
ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS FÍSICOQUÍMICOS QUE SE PRESENTAN EN UNA INFUSIÓN AL VARIAR LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

ANALYSIS OF THE PHYSICOCHEMICAL CHANGES THAT OCCUR IN AN INFUSION WHEN VARYING STORAGE CONDITIONS

Monica Rivera Rivera*, Marco Antonio Godinez Ruíz, Rebeca Gloria Tejeda, Martha Patricia Valencia Pérez, Betsabe Hernández Santos

Tenológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtepec, Ingeniería Bioquímica, Tuxtepec, Oaxaca, México. E-Mail: monica_ri_ri@hotmail.com

Received November 02, 2023; Revised: December 15, 2023; Accepted December 19, 2023

Resumen

El propósito de este trabajo fue evaluar los cambios fisicoquímicos de un té a base de nopal y zacate limón en una proporción 70:30 respectivamente en diferentes periodos de tiempo (0, 30,60 y 90 días) utilizando dos tipos de empaque celofán y polietileno. Los valores obtenidos en el análisis químico proximal mostraron que existe una diferencia significativa en el material de empaque utilizado durante el almacenamiento del té. Los valores de humedad en los dos empaques evaluados aumentaron ligeramente al final de la evaluación sin poner en riesgo la conservación del té. En relación con el análisis de antioxidantes realizado en el empaque de celofán, los valores obtenidos de polifenoles totales (0.245 ± 0.11) y % DDPH (51.897 ± 0.133) fueron más altos, a diferencia de los flavonoides (0.693 ± 0.44) cuyos valores fueron mayores para el empaque de polietileno. El análisis aromático demuestra que el empaque de celofán tiene mayor concentración de β -Citral y α -Citral principios activos que se encuentran principalmente en el zacate limón. Otros compuestos presentes en ambas muestras en diferentes concentraciones fueron el ácido n-hexadecanoico, ácido (z,z) 9,12-octadecadienoico y ácido (z,z,z) 9, 12, 15-octadecatrienoico y el geraniol, este último compuesto en el periodo de 90 días ya no es detectado.

Palabras clave: Nopal y Zacate Limón, Químico Proximal Antioxidantes, Perfil Aromático.

Abstract

The purpose of this work was to evaluate the physicochemical changes of a nopal and lemon grass-based tea in a 70:30 ratio, respectively, in different periods of time (0, 30, 60, and 90 days) using two types of cellophane and polyethylene packaging. The values obtained in the proximal chemical analysis showed that there is a significant difference in the packaging material used during the storage of the tea. The moisture values in the two evaluated packages increased slightly at the end of the evaluation without jeopardizing the conservation of the tea. In relation to the antioxidant analysis carried out on the cellophane packaging, the values obtained for total polyphenols (0.245 ± 0.11) and % DDPH (51.897 ± 0.133) were higher, unlike flavonoids (0.693 ± 0.44) whose values were higher for polyethylene packaging. The aromatic analysis shows that the cellophane packaging has a higher concentration of β -Citral and α -Citral active principles that are mainly found in lemongrass. Other compounds present in both samples in different concentrations were n-hexadecanoic acid, (z,z) 9,12-octadecadienoic acid and (z,z,z) 9, 12, 15-octadecatrienoic acid and geraniol, the latter compound in the period of 90 days it is no longer detected.

Keywords: Nopal and Lemongrass, Chemical Proximal Antioxidants, Aromatic Prof

Introducción

México es uno de los países con mayor número de casos de Diabetes Mellitus, se prevé que para el 2030 ocupe el séptimo lugar en el mundo con aproximadamente 12 millones de personas diabéticas. (Escobedo, 2011). La diabetes mellitus es una enfermedad crónico-degenerativa representando para el sector salud un reto en la prevención y el control. Sin embargo, se ha visto que el sedentarismo, obesidad, hipertensión arterial, la alimentación deficiente, el estrés, tabaquismo, consumo de alcohol y la carga genética son determinantes en el desarrollo de esta enfermedad. (Córdova 2009)

A lo largo del tiempo el ser humano ha utilizado la herbolaria como una estrategia terapéutica con el objeto de tratar diferentes enfermedades (Carrillo, 2010). En México, hay una variedad de plantas que ayudan a controlar los niveles de glucosa en la sangre, el nopal es uno de ellos, el cual por su propiedad hipoglucemiante ha resultado ser útil en el tratamiento complementario de la diabetes, además de tener un precio accesible (Torres, 2015). De ahí la importancia de salvaguardar la riqueza biológica que existe en México, con el propósito de potencializar los principios activos que contienen las plantas y benefician al ser humano en sus tratamientos médicos (Lara, et al, 2019).

El Nopal o Cactus es originaria de México, pertenece al género *Opuntia* de la familia de las Cactaceae, se puede encontrar a lo largo de todo el continente americano incluso en Europa, Asia y África esto debido a la adaptación agroclimática que posee. Morfológicamente es un arbusto con tallos suculentos y articulados llamados cladodios (Quishpi, 2021). El género *Opuntia* agrupa aproximadamente a 300 especies diferentes de las cuales 100 se encuentran en México siendo 62 son endémicas. El Nopal posee propiedades nutritivas y nutraceuticas favoreciendo el control de colesterol, disminuye los niveles de glucosa, estimula la circulación y mejora el proceso digestivo. (Celis, 2009). En 2022 la producción de nopal en México fue 872.3 miles de toneladas. (SIAP 2022).

El zacate de limón (*Cymbopogon citratus*), es una planta muy popular en México por su sabor cítrico y aroma, pertenece a la familia de las Poaceae. Contiene aceites esenciales en tallos y hojas, el de mayor importancia es el citral. Actualmente se produce en todo el mundo, se puede encontrar en

traspacios, malezas o parcelas, posee propiedades medicinales, hidratantes y diuréticas. Su capacidad antioxidante se debe a la cantidad de polifenoles que presenta (Laclette, 2018)

Los seres humanos aumentan la generación de sustancias oxidativas cuando se tienen problemas patológicos o procesos que alteran el metabolismo, para evitar la oxidación de las células se ha visto que existen moléculas antioxidantes naturales como las plantas o sintéticos que favorecen los tratamientos terapéuticos. Conocer la capacidad antioxidante es de gran utilidad para la industria y para la sociedad esto debido a los beneficios que brindan a la salud. (Benítez, 2010)

Los alimentos como los tés o cafés durante su almacenamiento pueden perder el aroma y el sabor si los empaques seleccionados no son los adecuados, alterando su vida útil. Por lo que los empaques deben de cumplir con estándares de calidad, precio y seguridad. (Rodríguez, 2014). El celofán es un polímero que se obtiene de la celulosa, es resistente al agua y los olores. Tiene un aspecto brillante y claro es ideal para el embalaje de artículos pequeños. En cambio, el polietileno es un polímero sintético es muy flexible, se pliega fácilmente y puede ser sellado con calor. (Da luz, 2015).

El interés de este trabajo fue analizar los cambios fisicoquímicos que presenta un té a base de nopal (*Opuntia ficus indica*) y zacate limón *Cymbopogon citratus*) al variar las condiciones de almacenamiento.

Sección experimental

Obtención del producto a evaluar

Se selecciono el cladodio del nopal con un grado de maduración medio y las hojas del zacate limón para mejorar el aroma y sabor del producto. Se eliminaron las impurezas presentes y se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) equivalente a 15 ppm de cloro. El nopal se introdujo en un secador por convección marca Yamato a 60°C por 2 horas, para evitar perdida de líquido durante su segmentado. Posteriormente los vegetales seleccionados se cortaron con un juego de cuchillas con una separación de 0.7cm. Los vegetales picados se introdujeron por separado a un secador por convección a 60°C hasta que la

humedad fue del 8%. Se combinaron los productos secos de acuerdo con una proporción 70:30 (Nopazacate limón) respectivamente. Posteriormente se envasaron porciones de 5 g de muestra en bolsas impermeables. Una vez embolsada la muestra se procedió a empacarlas en bolsas de dos materiales diferentes celofán (BC) y polietileno (BP) impermeables a la humedad.

Determinación del químico proximal

La composición química proximal se determinó por triplicado de acuerdo con los métodos de la AOAC (2005): humedad (925.10), cenizas (923.03) y proteínas (920.87). El contenido de fibra cruda se determinó por digestión ácido-alcalina (925.08).

Determinación de la capacidad antioxidante.

1. Preparación del extracto.

La muestra seca (1.0 g) se extrajo con 25 mL de etanol al 80% a 30 °C durante 4 h. La mezcla se centrifugó a 3000 rpm durante 20 min. Después de la centrifugación, se recogió el sobrenadante para los contenidos fenólicos totales (Norajit et al, 2011)

2. Determinación del contenido de polifenoles totales.

El contenido de polifenoles totales se determinó de acuerdo con el método de Norajit et al. 2011. En un tubo de ensayo de 10 mL, se agregaron y se mezclaron 2 mL de Na₂CO₃ al 2%, 0.1 mL de extracto diluido con etanol al 80% y 0.1 mL de reactivo de fenol de Folin-Ciocalteu con folina al 50% (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, US.). Después de exactamente 30 minutos, se leyó la absorbancia a 750 nm y se calculó el contenido fenólico a partir de una curva de calibración, que se obtuvo utilizando ácido gálico como estándar (20-200 µg/mL).

3. Determinación de flavonoides totales.

Se realizó una curva con catequina a concentraciones de 20, 40, 60, 80 y 100 ppm. Se utilizaron 0.25 ml (250 µL) de muestra más 75 µL de NaNO₂ al 5% más 150 µL de AlCl₃ al 10% más 500 µL de NaOH 1M, el volumen se ajustó a 2.5 mL (1525 µL) se agitó y se dejó reposar 5 min en oscuridad. Se midió la absorbancia a 510 nm. El blanco lleva todos los reactivos con excepción de la catequina, en su lugar se ocupó agua destilada, 250 µL.

4. Determinación de la actividad antioxidante DPPH.

La actividad antioxidante, se determinó de acuerdo con lo descrito por Hwang et al. 2014. Se utilizó el extracto de etanol al 80% de la muestra. Se mezclaron alícuotas de 0.8 mL de solución metanólica de DPPH (Sigma-Aldrich) de 0.2 mM con 0.2 mL del extracto. La mezcla se agitó vigorosamente y luego se dejó reposar durante 30 minutos con poca luz. La absorbancia se midió a 520 nm. El porcentaje de inhibición de la actividad se calculó con:

$$A0 - A1 / A0 \times 100$$

Donde: A0 es la absorbancia sin la muestra y A1 es la absorbancia con la muestra.

Determinación del perfil aromático

1.Preparación de estándar.

Se preparó una solución madre de citral a una concentración de 1000 ppm con una mezcla de agua-metanol (75:25, grado HPLC) (especificaciones del citral: 95%, marca Sigma-Aldrich).

Se colocó 1 mL de la solución en un vial y se inyectó en el HPLC-DAD

2.Preparación de la muestra.

Se pesó 1.5 g de polvo de té, se le añadió 20 mL de la mezcla MeOH-agua acidificada H₃PO₄10⁻¹ M. Se realizó el análisis por el equipo HPLC-DAD, los extractos fueron filtrados en un filtro # 4 y un filtro pirinola de 0.45 µm y puestos en un vial de 1.5 mL. Las soluciones fueron sometidas a efectos de sonicación en un baño ultrasónico 37 KHz /10 min.

3.Condiciones cromatográficas.

Se utilizó un equipo HPLC marca Agilent Technologies modelo 1260 infinity II acoplado a un Detector de Arreglo de Diodos (DAD). Una columna Pursuit XRS-C18 marca Agilent (4.6 mm de diámetro, 150 mm de longitud y 3 µm de tamaño de partícula). La fase móvil fue una mezcla de dos solventes: agua (A) (40%) y metanol (B) (60%) con un flujo de 1 mL/min en condiciones isocráticas. La temperatura de la columna fue de 25 °C y el volumen de inyección de 10 µL. La detección del citral se efectuó a 200 nm. El tiempo de corrida fue de 20 min incluyendo el tiempo estabilización de la columna. (Thanh et al, 2020).

Resultados

Tabla 1. Resultados del químico proximal al t=0

Prueba /Muestra	BC	BP
Humedad %	7.55±0.04 ^a	8.74±0.85 ^a
Cenizas %	11.25±0.05 ^a	11.49±0.18 ^a
Proteínas %	8.12±1.08 ^a	7.91±0.06 ^a
Fibra Cruda%	9.64±0.00 ^a	10.15±1.33 ^a

Nota: letras diferentes en columna indican diferencias estadísticamente significativa (p<0.05)

Tabla 2. Resultados del químico proximal al t=90 días

Prueba /Muestra	BC	BP
Humedad %	9.82±0.08 ^a	10.96±0.01 ^b
Cenizas %	9.68±0.08 ^a	10.09±0.08 ^b
Proteínas %	7.28±0.28 ^a	6.40±0.28 ^b
Fibra Cruda %	7.55±0.48 ^a	8.62±0.28 ^b

Nota: letras diferentes en columna indican diferencias estadísticamente significativa (p<0.05)

En la tabla 1 y 2 se observa que los valores de humedad obtenidos tanto para el empaque de celofán como de polietileno se incrementaron ligeramente a lo largo de la evaluación, dicho incremento no afecta la calidad del té.

Los resultados del análisis químico proximal específicamente para la infusión del té de nopal y zacate limón no se encuentra en la bibliografía sin embargo los resultados obtenidos de proteína en el empaque de celofán y polietileno fueron de 7.28±0.28 y 6.40±0.28 respectivamente y del contenido de cenizas fueron de 9.68±0.08 para celofán y 10.09±0.08 para polietileno al término de la evaluación, siendo muy semejantes a los reportados por González et al, 2020, el cual realizó un estudio sobre el químico proximal en el nopal de invernadero indicando valores de 9.09% de proteínas y 9.40% de cenizas. Otro estudio realizado por Guzmán et al, 2014, trabajo con nopal amarillo indicando que entre más joven es el nopal el contenido de proteínas y cenizas se va incrementando y el contenido de fibra aumenta conforme va madurando el nopal debido a que se forma una red de celulosa bastante robusta en su interior. Las diferencias en la composición química encontrados pueden relacionarse a factores como el tipo de suelo donde fue cultivada la planta, el clima, la humedad, la edad de la planta, la geografía así, como el tipo de empaque.

Tabla 3. Valores obtenidos de Polifenoles totales (mgEAG/g) en los diferentes periodos de tiempo

Polifenoles Totales	BC	BP
T=0	0.303±0.11 ^a	0.245±0.11 ^b
T= 90 días	0.206±0.38 ^a	0.162±0.38 ^b

Nota: letras diferentes en columna indican diferencias estadísticamente significativa (p<0.05)

Tabla 4. Valores obtenidos de Flavonoides (mgEAG/g) en los diferentes periodos de tiempo

Flavonoides	BC	BP
T=0	0.672±0.252 ^a	0.747±0.0252 ^b
T= 90 días	0.627±0.44 ^a	0.693±0.44 ^b

Nota: letras diferentes en columna indican diferencias estadísticamente significativa (p<0.05)

Tabla 5. Valores obtenidos de % DPPH del té de nopal y zacate limón en los diferentes periodos de tiempo

% DDPH	BC	BP
T=0	55.123±0.96 ^a	48.770±0.19 ^b
T= 90 días	51.897±0.133 ^a	39.753±0.134 ^b

Nota: letras diferentes en columna indican diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

Los resultados obtenidos demuestran la presencia de antioxidantes en el té, esto debido a la presencia de polifenoles o compuestos fenólicos principalmente. Tanto los polifenoles como los flavonoides tienen la capacidad de atrapar electrones y una acción quelante de metales. (Martin, 2018). El contenido de polifenoles totales para la bolsa de celofán y polietileno a los 90 días fueron 0.206±0.38 mgEAG/g y 0.162±0.38 mgEAG/g respectivamente, observándose que las concentraciones obtenidas son más bajas en el empaque polietileno a diferencia de los resultados obtenidos con respecto a la concentración de flavonoides donde se observa que en el empaque de celofán la concentración fue menor (0.627±0.44 mgEAG/g) al final de la prueba, con respecto al empaque de polietileno cuya concentración fue de 0.693±0.44 mgEAG/g. Manzanares, 2023 evaluó la capacidad antioxidante en el nopal morado en dos etapas de coloración,

obteniendo valores más altos en la actividad antioxidante como en el contenido de fenoles y flavonoides totales en las muestras de color morado, los valores fenoles y flavonoides totales obtenidos en las muestras fueron de 2.31 mg EAG/gps y 3.06 mg EQ/gps, respectivamente. Considerando las propiedades bioactivas (antioxidantes) del nopal Ponce en 2023 menciona que se han reportado concentraciones equivalentes de ácido gálico en un rango de 1040-1638 mg/ kg en muestra fresca, concentraciones de compuestos polifenólicos equivalentes a 2 g/kg en extractos hidroalcohólicos y concentraciones de compuestos fenólicos y flavonoides de 2.48 g equivalentes de ácido gálico/100 g de materia seca y 1.06 g de quercetina equivalente /100 g de materia seca respectivamente. La variación en los resultados pudiera deberse principalmente a las características de la materia prima así, como el método utilizado para determinar la actividad oxidativa.

El método de DPPH utilizado determinó la actividad de atrapamiento de radicales libres mediante la donación de hidrogeno por parte de un agente oxidante, los resultados demostraron que el % de inhibición de DPPH a los 90 días del té fue 51.897 ± 0.133 para la bolsa de celofán y 39.753 ± 0.134 para el empaque de polietileno mostrando que la concentración es mayor en el empaque de celofán. Neveros en 2023 determinó que los métodos de tratamiento térmico incrementan la actividad antioxidante ya que existe una disminución en el número de moléculas que interactúan con los grupos hidroxilo. Por otro lado, Ordoñez en 2018 estableció la capacidad antioxidante de infusiones herbarias y tés frente al radical 2,2-difenil-picrilhidrazil (DPPH) para el zacate limón (*Cymbopogon citratus*) comercial fue de 0.03 ± 0.00 mMtrolox/L, en fresco 0.06 ± 0.01 mMtrolox/L y en seco 0.03 ± 0.01 mMtrolox/L y la concentración de polifenoles totales siendo para el té comercial de 262.38 ± 0.98 mg EAG/L, en fresco 46.92 ± 0.29 mg EAG/L y en seco 86.84 ± 0.40 mg EAG/L. Los valores anteriores son indicativos que los ingredientes que conforman la mezcla de té a base de nopal y zacate limón tienen propiedades antioxidantes.

Tabla 6. Resultados del análisis aromático por GC-MS del té de nopal y zacate limón al inicio de la prueba. (t=0)

Muestras empaçadas en bolsas de polietileno		
Región 1%	β-Citral	17.04
	Geraniol	5.75
	α-Citral	3.67
Región 2%	n-Hexadecanoic acid	10.66
	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-	19.34
	9,12,15-octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	20.42

En la tabla 6, se pueden observar las concentraciones y compuestos presentes en la muestra al inicio de la prueba. En la Región 1 se tiene 17.04% de β-Citral, 3.37% de geraniol y 26.54% de α-Citral, en la Región 2, se tiene 10.66% de ácido n-hexadecanoico, 12.51% de ácido (z,z) 9,12-octadecadienoico y 20.60% de ácido (z,z,z) 9, 12, 15-octadecatrienoico.

Aguilar (2023) menciona que el aceite esencial del zacate limón contiene compuestos como monoterpenos, carbohidratos, cetonas, ésteres y aldehídos. Su composición química lo conforman 14 componentes entre los que se encuentran 40.80 % α-Citral (Geraniol), 32.00 % β-Citral (Neral), 4.1% Nerol, 3.04% Geraniol, 2.10% Citronelal, 1.23% Terpenoleno, 0.83% Acetato de geraniol, 0.72% Mirceno 0.45% Terpeneol, 0.20% Metilheptona, 0.10-0.40% Borneol, 0.10% Acetato de linalilo, 0.07% α-Pineno, 0.04 β-Pineno, rastros de Limoneno, rastros de Linalool. Se puede observar que al inicio de la prueba se detectaron 3 de los componentes que conforman la composición química del aceite de zacate limón el α-Citral, β-Citral y el geraniol, los cuales contribuyen a darle el aroma parecido al limón al té.

Tabla 7. Resultados del análisis aromático por GC_MS del té de nopal y zacate limón al final de la prueba (t = 90 días)

Muestra empacada en bolsa de celofán		
Región 1%	β-Citral	2.01
	α-Citral	3.33
Región 2%	n-Hexadecanoic acid	15.26
	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-	9.36
	9,12,15-octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	24.97

Tabla 8. Resultados del análisis aromático por GC_MS del té de nopal y zacate limón al final de la prueba (t = 90 días)

Muestra empacada en bolsa de Polietileno		
Región 1%	β-Citral	0.77
	α-Citral	1.24
Región 2%	n-Hexadecanoic acid	19.30
	9,12-octadecadienoic acid (Z,Z)-	13.52
	9,12,15-octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-	31.06

En la tabla 7 y 8 se tienen los datos obtenidos después del almacenamiento para el empaque con bolsa de celofán y polietileno respectivamente, donde se puede apreciar que en la Región 1, no hay presencia del compuesto de geraniol para ambos tipos de empaques, el cual se pudo haber volatilizado por varias razones por el tipo de empaque utilizado, el manejo de la muestra o por el tiempo de almacenamiento.

Osorio et al. 2011 determinó los compuestos responsables del aroma en el nopal fresco utilizando como método de conservación atmósferas modificadas siendo los aldehídos (el hexanal, 2 hexanol y 2 heptenal) los responsables de las notas herbáceas en productos vegetales. El único compuesto que desapareció fue 2 heptenal después de 20 días de almacenamiento.

En el empaque de celofán los resultados fueron 2.01% de β-Citral, 3.33% de α-Citral, 15.26% de ácido n-hexadecanoico, 9.36% de ácido (z,z) 9,12-octadecadienoico y 24.97% de ácido (z,z,z) 9, 12, 15-octadecatrienoico. Para el empaque de polietileno fueron 0.77% de β-Citral, 1.24% de α-Citral, 19.30% ácido n-hexadecanoico, 13.52% ácido (z,z) 9,12-octadecadienoico y 31.06% ácido (z,z,z) 9, 12, 15-octadecatrienoico. Demostrando así que el empaque de celofán tiene mayor concentración en cuanto a los compuestos de β-Citral y α-Citral principios activos que se encuentran principalmente en el zacate limón. Bermudez, (2019) realizó un estudio sobre la composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de Psidium guajava y Cymbopogon citratus donde menciona que el α y β citral corresponden al 80,28% de los compuestos del aceite esencial de zacate de limón razón por la cual en el análisis aromático realizado se pudieron detectar dichos compuestos.

Por otra parte, se observa que en el empaque de polietileno las concentraciones de los compuestos presentes en la región 2 como el ácido n-hexadecanoico, ácido (z,z) 9,12-octadecadienoico y ácido (z,z,z) 9, 12, 15-octadecatrienoico son mayores con respecto al empaque de celofán.

Conclusiones

El análisis de composición química de la infusión a base de nopal y zacate limón reveló que existe una diferencia significativa en el material de empaque utilizado (celofán y polietileno) durante el almacenamiento del té. Los valores de humedad en los dos empaques evaluados aumentaron ligeramente al finalizar la evaluación sin poner en riesgo la conservación del té.

Al finalizar el periodo de almacenamiento establecido, las concentraciones de polifenoles totales y el % de DDPH fueron más altas en las muestras empaquetadas en bolsas de celofán a diferencia de los flavonoides cuya concentración fue mayor para la muestra empaquetada en bolsa de polietileno demostrando que el té posee antioxidantes.

El análisis aromático demostró que el empaque de celofán tiene mayor concentración de β-Citral y α-Citral principales componentes del aceite esencial del zacate limón.

El té a base de nopal y zacate limón muestra que el almacenamiento por 90 días conserva el aroma y las propiedades antioxidantes y químicas en ambos empaques.

Referencias

- Aguilar Tello J. D. y Torres Pérez L. G. 2023. Efecto del metodo de secado en las características fisicoquímicas, rendimiento y composición volátil del aceite esencial de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*). Universidad Nacional del Santa. Facultad de Ingeniería. Nuevo Chimbote, Perú.
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists.
- Benítez Estrada A, Villanueva Sánchez J, et al. (2010). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fitoquimioluminiscencia: correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). Vol 23 pp.1-9.
- Aguilar Tello J. D. y Torres Pérez L. G. 2023. Efecto del metodo de secado en las características fisicoquímicas, rendimiento y composición volátil del aceite esencial de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)
- Bermúdez Vásquez, M. J., Granados Chinchilla, F., & Molina, A. (2019). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus*. *Agronomía Mesoamericana*, 147-163.
- Córdova Villalobos cardiovascular J.A. et al (2009). Plan de Prevención Clínica de las enfermedades crónicas: sobrepeso, riesgo diabetes mellitus 2007-2012 y sistemas indicadores de diabetes en México. *Revista Mexicana de Cardiología*. Vol.20. No. pp.42-45.
- Carrillo Esper R, Lara Caldera B., Ruiz Morales J. M. (2010). Hierbas, medicina herbolaria y su impacto en la práctica clínica. *Revista. Investigación Med Sur Mex*; Vol.17. No. 3. pp. 124-130.
- Celis Fabian, E. F. (2009). Potencial nutraceutico de cladodios de nopal (*Opuntia spp.*). Tesis de Posgrado. Universidad Autónoma de Querétaro. México.
- Da Luz Castro J.(2015). Análisis de los requerimientos y características de materiales polimericos de empaque en el sector de la industria de alimentos en Costa Rica. Tesis. Universidad de Costa Rica.
- Gonzalez Rodriguez F., et al. (2020). Determinación del valor bromatológico y contenido de cladiodo de mucilago en el nopal (*Opuntia spp.*) de cerro y de invernadero del estado de Michoacán. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol.5. pp. 184-188.
- Guzmán Loayza D. & Chávez J. (2007). Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. Vol.73. No.1. pp. 41-45.
- Hwang R. y col. (2014). Changes in ginsenoside compositions and antioxidant activities of hydroponic-cultured ginseng roots and leaves with heating temperature. *Journal of ginseng research*, Vol.38 No. 3, pp.180-186.
- Laclette H.W (2018). Zacate limon, planta Antigua con grandes beneficios para la salud. México
- Lara E.Fernández J.M, Zepeda del Valle, et al. (2019). Etnomedicina de los altos de Chiapas, México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*. Vol 18. No.1 pp.42-57.
- Manzanarez-Tenorio, L. E., Ruiz-Cruz, S., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Márquez-Ríos, E., Del Toro-Sánchez, C. L., & Suárez-Jiménez, G. M. (2022). Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales de nopal morado (*Opuntia gosseliniana*) en dos etapas de coloración. *Biotecnia*. Vol.24. No.3. pp.101-106.
- Martin G.D.A. 2018. Los compuestos fenólicos: un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Vol.9. No. 1.
- Neveros Alaniz A. (2023). Comparación de la aportación antioxidante del nopal *Opuntia ficus indica* en fresco vs deshidratado

cultivado en Tepoztlán, Morelos principal productor del país. Tesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería.

Norajit B. J. Gu & Ryu G. H. (2011). Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice. *Food chemistry*, Vol.129. No. 4, pp.1919-1925.

Ordoñez Gómez E.S., Villanueva T. J y Reátegui Díaz D. (2018). Actividad antioxidante y polifenoles de infusiones herbarias fresca, seca y comerciales. *Investigación y Amazonía*, Tingo María. Perú. Vol. 8 No. 5. pp.26-35.

Osorio Cordoba J. et al. 2011. Volátiles responsables del aroma identificados en nopal verdura variedad Milpa Alta. Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería

Patiño, N. M., De León Rodríguez J., & Figueroa Hernández J. L. (2005). *Herbolaria*. Revista de la Facultad de Medicina UNAM, Vol.48. No.6, pp.248-250.

Ponce Luna A., Pérez Flores J. G. et al. 2023. Potencial del Nopal para su incursión en la industria de la confitería. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*. Vol 0.No.0.pp1-6.

Quishpi Guachalá, J. F. (2021). Utilización del nopal en la industria alimentaria para la elaboración de alimentos funcionales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba.

Rodríguez Saucedo R., Cong Hermida M. D. L. C., Martínez Ruiz R., Ramírez Valverde B., Piña-Ruiz H. H., Rojo Martínez G. E., & Vaquera-Huerta H. (2014). Envases inteligentes para la conservación de alimentos. *Ra Ximhai*, 10(6), 151-173.

SIAP Servicio de información agroalimentaria y pesquera, Gobierno de México. 2022.

Thanh Binh N.T., Thanh Tung B, Thi Mai N., Thi Hue. N. (2020). Validation of a High-Performance Liquid Chromatographic Method with Diode Array Detection for the Quantification of Citral and Formulation of Insect Repellent Cream from Lemongrass Oil. *VNU Journal of Science: Medical and Pharmaceutical Sciences*, Vol. 36, No. 1. pp.20-29.

Torres-Ponce R. L., Morales-Corral D, Ballinas-Casarrubias M. D. L. & Nevárez-Moorillón G. V. 2015. Nopal: semi-desert plant with applications in pharmaceuticals, food and animal nutrition. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.6. No. 5, 1129-1142.