



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
COLEGIO DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA
INFUSIÓN A BASE DE TEJOCOTE (*Crataegus
pubescens*) DESHIDRATADO.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

Ingeniero en Alimentos

PRESENTA:

ROSAS ADELL ARANTZA MARCELA

DIRECTORES DE TESIS:

DRA. PAOLA HERNÁNDEZ CARRANZA
DR. CARLOS ENRIQUE OCHOA VELASCO

Octubre, 2014



BUAP

Oficio No. FIQ/AC/1045/2014
Asunto: Modificación de Registro de Tema de Tesis

**C. ARANTZA MARCELA ROSAS ADELL
PASANTE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS
PRESENTE**

Por medio del presente me permito informarle, de la Modificación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería en Alimentos cuyo título es el siguiente:

“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA INFUSIÓN A BASE DE TEJOCOTE (*Crataegus pubescens*) DESHIDRATADO”.

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA**

Directora de Tesis: Dra. Paola Hernández Carranza
Co-Director de tesis: M.C. Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **ÚNICAMENTE POR UN AÑO**.

Atentamente
“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”
H. Puebla de Z., 9 de octubre del 2014

M.I.C. MA. GPE. TITA VÁZQUEZ DE LA CRUZ
SECRETARIA ACADÉMICA



C.c.p. Directora de Tesis: Dra. Paola Hernández Carranza
Co-Director de tesis: M.C. Dr. Carlos Enrique Ochoa Velasco
Minutario Facultad de Ingeniería Química

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00
Ext. 7250 y 7251

Índice

Índice de Tablas	5
Índice de Figuras	5
I. Introducción	6
II. Planteamiento del problema	7
III. Justificación	8
IV. Objetivos	9
4.1 Objetivo General	9
4.2 Objetivos Particulares	9
V. Hipótesis	9
VI. Marco teórico	10
CAPÍTULO 1. TEJOCOTE	10
1.1 Generalidades	10
1.2 Taxonomía	10
1.3 Composición	11
1.4 Producción	11
1.5 Usos y aplicaciones	12
CAPÍTULO 2. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS	12
2.1 Fenoles	12
2.2 Ácido ascórbico	13
2.3 Carotenoides	14
2.4 Beneficios de los antioxidantes	15
CAPÍTULO 3. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN	16
3.1 Métodos tradicionales	16
3.1.1 Deshidratación	16
3.1.1.1 Secado por arrastre	17
3.1.1.1.1 Secado por vaporización	17
3.1.1.2 Liofilización	17
CAPÍTULO 4. INFUSIÓN	18
VII. Metodología	20
7.1 Materia prima	21
7.2 Acondicionamiento del fruto	21
7.3 Métodos de secado	21
7.4 Molienda	21
7.5 Análisis fisicoquímico	22
7.5.1 pH	22
7.5.2 Sólidos solubles totales	22
7.5.3 Acidez titulable	22
7.5.4 Grado de madurez	22
7.5.5 Actividad de agua	22
7.5.6 Color	22
7.6 Caracterización proximal	22
7.6.1 Humedad	22
7.6.2 Cenizas	22
7.6.3 Fibra cruda	22
7.7 Obtención de la infusión	22

7.8	Compuestos bioactivos	23
7.8.1	Actividad antioxidante	23
7.8.1.1	Curva patrón	23
7.8.1.2	Extracto	24
7.8.2	Compuestos fenólicos	25
7.8.2.1	Obtención del extracto	25
7.8.2.2	Procedimiento	25
7.8.2.3	Curva patrón	25
7.9	Análisis estadístico	26
VIII.	Resultados y discusión	27
8.1	Escaldado	27
8.2	Secado	29
8.3	Caracterización fisicoquímica	30
8.4	Caracterización proximal	32
8.5	Compuestos fenólicos	33
8.6	Actividad antioxidante	35
8.7	Evaluación sensorial	38
8.8	Evaluación de color de infusiones	41
IX.	Conclusiones	42
X.	Bibliografía	43

Índice de Tablas

Tabla I. Información nutrimental de tejocote	11
Tabla II. Alimentos con alto contenido de compuestos fenólicos	16
Tabla III. Variables de estudio en las diferentes etapas de procesamiento	21
Tabla IV. Escala hedónica	23
Tabla V. Puntos para realizar curva estándar de actividad antioxidante	24
Tabla VI. Puntos para realizar curva estándar de compuestos fenólicos	26
Tabla VII. Parámetros de color evaluados antes y después del escaldado	27
Tabla VIII. Caracterización fisicoquímica de tejocote fresco y deshidratado	30
Tabla IX. Composición proximal de tejocote fresco y deshidratado	32
Tabla X. Parámetros de color de infusiones	41

Índice de Figuras

Figura 1. Árbol de tejocote	10
Figura 2. Estructuras químicas de los flavonoides más usuales	13
Figura 3. Estructura química del ácido ascórbico	14
Figura 4. Estructura química de carotenoides	15
Figura 5. Condiciones de liofilización	18
Figura 6. Diagrama general de trabajo	20
Figura 7. Frutos de tejocote posterior a tratamientos de escaldado (60°C; 5 y 8 min)	28
Figura 8. Pulpa de tejocote después de escaldar a 60°C, 5 minutos y adición de ácido cítrico	29
Figura 9. Cinéticas de secado de tejocote secado a bajas temperaturas (40°C y 60°C)	29
Figura 10. Frutos de tejocote fresco en secador dinámico	32
Figura 11. Compuestos fenólicos en tejocote deshidratado	33
Figura 12. Compuestos fenólicos en infusión de tejocote a diferentes condiciones de secado	34
Figura 13. Actividad antioxidante en frutos de tejocote deshidratado	36
Figura 14. Actividad antioxidante en infusiones	37
Figura 15. Evaluación de la fase gustativa de infusiones de tejocote deshidratado	38
Figura 16. Evaluación de la fase olfativa de infusiones de tejocote deshidratado	38
Figura 17. Evaluación de la fase visual de infusiones de tejocote deshidratado	39
Figura 18. Infusiones de tejocote deshidratado	40
Figura 19. Evaluación de preferencia de infusiones de té verde y tejocote deshidratado	40

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de tejocote se reporta con una plantación de 700 hectáreas, con una producción total de 3700 toneladas por año dentro del territorio nacional. Puebla es el principal productor de tejocote con un 89% (SIAP, 2013); sin embargo, este fruto ha sido poco explotado dentro del estado de Puebla, debido a diversos factores como la temporalidad, y a que es un fruto muy perecedero (3 a 5 días).

Diversos estudios han reportado que el tejocote es una fuente importante de pectina y de compuestos bioactivos con alta actividad antioxidante tales como la vitamina C, carotenos, ácido clorogénico y ácido epicatequino, presentes también en el café y té verde, respectivamente (Gutierrez, 2002). Estos componentes son sustancias químicas que se caracterizan por impedir o retrasar la oxidación de ácidos grasos, inhibir enzimas, entre otros, que tienen lugar en alimentos y que resulta en la rancidez y/o el deterioro de la calidad nutricional, color, olor, sabor, textura e inocuidad de los alimentos (Zamora, 2007; Guo 2009). Éstos, son considerados una alternativa para combatir cambios asociados al estrés oxidativo (López y Echeverri, 2007).

Existen métodos de conservación como la deshidratación, que ayudan a mejorar la disponibilidad de algunos alimentos; sin embargo, las altas temperaturas en combinación con los largos tiempos de exposición, así como el contacto con luz y oxígeno afectan el contenido de compuestos antioxidantes. Por tanto, se ha optado por el secado a bajas temperaturas, a vacío y secado por liofilización para poder obtener frutos deshidratados con potencial para ser usados como “Funcionales”.

El tejocote deshidratado puede utilizarse en líquidos de consumo diario como las infusiones, que son bebidas a base de hojas, tallos o frutos, fáciles de preparar y que recientemente se ha incrementado su consumo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue elaborar una infusión a base de tejocote deshidratado con diferentes condiciones de secado para su utilización extensiva como bebida con compuestos antioxidantes.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de tejocote se considera de temporalidad debido a que se cosecha en los meses de noviembre-diciembre (Reyes, 2010) por lo que su explotación es restringida, representando pérdidas para los productores de los estados de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Michoacán, entre otros; reportándose una producción total en el año 2012 de 3,495.70 toneladas (SIAP, 2013).

El tejocote es un fruto altamente perecedero (3 a 5 días) debido a la gran cantidad de enzimas presentes, así como el alto contenido de agua ($a_w = 0.95$), esto lo hace un fruto susceptible al deterioro microbiológico, pese a estas características es una fuente importante de pectina, es rico en sales minerales como calcio, fósforo, hierro entre otros, presenta componentes antioxidantes como carotenos, vitamina C, ácido epicatequino presente en el té verde y ácido clorogénico presente en el café.

Para mejorar la disponibilidad del fruto existen diferentes métodos de conservación como la deshidratación, que si bien ayuda a alargar la vida útil de los productos, debido a la eliminación de agua; muchas veces se pierden compuestos como los antioxidantes debido a las altas temperaturas que se emplean en los mismos, por lo que una alternativa que se presenta para la conservación de dichos componentes es la deshidratación a bajas temperaturas y/o la liofilización.

Al mejorar la disponibilidad de frutos de tejocote, el siguiente problema es el consumo del fruto deshidratado, siendo la infusión una opción para aprovechar los compuestos bioactivos que se conservan en el fruto después de su deshidratación.

III. JUSTIFICACIÓN

El fruto de tejocote (*Crataegus pubescens*) ha sido poco explotado por diversas razones como que es un fruto de temporalidad así como corta vida útil (3 a 5 días), para poder mejorar su aprovechamiento y evitar así pérdidas, es importante aplicar métodos de conservación, tales como la deshidratación, que conserven las sustancias bioactivas.

Al aplicar dichos métodos, se supera la barrera de la temporalidad, sin embargo el consumo se ve limitado debido al estado en el que el fruto se encuentra, por lo cual existen opciones de aplicación y/o procesamiento como las infusiones que son bebidas obtenidas de las hojas secas, partes de las flores o de frutos, a las cuales se les vierte o son introducidas en agua a temperatura mayor a la ambiente, sin llegar a ebullición, por lo que los componentes antioxidantes se podrían conservar, manteniendo así una de las propiedades características asociadas con las infusiones.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener una infusión a base de tejocote deshidratado con diferentes métodos y condiciones de secado para su utilización extensiva como producto con potencial funcional.

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

Realizar la caracterización fisicoquímica, proximal, compuestos fenólicos y actividad antioxidante del tejocote fresco.

Aplicar métodos de conservación como escaldado, liofilización y/o secado a bajas temperaturas (40°C y 60°C) en frutos de tejocote.

Llevar a cabo la caracterización fisicoquímica, proximal, actividad antioxidante y compuestos fenólicos de los frutos de tejocote deshidratado.

Elaborar una infusión a base de tejocote deshidratado, determinar su actividad antioxidante y compuestos fenólicos y realizar un análisis sensorial.

V. HIPÓTESIS

La liofilización como método de conservación, permitirá que la cantidad de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de tejocote fresco e infusión se mantenga en comparación con el secado tradicional.

VI. MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1. TEJOCOTE

1.1 Generalidades

La palabra tejocote proviene del dialecto náhuatl, de la etimología “Texocotl”, que significa fruta dura y ácida, es una planta nativa y endémica de México (Borys, 1991). El fruto de tejocote (*Crataegus pubescens*) es semejante a una pequeña manzana, presenta un sabor agridulce, es muy aromática, de color que va desde los tonos amarillos hasta los anaranjados, de forma regular tiene cuatro huesillos en su interior pero puede llegar a tener hasta 6, de 1 a 2 cm de diámetro, el árbol que alberga dichos frutos es un árbol caducifolio de tamaño que va desde los 4 hasta los 10 metros de alto (SIAP, 2013).



Figura 1. Árbol de tejocote (Fuente: Propia)

Desde el punto de vista de la comercialización, el tejocote de primera calidad es el fruto de mayor diámetro, mientras que la variedad *Crataegus mexicana* se considera de tercera calidad siendo el de menor diámetro, habiendo así frutos de diámetro que se encuentran dentro de estos dos, considerados de segunda calidad (Higareda, 1984).

1.2 Taxonomía

Phyllum: Plantae
Subphyllum: Spermatophyta
Clase: Magnoliophytina
Subclase: Magnoliopsida
Orden: Rosidas
Familia: Rosales
Subfamilia: Rosaceas

Fuente: SEMARNAT, 2014

1.3 Composición

El fruto de tejocote se caracteriza por ser un fruto rico en vitamina C, vitamina A, carotenos, sales minerales como calcio, fósforo, hierro y presenta un alto contenido de pectina (Higareda *et al.*, 1995), al ser un fruto se caracteriza por tener un alto contenido de agua así como de carbohidratos, teniendo como componentes minoritarios las grasas y proteínas (Tabla I); además presenta constituyentes con potencialidad antioxidante como el ácido epicatequino, presente en el té verde, y el ácido clorogénico presente en el café (Özcan *et al.*, 2004; Peschel *et al.*, 2008).

Tabla I. Información nutrimental de tejocote

Componente	%
Agua	74.70
Proteínas	0.80
Grasas	0.60
Cenizas	0.80
Carbohidratos totales	23.10
Colesterol (mg)	0.00
Calcio (mg)	94
Vitamina C (mg)	46
Hierro (mg)	1.60
Vitamina A equiv. Totales (µg)	422
Tiamina (µg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.06
Niacina (mg)	0.4

Fuente: FAO, 2013

1.4 Producción

Actualmente, en México el cultivo de tejocote se reporta con una plantación de 700 hectáreas siendo la producción nacional total de 3,495.70 toneladas por año, con un rendimiento de 4.09 Ton/Ha, encontrándose distribuidos en los estados de Oaxaca (2.7%), Jalisco (2.2%), Distrito Federal (1.8%), Chiapas (1.3%), Zacatecas (1%) y Puebla (89%), destacándose los municipios de San Martín Texmelucan y Huejotzingo (SIAP, 2013).

1.5 Usos y aplicaciones

En la actualidad, el principal uso del tejocote es durante las épocas decembrinas, en la elaboración de ponche, bebida tradicional que es asociada a las posadas mexicanas, también se consume como ate, jalea, mermelada e incluso en conserva (Franco *et al.*, 2009).

La pectina extraída del fruto se utiliza en la elaboración de cosméticos, así como en la industria farmacéutica, textil y siderúrgica; el fruto así como las hojas se utilizan como alimento de cerdos, chivos, borregos y conejos (SEMARNAT, 2014).

Del tejocote también se ha utilizado la raíz y la flor con fines medicinales para tratar la tos, la congestión de pecho y para padecimientos del corazón, debido a compuestos minoritarios presentes; también como madera para fabricar muebles, como planta de ornato, elemento de reforestación en zonas semi-áridas, como portainjerto de pera y durazno, leña y control de erosión (Higareda, 1991).

CAPÍTULO 2. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS

Los antioxidantes se definen como sustancias que, cuando están presentes en los alimentos en concentraciones bajas pueden retrasar o prevenir la oxidación del sustrato oxidable entendiéndose por sustrato oxidable todo (excepto agua) que se encuentre en alimentos y tejidos vivos, es decir, proteínas, lípidos, hidratos de carbono y moléculas de ADN (Pokorny *et al.*, 2001).

2.1 Fenoles

Los fenoles son compuestos que presentan uno o varios grupos OH- ligados a un anillo bencénico, se consideran compuestos aromáticos, siendo el compuesto más sencillo el fenol (Avello y Suwalsky, 2006). Dentro de los fenoles (Figura 2) presentes en alimentos se encuentran derivados de tocoferol, flavonoides y sus derivados, derivados de ácido gálico, ácido cinámico, cumarina, ácido elágico, derivados tánicos, terpenos fenólicos, derivados de lignina, resinas y polifenoles (Guo, 2009).

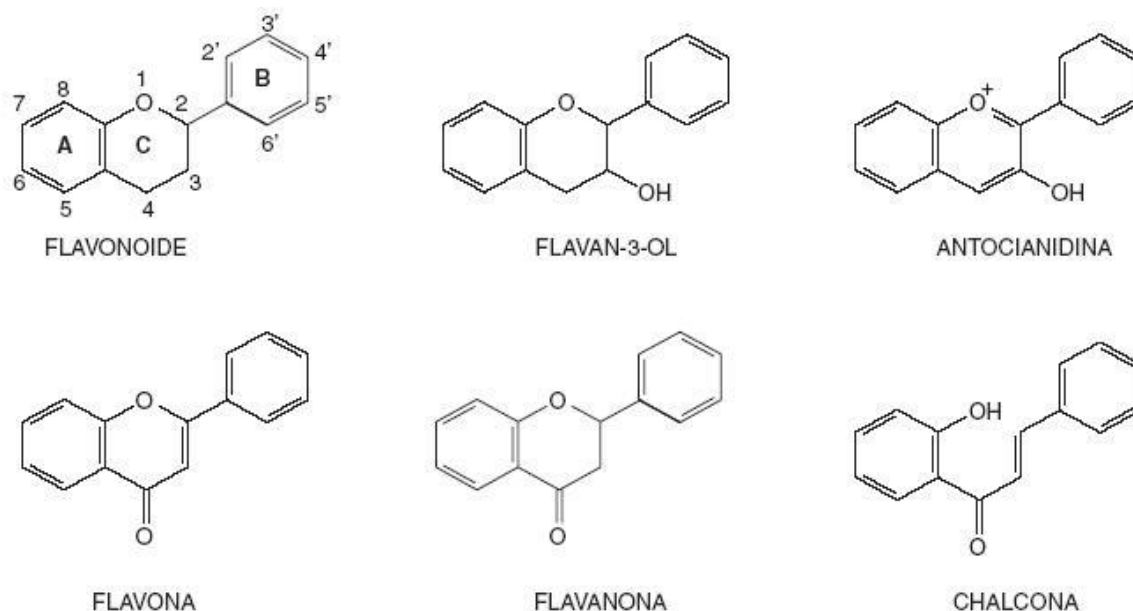


Figura 2. Estructuras químicas de los flavonoides más usuales (Fuente: Tenorio *et al.*, 2006)

2.2 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico (Figura 3) conocido también como vitamina C, es una vitamina hidrosoluble, emparentada químicamente con la glucosa, se presenta de forma natural en los vegetales y frutas, en algunos casos, como los frutos cítricos se encuentra en concentraciones de 50 mg/100 g.

Es una vitamina hidrosoluble y puede perderse por lixiviación, en esta pérdida influye mucho la superficie de contacto, aunque también es sensible a las reacciones de oxidación, reaccionando con gran facilidad durante el procesado de alimentos en presencia de oxígeno, donde la oxidación es dependiente del pH (Calvo, 2014).

Es un potente agente reductor y por lo tanto utilizado como antioxidante natural y como aditivo alimenticio en varios productos como néctares, bebidas carbonatadas, vinos, chocolates, se utiliza también para fortificar productos o conservar el contenido vitamínico (Grupo Industrial Aisa, 2014).

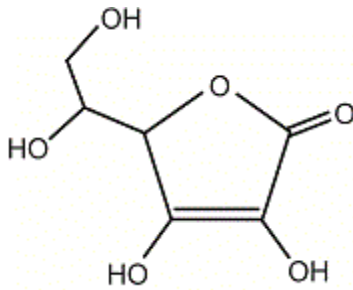


Figura 3. Estructura química del ácido ascórbico (Fuente: King, 2013)

2.3 Carotenoides

Los carotenoides o tetraterpenoides (Figura 4) son una clase de pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono, en su mayoría son solubles en solventes apolares y de coloraciones que oscilan entre el amarillo (β -caroteno) y el rojo (licopeno). El caroteno más común es el β -caroteno, normalmente constituye entre el 25-30% del contenido total de carotenoides presentes en plantas (Martínez, 2003).

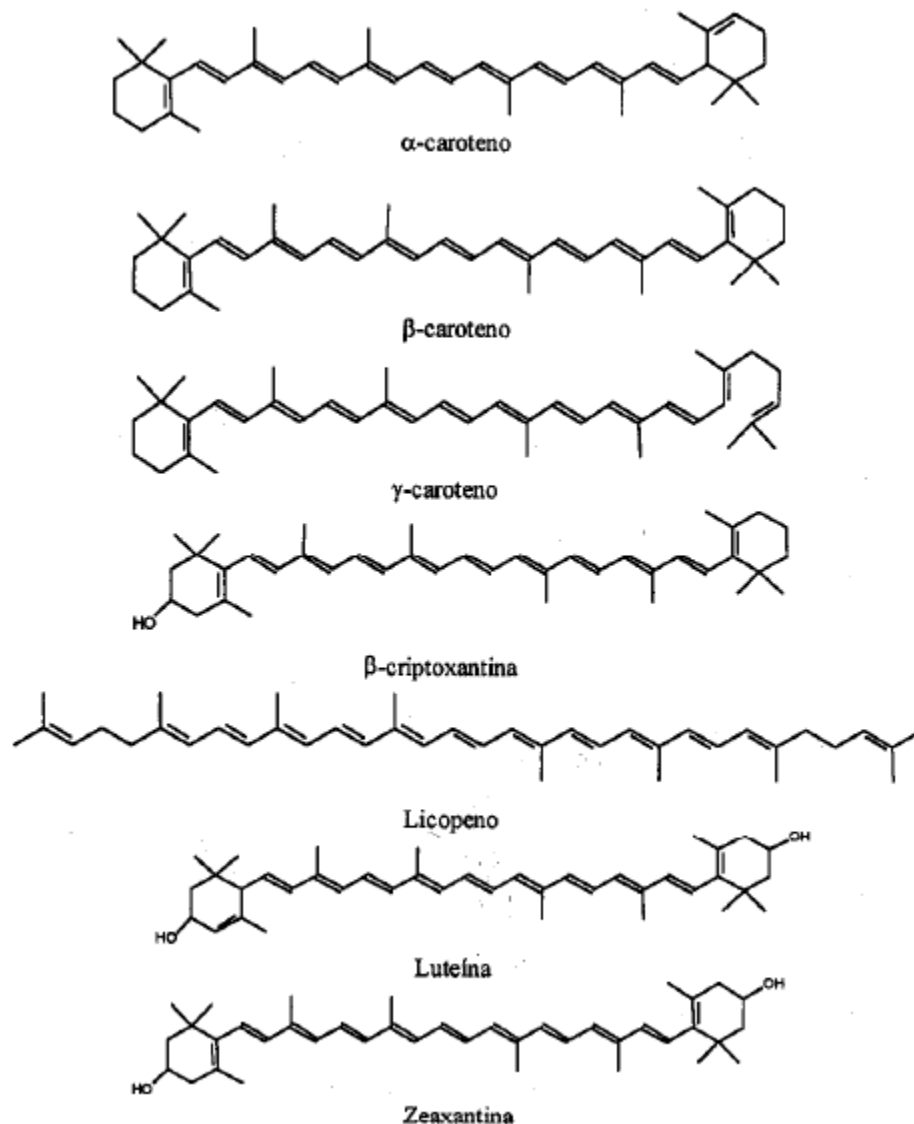


Figura 4. Estructura química de carotenoides (Fuente: González, 2011)

2.4 Beneficios de los antioxidantes

Los compuestos antioxidantes que se presentan de forma natural en los frutos imparten una cierta protección, retardando así la oxidación de lípidos, lipoproteínas, también inhiben enzimas oxidativas e hidrolíticas (Guo, 2009). Sin embargo, durante el procesamiento de los frutos se pierden gran parte de los compuestos antioxidantes. En la industria alimentaria estos componentes juegan un papel muy importante, evitando malos sabores, rancidez y también ayudan a mantener el valor nutricional de los productos alimenticios, por estas razones se considera un grupo indispensable dentro de los aditivos alimenticios (Pokorny *et al.*, 2001).

En la Tabla II se presentan algunos alimentos que contienen alto contenido de compuestos fenólicos, dentro de dichos alimentos se encuentra el tejocote, fruto que, además de ser rico en vitamina C y carotenos, contiene compuestos como las catequinas.

Tabla II. Alimentos con alto contenido de compuestos fenólicos

Producto	Antioxidante
Frijol de soya	Isoflavonas, ácidos fenólicos
Té verde, té negro	Polifenoles, catequinas
Café	Esteres fenólicos
Vino tinto	Ácidos fenólicos, polifenoles
Romero	Ácido carnósico, ácido rosmárico
Cítricos	Bioflavonoides, chalconas
Cebollas	Quercetina, camferol
Aceitunas	Polifenoles
Tejocote	Ácido epicatequino, ácido clorogénico

Fuente: Avello y Suwalsky, 2006

CAPÍTULO 3. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

Existen diferentes métodos que sirven para alargar la vida útil de algunos productos alimenticios, los cuales se clasifican en métodos de conservación tradicionales y tecnologías emergentes.

3.1 Métodos tradicionales

Dentro de los métodos tradicionales se encuentran la tecnología de obstáculos, en donde se modifican dos o más de los siguientes factores, como el pH, la actividad de agua, la adición de conservadores, la temperatura, adicionando sal, así como cultivos protectores, antibióticos y una flora competitiva, con el fin de disminuir o retardar el crecimiento de microorganismos deteriorativos.

Uno de los métodos tradicionales más destacados por su bajo costo es la deshidratación, en donde los factores que tienen efecto son la temperatura y tiempo de exposición, pero resulta poco eficiente para la conservación de algunos alimentos con compuestos antioxidantes debido a que estos componentes son termosensibles (Acevedo *et al.*, 2002).

3.1.1 Deshidratación

La deshidratación es un método de conservación de alimentos que se basa en la eliminación de la totalidad del agua libre de un sólido y por lo tanto la reducción de la actividad de agua (a_w), bajo ciertas condiciones como son temperatura, humedad y progresión del secado debidamente controlados por medio de la aplicación de

corrientes de aire, esto con el fin de ralentizar los procesos de deterioro a los que se ve sometido un alimento, los productos de la deshidratación son sólidos con un contenido de agua inferior a 10% (Revista virtual pro, 2014).

Para la deshidratación de alimentos es necesario considerar los principios básicos como son: principios psicométricos, curvas de secado, área superficial y la relación tiempo y temperatura (Potter, 1973).

Existen diferentes métodos de deshidratación tales como secados solar, aire caliente, microondas, liofilización, atomización, deshidratación osmótica, entre otros (Vega y Lemus, 2006)

Se puede clasificar los métodos de secado en función de la forma en que se pierde agua:

3.1.1.1 Secado por arrastre

3.1.1.1.1 Secado por vaporización. Consiste en calentar el alimento lo suficiente para que el agua contenida alcance el punto de ebullición y de esta forma abandone el alimento, sin embargo estos métodos ayudan a la degradación química siendo el principal problema la desnaturalización de las proteínas, así como el cocimiento del producto, debido a esto las temperaturas recomendadas son entre 50°C y 60°C (Valdés, 2008). El calor necesario para efectuarse la vaporización del agua lo suministra el aire. Puede efectuarse de 2 maneras:

Modo discontinuo. Después de haber cargado el secador, se hace circular el aire de secado, el cual puede circular paralelo al objeto a secar o pasar perpendicular a través del mismo.

Modo continuo. La alimentación del producto así como el aire, entran continuamente en el secador, variando las condiciones de aire y del producto a secar (UNAM, 2014).

3.1.1.2 Liofilización. Es una deshidratación en la que la retirada de agua tiene lugar por sublimación, sometiendo al alimento a condiciones de temperatura inferiores a las del punto triple (Figura 5), permitiendo extraer más de 75% de agua. Requiere atmósfera de alto vacío, pero la ausencia de aire y el frío al que se somete el alimento hace que se obtengan alimentos de buena calidad que se rehidratan con mayor facilidad (UNAM, 2014).

Para este tratamiento, los parámetros que se modifican son temperatura y presión de forma tal que el agua contenida en el producto no pase por la fase líquida, por esto es necesario tener el producto previamente congelado.

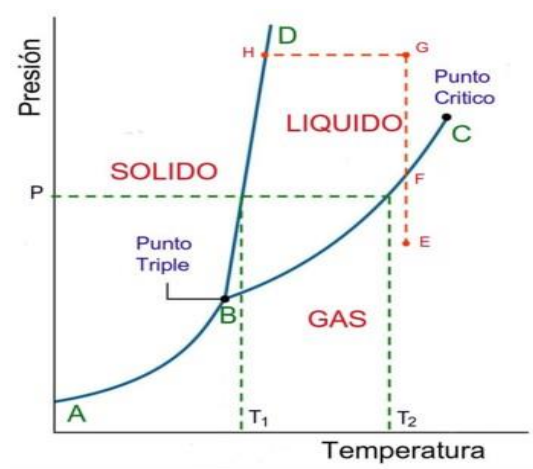


Figura 5. Condiciones de liofilización (Fuente: Herrasti *et al.*, 2014)

Este método tiene ventajas respecto a otros métodos de secado; por ejemplo se obtienen productos de redisolución rápida, la forma y características del producto final son esencialmente las originales, es un proceso idóneo para sustancias termolábiles, teniendo protegidos los constituyentes oxidables, también hay un menor riesgo de degradación química, el alimento es menos susceptible a la contaminación microbiológica debido al bajo contenido de humedad final (Universidad de Valencia, 2014).

La liofilización tiene diferentes aplicaciones, dentro de la industria farmacéutica se utiliza para la conservación de plasma, huesos, sueros, antígenos, enzimas, antibióticos, vacunas, vitaminas, bacilos lácticos entre otros; tiene también aplicaciones para la conservación de flores, plantas y restos arqueológicos (Universidad de Valencia, 2014).

Dentro de la industria alimentaria, actualmente se utiliza para sopas deshidratadas, postres, comidas para microondas, snacks, mezclas con cereales, en la industria de confitería, chocolate y golosinas como barras de cereal.

Lo importante para una buena conservación por deshidratación es que el producto tenga una baja actividad de agua (a_w), en general una humedad por debajo del 10% hace inactivos a los microorganismos y enzimas, mientras que humedades por debajo del 5% sirven para conservar cualidades nutricionales y sensoriales de los alimentos (ITESCAM, 2014).

CAPÍTULO 4. INFUSIÓN

Una infusión es una bebida obtenida de las hojas secas, partes de las flores o de los frutos, a las cuales se les vierte o se les introduce en agua a una temperatura mayor a la ambiente sin llegar a ebullición, con la finalidad de extraer los principios activos (Wiseman *et al.*, 1997).

Para realizar una infusión es necesario extraer una determinada sustancia de una planta o elemento orgánico, generalmente se ubica en la zona del tallo o la raíz de

dicha planta. Además de los beneficios particulares que cada planta infunde sobre el organismo humano, existen una serie de beneficios que colaboran con el funcionamiento integral del mismo, ya que todas ayudan a proteger las células porque poseen un efecto antioxidante.

En los últimos años, el consumo de este tipo de bebidas se ha incrementado considerablemente entre la población mexicana (Rivera *et al.*, 2008), destacando las infusiones de manzanilla, limón, hierbabuena, árnica, y boldo, atribuyéndose la preferencia de éstas al sabor agradable que presentan, además de proveer efectos benéficos a la salud, como la actividad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana, las cuales están relacionadas con el contenido de compuestos fenólicos (Pereira *et al.*, 2009).

Las infusiones pueden clasificarse según su lugar de procedencia, su nivel de oxidación, su color, incluso se pueden hacer mezclas entre ellos (Hurtado *et al.*, 2012).

VII. METODOLOGIA

En la Figura 6 se muestra el diagrama general de trabajo.

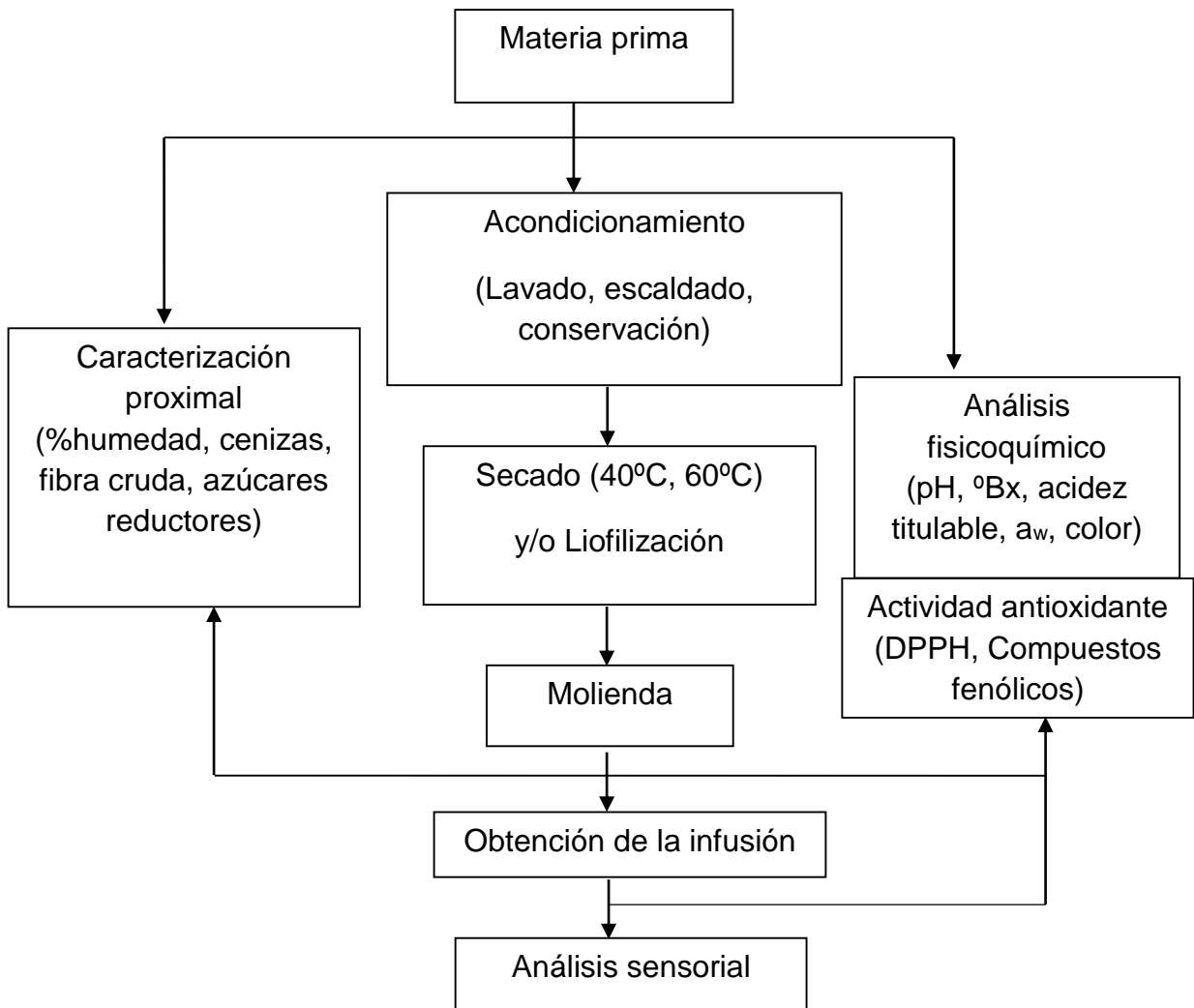


Figura 6. Diagrama general de trabajo

Tabla III. Variables de estudio en las diferentes etapas de procesamiento

Etapa	Variables independientes	Variables dependientes	
Acondicionamiento	Tiempo	5 min 8 min	Color
	Sales	Metabisulfito de sodio 200 ppm Ácido cítrico 5% p/v	
Secado	Temperatura	60°C 40°C	Humedad
		Liofilización	
Infusión	Polvo con diferentes métodos de secado	Compuestos fenólicos Capacidad antioxidante	

En la Tabla III, se muestran las variables de estudio en las diferentes etapas de procesamiento de este trabajo.

7.1 Materia prima.

El tejocote fue obtenido en la central de Abastos de la ciudad de Puebla, proveniente de la región de Huejotzingo, Puebla; los frutos fueron elegidos mediante una inspección visual, verificando que se encontraran libres de golpes, plagas y sin cambios de color en la superficie.

7.2 Acondicionamiento del fruto

Lavado. Se realizó de forma manual con agua corriente. Posteriormente se realizó un escaldado a 2 diferentes tiempos (5 y 8 min) con una temperatura establecida (60°C) con la adición de dos conservadores (metabisulfito de sodio a 200 ppm y ácido cítrico al 5% p/v), se determinó el método óptimo de escaldado en base al color obtenido mediante un colorímetro Colorgard System/05. Después del escaldado, se retiró la cáscara del fruto para colocarlo en una solución de ácido cítrico al 5% p/v por 2 minutos para conservar los frutos de forma que al modificar el pH disminuyera el riesgo de crecimiento de microorganismos, transcurrido el tiempo se colaron y se colocaron en bolsas con cierre hermético para su posterior congelación a -20°C.

7.3 Métodos de secado

Se aplicó el proceso de secado a dos diferentes temperaturas (40°C y 60°C) mediante un secador dinámico vertical armado exproceso (Electroquim, México) por 7 h y la liofilización se realizó en un liofilizador marca Labconco con condiciones de temperatura a -40°C y presión de 0.005 mm Hg durante 24 h, llegando a peso constante a un %Humedad menor al 13%.

7.4 Molienda

El proceso de molienda se llevó a cabo en un molino de café marca Hamilton Beach, los polvos obtenidos fueron tamizados hasta obtener un tamaño de partícula malla

80, para posteriormente ser conservados en frascos ámbar, en oscuridad, hasta su uso.

La caracterización fisicoquímica, proximal, de antioxidantes y compuestos fenólicos mencionada a continuación se realizó por triplicado a frutos de tejocote fresco y deshidratado.

7.5 Análisis fisicoquímico

El análisis fisicoquímico consistió en:

7.5.1 pH se determinó siguiendo la metodología 981.12 de la AOAC (2000), midiéndose en una muestra de tejocote diluido en agua en 1:10 utilizando un potenciómetro modelo 310 WPACD.

7.5.2 Sólidos solubles totales se realizó con un refractómetro modelo PAL α 1 Atago, Japón; siguiendo la metodología 932.12 de la AOAC (2000).

7.5.3 Acidez titulable se realizó por titulación con una solución estandarizada de NaOH 0.1 N, de acuerdo al método 942.15 de la AOAC (2000), expresado como % de ácido málico.

7.5.4 Grado de madurez. El grado de madurez se determinó con los valores del contenido de sólidos solubles totales y la acidez titulable obtenidos después de la recepción del fruto.

7.5.5 Actividad de agua (a_w) se realizó mediante un higrómetro (AquaLab 3TE, DeCagon Devices Inc, E.U.A).

7.5.6 Color se evaluó el color mediante los parámetros *L* (Luminosidad, blanco-negro) *a* (verde-rojo) y *b* (amarillo-azul) de la escala Hunter, utilizando un colorímetro Colorgard System/05 Gardner System, EUA; en el fruto fresco se realizó la determinación colocando el fruto entero con cáscara, en el fruto escaldado se realizó colocando la pulpa de 3 frutos diferentes y para el fruto deshidratado se colocaron 3 g de forma que se cubriera la celda utilizada, el producto analizado fue el obtenido después del proceso de molienda.

7.6 Caracterización proximal

7.6.1 Humedad se evaluó mediante secado en estufa a peso constante a 105°C de acuerdo al método 925.25 de la AOAC (1995).

7.6.2 Cenizas se realizó siguiendo el método 31.012 de la AOAC (1995) mediante incineración en mufla a 550°C.

7.6.3 Fibra cruda se realizó mediante una hidrólisis ácido-base siguiendo la metodología 7.073 de la AOAC (1984).

7.7 Obtención de la infusión.

Para la elaboración de la infusión se colocó 1 g de cada polvo en una bolsa de té hecha de fibra de papel, dicha bolsa se colocó en agua a 60°C durante 3 minutos.

Se evaluó la aceptación de la infusión mediante una evaluación sensorial con 80 jueces no entrenados, con una escala hedónica, donde se evaluó la fase olfativa, gustativa y visual, para cada uno de los tratamientos utilizados; por otro lado se realizó una evaluación de preferencia evaluando solo la fase gustativa, de las infusiones obtenidas de tejocote y de té verde, todas las infusiones se prepararon con las condiciones antes mencionadas y una concentración del 1% de sacarosa para la evaluación sensorial.

En la Tabla IV. se muestra la escala hedónica que se utilizó para la evaluación sensorial.

Tabla IV. Escala hedónica

Valor	Descripción
1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta poco
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta poco
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Mientras que para la evaluación de preferencia se utilizaron solamente 4 puntos siendo 1= me gusta poco, 2= me gusta moderadamente, 3= me gusta poco y 4=me gusta muchísimo.

Se realizó también la determinación de actividad antioxidante y de compuestos fenólicos de la infusión con las condiciones de 1 g de polvo en 200 mL de agua a 60°C por 3 minutos, se retiró la bolsa de té del agua y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

7.8 Compuestos bioactivos

En estas determinaciones se utilizó té verde de marca comercial con fines comparativos.

7.8.1 Actividad antioxidante Para conocer la actividad antioxidante se siguió el método del radical DPPH (2,2- Difenil – 1- Picrilhidracilo) propuesto por Kuskoski *et al.*, (2005) cuyo principio es que el radical DPPH tiene un electrón desapareado y es de color azul-violeta, decolorándose hacia amarillo pálido por la reacción de la presencia de una sustancia antioxidante, siendo medida espectrofotométricamente a 517 nm.

7.8.1.1 Curva Patrón.

Preparación de radical. El radical DPPH se obtuvo de mezclar 4 mg del reactivo DPPH en 100 mL de metanol al 80% v/v.

Preparación de Trolox. El reactivo de Trolox se obtuvo mezclando 3.2 mg de dicho reactivo en 10 mL de metanol con una concentración del 80% v/v.

La curva estándar se realizó con 8 puntos cada uno por triplicado, de acuerdo a la Tabla V.

Tabla V. Puntos para realizar curva estándar de actividad antioxidante

Tubo	μL de Trolox	mL de DPPH	mL de solvente
1	0	2	2
2	15	2	1.985
3	25	2	1.975
4	40	2	1.96
5	50	2	1.95
6	65	2	1.935
7	75	2	1.925
8	100	2	1.9

La mezcla se agitó y se dejó reposar durante 30 min en la oscuridad, posteriormente se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 517 nm en un espectrofotómetro 64905UV/Vis Jenway (Reino Unido).

Se calculó el porcentaje de inhibición con la ecuación 1.

$$\%I = \frac{abs\ i - abs\ f}{abs\ i} \quad \text{Ec 1.}$$

Donde I es el porcentaje de inhibición (%); abs_i es absorbancia inicial y abs_f es absorbancia final de la reacción.

Con los valores obtenidos se realizó una gráfica de % inhibición vs concentración de Trolox, se realizó la regresión lineal y se obtuvo la ecuación que sirvió para determinar el contenido de Trolox en la muestra.

7.8.1.2 Extracto.

La actividad antioxidante del fruto así como de los polvos obtenidos se realizó mediante un extracto obtenido, colocando 0.1 g de muestra en un matraz aforado de 10 mL ámbar, se aforó con metanol al 80% v/v, se agitó por 10 minutos, se filtró y se tomó 0.1 mL que se colocaron en un tubo ámbar con 2 mL del radical DPPH, 1.9 mL de solvente, se realizó por triplicado y se dejó en oscuridad por 30 minutos a temperatura ambiente, después se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro 64905UV/Vis Jenway (Reino Unido), a una longitud de onda de 517 nm.

Para las infusiones se colocó 1g de polvo en 200 mL de agua destilada a 60°C por 3 minutos, se dejó enfriar, utilizándose esta solución como extracto.

7.8.2 Compuestos fenólicos

El contenido de compuestos fenólicos se realizó siguiendo el método propuesto por Gao et al., (2000) con modificaciones; el cual se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo de Folin- Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con cualquier tipo de fenol, formando complejos fosfomolibdico- fosfotúngstico.

7.8.2.1 Obtención del extracto.

El extracto de fruto fresco y deshidratado se preparó con una cantidad de muestra en función de la curva estándar, se aforó en un matraz aforado de 10 mL con etanol, se agitó por 10 minutos y después se filtró.

El extracto de las infusiones se realizó colocando 1 g de polvo en 200 mL de agua destilada a 60°C por 3 minutos y se dejó enfriar.

7.8.2.2 Procedimiento.

En un tubo ámbar se mezclaron 2 mL de agua destilada con 200 μ L de reactivo de Folin-Ciocalteu, se añadieron 100 μ L de extracto, se incubaron durante 3 minutos a temperatura ambiente. Se preparó un blanco en el cual se sustituyó la cantidad de reactivo por agua destilada.

Se añadió 1 mL de solución de Na_2CO_3 al 20% se mezclaron perfectamente y se incubaron durante 1 hora en oscuridad a temperatura ambiente.

Transcurrida la hora, se pasó el contenido del tubo a una celda para espectrofotómetro de 4 mL y se midió la absorbancia de la muestra a 765 nm en un espectrofotómetro 64905UV/Vis Jenway (Reino Unido).

Para determinar la cantidad de compuestos fenólicos se realizó una curva estándar con ácido gálico, de la cual se realizó una regresión lineal obteniendo la ecuación 2 con una $R^2 = 0.9673$.

$$y = 0.0378 x + 0.0678 \quad \text{Ec. 2}$$

7.8.2.3 Curva patrón.

Se preparó una solución madre de 33 mg de ácido gálico aforado a 100 mL con agua destilada y de ella se tomaron alícuotas de acuerdo a la Tabla VI. para preparar las soluciones requeridas para los puntos de la curva.

Tabla VI. Puntos para realizar curva estándar de compuestos fenólicos

Tubo	mL de agua destilada	μL de reactivo de Folin	μL de ácido gálico	mL de Na_2CO_3
1	2	200	0	1
2	2	200	17	1
3	2	200	34	1
4	2	200	50	1
5	2	200	67	1
6	2	200	100	1

7.9 Análisis estadístico

Después de obtener los datos se realizó un análisis estadístico aplicando un ANOVA y pruebas de comparación de Tukey con un 95% de confianza usando el software Minitab v.16. (Lead Technologies Inc., EUA).

VIII. Resultados y discusión.

8.1 Escaldado

Posterior a la recepción de la materia prima se evaluaron los parámetros de color (L , a y b), los cuales se muestran en la Tabla VII.

Se realizaron 4 tratamientos de escaldado, los tratamientos de escaldado fueron a 60°C , sin embargo los tratamientos 1 y 2 se escaldaron por 5 minutos con la adición de ácido cítrico y metabisulfito de sodio respectivamente, mientras que los tratamientos 3 y 4 se llevaron a cabo por 8 minutos con la adición de las mismas sales, ácido cítrico en el tratamiento 3 y metabisulfito de sodio en el tratamiento 4.

Tabla VII. Parámetros de color evaluados antes y después del escaldado

Tratamiento	L	a	b	C	h
Fresco	38.28 ± 0.70^a	22.69 ± 0.90^a	42.21 ± 0.16^a	47.93 ± 0.25^a	61.74 ± 0.82^a
1	46.71 ± 0.74^b	15.88 ± 0.13^b	51.65 ± 1.15^b	54.03 ± 1.05^b	72.94 ± 0.56^b
2	47.53 ± 0.95^b	13.61 ± 0.19^b	48.43 ± 1.31^c	50.31 ± 1.21^c	74.30 ± 0.62^c
3	49.75 ± 2.05^b	14.59 ± 0.53^b	51.18 ± 1.94^b	53.23 ± 1.72^{bc}	74.07 ± 1.11^{bc}
4	46.98 ± 0.93^b	13.83 ± 0.96^b	47.17 ± 0.79^c	49.22 ± 0.55^c	73.67 ± 3.52^{bc}

Nota: Letras diferentes en columna indican diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$)

Nota: C = saturación de color y h = tonalidad

En la Tabla VII se muestra que el tejocote antes del escaldado tiene una luminosidad del 38% con tonalidades amarillo-anaranjadas de acuerdo a los valores a y b de la escala Hunter, presentando una diferencia significativa respecto a los tratamientos de escaldado, en donde se observa un aumento de la luminosidad de un 21% hasta un 28%, pese a este aumento de la luminosidad después de los tratamientos de escaldado no se observa diferencia estadística significativa entre ellos.

El aumento de la luminosidad (L) podría ser debido a la inmersión en ácido cítrico a la cual el fruto se sometió, ya que este reduce el pH lo cual modifica la actividad enzimática del fruto y también actúa como agente quelante de algunos iones metálicos como el hierro y el cobre, los cuales promueven algunas reacciones de oscurecimiento (Barreiro y Sandoval, 2006).

Para el parámetro (a) se observa una disminución después de los tratamientos de escaldado, es decir, los valores son cercanos a las tonalidades verdes, esto podría ser debido a que el escaldado es un tratamiento que, además de inactivar enzimas y disminuir microorganismos, también ayuda a la fijación así como el incremento de la clorofila; mientras que para los valores de (b) hay un aumento después de aplicar los diferentes tratamientos de escaldado, sin embargo el tiempo de exposición presenta diferencia significativa, la diferencia se observa entre los dos aditivos utilizados, si bien existe un aumento de este parámetro hacia las tonalidades amarillas, se observa un aumento de este valor en los tratamientos en los que hubo

la adición de ácido cítrico, lo cual podría ser debido a que dicho conservador, además de evitar el pardeamiento enzimático también tiene un efecto blanqueador y quelante, mientras que el metabisulfito solo evita la oxidación actuando sobre agentes oxidantes presentes.

El parámetro (C) indica la intensidad o saturación del color que va de 0, una saturación baja (es decir, gris neutral, negro o blanco) a 100 una saturación muy alta, para el fruto de tejocote fresco se observa una intensidad del 47%, es decir presenta una saturación media a diferencia de otros frutos como el mango que presentan un valor de intensidad que va de 55 a 57% (Barret y Mitcham, 2011). En el caso de los frutos escaldados presentan un incremento de la intensidad sin embargo el tiempo de escaldado no presenta una diferencia entre los valores obtenidos mientras que las sales utilizadas en los tratamientos tienen un efecto que presenta diferencia significativa, presentando esta diferencia debido a la diferencia que se muestra en los valores del parámetro (b).

Mientras que el parámetro (h) del ángulo hue varía de 0° (rojo) hasta 90° (amarillo), 180° (verde), 270° (azul), es decir, el fruto presenta una tonalidad cercana a la amarilla de acuerdo a los valores del ángulo hue, presentando diferencia significativa entre el fruto fresco y el fruto después de los tratamientos, es decir, que los tratamientos de escaldado permiten que los tonos amarillos sobresalgan.

En la Figura 7. se muestran frutos de tejocote posterior a los diferentes tratamientos de escaldado, en la izquierda frutos de tejocote escaldados a 60°C por 5 minutos, en la derecha, frutos de tejocote escaldados a 60°C por 8 minutos.



Figura 7. Frutos de tejocote posterior a tratamiento de escaldado (60°C; 5 y 8 min)

Posterior a dichos tratamiento y la medición de los parámetros de *L*, *a* y *b* de la escala de color se eligió el tratamiento de 60°C por 5 minutos y la adición de ácido cítrico por inmersión en una solución al 5% durante 2 minutos, éste utilizado como conservador, obteniendo pulpa como la que se muestra en la figura 6.



Figura 8. Pulpa de tejacote después de escaldar a 60°C, 5 minutos y adición de ácido cítrico.

8.2 Secado

Posterior a los tratamientos de escaldado, se realizaron dos diferentes métodos de secado, la liofilización y el secado a bajas temperaturas, del cual se realizó una cinética de la pérdida de peso de los frutos durante el tiempo de secado, la cual se muestra en la figura 9.

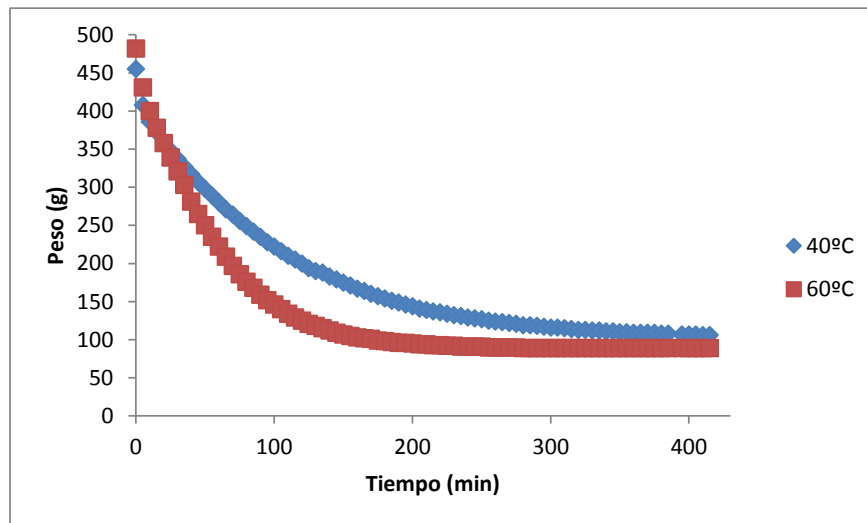


Figura 9. Cinéticas de secado de tejacote secado a bajas temperaturas (40°C y 60°C) después de escaldar.

En donde se observa que la pérdida de peso es mayor durante las primeras 2 h en el tratamiento a 60°C y se tiene un peso final menor que el obtenido a 40°C pese a que ambos llegaron a peso constante y tuvieron el mismo tiempo de exposición, sin embargo el tratamiento que se eligió como óptimo dependió del contenido de

compuestos fenólicos, actividad antioxidante y de la aceptación que tuvo la infusión por parte de los jueces.

La humedad inicial del fruto de tejocote fue de 82.03 ± 1.39 %, para finalizar con un % de humedad de 12.68 ± 0.65 para el tejocote secado a 40°C , 10.08 ± 0.06 para el tejocote secado a 60°C y 6.76 ± 0.18 para el tejocote liofilizado, presentando así una disminución del 47% de humedad del tejocote liofilizado respecto al tejocote secado a 40°C , esta disminución hace de la liofilización un proceso de secado eficiente, y por lo tanto un proceso de conservación útil, ya que conserva las características sensoriales a una humedad considerablemente baja en comparación de los otros métodos utilizados. Si bien el valor de humedad del fruto fresco (82%) es consistente con que sea un fruto altamente perecedero, se encuentra por encima del valor reportado por Özcan *et al.* (2004) para el género *Crataegus* (64%).

8.3 Caracterización fisicoquímica

Después de los tratamientos de secado, se realizó una evaluación fisicoquímica la cual se muestra en la Tabla VIII.

Tabla VIII. Caracterización fisicoquímica de tejocote fresco y deshidratado

Propiedad	Fresco	40°C	60°C	Liofilizado
pH	3.71 ± 0.03 ^a	2.95 ± 0.01 ^b	3.07 ± 0.04 ^b	2.98 ± 0.03 ^b
°Brix	6.60 ± 0.20 ^a	6.00 ± 0.00 ^b	6.30 ± 0.10 ^c	5.07 ± 0.06 ^d
% acidez (ácido málico)	2.28 ± 0.29 ^a	2.61 ± 0.08 ^a	3.29 ± 0.08 ^b	5.64 ± 0.03 ^c
aw	0.955 ± 0.00 ^a	0.623 ± 0.00 ^b	0.557 ± 0.00 ^c	0.438 ± 0.00 ^d
Color (L)	38.28 ± 0.70 ^a	54.96 ± 0.26 ^b	66.70 ± 0.58 ^c	76.63 ± 0.01 ^d
Color (a)	22.69 ± 0.90 ^a	9.06 ± 0.10 ^b	9.26 ± 0.04 ^b	2.11 ± 0.02 ^c
Color (b)	42.21 ± 0.16 ^a	38.15 ± 0.09 ^b	38.11 ± 0.77 ^b	34.24 ± 0.03 ^c

Nota: Letras diferentes en renglon indican diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$)

Se observa una disminución y diferencia significativa del pH de los frutos posterior a los tratamientos de secado respecto al pH del fruto fresco, esta disminución podría ser debido a la exposición que tuvieron los frutos en la solución de ácido cítrico posterior al escaldado, pese a esto, los valores se encuentran próximos a la media (3.31 ± 0.29) que reporta Franco *et al.*, 2009, siendo el valor más alejado el que se reporta para el tejocote fresco, el cual se encuentra por arriba del valor reportado por Özcan en el 2004 para el género *Crataegus* (3.38).

Respecto al contenido de sólidos solubles, los tratamientos presentan una diferencia significativa siendo el tejocote liofilizado el de menor valor, esto debido al tipo de partícula que se obtiene en dicho tratamiento, al adicionarle agua a este polvo para la determinación se tiene una solución homogénea que permite mejor el

paso de la luz respecto de las demás soluciones. El fruto fresco presenta un contenido mayor de sólidos solubles, respecto a lo reportado por De la Cruz (2014). Donde presenta valores de °Brix de 4.2 y 3.8 para dos genotipos diferentes recolectados en el estado de Puebla, esto es debido a que el fruto de tejocote es caracterizado por un bajo contenido de sólidos solubles totales.

El valor de acidez titulable expresado como % de ácido málico, presenta una diferencia significativa entre el tejocote fresco, el tejocote secado a 60°C y el fruto liofilizado, siendo estos tratamientos en donde existe un aumento, pese a este aumento los valores se encuentran dentro del rango (1% y 6.2%) reportado por Franco *et al.* (2009), lo cual también concuerda con lo reportado por Özcan en el 2004 para el género *Crataegus*.

Estos dos parámetros (°Brix y acidez titulable) sirven para determinar el grado de madurez del fruto obteniendo un valor de 2.89 para el fruto de tejocote fresco, esto indica que se encuentra en la fase de maduración comercial, es decir en la que el fruto es consumido debido a que presenta el sabor ácido característico de la fruta, si este valor fuera mayor, como en el caso de las frutas demasiado maduras, carecería de su sabor característico (FAO, 2014).

Con respecto al valor de actividad de agua, este valor en fruto fresco es alto lo cual es consistente con que el fruto sea un alimento altamente perecedero, siendo éste el principal problema para su comercialización.

El valor de a_w del tratamiento de liofilización presenta una disminución del 50% respecto del fruto fresco, teniendo así un alimento estable como los cereales, frutos secos o galletas, considerándolo un método más eficiente al eliminar agua respecto de los otros tratamientos.

En cuanto a los valores de los parámetros L , a y b de la escala Hunter, se observan 3 grupos. Si bien hay un aumento de luminosidad respecto del fruto fresco, los valores de a y b , presenta una disminución, es decir, tienden a una coloración verde, siendo el tejocote liofilizado en donde presenta el valor más bajo del parámetro a , esto podría ser debido al tratamiento de escaldado que fija la clorofila y durante el tratamiento de eliminación de agua, se pierden algunos pigmentos como carotenoides por lixiviación. En la Figura 10 se muestran frutos de tejocote antes de deshidratarse en un secador dinámico.



Figura 10. Frutos de tejocote fresco en secador dinámico.

8.4 Caracterización proximal

También se llevó a cabo una caracterización proximal después de la recepción del fruto así como posterior a los tratamientos de secado y molienda del fruto, los resultados se presentan en la Tabla IX.

Tabla IX. Composición proximal de tejocote fresco y deshidratado

Componente (%)	Fresco	40°C	60°C	Liofilizado
Cenizas	0.65 ± 0.00 ^a	0.03 ± 0.00 ^b	0.05 ± 0.00 ^b	0.04 ± 0.00 ^b
Fibra cruda	11.65 ± 0.30 ^a	11.79 ± 0.04 ^a	8.83 ± 0.60 ^b	7.25 ± 0.26 ^c
Azúcares reductores	1.88 ± 0.05 ^a	8.56 ± 0.43 ^b	13.36 ± 0.46 ^c	12.75 ± 0.17 ^c

Nota: Letras diferentes en renglones indican diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$)

Si bien los valores como la fibra y los azúcares se ven afectados por la humedad que presenta cada uno de los tratamientos, el contenido de cenizas no muestra una diferencia significativa después de los tratamientos de secado que se realizaron.

La fibra cruda está relacionada con el contenido de pectina, una de las características principales del fruto. Este componente se ve afectado por el tratamiento realizado, presentando una diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el que mejor conserva este componente el tratamiento a 40°C, debido a que a medida que se aumenta la temperatura de secado, disminuye el contenido de fibra debido a la degradación de los materiales que la componen (Hincapié *et al.*, 2010), sin embargo el contenido de fibra cruda en los frutos después de liofilizar es menor que los tratamientos a bajas temperaturas, esto podría ser debido a la presión a la que se somete el fruto y no a la temperatura.

El contenido de azúcares reductores muestra un aumento y diferencia significativa, entre los tratamientos a 60°C y liofilizado respecto al tratamiento a 40°C, y un incremento después de los tratamientos, sin embargo es importante mencionar que posterior a los tratamientos de secado a bajas temperaturas, los frutos presentan coloraciones que pueden ser debido a la exposición prolongada al calor o debido a las enzimas aún presentes.

8.5 Compuestos fenólicos

Después de los análisis fisicoquímico y proximal se realizaron pruebas de actividad antioxidante y de compuestos fenólicos.

Obteniéndose un valor de 43.22 ± 3.41 mg de ácido gálico/100 g de pulpa, este valor es consistente con lo reportado por García *et al.* (2013), donde evalúa diferentes genotipos de tejocote, encontrándose frutos provenientes del estado de Puebla que tienen uno de los mayores contenidos de fenoles (500 mg/100 g de peso fresco) sin embargo también se encuentran los genotipos *Crataegus rosei* y *Crataegus aurescens*, los cuales presentan un contenido menor a 100 mg/100 g de peso fresco.

Por otro lado se determinó el contenido de fenoles en el fruto deshidratado a diferentes temperaturas, los resultados obtenidos se encuentran en la Figura 11.

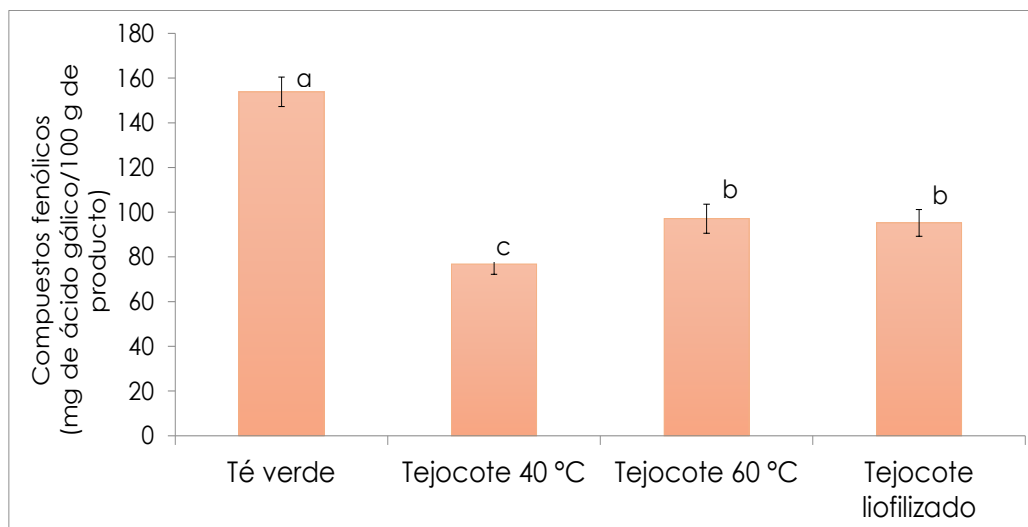


Figura 11. Compuestos fenólicos en tejocote deshidratado

Se observa una disminución del 69%, 61% y 62% para los tratamientos a 40°C, 60°C y liofilización, respectivamente, después de compararlo con el contenido de fenoles presentes en el fruto fresco (254mg/100 g de producto B.S.) sin embargo entre los tratamientos a 60°C y liofilización no se observa diferencia significativa ($p < 0.05$), mostrando un valor mayor que el tejocote secado a 40°C, esto concuerda con lo que reporta Uurrea *et al.*, (2012) en donde trabaja con diferentes temperaturas de secado y menciona que los polifenoles son más sensibles al largo

tiempo de exposición al tratamiento térmico que al efecto de la temperatura, es decir que hay una degradación mayor a temperaturas bajas mientras que a temperaturas mayores la degradación disminuye; es por eso que los componentes fenólicos del fruto secado a 60°C no presentan diferencia significativa con los frutos liofilizado.

Al mencionar el té verde se observa un contenido mayor respecto a los frutos de tejocote, mostrando una diferencia significativa, esto podría ser debido al tratamiento de cocción que llevan las hojas del té, ya que al tener menor contenido de humedad, el tiempo de exposición a las temperaturas de secado es menor. Otro factor que podría afectar esta diferencia entre el té verde y los frutos de tejocote deshidratado es que los frutos presentan diversos componentes que son característicos de los mismos, como carbohidratos, e incluso grasas, siendo los compuestos fenólicos, componentes bioactivos que se encuentran en una proporción pequeña a diferencia de del contenido que se encuentra en las hojas.

Se realizó también la determinación de compuestos fenólicos en las infusiones hechas a base de tejocote con diferentes condiciones de secado y de té verde el cual se utilizó con fines comparativos, los resultados se muestran en la Figura 12.

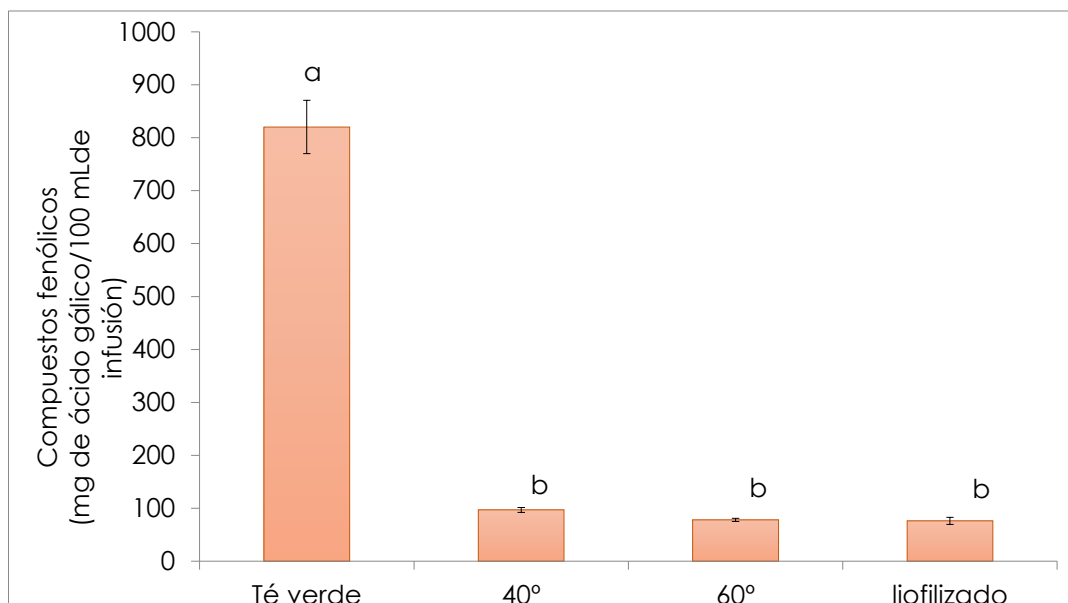


Figura 12. Componentes fenólicos en infusión de tejocote a diferentes condiciones de secado.

Se muestra una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre la infusión de té verde y las infusiones a base de tejocote deshidratado, a pesar de haber realizado la infusión de la misma forma (1 g en 200 mL de agua a 60°C por 3 minutos). Si bien entre las infusiones de tejocote no presenta diferencia significativa, se observa un incremento de los compuestos fenólicos con respecto al contenido que tienen como polvo, esto podría ser debido a dos factores, el solvente con el que fueron extraídos, en este caso agua, y para el caso del polvo se extrajo con etanol y el segundo factor es la aplicación de calor en la infusión ya que como se menciona estos compuestos son termosensibles, aunque hay muchos compuestos fenólicos

que disminuyen al aumentar la temperatura, hay una gran parte que son mayormente extraídos con las altas temperaturas, como es en el caso de las infusiones.

Es importante destacar que no hay reportes de haber realizado infusiones con frutos o con productos liofilizados, las infusiones se realizan de forma tradicional con hojas como es el caso del té verde o del té negro, en donde llevan un tratamiento de cocción con condiciones establecidas, las cuales ayudan a la conservación e incluso el aumento de dichos componentes.

De acuerdo al estudio realizado por Muñoz *et al.*, (2012) en donde realizó la determinación de compuestos fenólicos de diferentes infusiones (200 mL de agua destilada a punto de hervir a cada bolsa de té, dejando reposar durante 10 min protegidas de la luz con papel aluminio y con agitación ligera cada 2 min), reporta que el té verde contiene 1.628 mg eq. de ácido gálico/mL de infusión, mientras que la manzanilla contiene 0.069 mg eq. de AG/ mL de infusión, siendo éste el contenido mayor y menor de las infusiones evaluadas de la misma marca, respectivamente, al comparar estos valores con los obtenidos para las infusiones de tejocote se muestra que el tejocote, deshidratado mediante 3 condiciones diferentes presenta un contenido mayor que el reportado por Muñoz *et al.* (2012) para el té verde.

Existe una diferencia significativa entre los valores reportados y los obtenidos, pueden atribuirse a la variabilidad genética de las plantas, la composición del suelo, el clima, el método de cosecha, el almacenamiento postcosecha, así como al muestreo y las prácticas de elaboración (Friedman *et al.*, 2009). También es de importancia considerable el método utilizado así como las variaciones y el tratamiento que llevaron las muestras antes de su determinación.

Como se ha mencionado el tejocote presenta componentes que se encuentran también en el café, Mattila *et al.*, (2006), midieron el contenido de ácidos fenólicos en diferentes alimentos, concluyendo que el café es la fuente más rica de éstos reportando un valor entre 70 y 350 mg de ácido clorogénico por cada 200 mL de café; si bien en este estudio solo se realizó el contenido de componentes fenólicos reportados como mg de ácido gálico, podría considerarse al tejocote, debido a los valores obtenidos, una buena fuente de ácido clorogénico debido a que es uno de los dos componentes fenólicos principales que presenta.

8.6 Actividad antioxidante

También se realizó la determinación de la actividad antioxidante en el fruto fresco obteniendo un valor de 55.63 ± 5.48 μg Trolox/100 g de pulpa. García *et al.* (2013), determinó la actividad antioxidante de diferentes genotipos de tejocote del estado de Puebla reportando valores que van de 0.10 a 0.35 $\mu\text{g}/\text{mL}$, siendo estos valores la concentración requerida para inhibir el 50% de DPPH después de 30 minutos.

Pellegrini *et al.*, (2003) reporta valores de 506.59 mg de Trolox para moras, que son frutos caracterizados por tener alto poder antioxidante, mientras que para la manzana, fruto que presenta características similares al tejocote, reporta valores de

39.79 mg de Trolox, siendo estos valores mayores a los valores obtenidos en el tejacote fresco.

También se determinó la actividad antioxidante del producto después de los tratamientos de secado (Figura 13) y de las infusiones realizadas (Figura 14) teniendo como referencia al té verde.

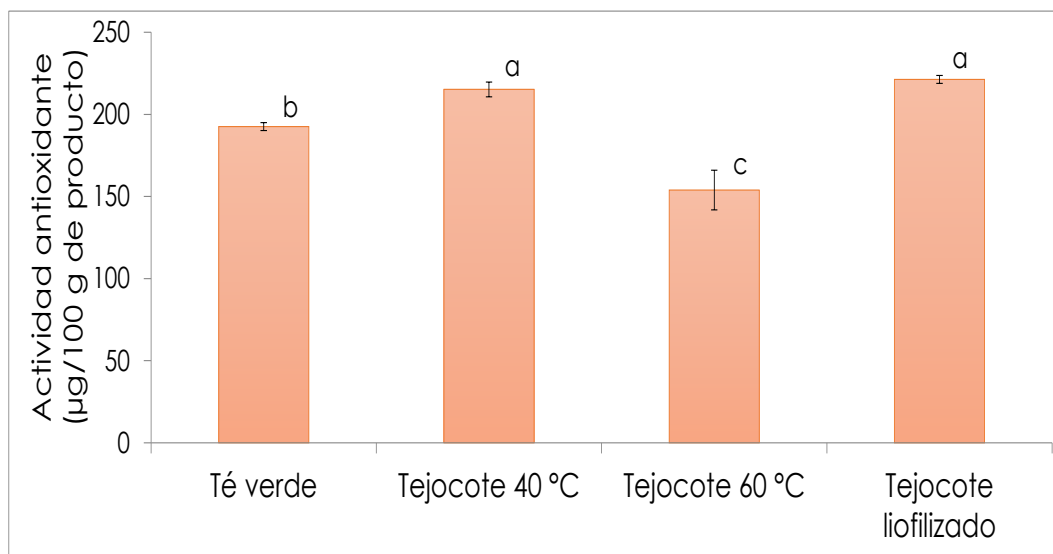


Figura 13. Actividad antioxidante en frutos de tejacote deshidratado.

La Figura 13 muestra una diferencia significativa entre dos de los tres tratamientos utilizados siendo el secado a 60°C el tratamiento que muestra un valor menor respecto de los otros dos. En este caso la actividad antioxidante podría estar afectada por la temperatura a la que fueron sometidos los frutos y no al tiempo de exposición como es el caso de los componentes fenólicos, esto debido a que existen otros componentes que se sabe tienen actividad antioxidante sin embargo son poco estables al aumentar la temperatura como es el caso de la vitamina C, uno de los componentes característicos del fruto de tejacote. Se observa que la liofilización no solo es un método de conservación eficiente al disminuir la actividad de agua (a_w) y el contenido de humedad, también conserva los componentes fenólicos y el contenido de Trolox presente, teniendo una actividad antioxidante inclusive mayor que la actividad que presenta el té verde.

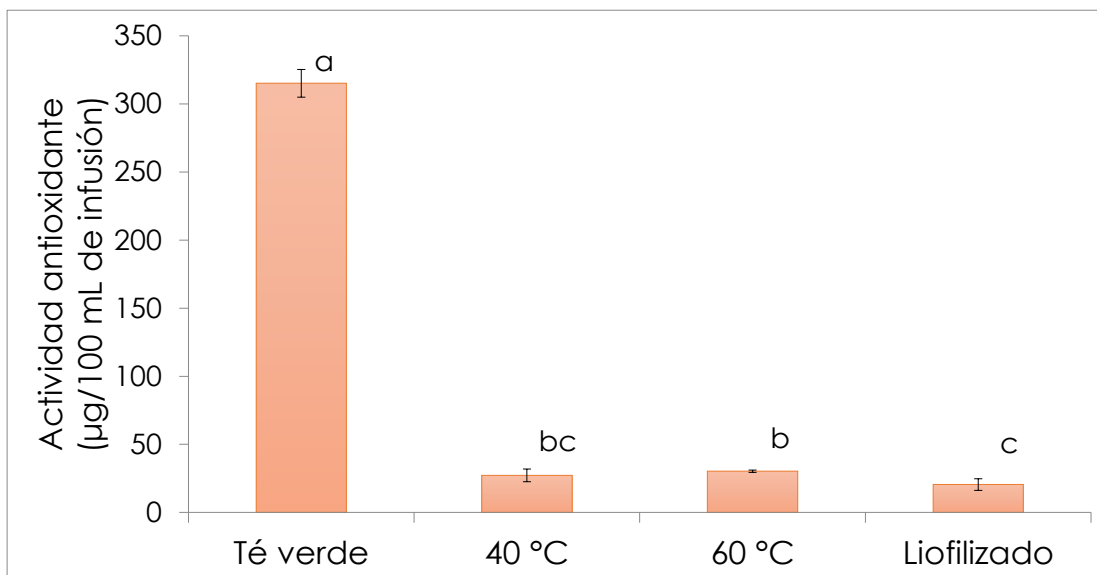


Figura 14. Actividad antioxidante en infusiones

En la Figura 14 se muestran los valores obtenidos de la actividad antioxidante de las infusiones a base de tejocote y té verde. Las infusiones de tejocote presentan diferencia significativa entre dos de los tratamientos, el secado a 60°C y la liofilización, teniendo valores de 30.25 ± 0.80 µg Trolox/100 mL de infusión y 20.51 ± 4.29 µg de Trolox/100 mL de infusión, respectivamente, mientras que el tratamiento a 40°C no presenta diferencia significativa con los 2 tratamientos restantes. Pese a que presenta una mayor actividad antioxidante el tejocote liofilizado, en la infusión se ve disminuida su actividad respecto a las infusiones de tejocote secado a bajas temperaturas, esto podría relacionarse con la formación de aglomerados que se presenta en el liofilizado al colocarlo en contacto con el agua.

Pellegrini et al., (2003) reporta valores de 150.42 mg Trolox para el té verde, para el té negro 90.10 mg Trolox, y para el café 812.94 mg de Trolox, dichos valores se encuentran por encima de la actividad antioxidante obtenida en este estudio, sin embargo la actividad antioxidante del café no solo se debe a los compuestos fenólicos sino que también a la presencia de algunos compuestos derivados del tostado como melanoidinas (Daglia *et al.*, 2004) y la cafeína la cual tiene una actividad antioxidante similar a glutatión y superior al ácido ascórbico, este componente es característico del tejocote pero sensible a las altas temperaturas (Shi et al., 1991).

Si bien hay un aumento de la actividad antioxidante respecto al producto, ya que para el caso de las infusiones se utilizó un gramo de polvo, el efecto de la temperatura no tiene un impacto considerable, ya que se ve afectado por el solvente que se utilizó siendo en este caso agua, lo que no permite la extracción completa.

Muñoz et al., (2012) reporta una actividad que varía en el rango de 0.52 µeq. Tx/mL hasta 4.9 µeq. Tx/mL para infusiones de manzanilla y té verde, respectivamente, obteniendo valores superiores a las infusiones de tejocote, esto podría ser debido a

la concentración inicial que estos téns tengan ya que son flores y hojas las que se utilizaron en dicho estudio.

8.7 Evaluación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial mediante una escala hedónica y de preferencia, los resultados se muestran en las Figuras 15, 16, 17 y 18, respectivamente.

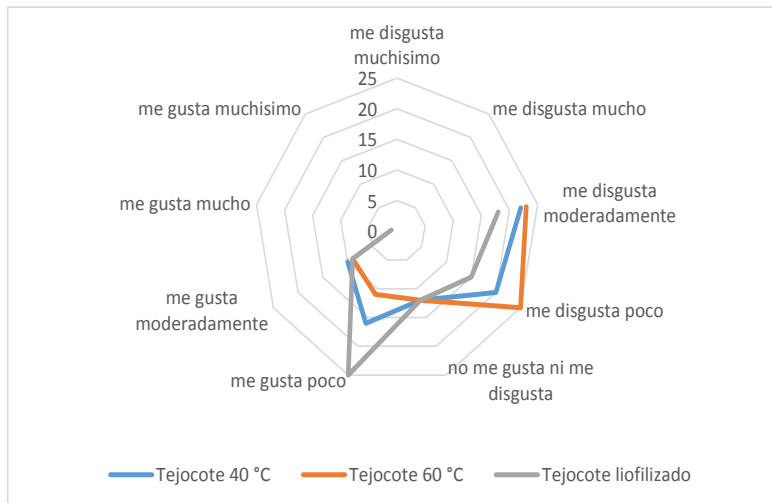


Figura 15. Evaluación de la fase gustativa de infusiones de tejacote deshidratado

Al evaluar el sabor de las infusiones a base de tejacote con diferentes condiciones de secado no se muestra diferencia significativa entre ellas, sin embargo la infusión elaborada con tejacote liofilizado presenta una mejor aceptación que las infusiones elaboradas con los tratamientos restantes, a pesar de las observaciones que realizaron en donde los jueces mencionan que las infusiones presenta un sabor ácido.

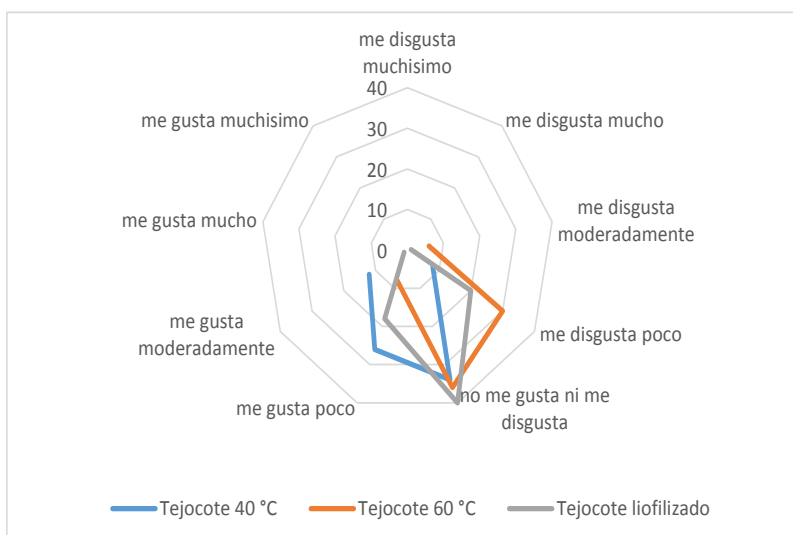


Figura 16. Evaluación de la fase olfativa de infusiones de tejacote deshidratado

Respecto a la fase olfativa, las infusiones presentan diferencia significativa, teniendo un mayor agrado la infusión a base de tejocote secado a 40°C ya que presentó un aroma similar al del tejocote fresco. Pese a estas observaciones, es importante destacar que al almacenar los polvos en frascos cerrados, el tejocote liofilizado conserva un aroma herbal, mientras que los polvos restantes conservan el aroma característico del fruto, sin embargo este aroma solo se presenta en la infusión que presento mayor agrado.

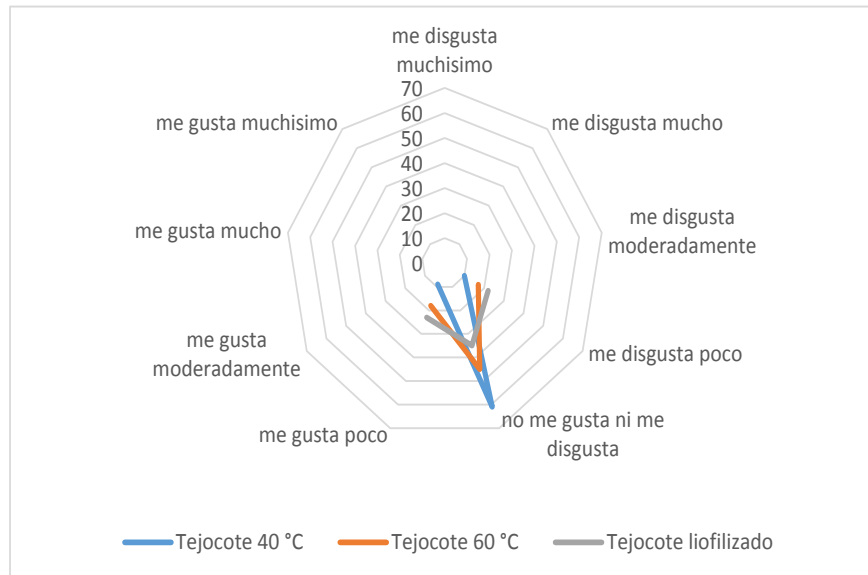


Figura 17. Evaluación de la fase visual de infusiones de tejocote deshidratado.

En la fase visual, en donde se evaluó el color, no presenta diferencia significativa, ya que la infusión no presenta la coloración característica del fruto, a pesar de tener compuestos como los carotenoides que son pigmentos naturales, las infusiones se muestran en la Figura 18.



Figura 18. Infusiones de tejacote deshidratado

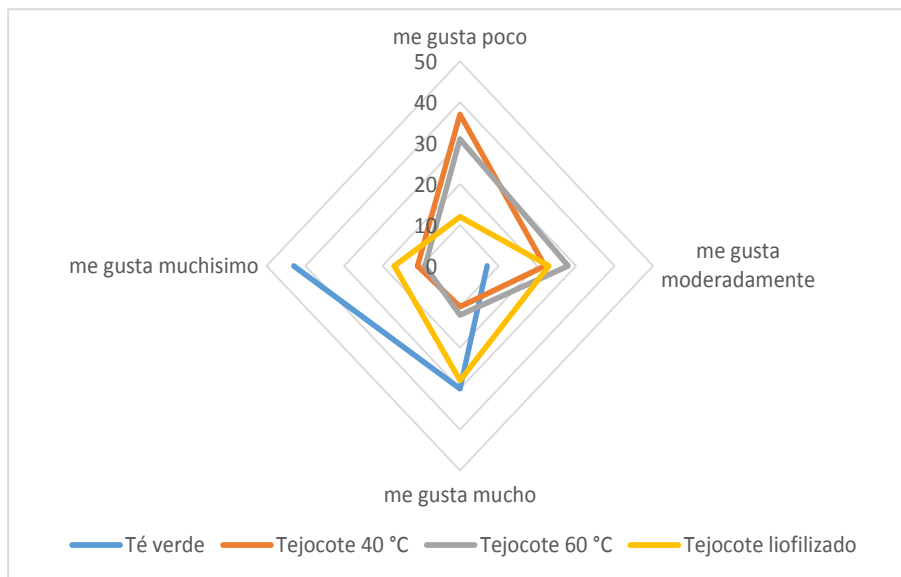


Figura 19. Evaluación de preferencia de infusiones de té verde y tejacote deshidratado

En la figura 19 se muestra una diferencia en la preferencia entre las infusiones siendo el té verde la que presenta una mayor aceptación ya que al adicionarle el 1% de sacarosa presenta un sabor característico de un té, teniendo sabores dulces y herbales, mientras que en las infusiones de tejacote sobresalen los sabores ácidos, pese a estos sabores no hubo rechazo por parte de los jueces.

El sabor ácido que presentan las infusiones puede ser debido a dos factores, el sabor característico del fruto, y la inmersión en ácido cítrico a la cual se sometieron los frutos después de ser escaldados.

8.8 Evaluación de color de infusiones.

Por último se evaluó el color de las infusiones antes de la adición de sacarosa. Los resultados se muestran en la Tabla X.

Tabla X. Parámetros de color de infusiones

Tratamiento	L	a	b
Té verde	2.35 ± 0.09 ^a	-0.37 ± 0.10 ^c	-0.47 ± 0.64 ^b
40°C	0.66 ± 0.07 ^b	0.28 ± 0.12 ^b	-0.09 ± 0.11 ^a
60°C	0.70 ± 0.04 ^b	0.32 ± 0.21 ^b	-0.51 ± 0.46 ^c
Liofilizado	0.87 ± 0.08 ^b	0.60 ± 0.16 ^a	-0.54 ± 0.27 ^c

Nota: Letras diferentes en columna indican diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$)

En donde, las infusiones a base de tejocote no muestran una diferencia significativa entre ellas, sin embargo la infusión de té verde muestra una luminosidad mayor y diferencia significativa, esto es debido a que las infusiones de tejocote son transparentes, al tener un valor cercano al cero (negro) es debido a que reflejan la luminosidad de la celda utilizada para cubrirlas, mientras que el té verde al tener una coloración diferente, no permite esto.

Respecto a los valores del parámetro (a), presentan diferencia significativa entre las infusiones de tejocote, siendo la infusión con tejocote liofilizado la que tiene el valor mayor, esto podría ser debido a que, como se muestra en la figura 18, presenta turbidez, es decir no es completamente clara; por otro lado la infusión de té verde, presenta diferencia significativa con las infusiones de tejocote, presentando valores negativos, es decir tonalidades verdes, las cuales son características de dicha infusión.

El parámetro (b) muestra una diferencia significativa entre las infusiones de tejocote a 40°C y el resto, pese a esta diferencia tienen valores negativos, es decir tiende a las coloraciones azules, es decir que los colorantes naturales que tiene el fruto no se presentan en las infusiones, esto podría ser a los componentes bioactivos que se presentan en la infusión.

IX. Conclusiones

Al aplicar métodos de conservación simples, como el escaldado, adicionando ácido cítrico y temperaturas de congelación, se alarga la vida útil del fruto por meses, sin embargo para tener un producto más estable, es decir una vida útil de más de un año, es preferible la aplicación de métodos de eliminación de agua.

Después de evaluar los métodos de escaldado que se aplicaron, las condiciones de 60°C por 5 minutos y la adición de ácido cítrico por inmersión son las que conservan los parámetros de color similares al fruto fresco.

Si bien se esperaba que los componentes fenólicos disminuyeran con el tratamiento de mayor temperatura, éstos, se ven afectados por el tiempo de exposición del tratamiento y no por la temperatura, de forma contraria la actividad antioxidante aumenta debido a los tratamientos de secado, en donde se presentó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos utilizados.

Teniendo así, una liofilización que no solo disminuye el % de humedad y la actividad de agua (a_w), también potencializa la actividad antioxidante del fruto deshidratado, y mantiene el contenido de fenoles a pesar de que el tratamiento se llevó a cabo durante 24 horas.

Las infusiones permiten el aumento de compuestos fenólicos debido a la temperatura utilizada, teniendo así un producto con potencial para ser usado como funcional.

La infusión a base de tejocote liofilizado presenta un mayor agrado debido a que las infusiones de tejocote deshidratado a 40°C y 60°C presentan el sabor característico del fruto, por esto se recomienda la adición de sacarosa o edulcorantes.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo B., Montiel, M. y Avanza, J. 2002. Efecto del tratamiento térmico en la capacidad antioxidante total de jugos de pomelo, naranja y mandarina. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/08-Exactas/E-013.pdf>. Adquirido: 26/04/2014
- AOAC. 1984, 1995, 2000. Official Methods of Analysis. 14a edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Washington D.C., EUA.
- Avello, M. y Suwalsky, M. 2006. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Atenea 494 161-172.
- Barreiro, M., J., A. y Sandoval, B., A., J. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Editorial Equinoccio. Venezuela. Pp. 108-111.
- Barret, D., M. y Mitcham, E., J. 2011. Efecto de las características de la fruta y el tratamiento postcosecha sobre la calidad de la textura del mango fresco cortado. Disponible en: http://www.mango.org/sites/default/files/Fresh-Cut_Final_Report_SPN.pdf. Adquirido: 24/08/2014.
- Borys, M., W. 1991. Valor ecológico del tejocote. Memoria del Primer Encuentro Nacional del Tejocote. Conferencia Magistral Morelia Michoacán México p 11-12.
- Calvo, M. 2014. Bioquímica de los alimentos. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/vitamins/ascorbico.html>. Adquirido: 10/10/2014
- Daglia, M., Racchi, M., Papetti, A., Lanni, C., Govoni, S y Gazzani, G. 2004. In vitro and ex vivo antihydroxyl radical activity of Green and roasted coffee. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52: 1700-1704
- De la Cruz, M., E., M. 2014. Estudio de los flavonoides de diez genotipos de tejocote (*Crataegus pubescens*) y su uso potencial como alimento funcional. Disponible en: http://sappi.ipn.mx/cgpi/archivos_anexo/20071499_5082.pdf. Adquirido: 11/06/14
- FAO, 2013. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Disponible: <http://www.rlc.fao.org/pt/conheca-a-fao/o-que-faz-a-fao/estatisticas-e-informacao/composicion-alimentos/busqueda/?clave=C563>. Adquirido: 02/03/2014.
- FAO, 2014. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Disponible: <http://faostat.fao.org/agriculturechapingo>. Adquirido: 24/08/2014.

- Franco, M., O., Aguirre, O., S., Morales, R., E. J., González, H., A. y Gutiérrez, R., F. 2009. Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) de Lerma y Ocoyoacac, México. CIENCIA ergo sum, Vol. 17- 1, marzo-junio. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Pp. 61 - 66.
- Friedman, M., Levin, C., E., Lee, S., U. y Kozukue, N. 2009. "Stability of green tea catechins in commercial tea leaves during storage for 6 months". Journal of Food Science. 74(2):47-51.
- Gao, X., Ohlander, M., Jeppsson, N., Björk, L. y Trajkovski V. 2000. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) during maturation. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48, 1485-1490.
- García, M., R., Ibarra, E., E. y Nieto, A., R. 2013. "Compuestos antioxidantes en frutos de tejocote (*Crataegus spp.*) de México". Revista Mexicana de Biodiversidad 84: 1298-1304.
- González, M. 2011. Los carotenoides. Disponible en: <http://quimica.laguia2000.com/elementos-quimicos/los-carotenoides>
Adquirido: 15/08/2014.
- Guo, M. 2009. Functional foods: Principles and technology. Woodhead Publishing Ltd A bington Hall, Granta Park. 2, 9-57.
- Gutiérrez, M., A. 2002. Café, Antioxidantes y protección a la salud. MEDISAN 6:72-81.
- Grupo Industrial Aisa, 2014. Disponible en: <http://www.oocities.org/grupoindustrialaisa/ascorbico.html>. Adquirido: 13/04/14.
- Herrasti, G., P., Menendez, G., N. y San Fabian, M., J. 2014. Fundamentos de termodinámica. Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en: <http://joule.qfa.uam.es/beta-2.0/temario/tema5/tema5.php>. Adquirido: 10/10/2014.
- Higareda, R., A 1984. Tecnología para la industrialización del tejocote. Tesis de Licenciatura Ing. Bioquímico, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- Higareda, R., A. 1991. Conocimiento y aprovechamiento agroindustrial del tejocote. Memoria del I Encuentro Nacional del Tejocote: Agronomía e Industrialización, Conferencia Magistral Morelia, Michoacán México. P. 23-33
- Higareda, R., A., Salazar, M., M., J., A., y Ramos, R., E., G., 1995. "Conservación poscosecha del tejocote (*Crataegus mexicana*)", Revista Chapingo. Serie Horticultura. 4.

- Hincapié, L., G., Omaña, Y., M., Hincapié, L., C., Arias, G., Z. y Vélez, A., L. 2010. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. Revista LaSallista de Investigación. Vol. 7 No. 2
- Hurtado, G., C., A., Menses, G., J., A. y Resendiz, C., J., A. 2012. Proyecto de investigación. Tés e infusiones. Disponible en: <http://investigacion-2257-2012-2.wikispaces.com/file/view/T%C3%A9s+e+infusiones.pdf>. Adquirido: 28/05/14.
- ITESCAM, 2014. Tecnología de alimentos. Secado: deshidratación y liofilización. Disponible en: <http://www.itescam.edu.mx/principal/syllabus/fpdb/recursos/r46891.PDF>. Adquirido: 13/04/14.
- King, M., W. 2013. Los valores RDA de vitaminas y minerales. Disponible en: <http://themedicalbiochemistrypage.org/es/vitamins-sp.php>. Adquirido: 15/08/2014.
- Kuskoski, E., M., Vega, J., M., Rios, J., J., Fett, R., Troncoso, A., M. y Asuero, A., G. Caracterización de las antocianinas de los frutos de baguaçu (*Eugenia umbelliflora* Berg). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51. 5450-5454.
- López, R., R. y Echeverri, F. 2007. ¿Son seguros y efectivos los antioxidantes?. Scientia et Technica, XIII:33 41-44.
- Martínez, M., A. 2003. Carotenoides. Disponible en: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/carotenoides2001.pdf>. Adquirido: 13/04/14.
- Mattila, P., Hellstrom, J. y Torronen, R. 2006. Phenolic acids in berries, fruits and beverages. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 7193 – 7199.
- Muñoz, V., E., E., Rivas, D., K., Loarca, P., M., G., F., Mendoza, D., S., Reynoso C., R. y Ramos, G., M. 2012. “Comparación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales”. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 481-495.
- Özcan, M.; H. Hacseferoğullari; T. Marakoğlu y D. Arslan. 2004. “Hawthorn (*Crataegus* spp.) Fruit: Some Physical and Chemical Properties”, Journal Food Engineering Vol 69:4 409-413.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., del Río, D., Salvatore, S., Bianchi, M. y Brighenti, F. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. Journal of Nutrition ; 133: 2812-2819
- Pereira, R., P., Fachineto, R., Prestes, A., S., Puntel, R., L. y Heinzmann, B., M. 2009. “Antioxidants effects of different extracts from *Melissa officinalis*, *Matricaria recutita* and *Cymbopogon citratus*”. Neurochemistry. 34:973-983.

- Peschel, W.; C. Bohr y A. Plescher. 2008. "Variability of Total Flavonoids in Crataegus – Factor Evaluation for the Monitored Production of Industrial Starting Material", *Fitoterapia* Vol 79:1 6-20.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N y Gordon M. 2001. Antioxidantes de los alimentos. Aplicaciones prácticas. Editorial Acribia 119-137.
- Revista virtual pro, 2014. Disponible en: http://www.revistavirtualpro.com/ediciones/algunas_operaciones_unitarias_aplicadas_a_la_industria_de_alimentos_secado_y_liofilizacion-2011-10-01_32. Adquirido: 13/04/14.
- Reyes, G., M. 2010. Tejocote, negocio olvidado. Disponible en: <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2010/07/14/tejocote-negocio-olvidado>. Adquirido: 31/05/14.
- Rivera, J., A., Muñoz, H., O., Rosas, P., M., Aguilar, S., C., Popkin, B., M. y Willett, W., C. 2008. "Consumo de bebidas para una vida saludable: recomendaciones para la población mexicana". *Salud Pública de México*. 50:2. 173-195.
- SEMARNAT, 2014. *Crataegus pubescens* Disponible en: <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/libraries/phpsnif/ usos/UsosPDF.php?especieURL=CrataegusPubescens>. Adquirido: 13/04/14.
- Shi, X., Dalal, X., S. y Jain, A., C. 1991. Antioxidant behavior of caffeine: efficient scavenging of hydroxyl radicals. *Food and Chemical Toxicology*. 29: 1-6.
- SIAP, 2013. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. Adquirido: 25/04/14.
- SIAP, 2013. Tejocote (*Crataegus pubescens*) Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/tejocote/>. Adquirido: 13/04/14
- Tenorio, L., F., del Valle, M., L. y Pastelín, H., G. 2006. Los flavonoides y el sistema cardiovascular: ¿Pueden ser una alternativa terapéutica?. *Archivos de cardiología mexicana* vol. 76 supl. 4.
- UNAM, 2014. Deshidratación. Taller multidisciplinario procesos tecnológicos de frutas y hortalizas. Disponible en: <http://www.slideshare.net/postcosecha/2-deshidratados>. Adquirido: 28/05/14.
- Universidad de Valencia, 2014. Liofilización. Disponible en: <http://www.uv.es/~mbermejo/Freeze-Drying.pdf>. Adquirido: 28/05/14.
- Uurrea, D., Eim, V., Roselló, C. y Simal, S. 2012. "Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el

secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. *Nantesa*)". Revista de la Asociación Colombiana de la Ciencia y Tecnología de Alimentos.

- Valdés, M., P. 2008. Manual de deshidratación. Disponible en: manualdeshidratacion.blogspot.mx. Adquirido: 10/10/2014.
- Vega, A. y Lemus, R. 2006. Modelado de la cinética de secado de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*). Revista de información tecnológica. 27 3: 23-31.
- Wiseman, S. A. Balentine, D. A. y Frej, B. 1997. Antioxidants in tea. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 37: 705-718.
- Zamora, S., J., D. 2007. Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. Revista Chilena de Nutrición, 34:1 0.