

Stability of *Prosopis laevigata* powder during storage in three types of containers

Estabilidad del polvo de *Prosopis laevigata* durante su almacenamiento en tres tipos de envases

Rocío, CASTILLO REYES¹, Ana Nallely, CERÓN ORTIZ^{1*}, Miguel Ángel, ÁNGELES MONROY², Roosevelt, RODRÍGUEZ AMADOR¹, Bethsua, MENDOZA MENDOZA³

¹ *Tecnológico Nacional de México/ITS del Occidente del Estado de Hidalgo, 7ma Demarcación, C.P. 42700, Mixquiahuala, Hidalgo, México (0009-0002-183-3655; 0000-0002-0657-7949; 0000-0001-8433-0442)*

² *Centro de Estudios Tecnológicos en Aguas Continentales, Ent. Irapuato - Mazda 123, C.P.36783 Guanajuato, México (0000-0002-8502-8197)*

³ *Tecnológico Nacional de México/ITS del Oriente del Estado de Hidalgo, Carretera Apan-Tepeapulco Km 3.5, Colonia Las Peñitas, C.P. 43900, Hidalgo, México (0000-0001-9332-1919)*

Sent date: 29/January/2024: Acceptance date: 13/march/2024

Abstract:

The work evaluated the effect of three types of packaging on the stability of a powder obtained by spray drying the juice of the mesquite pod (*P. laevigata*) during five weeks of storage. The experimental design considered the type of packaging (independent variable) at three levels and two dependent variables (physicochemical stability and microbiological content). The change in humidity, °Brix, solubility, particle size, hygroscopicity, color, smell, flavor, and microbiological content was quantified for the powders stored in the treatments. E1 (Kraft paper envelope), E2 (amber glass bottle) and E3 (Zipper bag with aluminum film). The SCAMPER technique identified areas of improvement in the packaging. The plastic and aluminum film on the inside of the E3 container preserved the powder with less than 3% humidity, maintaining the solubility, °Brix, particle size, color, smell, and safety of the product.

Keywords: analysis guide, quality control, containers, packaging, quality protocol.

Resumen:

El trabajo evaluó el efecto de tres tipos de envase en la estabilidad de un polvo obtenido mediante el secado por aspersión del zumo de la vaina de mezquite (*P. laevigata*) durante cinco semanas de almacenamiento. El diseño experimental consideró el tipo de envase (variable independiente) en tres niveles y dos variables dependientes (estabilidad fisicoquímica y contenido microbiológico). A los polvos resguardados en los tratamientos, E1 (sobre de papel Kraft), E2 (frasco de vidrio tonalidad ámbar) y E3 (bolsa Zipper con película de aluminio), se les cuantificó el cambio de humedad, °Brix, solubilidad, tamaño de partícula, higroscopicidad, color, olor, sabor y contenido microbiológico. La

técnica SCAMPER identificó las áreas de mejora en el envase. La película plástica y aluminio en la parte interna del envase E3 conservó el polvo con menos de 3 % de humedad, mantuvo la solubilidad, °Brix, tamaño de partícula, color, olor e inocuidad en el producto.

Palabras clave: guía de análisis, control de calidad, envases, empaques, protocolo de calidad.

* Corresponding author. E-mail: aceron@itsoeh.edu.mx
Tel. 772-129-90-30

1. Introducción

El género *Prosopis* (árbol de mezquite) se considera una fuente de materia prima vegetal de importancia nacional debido a los múltiples beneficios y usos que a lo largo del tiempo han desarrollado diferentes poblaciones en todo el país (Román-Pérez, 2016). La goma del mezquite, por ejemplo, se aprovecha como agente microencapsulante de saborizantes y aceites esenciales, surfactantes de emulsiones agua/aceite (bebidas cítricas carbonatadas), estabilizante en emulsiones y material estructural de películas comestibles (retardan la emisión del etileno y mejora la textura de la guayaba y el limón) (De la Cruz, 2018). La vaina o fruto es de temporal y una de las partes comestibles del árbol de mezquite; a la fecha, la mayoría de los trabajos contemplan su aprovechamiento a partir de la vaina fresca o seca-molida (González *et al.*, 2020). Aunque, el polvo obtenido mediante el secado por aspersión del zumo de la vaina es una nueva opción para su aprovechamiento (Cervantes, 2022). El secado por aspersión permite la obtención de un producto en polvo a partir de un material líquido concentrado mediante la atomización de pequeñas microgotas en contacto con una corriente de aire caliente donde son pulverizadas. Las condiciones de operación en el equipo durante el secado determinan las propiedades fisicoquímicas del producto final. Una de las ventajas del secado por aspersión es que resguarda las propiedades funcionales o con actividad biológica presente en la materia prima que se seca (Ríos y Gil, 2021). Por lo cual, es un método que permite la estabilidad de las proteínas, azúcares y poder antioxidante presentes en el zumo de la vaina de mezquite (Cervantes, 2022). El zumo debe ser extraído por maceración debido a que la vaina tiene un escaso contenido de fase líquida en comparación con otras especies de frutos, a los cuales se les puede extraer de forma mecánica. Como resultado del secado por aspersión del zumo de la vaina se obtiene un polvo fino (0.125 mm de tamaño de partícula), con una humedad entre los 2 y 7 %, higroscópico, soluble e inocuo; con un contenido proteico de 10 g, azúcares reductores de 59.55 g y poder antioxidante superior al 60% (del cual se tiene la patente con número de solicitud MX/a/2021/000487).

Las características del polvo vegetal deben conservarse durante el almacenamiento y es necesario seleccionar un empaque que cumpla este objetivo. Un envase es el medio que

contiene, protege, distribuye y presenta un producto; en la industria de los alimentos, existe una amplia variedad y se diferencian en su tamaño, el material de fabricación, la forma y color (Poveat, 2019). La tecnología aplicable a los envases evoluciona constantemente y refleja la respuesta a los requisitos exigibles por las normativas, empresas y consumidores (Bolaño *et al.*, 2021). Los principales materiales de un envase son el papel, cartón, plástico, metal, vidrio, madera y los textiles. Las características mecánicas de los materiales deben considerarse en la selección del envase, con el fin de lograr el nivel de protección de las propiedades fisicoquímicas del producto durante el almacenamiento. Por ejemplo, los compuestos orgánicos como los fenoles totales pueden perder la función antioxidante si se exponen a elevadas temperaturas y con ello disminuye el valor funcional del alimento (Sepulveda y Zapata, 2019). Los productos en polvo con una elevada cantidad de azúcares absorben activamente la humedad del aire y forman aglomerados durante el almacenamiento si se resguardan en un envase poroso, afectando la solubilidad e integración del polvo si se usan en la elaboración de masas (Juscamaita, 2017; Palacios, 2020). Por esta razón, el objetivo del estudio fue la evaluación del impacto del tipo de envase en la estabilidad fisicoquímica del polvo derivado del secado por aspersión del zumo de la vaina de mezquite durante su almacenamiento.

2. Materiales y métodos

2.1. Obtención del polvo vegetal

La recolección de las vainas de mezquite de la especie *Prosopis laevigata* se realizó en las zonas aledañas al Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. Los frutos se desprendieron del árbol de forma manual sin ocasionarles daños mecánicos durante el proceso. Las vainas se seleccionaron de acuerdo con el porcentaje de coloración para la fase de madurez G5 (60 % púrpura y 40 % amarillo) de acuerdo con lo descrito por Sánchez (2019). Los frutos se lavaron con agua corriente para eliminar el polvo o residuos adheridos en la superficie de la vaina, posteriormente se sumergieron en agua clorada (100 ppm de hipoclorito de sodio) durante 10 minutos para su desinfección. El zumo de la vaina y su transformación en el polvo vegetal mediante el secado por aspersión se realizó a través del método descrito en el registro de patente con número de solicitud MX/a/2021/000487. En cada uno de los envases se colocaron 0.5 g de polvo con tres muestras por tratamiento, las cuales fueron valoradas cada siete días durante cinco semanas. La humedad inicial del polvo en los tres tratamientos fue de 3.01 ± 0.12 % y el tamaño de partícula de 0.125 mm.

2.2. *Diseño experimental y análisis estadísticos*

Se implementó un diseño experimental unifactorial con una variable independiente (tipo de envase) y dos variables dependientes (estabilidad fisicoquímica y contenido microbiológico). Los materiales de los contenedores fueron seleccionados con base en las características de protección que cada uno de ellos ofrece para el almacenaje de productos similares, el procedimiento fue valorado mediante el diagrama de Ishikawa, y la propuesta de mejora mediante la técnica SCAMPER. Los tratamientos se identificaron como E₁ (sobre de papel Kraft), E₂ (frasco de vidrio tonalidad ámbar) y E₃ (bolsa Zipper con película de aluminio). Los datos obtenidos fueron analizados con estadísticas paramétricas y descriptivas a través del programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.II.

2.3. *Evaluación de la estabilidad de los polvos*

El polvo se pesó en una balanza digital OHAUS SCOUT PRO modelo 30253019. El cambio en las características fisicoquímicas fue evaluado a través de la modificación en la humedad del polvo tomando como referencia el método descrito en la NOM-116-SSA1-1994; los °Brix por se determinaron mediante el método de prueba de la NMX-F-103-1982; la solubilidad por la fracción másica de los sólidos disueltos en la muestra hidratada por variación de peso seco en un tiempo determinado (Serna *et al.*, 2015). El tamaño de partícula por granulometría. mediante el porcentaje de retención del polvo en diferentes tamices con número de malla del 2, 4, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 y 200. La higroscopicidad se determinó por la diferencia de pesos, entre el inicial de la muestra en el día cero y la ganancia del peso al día de cada medición. El cambio de color se obtuvo por medición directa de la modificación en la tonalidad de los polvos mediante la escala RGB. La textura se determinó de manera sensorial mediante la observación y tacto directo del polvo. El olor y sabor se midieron mediante una prueba sensorial analítica, en donde se detectaron los cambios en estas dos variables. El análisis microbiológico al polvo antes y al final de las siete semanas consideró las normas NOM-092-SSA1-1994 (bacterias aerobias), NOM-093-SSA1-1994 (coliformes fecales), NOM-111-SSA1-1994 (mohos y levaduras).

3. **Resultados y discusión**

Los resultados obtenidos mediante el diagrama de Ishikawa para el análisis de causas y efecto de los tipos de envase indican que las características a valorar son la permeabilidad del material, el tamaño del envase, la transparencia del recipiente, el costo, la facilidad de transporte, la preferencia del consumidor y de preferencia, su biodegradabilidad. Los tres primeros se asocian a un mayor impacto en la estabilidad de las propiedades de los polvos

(físicoquímicos, microbiológicos y organolépticos) durante el almacenaje (Robertson, 2006). Lo cual se pudo constatar en el presente estudio, donde el tipo de envase registró un efecto en la conservación o estabilidad de los valores en las propiedades físicoquímicas de los polvos, pero no en las microbiológicas. Los envases E₂ y E₃ registraron los valores más estables debido al tipo de material del que están elaborados. En el caso de E₂, el vidrio es un material compacto, homogéneo e impermeable que evita el contacto del producto con la humedad relativa del ambiente. Además, sus tonalidades ámbar disminuyen la exposición de los antioxidantes a factores que provoquen su degradación (Palma, 2018). Aunque es relevante asegurar el sello hermético del frasco y cuidar el impacto del costo en el producto final (Ruan, 2020). En el tratamiento E₃, el aluminio que cubre el interior del envase es totalmente impermeable y se usa para resguardar productos derivados de la agroalimentación o la perfumería por el nivel de conservación en aromas, sabor, olor, color y textura de los productos líquidos y en polvo. Por ello, también evita el contacto de la humedad relativa del ambiente con el producto (Soto-Flores *et al.*, 2023). La percepción inicial del olor característico al caramelo y el sabor de la vaina de mezquite se mantuvo en el polvo vegetal a lo largo del estudio en los tres tratamientos. Por el contrario, la tonalidad de color se modificó desde la primera semana solo en las muestras de E₁ (del código RGB 255, 255, 204 al 255, 204, 255) (Figura 1).



Figura 1. Modificaciones en la tonalidad de color en las muestras de polvo vegetal bajo la escala RGB en los tres tratamientos. E₁: papel Kraft, E₂: frasco de vidrio y E₃: bolsa zipper. Fuente propia.

La textura solo registró cambio de consistencia fina a una estructura dura y característica de los productos aglomerados en el tratamiento E₁ desde la primera semana. Lo anterior afectó el tamaño de partícula del polvo (0.125 mm a 0.420 mm) en las muestras del mismo tratamiento e impidió seguir la medición a partir de la semana tres. En cuanto a los polvos de E₂ y E₃ no se presentó modificación en la textura y tamaño de partícula (0.125 mm); pero en el tratamiento E₂, los cambios iniciaron en la semana tres hasta alcanzar los 0.149 mm. El cambio en la textura se asocia a la higroscopicidad del polvo vegetal debido a la cantidad de azúcares reductores presentes (59.55 g/100g) en este producto y la capacidad

de absorción de humedad. Una diferencia entre este tipo de polvo con la estabilidad de otros polvos como el té, los granos de café y hierbas (Acurio y Caiza, 2021). También, el cambio en la higroscopicidad y humedad del polvo aumentó la cohesión (pegajosidad partícula-partícula) y la adhesión (pegajosidad partícula-superficie) del polvo que explica la aglomeración en el tratamiento E_1 . Para prevenir la pegajosidad de partículas o la pegajosidad se debe buscar un material que mantenga en equilibrio las fuerzas cohesivas y adhesivas como pasó en los envases E_2 y E_3 . El poder mantener estables las propiedades de textura, tamaño de partícula, humedad e higroscopicidad en el polvo durante el almacenamiento es una garantía de integración en la elaboración de mezclas o disoluciones (Rosas, 2018).

La humedad se incrementó en los polvos correspondientes a E_1 respecto a la registrada en el día uno del experimento y los valores registrados al día siete de cada semana (Tabla 1), observación que coincide con la aglomeración registrada en esas muestras. Los valores de humedad en E_2 y E_3 mantuvo un promedio considerando los valores de las cinco semanas de $2.87 \pm 0.18 \%$ y $2.91 \pm 0.22 \%$ respectivamente. Por lo cual, la higroscopicidad del polvo se modificó solo en el tratamiento E_1 en un 23 % de acuerdo con la ganancia en humedad. El contenido de humedad en los alimentos es relevante por la asociación que existen entre el crecimiento microbiano y el contenido de agua libre. Las tasas de crecimiento de los microorganismos son más altas en alimentos con un porcentaje de humedad elevado y el valor depende del tipo de producto (López-Gálvez, 2020). Los resultados de humedad mencionados anteriormente y la ausencia de microorganismos en los polvos al final del estudio, son un indicativo de que los valores registrados evitaron el crecimiento de estos.

La solubilidad de las muestras del tratamiento E_1 cambió desde la primera semana y se observa en el incremento del porcentaje de la fracción másica de los sólidos disueltos en la muestra hidratada por variación de peso seco hasta un 50 % del polvo que no se disolvió. En el caso de E_2 y E_3 la solubilidad disminuyó hasta la semana cinco con una variación del peso seco no mayor al 3%. Asimismo, la modificación en los valores de °Brix en estas soluciones cambiaron con base al tratamiento y a la temporalidad, el valor referido para el tratamiento E_1 disminuyó desde la primera semana y alcanzó un valor de 0.74 ± 0.05 . En los tratamientos E_2 y E_3 se mantuvieron valores constantes de 1.06 ± 0.13 y 0.78 ± 0.04 respectivamente.

Tabla 1. Tamaño de partícula (en mm) y porcentaje de humedad en el polvo vegetal alimenticio en los tres tratamientos a lo largo del estudio. E₁ (sobre de papel Kraft), E₂ (frasco de vidrio tonalidad ámbar) y E₃ (bolsa Zipper con película de aluminio)

Semana	Tamaño de partícula (mm)			Humedad (%)		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
1	0.177 ^a	0.125 ^a	0.125 ^a	4.62 ^a	3.00 ^b	3.17 ^b
	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.75	± 0.36	± 0.02
2	0.250 ^a	0.125 ^a	0.125 ^a	4.82 ^a	2.85 ^b	3.01 ^b
	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.71	± 0.40	± 0.25
3	0.250 ^a	0.149 ^a	0.125 ^a	5.69 ^a	3.06 ^b	2.72 ^b
	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.13	± 0.62	± 0.49
4	0.420 ^a	0.149 ^a	0.125 ^a	5.38 ^a	2.88 ^b	3.01 ^b
	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.32	± 0.42	± 0.63
5	0.420 ^a	0.149 ^a	0.125 ^a	4.92 ^a	2.57 ^b	2.66 ^b
	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 1.02	± 0.32	± 0.53

Letras diferentes en la misma columna indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$, $a>b$).

El mantener la cantidad de UFC de acuerdo con las normativas vigentes es uno de los requisitos a cumplir durante el almacenamiento de cualquier tipo de productos. La ausencia de los mismo permite demostrar la inocuidad del producto durante su vida de anaquel y asegurar un consumo seguro. Al respecto, los resultados en el análisis microbiológico indican que no hay presencia de microorganismos en ninguno de los tres tratamientos (Tabla 2). Lo anterior a pesar de existir diferencia en el contenido de humedad en los polvos almacenados en el envase E₁ respecto a E₂ y E₃. Un resultado interesante si se considera la correlación entre la humedad y el crecimiento de microorganismos; pero comprensible por la cantidad de azúcares en el polvo (Godoy, 2019).

Tabla 2. Contenido microbiológico del polvo vegetal alimenticio en los tres tratamientos. E₁ (sobre de papel Kraft), E₂ (frasco de vidrio tonalidad ámbar) y E₃ (bolsa Zipper con película de aluminio).

Microorganismo	Resultado (UFC/g)			Método de prueba
	E ₁	E ₂	E ₃	
Mesófilos aerobios	ND	ND	ND	NOM-092-SSA1
Coliformes totales	ND	ND	ND	NOM-113-SSA1
Coliformes fecales	ND	ND	ND	NOM-113-SSA1

**Hongos y
levaduras**

ND

ND

ND

NOM-111-SSA1

*ND: No detectado

Los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas indican que el empaque que cumple con las características de permeabilidad, durabilidad y costo es el tratamiento E₃. Sin embargo, la técnica SCAMPER mostró las mejoras en este envase, primeramente, se requiere disminuir el tamaño de la bolsa e incluir un cierre hermético más eficiente para un mejor manejo del producto si no se consume por completo al momento de abrirlo. Por lo cual, la bolsa zipper no permite la permeabilidad de la humedad, ni la entrada de luz, es fácil de manejar y tiene un bajo costo. El tamaño del empaque propuesto para resguardar el polvo es de 7x8 cm con una porción de 5 g para incentivar el consumo total del producto en un periodo de tiempo corto y se disminuya el apelmazado del mismo derivado de la higroscopicidad.

4. Conclusiones

Las características mecánicas de los materiales que constituyen los envases donde se resguardaron los polvos obtenidos mediante el secado por aspersión del zumo de la vaina de mezquite afectaron la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas del producto. El envase del tratamiento E₁ es el menos recomendable, ya que registró la menor estabilidad en las propiedades fisicoquímicas del polvo durante el almacenamiento, con los valores más altos de humedad (4.62 a 5.69 %) e higroscopicidad (23%). Además, una modificación en la textura (aglomeración y dureza), disminución en la solubilidad (50 % sin disolución) y °Brix (0.74). En los tratamientos E₂ y E₃ se recomienda una mejora en el tipo de sello en los envases para eliminar por completo la entrada de humedad durante el almacenamiento antes y después de abrir el empaque. La inocuidad del producto se mantuvo en el polvo vegetal a lo largo del estudio en todos los tratamientos; a pesar de registrar un aumento en la humedad del tratamiento E₁, lo cual se relaciona a la cantidad de humedad y contenido de °Brix detectados en el mismo.

5. Referencias

Acurio, A. L. P., & Caiza, M. D. R. (2021). Isotermas de absorción en alimentos pulverulentos y ecuaciones de ajuste: una revisión bibliográfica de datos publicados. [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33611>.

- Bolaño, F. J. C., Fontalvo-Martínez, T. S., Corrales, A., & Mojica-Herazo, J. C. (2021). Revisión de las tecnologías emergentes en el envase y procesamiento de alimentos agroindustriales. *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, 3(2). <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9742/Revisi%c3%b3n%20de%20las%20tecnolog%c3%adas%20emergentes%20en%20el%20envase%20y%20procesamiento%20de%20alimentos%20agroindustri.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cervantes, S. K. M. (2022). Secado por automatización de la fase líquida de la vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*) [Tesis de grado de licenciatura inédita]. Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, México.
- De la Cruz, D. V. (2018). Efecto de las matrices biopoliméricas en la cinética de liberación in vitro de antioxidantes microencapsulados con membranas líquidas y sólidas [Tesis de grado de doctor en ciencias inédita]. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Godoy, A. I. (2019). Calidad de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado en silobolsa en condiciones de intemperie en relación a la presencia de materias extrañas y granos partidos. *Revista De La Facultad De Agronomía, La Plata*, 118(2), 1-8. <https://doi.org/10.24215/16699513e016>.
- González, B. U., Dijkshoorn, R. & Maloncy, M. (2020). Nutritive and bioactive properties of mesquite (*Prosopis pallida*) Flour and its technological performance in breadmaking. *Foods*, 9(5), 1-25. <https://doi.org/10.3390/foods9050597>.
- Juscamaita, F. L., Pérez, S. T., Espinoza, S. C., Quispe, S. M., Hinostroza, Q. G., Flores, R. O. y Manyari, C. G. (2017). Evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*Tropaeolum majus* L.) en la microencapsulación por Spray-Drying. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(3), 282-293. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000300004&lng=es&tlng=es
- López, G. F. (2020). La importancia del agua en la industria de alimentos vegetales. *ARBOR, Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 196(795), e547. España: CSIC. <https://doi.org/10.3989/arbor.2020.795n1011>.
- Palacios, C. L. M. (2020). Secado por aspersión de mieles de caña como base para la obtención de productos instantáneos de panela [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77551/52500964.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- Palma, G. (22 de febrero 2018). En el N° 126 de la revista Salud y Corazón. Fundación Española del Corazón. Recuperado de: <https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/3250-antioxidantes-ique-son-y-para-que-sirven.html>.
- Povea, G. I. (2019). El envase como protector de los atributos de calidad de alimentos. *Revista Alimentos Hoy*, 27(47), 18-28.. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/525/406#:~:text=Es%20ah%C3%AD%20donde%20el%20envase,de%20cosechar%2C%20fabricar%20o%20transformar.>
- Rios, A. S. y Gil, G. M. A. (2021). Microencapsulación por secado por aspersion de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *Tecnológicas*, 24(51), 206-229. <https://doi.org/10.22430/22565337.1836>.
- Román, P. H. (2016). Bromatología de la vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) como alternativa para consumo sustentable en la comarca Lagunera. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio digital Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7981>.
- Rosas, S. G. A. (2021). Efecto de la pulpa de café en las propiedades reológicas de masa parapan y batidos para muffins y su relación con sus parámetros de panificación. [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Veracruz]. Repositorio de TecNM, <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/2560>
- Ruan, C. (2020). Diseño estructural y gráfico de envases para condimentos alimentarios. [Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia, <https://riunet.upv.es/handle/10251/153295>.
- Sánchez, E. I. A. (2019). Aplicación de los cambios fisicoquímicos de la vaina de mezquite *Prosopis laevigata* en el establecimiento de su grado de madurez [Tesis de grado de licenciatura inédita]. Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo, México.
- Serna, C. L., Torres, L. C., y Ayala, A. A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información Tecnológica*, 26(2), 41-50. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000200006>.
- Sepúlveda, C. T. y Zapata, J. E. (2019). Efecto de la Temperatura, el pH y el Contenido en Sólidos sobre los Compuestos Fenólicos y la Actividad Antioxidante del Extracto de *Bixa orellana* L. *Información Tecnológica*, 30(5), 57-66. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500057>.

Soto, F. S., Amador, L. L., Martínez, G. J., Candelas, G. M., & Minjares, F. J. (2023). Evaluación de la absorción de humedad de leche en polvo envasada en diferentes materiales y almacenada a diferentes condiciones de humedad relativa. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 349–355. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.47>