ingrediente se busca reemplazar parte de la proteína de la carne (Mizubuti *et al.* 2000).

En relación con los resultados del contenido de grasa, las harinas de *P. chilensis* y *alba* no presentaron diferencias ($P > 0.05$) entre sí; sin embargo, ambas harinas son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) al extensor comercial. En la harina de *P. alba*, la grasa fue de 1.75%, valor muy similar al reportado por Avellanada y Cubas (2018) que fue de 1.8%. Mientras que la cantidad de grasa de la harina de *P. chilensis* fue de 1.63%, mucho menor al reportado por Escobar *et al.* (2009), que fue de 10.2%. y esto puede deberse a que solo se utilizó el cotiledón para la elaboración de la harina. En comparación con las harinas a partir de *P. chilensis* y *alba*, el extensor comercial presentó el contenido más bajo ($P < 0.05$) (0.59%). El contenido de grasa influye si existe un exceso de este, ya que altos contenidos de grasa pueden causar rancidez (Aguilera 2009) y esta puede afectar al producto emulsionado.

Los resultados correspondientes al contenido de ceniza indican que todos los tratamientos son diferentes ($P < 0.05$). La harina de *P. alba* presentó un contenido de 3.57%; valor similar al obtenido por Sciammaro (2015), quien reportó 3.1%. La harina de *P. chilensis* 3.13%, contenido menor al encontrado por Escobar *et al.* (2009), que fue de 4.3%. El extensor comercial presentó los valores más bajos en comparación con las harinas elaboradas en este estudio. Según Boeri *et al.* (2017) las harinas con mayor cantidad de minerales poseen mayor cantidad de ceniza, por lo que en este caso se puede evidenciar un mayor aporte de minerales en las harinas de *P. chilensis* y *alba* en comparación con el extensor comercial.

Los resultados obtenidos respecto al contenido de carbohidratos de las harinas de *P. chilensis* y *alba* no presentaron diferencias ($P > 0.05$) entre sí; sin embargo, ambas harinas son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) al extensor comercial. En la harina de *P. alba* el contenido de carbohidratos fue de 81.77% y en *Prosopis chilensis* de 82.24%, ambos inferiores a los encontrados por Boeri *et al.* (2017) quienes evaluaron *Prosopis alpataco* encontrando que el contenido de carbohidratos fue de 62%, dichos resultados se pueden atribuir a la variedad de *Prosopis*. Para el extensor comercial se encontraron valores inferiores (75.99%). Tanto *P. chilensis* como *P. alba* presentaron contenidos altos en esta variable, por lo que pueden ser empleadas como extensor cárnico, debido al contenido elevado de sustancias ligantes (almidón) que mejoran la calidad de la emulsión e incrementa el rendimiento del producto (Hleap y Rodríguez 2015).

Evaluación de las propiedades tecno-funcionales

En el Cuadro 4 se presentan los resultados correspondientes a la evaluación de las propiedades tecno-funcionales. Los resultados correspondientes a la CRA muestran que no existe diferencia estadística ($P > 0.05$) entre las harinas de *P. chilensis* y *alba*, pero si entre ambas harinas y el extensor comercial ($P < 0.05$). Delgado y Albarracín (2012) analizaron el uso de harina de *Chenopodium quinoa* como potencial extensor cárnico, en el cual se obtuvo una CRA de 5.01%, valor inferior al obtenido para las harinas de *P. chilensis* (58.27%) y *alba* (55.46%) evaluadas en el presente estudio. Torres *et al.* (2016) estudiaron el uso de la harina de lenteja como extensor cárnico específicamente en salchichas y previamente Rani y Grewal (2014) realizaron un análisis de las propiedades físicas y funcionales de la harina de lenteja (*Lente culinaria medik*); en específico la CRA osciló entre 1.17 y 1.28%, valores mucho menores a los encontrados en este estudio. Los resultados obtenidos están íntimamente relacionados con el contenido de carbohidratos, en harinas el carbohidrato que más capta agua es el almidón, y lo que se busca en un extensor es reemplazar carne por agua y así aumentar los rendimientos. Por lo antes mencionado, las harinas elaboradas a partir de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba* son una buena opción para retener el agua de los productos cárnicos.

Cuadro 4. Resultados de las propiedades tecno-funcionales (media \pm DE) de harina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *alba*) y un emulsificante comercial.

Harina	CRA (%)	CRAC (%)	CH (%)	CE (%)
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
<i>P. chilensis</i>	58.27 \pm 2.63 ^a	45.22 \pm 1.73 ^a	2.52 \pm 0.09 ^a	68.98 \pm 2.10 ^b
<i>P. alba</i>	55.46 \pm 1.20 ^a	40.57 \pm 3.65 ^b	2.47 \pm 0.17 ^a	74.70 \pm 2.72 ^a
Comercial	11.20 \pm 0.27 ^b	12.32 \pm 0.72 ^c	2.40 \pm 0.09 ^a	69.64 \pm 1.03 ^b
CV (%)	3.54	6.58	4.54	2.67

CRA: Capacidad de retención de agua, CRAC: Capacidad de retención de aceite, CH: Capacidad de hinchamiento, CE: Capacidad de Emulsificación.

^{a, b, c}: letras diferentes en columnas representan diferencia significativa ($P < 0.05$).

DE: Desviación Estándar. C.V: Coeficiente de Variación.

Los resultados obtenidos con relación a la capacidad de retención de aceite (CRAC) muestran que todos los tratamientos fueron diferentes ($P < 0.05$), evidenciando que la CRAC de las harinas de

P. chilensis y *alba* fue mucho mayor que para el extensor comercial. La harina de *P. chilensis* presentó la mayor CRAC (45.22%), la harina de *P. alba* obtuvo un 40.57%, mientras que el extensor comercial presentó el valor más bajo, con 12.36%. Los resultados no concuerdan con los encontrados en el estudio realizado por Sánchez *et al.* (2017), quienes evaluaron las propiedades tecno-funcionales de la harina de semillas de vaina de Inga paterno, encontrándose una CRAC de 0.72%. Los resultados obtenidos en esta evaluación son relevantes porque de la CRAC de las harinas dependen la conservación de sabor y la sensación en la boca (Islam *et al.* 2012). Además, indican que las harinas elaboradas a partir de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba* son una buena opción para retener aceite en productos cárnicos.

De acuerdo con los resultados de la variable correspondiente a la capacidad de hinchamiento (CH) se observa que los tres tratamientos evaluados no mostraron diferencias ($P > 0.05$), por lo que, las harinas a base de *Prosopis* (*chilensis* y *alba*) y el extensor comercial presentaron un comportamiento similar. Rani y Grewal (2014) al estudiar las características tecno-funcionales de la harina de lenteja encontraron que los valores de la CH van de 2 a 2.8%, valores muy similares y dentro del rango obtenido para las harinas a base de *Prosopis chilensis* y *alba* y el extensor comercial, evaluados en el presente estudio. Cabe recalcar que estos resultados están íntimamente relacionados con la capacidad de retención de agua (Praderes *et al.* 2009) por lo que la cantidad de carbohidratos en las harinas es el factor más influyente. Específicamente en la industria cárnica la CH es importante ya que se puede utilizar agua añadida para aumentar volumen en los productos (Ruiz *et al.* 2017), en este caso las harinas de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba* presentan características de hinchamiento muy buenas para ser usadas en productos cárnicos emulsionados.

En cuanto a la capacidad de emulsificación (CE), se observa que la harina de *P. chilensis* y el extensor comercial son estadísticamente iguales ($P > 0.05$), y que ambos muestran diferencia estadística ($P < 0.05$) con la harina de *P. alba*. Considerando estos resultados, es posible afirmar que la CE que presentan todos los tratamientos, *P. chilensis* (68.98%), extensor comercial 69.64% y *P. alba* de 74.70, es mucho mayor a la reportada por Delgado y Albarracín (2012), cuyos resultados mostraron un 52.86% en su actividad emulsificante. En un producto cárnico emulsionado lo más importante es la correcta formación de la emulsión cárnica o pasta fina, que consiste en una mezcla finamente dividida de carne, grasa, agua, sales, condimentos y frecuentemente carbohidratos e ingredientes de diversos tipos (Morón 2020). En este estudio, la propiedad emulsificante que poseen las harinas de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba* es excelente, por lo que se esperaría que en la elaboración de productos cárnicos emulsionados se tengan buenos resultados.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de la capacidad de gelificación (CG), donde cabe recalcar que para la evaluación de esta propiedad solo se realizó un volteado de tubos y se analizaron los mismos mediante observación, considerando presencia o ausencia de formación de geles, por lo cual, no se realizó un análisis estadístico. La concentración mínima de gelificación varía entre las harinas y el extensor comercial, siendo este último el que presentó CG en todas las concentraciones y las harinas de *P. chilensis* y *alba* presentaron formación de geles a partir del uso de 8%. Los resultados obtenidos se pueden asociar a las variaciones que existen en cuanto al contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos que componen la harina y la interacción entre sí de estos componentes, lo cual puede jugar un papel significativo en las propiedades funcionales y afectar la gelificación (Sathe *et al.* 1982). Específicamente, en ingredientes extensores la cantidad de almidón es importante ya que estos son los que a altas temperaturas forman geles (Kawaljit y Narpinder

2007), y en el caso de *Prosopis (chilensis y alba)* dado que la cantidad de carbohidratos es alta se infiere que la cantidad de almidón también lo es (Hleap y Rodríguez 2015), en este caso el contenido de almidón en las harinas de *Prosopis chilensis* y *Prosopis alba* es alto, por lo que se infiere que bajo las condiciones adecuadas se logrará la formación de geles en productos cárnicos tipo emulsión.

Cuadro 5. Capacidad de gelificación de harina de mezquite (*Prosopis chilensis* y *alba*) y un emulsificante comercial.

Harina	Concentración (%)				
	4	8	12	16	20
<i>Prosopis chilensis</i>		+	+	+	+
<i>Prosopis alba</i>		+	+	+	+
Extensor comercial	+	+	+	+	+

(+) Concentración a la cual se observa la formación de gel.

4. CONCLUSIONES

- El banco de información existente de las harinas a partir de vaina de mezquite de dos variedades *Prosopis (chilensis y alba)* del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., CIAD fue enriquecido con los datos obtenidos a partir de los análisis realizados de composición química, propiedades físicas y tecno-funcionales.
- En relación con las propiedades físicas, el color de las harinas de vaina de *Prosopis (chilensis y alba)* y el extensor comercial de fécula papa y carrageninas reflejan tonalidades beige claro, con tendencia a blanco. En cuanto a pH, las harinas de *Prosopis chilensis y alba*, así como del extensor comercial presentan un pH ácido, pero este no afectaría el punto isoeléctrico de la proteína cárnica.
- La composición química proximal mostró que el contenido de humedad de las harinas de vaina de *Prosopis chilensis y alba*, fue menor que para el extensor comercial, además, que ambas harinas poseen un bajo contenido de grasa, son buena fuente proteica y tienen una cantidad abundante de carbohidratos, por lo químicamente no existe ningún parámetro que influya en su uso como extensor.
- Las propiedades tecno-funcionales de las harinas de vaina de *Prosopis (chilensis y alba)* presentaron porcentajes más altos que el extensor comercial en CRA, CRAC y CH. Además, las harinas de vaina de mezquite y el extensor comercial mostraron buena CE, destacando *Prosopis alba*. Asimismo, aunque en la CG se formaron geles a una mayor concentración que el extensor comercial.
- De acuerdo con todos los parámetros evaluados, las harinas elaboradas en este estudio poseen buenas características, por lo que, pueden ser consideradas para su uso como un potencial extensor.

5. RECOMENDACIONES

- Elaborar una salchicha tipo Frankfurt y realizar la evaluación de la composición química, características físicas y tecno-funcionales con las harinas de *Prosopis chilensis* y *P. alba*, así como con el extensor comercial a diferentes concentraciones, para comprobar la efectividad de cada uno y establecer una relación con los resultados obtenidos en este estudio.
- Realizar un estudio similar con otras variedades de *Prosopis* para tener un banco de información más amplio de esta familia y establecer comparaciones.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilera Y. 2009. Harinas de leguminosas deshidratadas: caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecnofuncionales. Tesis de doctorado. Madrid – España. Universidad Autónoma de Madrid.
- Andújar G, Guerra M, Santos R. 2000. La utilización de extensores cárnicos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. La Habana, Cuba. [consultado el 22 de enero del 2020]. http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/pdf/extensor.pdf
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17 ed. Gaithersburg, M.D. Association of Official Analytical Chemists. [consultado el 26 de enero del 2020].
- Aispuro J. 2014. Determinación del efecto de adición de harina y extracto de vaina de mezquite (*Prosopis velutina*) en un producto potencialmente funcional de carne de cerdo. Tesis de maestría. Moctezuma - México: Universidad de la Sierra. División Ciencias Biológicas.
- Avellanada E, Cubas D. 2018. Formulación de panetón con sustitución de harina de trigo (*Tricum aestivum*) por harina de algarroba (*Prosopis alba*) Tesis de pregrado. Lambayeque, Perú: Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
- Boeri P, Piñuel L, Sharry S, Barrio D. 2017. Caracterización nutricional de la harina integral de algarroba (*Prosopis alpataco*) de la norpatagonia Argentina. Rev. Fac. Agron; [consultado el 20 de sep. de 2020]. 116(1):129–140. <http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/viewFile/873/800>.
- Coffman CW, García VV. 1977. Functional properties and amino acid content of protein isolate from mung bean flour. Rev. Food Technol. 2(12): 473-484. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb00132.x>
- (CoMeCarne) Consejo Mexicano de la Carne. 2018. Compendio estadístico 2018. [consultado el 23 de enero del 2020]. <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2019/04/Compendio-Estadi%CC%81stico-2018-VF.pdf>.
- Dael N, Perseguers M-N, Marchand C, Antonietti J-P, Mohr C. 2016. Put on that colour, it fits your emotion: colour appropriateness as a function of expressed emotion. Rev. Psychol. Hove. [consultado el 25 de agosto del 2020]. 218(1):1-12. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1080/17470218.2015.1090462>
- Delgado N, Albarracín W. 2012. Macroestructura y propiedades funcionales de harinas de quinoa (*Chenopodium quinoa* W) y Chachafruto (*Erythrina edulis*): Potenciales extensores cárnicos. Rev. Vitae. 19(1) 430-432 [consultado el 23 de agosto del 2020]. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914135.pdf>
- Elías G. 1996. Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. Oficina Sanit Panam. Guatemala. [consultado el 22 de septiembre del 2020] 121(2): 179-182. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/15443/v121n2p179.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Escobar B, Estévez A, Fuentes C, Venegas F. (2009). Uso de harina de cotiledón de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) como fuente de proteína y fibra dietética en la elaboración de galletas y hojuelas fritas. Rev. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. [consultado el 23 de agosto del 2020]. 59(2) 191-198. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2009/2/art-12/>
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. Carne y productos cárnicos. [consultado el 29 de marzo del 2020]. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html#:~:text=La%20carne%20es%20el%20producto,como%20peque%C3%B1as%20cantidades%20de%20carbohidratos.>
- García - Andrade M, Gónzales -Laredo R, Rocha- Gúzman N, Gallegos - Infante J, Rosales - Castro M, Medina - Tores L. 2013. Mesquite leaves (*Prosopis laevigata*), a natural resource with antioxidant capacity and cardioprotection potencial. ScienceDirect 44(1): 336-342. [consultado el 19 de abril del 2020]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.030>
- Guemes, N. 2007. Utilización de los derivados de los cereales y leguminosas en la elaboración de productos cárnicos. Rev. Nacameh. [consultado el 16 de agosto del 2020]. 1(2): 110-117. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3987289>.
- Hleap J, Rodríguez G. (2015). Propiedades texturales y sensoriales de salchichas de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con adición de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*). Rev. Científica Ingeniería y Desarrollo. [consultado el 20 de agosto del 2020]. 33(2): 198-215. DOI: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.33.2.6332>.
- Islam M, Taneya M, Shams-Ud-Dim, Syduzzaman M, Hoque. 2012. Physicochemical and Functional Properties of Brown Rice (*Oryza sativa*) and Wheat (*Triticum aestivum*) Flour and Quality of Composite Biscuit Made Thereof. A Scientific Journal of Krishi Foundation The Agriculturists. 10(2): 20-28. DOI: <https://doi.org/10.3329/agric.v10i2.13135>
- Kawaljit S, Narpinder S. 2007. Some Properties of Corn Starches II: physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. Food Chemistry. 101(4), 1499–1507. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.060>
- Kim J-S, Lee Y-S. 2008. Effect on reaction pH on enolization and racemization reactions of glucose and fructose on heating with amino acid enantiomers and formation of melanoidins as result of the Maillard reaction. Food Chem. 108(1) :582-592. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.014>
- Labuza P, Busk G. 1979, An analysis of the water binding in gels. Journal of Food Science, 44: 1379-1385. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb06443.x>
- Lara E, Osorio P, Jiménez A, Bautista S. 2013. Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles. Rev. Archivos Latinonamericanos de Nutrición. [consultado el 9 de marzo del 2020]. 63(3): 197-208. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222013000300002&script=sci_abstract
- López G, Carballo B. 1991. Manual de bioquímica y tecnología de la carne. Editotial. Igarra, S. A. Madrid. 161-171p. ISBN: 9788487440090
- Margalef I, Tóffoli S, Burgos V, Campos A, Valdez G, Jiménez M. 2012. Algarroba negra *Prosopis nigra*: Caracterización físico-química y elaboración de productos dietéticos. Revista de la

- Facultad de Ciencias de la Salud. 1(2): 13-18.
<http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/RCSA/article/view/967/931>
- Mizubuti I, Biondo Júnior O, de Oliveira Souza L, Santos Ferreira da Silva. 2000. Propriedades funcionais da farinha e concentrado protéico de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. [consultado el mayo 5 del 2020]. 50(3): 274-280.
http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-0622200000300010&script=sci_abstract&tlng=en
- Montoya J, Giraldo G, Lucas J. (2012). Determinación del índice de blancura en harina de trigo comercial. Revista Vitae. [consultado el 5 de sep. del 2020]. 19(1): 415-416.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914130>
- Morón M. 2020. Factores de estabilidad en la emulsión cárnica. Universidad Nacional de Río Negro, Argentina. Departamento de Bromatología. Agricultura y ganadería periódico virtual del sector agropecuario. [consultado el oct. 8 del 2020].
<https://www.agriculturayganaderia.com/website/factores-de-estabilidad-en-la-emulsion-carnica/>
- Munsell 2019. A color notation: A measured color system, based on the three qualities Hue, Value and Chroma. Good Press. [consultado el 16 oct. del 2020]. 1(3): 20-23.
<https://es.scribd.com/book/436284344/A-Color-Notation-A-measured-color-system-based-on-the-three-qualities-Hue-Value-and-Chroma>
- NOM-213-SSA1-2002. Especificaciones sanitarias de los productos de la carne, productos cárnicos curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. México. Diario Oficial de la Federación (10). <http://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC069830>
- Olmedilla B, Jiménez F. 2014. Alimentos cárnicos funcionales: desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables. Nutr Hosp. 29(6): 1197-1209. DOI:
<http://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.6.7389>
- Pérez D, Andujar G. 2000. Cambios de coloración de los productos cárnicos/ Changes in meat products color. Rev. Cuba. Aliment. Nutr. [consultado el 13 de oct. 2020]. 14(2): 114-23.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/cum-18933>
- Praderes G, García A, Pacheco E. 2009. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchocho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. Rev. de la Facultad de Agronomía [consultado el 17 de julio del 2020]. 35(2): 79-84.
<http://www.bioline.org.br/pdf?cg12105>
- Pedroche J, Yust, M, Lqari H, GirónCalle J, Alaniz M, Vioque J. 2004. *Brassica carinata* protein isolates: Chemical composition protein characterization and improvement of functional properties by protein hydrolysis. Food Chemistry. 88(1): 337-346. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.045>
- Ramírez Rojo M, Vargas Sánchez R, Hernández Martínez J, Martínez Benavidez E, Sánchez Escalante A, Torrescano Urrutia G, Sánchez Escalante J. 2018. Actividad antioxidante de extractos de hoja de mezquite (*Prosopis velutina*). Biotecnia. 21(1). DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i1.821>

- Ramírez Rojo M, Vargas Sánchez R, Torres B., Torrescano Urrutia G, Lorenzo JM, Sánchez Escalante A. 2019. Inclusion of Ethanol Extract of Mesquite Leaves to Enhance the Oxidative Stability of Pork Patties. *Foods*. 8(12): 631. DOI: 10.3390/foods8120631
- Rani V, Grewal RB. 2014. Physical and functional properties of six varieties of lentil (*Lens culinaris Medik.*). *Asia. Jour. Dairy and Food Rese.* 33(2):126. DOI:10.5958/0976-0563.2014.00588.0.
- Robertson J, Monredon F, Dysseler P, Guillon F, Amado R, Thibault F. (2000). Hydration Properties of Dietary Fibre and Resistant Starch: a European Collaborative Study. *Food Science and Technology*. 33 (2):72–79. DOI: <https://doi.org/10.1006/fstl.1999.0595>
- Salas Y, Colque M, Lazo A, Corymanya R, Obregón, C. 2008. Obtención y caracterización fisicoquímica y funcional de las fibras dietéticas del níspero común (*Mespilus germanica*). *Rev. Soc Quím Perú*. [consultado el 27 de feb. del 2020]. 74(4):269-281. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000400007
- Sánchez N, Ruiz J, Dávila G, Jiménez C. (2017). Propiedades tecnofuncionales y biológicas de harina, aislado y fracciones proteicas mayoritarias de semillas de Inga paterno. *Journal of Food*. 15(3): 400-408. DOI: <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1286522>
- Sangronis E, Machado C, Cava, R. 2004. Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajan cajan*) germinada. Venezuela. [consultado el 10 de enero del 2020]. 29(2):80-85. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000200007&lng=es&nrm=iso
- Sathe S, Desphande SS, Salunhke D. 1982. Functional properties of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* LDC) proteins. *Journal of Food Science*. [consultado el 9 de sep. del 2020]. 47(1): 503-509. <http://www.ifrj.upm.edu.my>
- Saucier L. 2016. Microbial spoilage, quality and safety within the context of meat sustainability. *Meat Science*. 120(1):78–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.027>
- Sciammaro, L. 2015. Caracterización fisicoquímica de vainas y harinas de algarrobo (*Prosopis alba* y *Prosopis nigra*). Aplicaciones en productos horneados y fermentados. Tesis de doctorado. Argentina. Universidad Nacional de La Plata. DOI: <https://doi.org/10.35537/10915/51407>
- Torres González JD, González Morelo KJ, Acevedo Correa D, Jaimes Morales JdC. 2016. Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha. *Tecnura*. 20(49):15. DOI: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a01>
- Torrescano G., Sánchez-Escalante A. Giménez B., Roncalés P., Beltrán J.A. 2003. Shear values of raw samples of fourteen bovine muscles and their relation to muscle collagen characteristics. *Meat Science* 64(1): 85-91. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00165-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00165-1)
- Vásquez F. 2016. Efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) sobre las propiedades reológicas de la masa y texturales del pan. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 17(2):307-317. [consultado el 10 de feb. 2020]. ISSN: 1665-0204. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=813/81349041018>

- Vázquez E, Rohas T. (2016). pH: Teoría y 232 problemas. Tesis de pregrado. Ciudad de México - México. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Vegas R, Zavaleta A, Vegas C. 2017. Effect of the pH and sodium chloride on the functional properties of flour of *Lupinus mutabilis* “tarwi” seeds variety criolla. *Agroind Science*. 7(1):49–55. DOI: 10.17268/agroind.sci.2017.01.05
- Velásquez D. 2018. Utilización de extracto de vaina de mezquite (*Prosopis alba* y *P. chilensis*) como aditivo antioxidante en salchichas de cerdo para desayuno. Tesis de maestría. Sonora - México. Universidad de Sonora.

7. ANEXOS

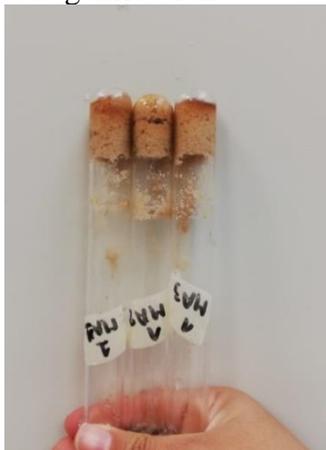
Anexo 1. Evaluación de la capacidad de retención de agua.



Anexo 2. Evaluación de la capacidad de retención de aceite.



Anexo 3. Evaluación de la capacidad de gelificación.



Anexo 4. Evaluación de la capacidad de hinchamiento.



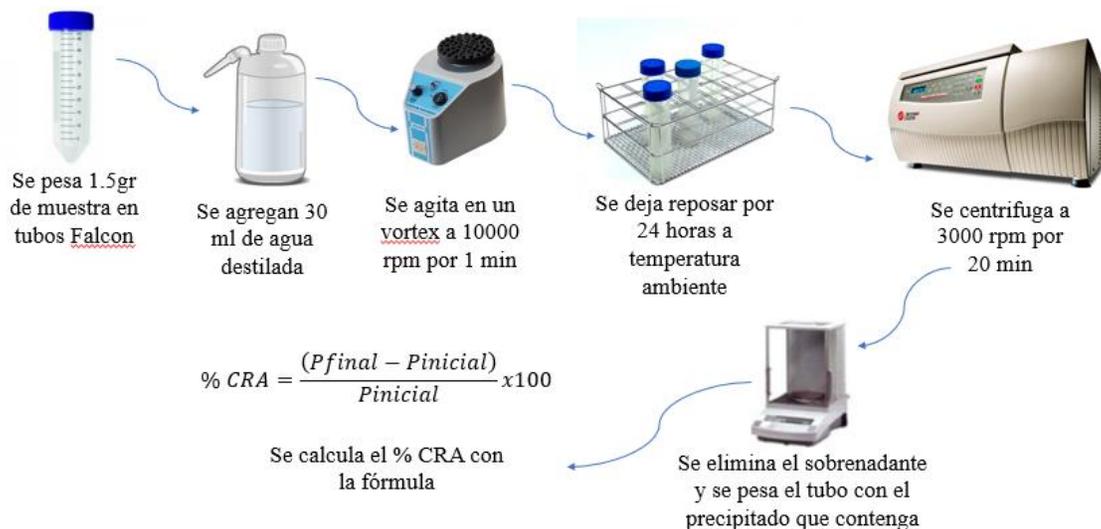
Anexo 5. Evaluación de la capacidad de emulsificación.



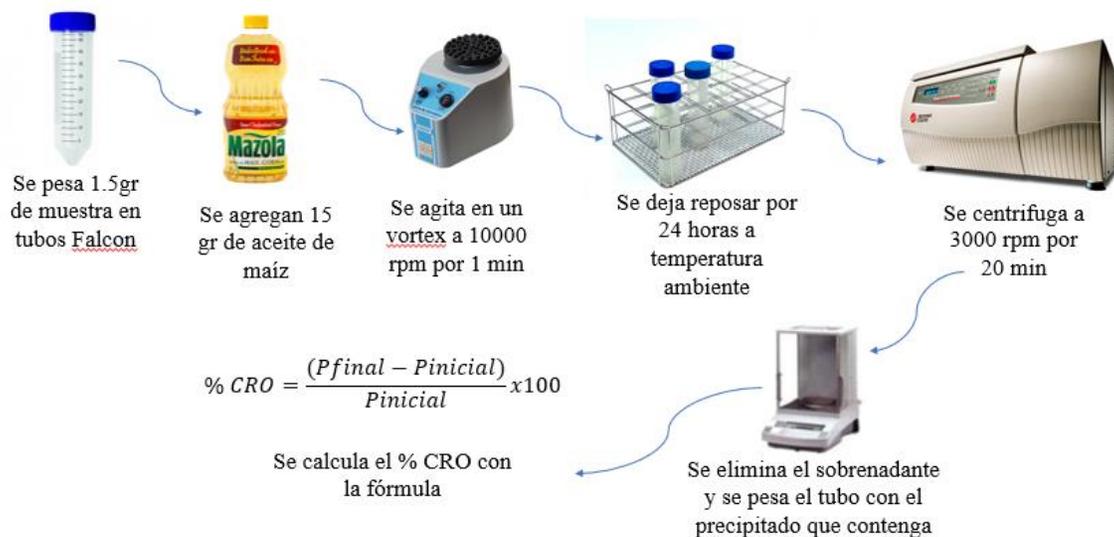
Anexo 6. Mezcla para la elaboración de salchicha en la realización de una prueba preliminar.



Anexo 7. Diagrama de evaluación de la capacidad de retención de agua.



Anexo 8. Diagrama de evaluación de la capacidad de retención de aceite.



Anexo 9. Diagrama de evaluación de la capacidad de hinchamiento.



Anexo 10. Diagrama de evaluación de la capacidad de gelificación.



Anexo 11. Diagrama de evaluación de la capacidad de emulsificación.

