

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS



**DESARROLLO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL TIPO “GOMITA”
CON PROPIEDADES ANTIOXIDANTES ELABORADO A PARTIR
DE EXTRACTO DE *Quercus durifolia*.**

POR

MARIANA SEQUEIRA FLORES

TESIS

LICENCIATURA EN BIOTECNOLOGÍA

CD. JUÁREZ, CHIH.

MAYO, 2022


DESARROLLO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL TIPO "GOMITA" CON
PROPIEDADES ANTIOXIDANTES ELABORADO A PARTIR DE EXTRACTO
DE *Quercus durifolia*.

POR
MARIANA SEQUEIRA FLORES

TESIS



DRA. YURIDIA ORTIZ RIVERA
DIRECTORA DE INVESTIGACION



DRA. MARCELA SOTO GARCÍA
CODIRECTORA DE INVESTIGACIÓN



JOSE ALBERTO NUÑEZ GASTELUM
COORDINADOR DEL PROGRAMA



DR. JOSÉ ALBERTO LÓPEZ DÍAZ
JEFE DE DEPARTAMENTO



C.D. SALVADOR DAVID NAVA MARTÍNEZ
DIRECTOR DEL INSTITUTO

MAYO, 2022

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación con total cariño y alegría a la comunidad científica, a mis asesoras de tesis, maestros y a mis padres y hermano.

AGRADECIMIENTOS

Estoy especialmente agradecida con mi directora de tesis la Dra. Yuridia Ortiz Rivera quien con su sabiduría, supervisión y dedicación brindó dirección en el desarrollo de este trabajo. A mi codirectora de tesis la Dra. Marcela Soto García por su inestimable apoyo, entusiasmo y su visión crítica que permitió concluir la elaboración del trabajo de investigación.

A mis queridos padres, hermano, amigos y profesores quienes con su conocimiento y su inapreciable apoyo y comentarios han contribuido indirecta o directamente en la elaboración del presente trabajo.

Finalmente, a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez la cual con grandes herramientas me permite avanzar en el camino para convertirme en una buena profesionalista.

RESUMEN

Los alimentos funcionales son productos que contribuyen a reducir el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) tales como el cáncer, la diabetes o la obesidad, gracias a la acción de sus compuestos bioactivos o bien por la ausencia, sustitución o reducción de determinados ingredientes. Este tipo de alimentos representan una estrategia valiosa en la prevención de patologías que suponen un serio problema para los sistemas de salud alrededor del mundo, de ahí que el objetivo del presente trabajo sea elaborar un alimento funcional con actividad antioxidante y calidad organoléptica aceptable empleando extracto del encino *Quercus durifolia*. Para lograr el objetivo se llevó a cabo el desarrollo de dos formulaciones de gomitas y su posterior evaluación sensorial mediante una prueba de aceptación y de preferencia, y el consiguiente análisis de su actividad antioxidante por el método 2,2-difenilo-1-picrylhidracilo (DPPH). Los resultados obtenidos mostraron a la formulación 2, que corresponde a la formulación con Splenda, azúcar y extracto de *Q. durifolia*, como la del mayor nivel de aceptación y preferencia, sugiriendo que la razón del resultado fueran los atributos de sabor brindados por el extracto; así mismo se exhibió que las gomitas desarrolladas a partir del extracto de encino presentaron actividad antioxidante pese a la baja cantidad de extracto utilizado para su elaboración.

Palabras claves: alimentos funcionales, enfermedades crónicas no transmisibles, compuestos bioactivos, antioxidantes, *Quercus durifolia*.

ABSTRACT

Functional foods are products that help to reduce the risk of developing chronic non-communicable diseases (NCD) such as cancer, diabetes, and obesity, due to the action of their bioactive compounds or by the absence, substitution or decrease of certain ingredients. This food products are considered as a value strategy to prevent pathologies that are a serious problem for health systems around the world, hence the objective of this paper is to develop a functional food with antioxidant activity, and acceptable organoleptic quality using extract of *Quercus durifolia*. In order to achieve the objective, it was carried out the development of two gummies formulations and their subsequent sensory evaluation by an acceptance and preference test, and the consequent antioxidant activity analysis by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method (DPPH). The results obtained showed formulation 2, which correspond to the formulation made with Splenda, sugar, and *Q. durifolia* extract, as the one with the higher acceptance and preference level, suggesting that the reasons for the result was the flavor attributes provided by the extract; likewise, it was shown that the gummies developed from the oak extract exhibited antioxidant activity despite the low amount of extract used for its preparation.

Keyword: functional foods, chronic non-communicable diseases, bioactive compounds, antioxidants, *Quercus durifolia*.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	1
1. Antecedentes	2
1.1 Alimentos funcionales	2
1.2 Prevención de enfermedades crónicas no transmisibles mediante alimentos funcionales.	5
1.3 Antioxidantes y su relación con la prevención de ECNT	7
1.4 Compuestos bioactivos de los extractos de <i>Pinus arizonica</i> , <i>Quercus chihuahuensis</i> y <i>Quercus durifolia</i>	11
1.5 Hipótesis	13
1.6 Objetivos	13
1.6.1 Objetivo general	13
1.6.2 Objetivos específicos	13
2. Materiales y métodos	14
2.1 Ubicación y materia prima	14
2.2 Elaboración del alimento	14
2.3 Evaluación sensorial	16
2.3.1 Prueba de aceptación	17
2.3.2 Prueba de preferencia	18
2.4 Análisis estadístico de los datos recabados para el análisis sensorial	18
2.5 Evaluación de la actividad antioxidante por el método DPPH	20
2.5.1 Preparación de las gomitas	20
2.5.2 Determinación de la actividad antioxidante	21
3. Resultados y discusión	23
3.1 Elaboración del alimento	23
3.2 Evaluación sensorial	24

3.2.1 Prueba de aceptación.....	24
3.2.2 Prueba de preferencia	27
3.3 Evaluación antioxidante por el método DPPH	28
3.4 Conclusión	33
3.5 Recomendaciones	33
LITERATURA CITADA.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
I. Ejemplos de alimentos funcionales	4
II. Relación y función de los radicales libres y antioxidantes frente a enfermedades crónicas no transmisibles.	8
III. Formulación de la mezcla para la elaboración de las gomitas según la cantidad de azúcar y Splenda.	15
IV. Códigos para las muestras de gomitas.....	17
V. Formulación de la mezcla para la elaboración de las gomitas utilizadas en la metodología DPPH	20
VI. Prueba de Kramer	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama del proceso de elaboración de las gomitas.....	16
2. Muestras entregadas a los panelistas durante las pruebas sensoriales.	17
3. Escala hedónica de 7 puntos para la prueba de aceptación.....	19
4. Ficha de puntaje preferencial para la prueba de ordenamiento preferencial.	19
5. Fotografía de las gomitas sobre hoja milimetrada.....	24
6. Resultados de las encuestas para la prueba de aceptación	25
7. Gráfica de intervalos de confianza simultáneos al 95% de Tukey	26
8. Resultados de la actividad antioxidante.	29
9. Gráfica de intervalos de confianza simultáneos al 95% de Tukey	30

INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales son productos enfocados a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) mediante la acción de determinadas moléculas denominadas compuestos bioactivos (Doyon & Labrecque, 2008). A través de los años estos productos han presentado un aumento en su consumo derivado en gran medida del serio problema que las ECNT suponen tanto para los gobiernos y sistemas de salud en todo el mundo como para quienes las padecen, y es que el aumento en el número de casos de estas patologías, el deterioro de la calidad de vida de la población y los grandes costos que suponen los tratamientos, las convierte en un problema de salud difícil de combatir (Córdova-Villalobos *et al.*, 2008). Afortunadamente, los alimentos funcionales representan una estrategia valiosa en la prevención de dichas enfermedades, por ende, este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un alimento funcional con actividad antioxidante y calidad organoléptica aceptable elaborado a partir de extracto de *Quercus durifolia*, encino que posee compuestos antioxidantes capaces de neutralizar radicales libres y evitar la oxidación de biomoléculas, logrando así prevenir la aparición de diversas enfermedades.

En el presente trabajo se muestra el desarrollo y análisis de las cualidades organolépticas y antioxidantes de las gomitas elaboradas a partir de extracto de *Q. durifolia*, donde los resultados revelaron una baja actividad antioxidante, que se sugiere es atribuida a la concentración de extracto empleada, asimismo se obtuvo a las gomitas elaboradas a partir de la combinación de azúcar, Splenda y el extracto de *Q. durifolia* como las del nivel de aceptación más alto y de preferencia significativamente diferente respecto al resto de gomitas evaluadas.

1. Antecedentes

1.1 Alimentos funcionales

El concepto de alimento funcional (AF) se remonta a la década de 1980 en Japón, cuando el aumento en la esperanza y la calidad de vida de dicha población deja al descubierto un notorio incremento en la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles (Durán & Valenzuela, 2010; Yamada, Sato-Mito, Nagata & Umegaki, 2008). Dicha situación desencadenó serios problemas económicos para los sistemas de salud, no solo en Japón sino también en muchos otros países, sin embargo, fue el gobierno japonés quien decidió hacer frente a este problema mediante el desarrollo de alimentos con propiedades benéficas para el organismo (Durán & Valenzuela, 2010). Para lograr dicho objetivo y combatir el incremento de las enfermedades crónicas, el gobierno japonés llevó a cabo una serie de proyectos que tenían como propósito dilucidar la actividad de los alimentos funcionales y sus compuestos químicos sobre la salud humana (Arai, 2002), para así desarrollar productos con cualidades específicas que contribuyeran al mantenimiento y mejora de la salud. De esta manera Japón abrió camino en la creación y consumo de alimentos con propiedades más allá de las nutricionales, es decir, de alimentos funcionales.

El concepto de alimento funcional (AF) cuenta con una amplia variedad de interpretaciones, afortunadamente Doyon y Labrecque (2008) propusieron una definición para los alimentos funcionales basada en un análisis minucioso de literatura, dicha propuesta menciona que un alimento funcional es aquel que forma parte de la dieta habitual, posee la apariencia convencional de un alimento y que además al ser consumido de forma regular es capaz de promover la salud al reducir el riesgo de padecer algún tipo de enfermedad crónica.

Los alimentos funcionales pueden ser naturales como plantas, frutas y verduras; ser elaborados mediante la adición y/o sustitución de ciertos compuestos

químicos denominados compuestos bioactivos; o bien ser desarrollados a partir de la eliminación de determinadas sustancias e ingredientes. Entre dichos alimentos encontramos dulces, jugos, leches, bebidas fermentadas, panes y cereales (Cuadro I), cabe destacar que los jarabes, píldoras y cápsulas no son considerados alimentos funcionales (Martínez-Cervantes, Wong-Paz, Aguilar-Zárate & Muñiz-Márquez, 2019) ya que estos no poseen la apariencia convencional de un alimento y por lo tanto no encajan en la definición de AF.

El impacto positivo de los alimentos funcionales con respecto a la disminución en la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles, así como en el manejo de los costos en materia de salud pública, se ve reflejado en la evolución positiva que estos han tenido en el mercado a través del tiempo en diferentes países, donde el principal mercado lo ocupa la región de Asia-Pacífico, seguido por América del Norte, América Latina y Europa Occidental (Vicentini, Liberatore & Mastrocola, 2016), dentro de las cuales Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido son los principales inversores y desarrolladores de este tipo de alimentos (Cortés, Chiralt & Puente, 2005). Es importante considerar que el desarrollo, aceptación y consumo de este tipo de alimentos depende en gran medida de factores tanto culturales como económicos de cada país, sin embargo, los datos sugieren que el incremento en su demanda se debe a la concientización y búsqueda de los consumidores por productos que sean promotores de la salud.

En el caso específico de América Latina se destaca a México, país que posee un gran potencial para el desarrollo de este tipo de alimentos debido a que cuenta con una inmensa variedad de recursos para su elaboración e innovación, evidencia de los anterior se respalda con su contribución al mercado global y con el incremento de las ventas de alimentos funcionales las cuales pasaron de US \$12.7 billones en el 2011 a US \$16.3 billones en el 2015 (Vicentini *et al.*, 2016).

Cuadro I. Ejemplos de alimentos funcionales

Alimento	Compuesto(s) bioactivo(s)	Función en el organismo	Autores
Nopal (<i>Opuntia spp.</i>)	Antioxidantes	Disminuye los picos de glucosa y previene la oxidación de moléculas con importancia fisiológica	INECOL, s.f.; Zamora, 2007
Bebidas fermentadas (ej. pozol y tepache)	Microorganismos fermentadores y prebióticos	Previenen enfermedades gastrointestinales y otro tipo de patologías	INECOL, s.f.; Martínez-Cervantes <i>et al.</i> , 2019
Fine Rice	Hidrólisis de proteínas alergénicas	Disminuye el riesgo de sufrir reacciones alérgicas hacia el arroz	Arai, 2002
Leches infantiles y leche de vaca	Hierro, yodo, ácido fólico, ácidos grasos y vitaminas A y D	Ayudan a mantener la salud ósea e interviene en el crecimiento y desarrollo de infantes	Beltrán De Heredia, 2016; Hernández, Echeverría & Iglesias, 2011.
Barritas energéticas, bebidas y productos para deportistas	Omega-3, ácido oleico y fibra	Regulan el metabolismo	Beltrán De Heredia, 2016
Jugos de fruta y bebidas lácteas	Polifenoles, zinc, selenio, carotenoides, cultivos probióticos y vitaminas E y C	Actúan como defensa contra el estrés oxidativo y ayudan en el cuidado de la microbiota intestinal	Beltrán De Heredia, 2016; Martínez-Cervantes <i>et al.</i> , 2019
Probióticos y prebióticos	Pectinas y diferentes hidratos de carbono. Bacterias como <i>Bifidobacterium</i> y <i>Lactobacillus</i>	Previenen enfermedades intestinales, favorece la absorción de ciertos compuestos y reducen el riesgo de cáncer colorrectal	Olveira & González-Molero, 2007

1.2 Prevención de enfermedades crónicas no transmisibles mediante alimentos funcionales.

Las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son un conjunto de patologías o “afecciones de larga duración con una progresión generalmente lenta” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017, párr. 1) cuya causa no se le atribuye a la presencia de microorganismos patógenos sino a factores de riesgo tales como una mala alimentación, la falta de actividad física, el tabaquismo y el abuso en el consumo de alcohol (Ministerio de Salud de la Nación, 2016).

Las ECNT, entre las que se encuentran el cáncer, la diabetes, la obesidad y el sobrepeso, son consideradas actualmente como una epidemia y representan un reto importante para los sistemas de salud debido al aumento en el número de casos y el incremento en su mortalidad (Córdova-Villalobos *et al.*, 2008) siendo estas “responsables del 60% de las muertes en el mundo cada año” (Ministerio de Salud de la Nación, 2016, p. 8). A pesar de las incontables desventajas que estas patologías desencadenan tanto a pacientes como a terceros (familiares, amigos, sistemas de salud etc.) las ECNT pueden ser prevenidas fácilmente al evitar o corregir los factores de riesgo ya antes mencionados.

Entre los buenos hábitos que se pueden seguir para prevenir las enfermedades crónicas y en general para mantener una buena salud está la alimentación saludable, que como la definen Cervera, Clapés y Rigolfas (2004) “es aquella que hace posible que el individuo mantenga un óptimo estado de salud” (p. 119); esto dado que la ciencia ha demostrado la estrecha relación entre la alimentación y la salud es decir, como el consumo de determinados alimentos puede influir en el desarrollo, aparición y prevención de diversas enfermedades.

Dentro de una alimentación saludable el consumo de los alimentos funcionales juega un papel importante en la prevención de las ECNT ya que estos alimentos previenen el desarrollo de determinadas patologías mediante la acción de sus

compuestos bioactivos, los cuales son sustancias con cualidades más allá de las nutricionales que al ser ingeridas son capaces de interactuar mediante determinados mecanismos de acción con otros compuestos dentro de los tejidos vivos y aportar un beneficio a la salud (Guaadaoui, Benaicha, Elmajdoub, Bellaoui & Hamal, 2014; Herrera, Betancur & Segura, 2014), por ejemplo, el β -caroteno, el licopeno y el gingerol actúan como antioxidantes (Keservani, *et al.*, 2010) y contribuyen a evitar el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cánceres y otro tipo de enfermedades (Zamora, 2007).

Los compuestos bioactivos pueden ser proteínas, lípidos, antioxidantes (Aranceta, 2011), minerales y carbohidratos (Keservani, *et al.*, 2010), y pueden formar parte de alimentos tanto de origen animal como de origen vegetal, donde estos últimos resultan ser una fuente importante de dichos compuestos ya que existen en una numerosa diversidad y que si bien en muchas ocasiones son producidos en pequeñas cantidades no dejan de ser importantes recursos para la prevención de múltiples patologías.

Los alimentos funcionales poseen una gran variedad de compuestos bioactivos y por ende diversos mecanismos de acción sobre el organismo, por lo que en este trabajo solo se mencionan algunos ejemplos. Los alimentos que poseen ácido graso omega-3 y ciertos tipos de lípidos de origen lácteo ayudan a reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Aranceta, 2011), por el contrario, productos con fibra insoluble contribuyen en la en la prevención del cáncer de mama y colón (Cruz, 2007). Otro ejemplo son los alimentos funcionales que poseen isoflavonas, ciertos lípidos, almidón y ácido cafeico, los cuales intervienen en la prevención de la diabetes al ayuda en la regulación de la glicemia o en la protección de células β -pancreáticas (Cázares, Romo, Preciado, Domínguez & González, 2018).

Los alimentos funcionales también ejercen su acción preventiva cuando a estos se les ha reducido o eliminado compuestos que contribuyen al desarrollo de algún tipo de ECNT, tal es el caso de un AF al cual se le ha reducido la cantidad de azúcares totales el cual participará en la prevención y/o el tratamiento del sobrepeso y la obesidad (Aranceta, 2011), por lo tanto, en base al alimento y los compuestos que este contenga es que será su mecanismo de acción y su objetivo en la promoción y mantenimiento de la salud.

Cabe aclarar que muchos de los mecanismos por los cuales los compuestos bioactivos ejercen su acción protectora frente diferentes enfermedades no han sido completamente esclarecidos y en ocasiones inclusive existe falta de evidencia científica que corrobore la actividad biológica de dichos compuestos, destacando así la escasez de estudios epidemiológicos e investigaciones clínicas (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología [FECYT], 2005).

1.3 Antioxidantes y su relación con la prevención de ECNT

El cuerpo humano produce durante el metabolismo de las células y por acción de contaminantes, radiaciones solares e inclusive por el consumo de drogas, un grupo de moléculas denominadas radicales libres caracterizadas por poseer uno o más electrones desapareados en su último orbital (Coronado, Vega, Gutiérrez, Vázquez & Radilla, 2015; Rosales, Pérez & Ponce, 2006). Cuando los radicales libres se encuentran en exceso dentro del organismo estos son capaces de oxidar lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, generando así por ejemplo, daños importantes en las membranas celulares y los tejidos (Amić, Davidović-Amić, Bešlo & Trinajstić, 2003; Rosales *et al.*, 2006) lo que puede desencadenar la aparición de diversas patologías como el cáncer, la diabetes, aterosclerosis, artritis, etcétera, (Benavente, Castillo, Marin, Ortuno & Del Rio, 1997 como se citó en Amić, *et al.*, 2003), muchas de las cuales son catalogadas como ECNT.

Los radicales libres también pueden intervenir en la activación de señales intracelulares sensibles al estrés oxidativo lo que comúnmente ocasiona daño celular tal y como lo describe Evans, Goldfine, Maddux y Grodsky (2003) en su artículo sobre la relación entre el estrés oxidativo y las vías de señalización de la diabetes. Afortunadamente el cuerpo humano cuenta con diversas proteínas y antioxidantes que lo protegen contra los radicales libres y el daño ocasionado por los mismos.

Entre los mecanismos de defensa contra los radicales libres se encuentran los antioxidantes dietarios los cuales son moléculas exógenas o externas al cuerpo que se obtienen a partir de la ingesta de diversos alimentos y que son capaces de interactuar con los radicales libres y neutralizarlos (Ornelas-Paz *et al.*, 2012; Rosales *et al.*, 2006) de forma que la ingesta de antioxidantes en la dieta colabora en la prevención de múltiples patologías; ejemplos del papel que desempeñan dichos compuestos bioactivos en la prevención de enfermedades crónicas se enlistan en el Cuadro II.

Cuadro II. Relación y función de los radicales libres y antioxidantes frente a enfermedades crónicas no transmisibles.

ECNT	Efecto de los radicales libres	Función de los antioxidantes en la enfermedad	Autores
Diabetes	<p>Generan complicaciones al acelerar la progresión de la diabetes tipo 2 empeorando la acción y secreción de la insulina. Se sugiere la eventual resistencia a la insulina y la disfunción de las células beta.</p>	<p>Evitan la activación de diferentes vías sensibles al estrés. Pudieran además mejorar la utilización de la glucosa (ejemplo de antioxidante: α-ácido lipoico).</p>	<p>Evans <i>et al.</i>, 2003; Konrad <i>et al.</i>, 1999.</p>

Continuación del Cuadro II

Cáncer	Producen lesiones y/o mutaciones al ADN contenido en células somáticas.	Previene el daño al ADN ocasionado por los radicales libres, evitando así mutaciones que pueden dar lugar al cáncer.	González-Torres, Betancourt-Rule & Ortiz-Muñiz, 2000.
Enfermedades cardiovasculares	Inician la aterosclerosis por oxidación de lípidos específicos en el lumen vascular (ejemplo de enfermedad: cardiopatía isquémica).	Protegen contra el desarrollo de enfermedades cardiovasculares al evitar la oxidación de lípidos (ejemplos de antioxidantes: vitaminas C y E).	Olguín, Meléndez, Zúñiga & Pasquetti, 2004; Tsimikas, 2006 como se citó en Maldonado, Jiménez, Guapillo, Ceballos & Méndez, 2010

Entre las fuentes con compuestos bioactivos antioxidantes destacan las plantas, quienes poseen dichos fitoquímicos en partes como las hojas, raíces, flores y frutos, dado por ejemplo el resveratrol presente en uvas y moras, el licopeno presente en el tomate, o la luteolina que es un componente del brócoli, las espinacas y la coliflor (Gullett, 2010; Shimoi, Saka, Nozawa & Kinae, 2000). Algunos de los antioxidantes más importantes, abundantes y destacados de las plantas son los compuestos fenólicos y la clorofila.

Los compuestos fenólicos o fenoles son metabolitos secundarios producidos por las plantas que al ser incorporados en la dieta humana son capaces de promover una buena salud al participar en la protección contra enfermedades como la

obesidad y ciertos tipos de cánceres (Manach, Scalbert, Morand, Rémésy & Jiménez, 2004; Marranazo *et al.*, 2018) gracias a que actúan como antioxidantes. Los fenoles pueden ser clasificados como no flavonoides, en donde encontramos a los fenoles no carboxílicos y los ácidos fenólicos; y flavonoides como las antocianinas, taninos y flavonoles (Gimeno, 2004). Su poder antioxidante está dado por su capacidad de captar radicales libres, quelar metales e inhibir la lipoxigenasa (Decker, 1997), y son sus propiedades antioxidantes aunado al hecho de que su presencia en el organismo de animales se debe a la ingesta de plantas y alimentos de origen vegetal (Gimeno, 2004), lo que permite categorizarlos como fitoquímicos importantes para la salud humana. La importancia de los fenoles no solo radica en su capacidad antioxidante, sino que además estos intervienen en el color y sabor de muchos alimentos (Gimeno, 2004) lo que los convierte en moléculas atractivas para la industria alimentaria.

Por su parte la clorofila es un pigmento de color verde presente en plantas y algas, encargado de utilizar la luz solar para generar energía y que además se ha evidenciado su propiedad antioxidante al interrumpir la reacción de la peroxidación y al interaccionar con los radicales libres (Esquerra-Brauer & Chan-Higuera, 2021).

Pese al prometedor efecto de los antioxidantes y los alimentos funcionales, es importante recordar que para lograr una buena salud y prevenir enfermedades no solo basta con una buena alimentación, sino que es importante incorporar otros hábitos saludables como el deporte, el descanso y prevenir los factores de riesgo ya antes mencionados.

1.4 Compuestos bioactivos de los extractos de *Pinus arizonica*, *Quercus chihuahuensis* y *Quercus durifolia*.

México es un país megadiverso que cuenta con una amplia variedad de plantas entre las cuales hay registradas 4,000 especies con propiedades medicinales (Loraine & Mendoza-Espinoza, 2010) las cuales son capaces de prevenir y tratar un gran número de enfermedades gracias a la acción de sus diferentes compuestos, entre los que se encuentran los fitoquímicos o compuestos bioactivos. Dentro de la amplia lista de árboles con la que México cuenta, los géneros de *Pinus* y *Quercus* llegan a destacar por su un impacto positivo a nivel económico y ecológico, atribuido en gran medida a su diversidad, endemismo y sus aplicaciones maderables y no maderables tales como sus usos medicinales, alimenticios, de colorante, de forraje y artesanales (Farjon, 1996; Luna-José, Montalvo-Espinosa & Rendón-Aguilar, 2003; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2021; Valencia-A, 2004).

Pinus es un género de pino que en México posee una amplia diversidad de especies y una numerosa variedad de compuestos bioactivos con aplicaciones alimenticias y medicinales como lo son por ejemplo la capacidad de sus aceites esenciales de reducir y controlar los síntomas que causan el cáncer (Dziedziński, Kobus-Cisowska & Stachowiak, 2021; Instituto Nacional de Cáncer, 2021; Sánchez-González, 2008). Entre la lista de especies para este género se encuentra el pino de arizona o por su nombre científico *Pinus arizonica* el cual es una especie que pertenece a la familia de los *pinaceae* y que posee gran presencia en los estados de Sonora, Chihuahua y Durango (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], 2018; Mirov, 1961). Dentro de los fitoquímicos presentes tanto en *Pinus arizonica* como en otras especies del género *Pinus*, encontramos a los antioxidantes (Rosales *et al.*, 2006), ácidos resínicos, terpenoides y polifenoles (Sáenz-Esqueda, Rosales-Castro, Rocha-Guzmán, Gallegos-Infante & González-Laredo, 2010).

Quercus es un género de encino reconocido en México por su gran diversidad de especies (Rocha-Guzmán *et al.*, 2019) y por ser el segundo productor más importante de madera del país (Arámbula-Salazar *et al.*, 2015). Las actividades destinadas a la tala de *Quercus* se centran en la obtención de madera, lo que muy comúnmente deja a las hojas, raíces y cortezas del encino como producto de desecho, sin embargo, son estas partes del árbol las que le brindan sus propiedades medicinal y donde es posible encontrar una gran variedad de fitoquímicos tales como terpenoides, esteroides y compuestos fenólicos como flavonoides y ácidos fenólicos (Burlacu, Nisca & Tanase, 2020; Rocha-Guzmán *et al.*, 2019; Taib *et al.*, 2020).

Quercus durifolia y *Quercus chihuahuensis* son dos ejemplos de especies con usos alimenticios (Luna-José, *et al.*, 2003) y con un gran valor medicinal. Existen diversos reportes que muestran la composición de fitoquímicos dentro de estos géneros, tal es el caso de Burlacu y colaboradores (2020) quienes identifican a la corteza del encino como una fuente importante de polifenoles, en especial de ácidos fenólicos, taninos y flavonoides; así mismo Rosales-Castro y colaboradores (2011) señalaron la presencia de proantocianidina en la corteza de *Q. durifolia*. Por su parte Rocha-Guzmán y colaboradores (2012) en su evaluación química hacia diferentes infusiones herbales con hojas de varias especies de *Quercus*, señalan que en el caso de *Q. durifolia* se encontraron los siguientes compuestos fenólicos: ácido gálico, ácido protocatechuico, ácido siríngico, vanilina, ácido benzoico y ácido cafeico.

Como es posible observar, dentro de la amplia variedad de fitoquímicos presentes en el género de *Quercus* destacan los compuestos fenólicos, que como se discutió en el apartado anterior presentan una alta diversidad bioquímica, capacidad antioxidante y una abundancia importante en plantas, sin embargo, es la amplia variedad de compuestos bioactivos lo que en conjunto le brinda a las especies de estos árboles propiedades antioxidantes, antibacteriales,

antiinflamatorias, antidiabéticas, anticancerígenas, etcétera (Burlacu *et al.*, 2020; Taib *et al.*, 2020), las cuales ayudan a mantener una buena salud. Es por esta razón que el uso de *Pinus arizonica*, *Quercus chihuahuensis* y *Quercus durifolia* suponen una valiosa oportunidad para el desarrollo de alimentos funcionales y que como es materia de este trabajo se pretenden utilizar para elaborar un alimento tipo gomita que presente propiedades antioxidantes.

1.5 Hipótesis

El alimento funcional con propiedades antioxidantes posee una calidad organoléptica igual a la del mismo alimento sin extracto y tiene un adecuado nivel de aceptación.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Elaborar un alimento funcional con actividad antioxidante y calidad organoléptica aceptable empleando el extracto de *Quercus durifolia*.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar un alimento funcional tipo postre con propiedades antioxidantes para brindar una opción de un producto que contribuya a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles.
2. Analizar el nivel de aceptación del alimento con un análisis sensorial entre un panel de personas.
3. Conocer la preferencia entre un panel de personas hacia el alimento con extracto y sin extracto mediante una prueba afectiva.
4. Evaluar la actividad antioxidante de las gomitas funcionales a través del método 2,2-difenilo-1-picrylhidracilo.

2. Materiales y métodos

La elaboración del presente trabajo se llevó a cabo en dos etapas, la primera consistió en la búsqueda y revisión de literatura, en donde se analizaron artículos y libros sobre alimentos funcionales, compuestos bioactivos, actividad antioxidante y fitoquímicos presentes en *Pinus* y *Quercus*. La segunda parte corresponde al desarrollo y evaluación de las características sensoriales y antioxidantes del alimento funcional tipo gomita.

2.1 Ubicación y materia prima

Los experimentos de análisis sensorial y actividad antioxidante se llevaron a cabo en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana del Instituto de Ciencias Biomédicas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Los ingredientes para la elaboración de las gomitas se adquirieron en supermercados locales de Ciudad Juárez, Chihuahua y por la plataforma electrónica Mercado Libre. El extracto de corteza de *Quercus durifolia* fue proporcionado por la Dra. Marcela Soto García del equipo de trabajo del Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ.

El extracto se obtuvo mediante la maceración de la corteza de *Q. durifolia* con hidroetanólico al 70% a una relación 1:20 y su posterior separación por rotaevaporación.

2.2 Elaboración del alimento

Se prepararon dos tipos de formulaciones para las gomitas con una combinación diferente de azúcar y Splenda. Para ello se disolvió la gretina en 30 ml de agua y se dejó hidratar por 13 minutos aproximadamente. En otro recipiente se colocaron 70 ml de agua a 39°C y el extracto de *Quercus durifolia*, agitando la mezcla por 3 minutos para integrarlo completamente, después de esto se incorporó la Splenda y/o el azúcar (según corresponda la formulación) y se

disolvieron a fuego lento por 10 minutos cuidando que la temperatura máxima de la mezcla no rebase los 80°C. Posteriormente se agregó el jugo de limón y el jarabe de maíz y se mezcló por 2 minutos. Transcurrido el tiempo señalado se adicionó y disolvió la grenetina previamente hidratada mezclando por 2 minutos, procurando obtener una mezcla homogénea, luego se retiró del fuego y se le añadió el saborizante de piña; las cantidades y marcas se muestran en el Cuadro III. La mezcla resultante se dejó enfriar por aproximadamente 2 minutos para ser vaciada en moldes de silicón, dejándolos reposar a temperatura ambiente por 15 horas aproximadamente. Finalmente, las gomitas resultantes se desmoldaron y se almacenaron en envases herméticos; la Figura 1 muestra el diagrama de flujo para la elaboración de las gomitas.

Cuadro III. Formulación de la mezcla para la elaboración de las gomitas según la cantidad de azúcar y Splenda.

Ingrediente	Cantidades	
	Formulación 1	Formulación 2
Agua (ml)	100	100
Grenetina Progel™ de 315 bloom (g)	10	10
Azúcar morena Zulka® (g)	30	15
Splenda® (g)	-	5
Jarabe de maíz Karo® (g)	20	20
Jugo de limón (ml)	10	10
Saborizante DEIMAN® (ml)	2	2
Extracto de <i>Quercus durifolia</i> (mg)	10	10

Cada formulación rinde para producir 68 gomitas aproximadamente.

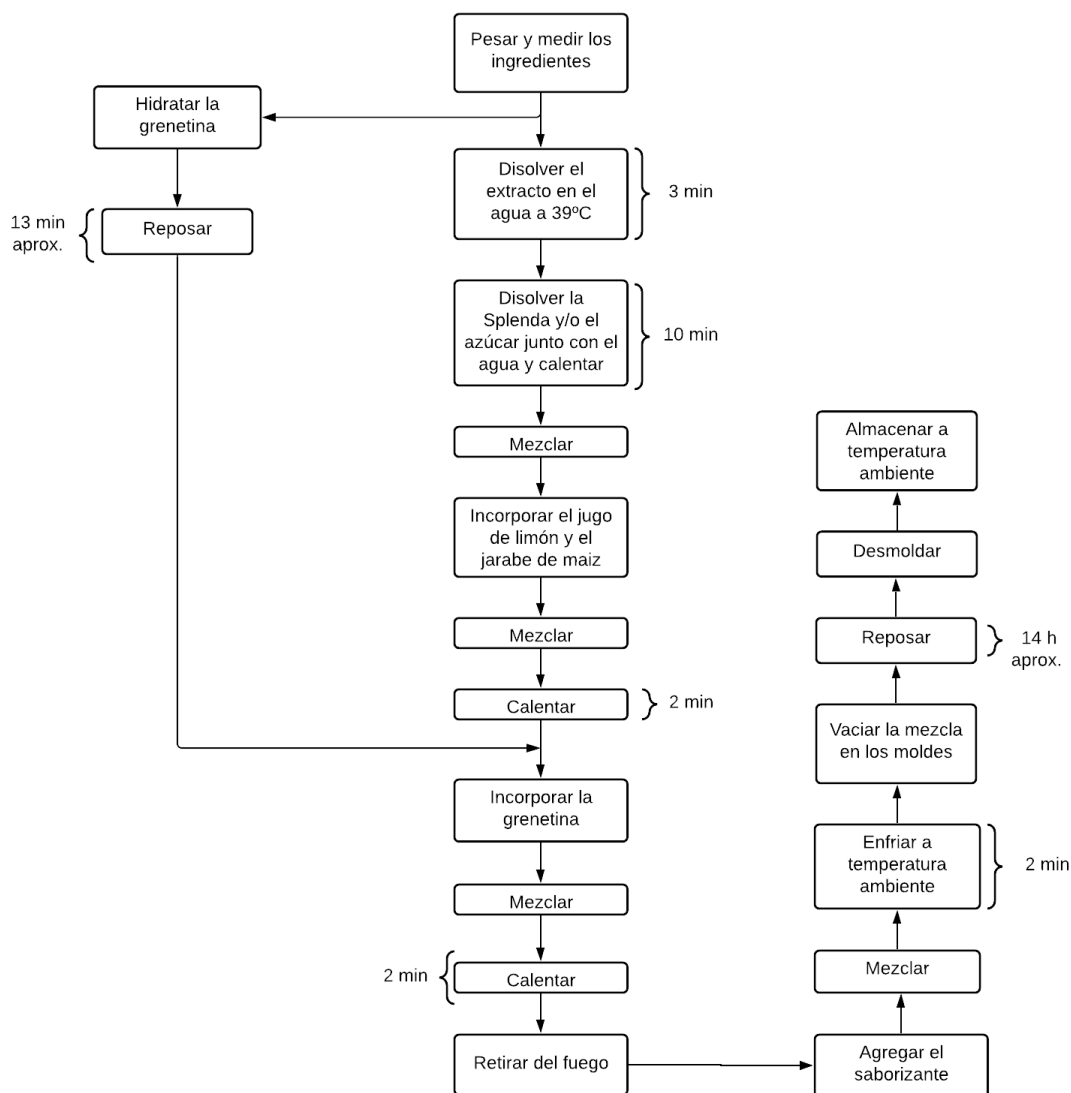


Figura 1. Diagrama del proceso de elaboración de las gomitas.

2.3 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las gomitas se llevó a cabo con un panel de 30 personas, 14 hombres y 16 mujeres, con edades comprendidas entre los 17 y los 56 años de edad.

A cada panelista se le presentaron cuatro muestras del producto que correspondían a las formulaciones 1 y 2 de las gomitas con extracto de *Quercus*

durifolia y las mismas formulaciones sin el extracto. Las muestras fueron codificadas por tres números aleatorios (Cuadro IV) y presentadas a los panelistas en vasos de plástico transparentes (Figura 2) junto con la escala hedónica de 7 puntos y la ficha de puntaje preferencial, las cuales fueron diseñadas a partir de los ejemplos e información descrita por Edelstein (2013) y Lim (2011).

Cuadro IV. Códigos para las muestras de gomitas

Código	Formulación
518	Formulación 1 con extracto
743	Formulación 1 sin extracto
330	Formulación 2 con extracto
845	Formulación 2 sin extracto



Figura 2. Muestras entregadas a los panelistas durante las pruebas sensoriales. De izquierda a derecha formulación 1 con extracto, formulación 2 con extracto, formulación 1 sin extracto y formulación 2 sin extracto. Fuente: Autor MSF.

2.3.1 Prueba de aceptación

Se llevó a cabo una prueba hedónica entre las formulaciones 1 y 2 de las gomitas con y sin extracto de *Quercus durifolia* a fin de evaluar el grado de aceptación de los encuestados. Los panelistas calificaron cada una de las cuatro muestras de

gomitas mediante una escala estructurada de 7 puntos donde indicaron si las gomitas fueron o no de su agrado y en qué medida.

Para la escala hedónica que se utilizó, véase la Figura 3, el valor máximo de puntuación (7 puntos) correspondía a la descripción de “me gusta mucho”, mientras que la puntuación mínima (1 punto) le pertenece a la oración “me disgusta mucho”.

2.3.2 Prueba de preferencia

Con el fin de determinar la preferencia de los jueces hacia las cuatro formulaciones de gomitas ya antes descritas, se realizó una prueba de ordenamiento donde los panelistas asignaron dentro de una ficha de puntaje preferencial (Figura 4) un valor a las diferentes muestras, expresando así su preferencia por las mismas.

2.4 Análisis estadístico de los datos recabados para el análisis sensorial

Los datos obtenidos en el análisis sensorial para la prueba de aceptación fueron analizados mediante un diseño completamente aleatorio (ANOVA) a fin de determinar si existía una diferencia significativa entre los cuatro tipos de golosina, así mismo se realizó la prueba de comparaciones múltiples por el método de Tukey para conocer donde se encontraban las diferencias entre las muestras de gomitas. El análisis estadístico se llevó a cabo con ayuda del software estadístico Minitab® 21 (64-bit) y se tomó un valor de nivel de significancia del $\alpha = 0.05$.

En el caso de la prueba de preferencia, se analizaron los datos mediante la prueba de Kramer en la cual se sumaron los puntajes otorgados para cada gomita y se calcularon las diferencias entre muestras de gomitas para finalmente comparar las diferencias con el valor crítico de 25.7. La prueba de Kramer se llevó a cabo con ayuda de Microsoft 365® Excel® versión 2111.

Código de la muestra _____

Producto: Gomas

Fecha: _____

Nombre: _____ **Edad:** _____ **Sexo:** F M

Por favor enjuague su boca con agua antes de comenzar.
 Pruebe la golosina tipo "gomita" que se le proporcionó y marque con una cruz el recuadro de la escala que se adapte mejor a su opinión sobre el producto.

Me disgusta mucho Me gusta levemente

Me disgusta moderadamente Me gusta moderadamente

Me disgusta levemente Me gusta mucho

No me gusta ni me disgusta

Gracias por su participación.

Figura 3. Escala hedónica de 7 puntos para la prueba de aceptación.

Producto: Gomas

Fecha: _____

Nombre: _____ **Edad:** _____ **Sexo:** F M

Por favor enjuague su boca con agua antes de comenzar.
 Pruebe cada una de las golosinas tipo "gomitas" en el orden presentado, de izquierda a derecha, evaluando su sabor y cualidades de apariencia. Asegúrese de beber agua entre cada degustación a fin de limpiar el paladar. A continuación, asigne un orden de preferencia para cada muestra presentada usando las siguientes categorías:

1= Más preferida, 4= Menos preferida

Orden de preferencia
(no se permiten empates)

	_____	_____	_____
Código de la muestra	518	330	743

Gracias por su participación.

Figura 4. Ficha de puntaje preferencial para la prueba de ordenamiento preferencial.

2.5 Evaluación de la actividad antioxidante por el método DPPH

2.5.1 Preparación de las gomitas

Las gomitas correspondientes a las formulaciones 1 y 2 con y sin extracto de *Quercus durifolia* empleadas como muestras en la metodología 2,2-difenilo-1-picrylhidracilo fueron elaboradas ajustando las cantidades para preparar la mitad de la producción original de 68 gomitas, véase el cuadro V. Las gomitas fueron cubiertas con papel aluminio, guardadas dentro de bolsas de plástico con cierre zip y transportadas al Laboratorio de Biotecnología Microbiana del Instituto de Ciencias Biomédicas en la UACJ para su posterior análisis antioxidante.

Cuadro V. Formulación de la mezcla para la elaboración de las gomitas utilizadas en la metodología DPPH

Ingrediente	Cantidades	
	Formulación 1	Formulación 2
Agua (ml)	50	50
Grenetina Progel™ de 315 bloom (g)	5	5
Azúcar morena Zulka® (g)	15	7
Splenda® (g)	-	2
Jarabe de maíz Karo® (g)	10	10
Jugo de limón (ml)	5	5
Saborizante DEIMAN® (ml)	1	1
Extracto de <i>Quercus durifolia</i> (mg)	5	5

Cada formulación rinde para producir 34 gomitas aproximadamente.

2.5.2 Determinación de la actividad antioxidante

La técnica 2,2-difenilo-1-picrylhidracilo (DPPH) propuesta originalmente por Brand-Williams, Cuvelier y Berset (1995) con modificaciones por Soto-García y Rosales-Castro (2016), ha sido realizada para evaluar la actividad antioxidante de las formulaciones de gomitas con y sin extracto de *Quercus durifolia*, las gomitas panditas sabor piña de Ricolino® y el ácido ascórbico (vitamina C) grado alimenticio de D Grace.

Se preparó la solución DPPH (Sigma-Aldrich) con una concentración de 6.09×10^{-5} M. Cada muestra de alimento y ácido ascórbico se emplearon a una concentración de 100 000 mg/L, disueltos en metanol al 80%. Posteriormente se tomó un volumen de 50 μ l de cada muestra y se colocaron en tubos de ensayo a los cuales se les adicionaron 1950 μ l de la solución DPPH. Los tubos de ensayo fueron agitados para homogeneizar la disolución y se dejaron reposar por 30 minutos a temperatura ambiente y en oscuridad para finalmente medir su absorbancia a 515 nm con un espectrofotómetro. Se empleó como muestra control a las gomitas de Ricolino®.

Se realizaron cuatro repeticiones de la metodología y los resultados de absorbancia obtenidos fueron analizados y expresados en porcentajes de inhibición siguiendo la Ecuación 1 tomada de Burboa, Ascacio-Valdés, Zugasti-Cruz, Rodríguez-Herrera y Aguilar (2014). Los valores obtenidos fueron analizados con ayuda del software estadístico Minitab® 21 (64-bit) mediante un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$ y una prueba de Tukey.

$$\% \text{ de Inhibición} = \left(\frac{A_{\text{blanco}} - A_{\text{muestra}}}{A_{\text{blanco}}} \right) 100$$

Ecuación 1

Donde:

% de inhibición = porcentaje de inhibición del radical DPPH

A = absorbancia

3. Resultados y discusión

3.1 Elaboración del alimento

Los géneros de *Pinus* y *Quercus* cuentan con una amplia variedad de compuestos bioactivos o fitoquímicos localizados en sus hojas, corteza, raíces y frutos, lo que los convierte en recursos valiosos para el desarrollo de alimentos funcionales (Burlacu *et al.*, 2020; Dziedziński, Kobus-Cisowska & Stachowiak, 2021), sin embargo, la lista de especies que conforman a ambos géneros es amplia lo que comúnmente resulta en la escasez de información detallada sobre los fitoquímicos presentes en algunos de sus ejemplares, tal y como sucede con *Pinus arizonica* donde la información más asequible y quizás la más abundante para esta especie se relaciona con su madera.

La falta de información respecto a los compuestos bioactivos presentes en *Pinus arizonica* resulta ser un factor limitante a la hora de desarrollar productos alimentarios, ya que es preciso contar con un panorama amplio de los tipos, aplicaciones y propiedades que estos compuestos poseen, razón por la cual no se consideró conveniente su uso en el desarrollo de las gomitas funcionales. Para lograr trabajar con *P. arizonica* y desarrollar productos alimentarios u otro tipo de productos para consumo humano, es forzoso que primero se efectúen análisis que ayuden a dilucidar la composición de fitoquímicos presentes en sus diversas partes y tejidos, y los usos y propiedades de la especie.

Por su parte, *Quercus* es un género ampliamente estudiado por sus propiedades antioxidantes y se sabe que las especies que lo conforman, pese a que presentan diferencias en el contenido específico de sus compuestos bioactivos, comparten diversas familias de fitoquímicos como lo son por ejemplo los compuestos fenólicos (Burlacu *et al.*, 2020), este hecho aunado a que *Quercus durifolia* fue la especie más asequible por parte del equipo de investigación de la UACJ, fue suficiente para decidir excluir a *Quercus chihuahuensis* del desarrollo del alimento funcional.

Las gomitas funcionales desarrolladas en el presente trabajo fueron por lo tanto elaboradas a partir de extracto de corteza de *Quercus durifolia*. especie que ha sido estudiada por diversos autores para evaluar su actividad antioxidante. Las golosinas fueron desarrolladas en base a dos formulaciones, cada una con una combinación diferentes de azúcar y Splenda dando como resultado gomitas sabor piña con un volumen de 1.5 ml y un peso aproximado de 2 g. La Figura 5 muestra el producto de ambas formulaciones para las mezclas de gomitas.



Figura 5. Fotografía de las gomitas sobre hoja milimetrada. A la izquierda la gomita elaborada a partir de la formulación 1 y a la derecha la elaborada con la formulación 2. Fuente: Autor MSF.

3.2 Evaluación sensorial

A fin de conocer si el alimento funcional desarrollado a partir del extracto de *Quercus durifolia* presentó una calidad organoléptica aceptable se realizó el análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de aceptación y preferencia, las cuales se llevaron a cabo entre un panel de 30 personas quienes mediante dos cuestionarios evaluaron las formulaciones 1 y 2 con y sin extracto de *Quercus durifolia*.

3.2.1 Prueba de aceptación

A partir del análisis de la información resultante se identificó a la formulación con Splenda, azúcar y extracto de *Q. durifolia* es decir, la formulación 2, como la que

presentó el mayor nivel de aceptación brindado por las categorías de “me gusta mucho”, “me gusta moderadamente” y “me gusta levemente” de las encuestas, tal y como se observa en la Figura 6. De igual manera no se obtuvieron resultados desalentadores hacia las diferentes gomitas y esto se observa en el hecho de que menos del 21% de los encuestados catalogó a las gomitas con alguna calificación de disgusto.

Las gomitas que presentaron un valor superior al 50% para la calificación de “Me gusta” fueron consideradas como las de calidad organoléptica aceptable, de manera que todas las gomitas, con excepción de la formulación 1 sin extracto la cual presentó un 43.3% de aceptación, poseen una adecuada calidad sensorial y un apropiado nivel de aceptación.

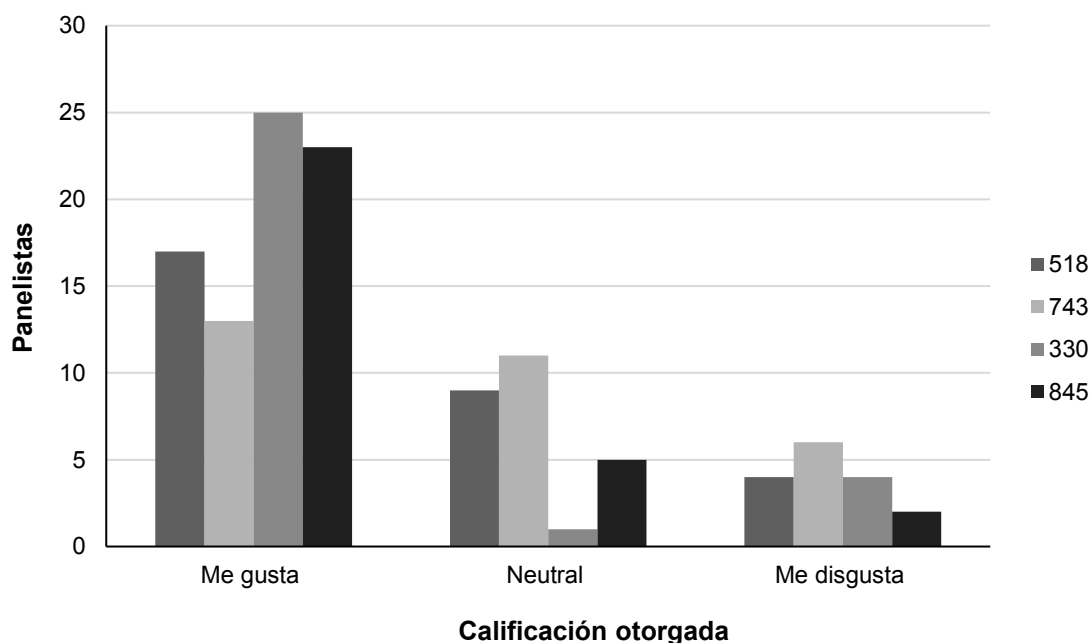


Figura 6. Resultados de las encuestas para la prueba de aceptación con un panel de 30 personas. Las leyendas 518, 743, 330 y 845 corresponden a la formulación 1 con extracto, formulación 1 sin extracto, formulación 2 con extracto y formulación 2 sin extracto respectivamente.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) y la metodología de Tukey, véase la Figura 7, se obtuvo que las formulaciones de gomitas presentan una diferencia significativa entre sí, es decir, entre las muestras de gomitas otorgadas a los panelistas es posible encontrar variaciones significativas en el nivel de aceptación, así mismo estas diferencias arrojaron a la formulación 2 con y sin extracto como las del nivel de aceptación más alto sin llegar a mostrar diferencias significativas entre sí y siendo significativamente diferentes del resto de las muestras, además, se rescata el hecho de que el uso de *Q. durifolia* no produjo una divergencia significativa en el nivel de aceptación dentro de una misma formulación lo que significa que las cualidades organolépticas atribuidas por el extracto de encino en la concentración empleada no llega a ser desfavorable para la elaboración de las gomitas, siendo así que los panelistas no lograron diferenciar entre una misma formulación con y sin extracto.

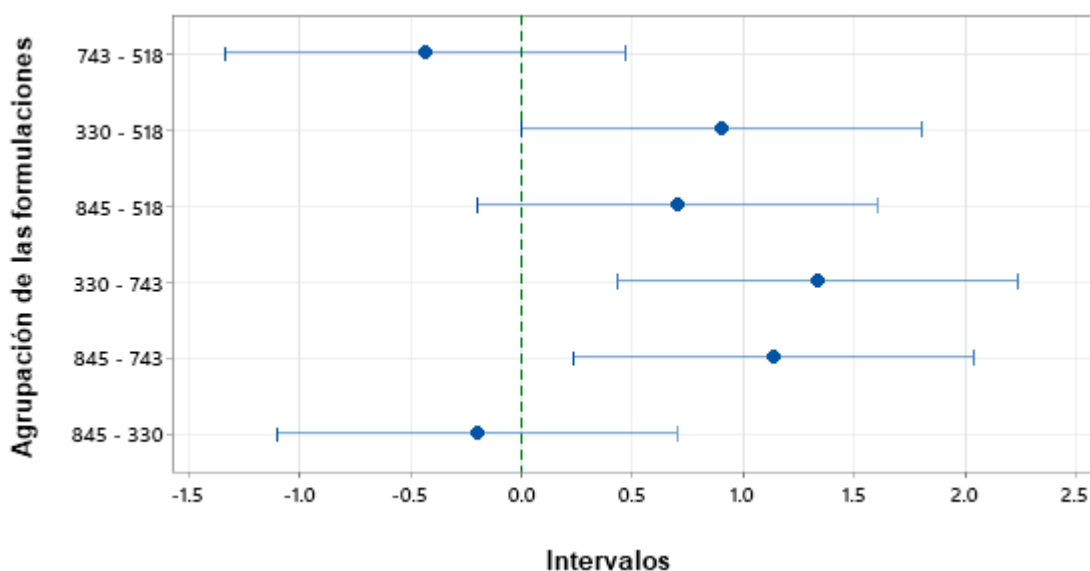


Figura 7. Gráfica de intervalos de confianza simultáneos al 95% de Tukey. Los agrupamientos que no contengan cero (línea punteada verde) corresponden a medias significativamente diferentes. Código de las muestras 518, 743, 330 y 845 corresponden a la formulación 1 con extracto, formulación 1 sin extracto, formulación 2 con extracto y formulación 2 sin extracto respectivamente.

Los resultados indican que es posible desarrollar gomitas con una combinación de azúcar y Splenda en su formulación y así mismo adicionarle a esta el extracto de *Q. durifolia* sin que esto afecte negativamente el nivel de aceptación de los consumidores.

3.2.2 Prueba de preferencia

El análisis de los resultados para la prueba de preferencia arrojó a la formulación 2 con extracto como la de menor valor en la suma de sus puntajes, que significa por lo tanto las gomitas preferidas, así mismo la prueba de Kramer, en donde se evaluaron las diferencias entre la suma de preferencias entre gomitas y el valor crítico de 25.7 (Cuadro VI) indica que la formulación 2, o bien, las gomitas con Splenda, azúcar y extracto de *Q. durifolia*, y la misma formulación pero sin extracto son significativamente preferidas sobre las demás gomitas. Estos resultados complementan los obtenidos en la prueba de aceptación logrando así concluir que no existe una diferencia en la preferencia de las gomitas con y sin extracto y por ende es posible el desarrollo satisfactorio del alimento funcional con una calidad organoléptica aceptable.

Cuadro VI. Prueba de Kramer

	Código de la muestra			
	518 (A)	743 (B)	330(C)	845 (D)
Suma de preferencia	86	94	59	63
Diferencias	A vs. B = 8	A vs. C = 27	A vs. D = 23	B vs. C =35
	B vs. D = 31		C vs. D = 4	

Nota: En la prueba también se emplearon los puntajes empatados que se obtuvieron por parte de dos panelistas.

Las diferencias en las sumas de puntajes entre muestras con un valor mayor al del valor crítico corresponden a las muestras que son significativamente diferentes. Los códigos de muestra 518, 743, 330 y 845 corresponden a la formulación 1 con extracto, formulación 1 sin extracto, formulación 2 con extracto y formulación 2 sin extracto respectivamente.

Para ambas pruebas (de aceptación y preferencia) se observa como el uso del extracto de *Q. durifolia* no repercute en la aceptación de las gomitas, hecho que respalda la razón de su éxito y es que como lo señalan Jones y Jew (2007), los alimentos que poseen las entidades, en este caso funcionales, que brindan la menor cantidad de atributos de sabor y sensación en la boca como lo es por ejemplo la astringencia del extracto, tiene mayores posibilidades de éxito.

3.3 Evaluación antioxidante por el método DPPH

El método DPPH se basa en la reducción del radical 2,2-difenilo-1-picrylhidracilo por la acción de antioxidantes presentes en una muestra determinada. El radical, que en su estado oxidado es color violeta oscuro, se reduce y sufre una decoloración dando como resultado una disminución en la absorbancia de la muestra lo que permite conocer información sobre su actividad antioxidante (Brand-Williams *et al.*, 1995; Jiménez, Sánchez & Martínez, 2012). Este método fue empleado para evaluar la actividad antioxidante de las gomitas desarrolladas a partir del extracto de *Q. durifolia*.

Como se observa en la Figura 8, la muestra con el porcentaje de inhibición hacia el radical DPPH más alto corresponde al ácido ascórbico (70%), mientras que el más bajo se le atribuye al control de las gomitas de Ricolino® (3.5%). Tomando de referencia la clasificación del poder de reducción para las bebidas antioxidantes evaluadas por Argüelles, Hernández, Méndez y Méndez (2011), se considera como una alta capacidad antioxidante a un valor de porcentaje de inhibición igual o mayor al 70%, una capacidad antioxidante media para el rango de 40-69% y una baja capacidad antioxidante a valores por debajo de 40%; siguiendo estos porcentajes de antecedente las gomitas elaboradas a partir de extracto de *Q. durifolia* presentaron una baja actividad antioxidante (10.4 y 10.3%).

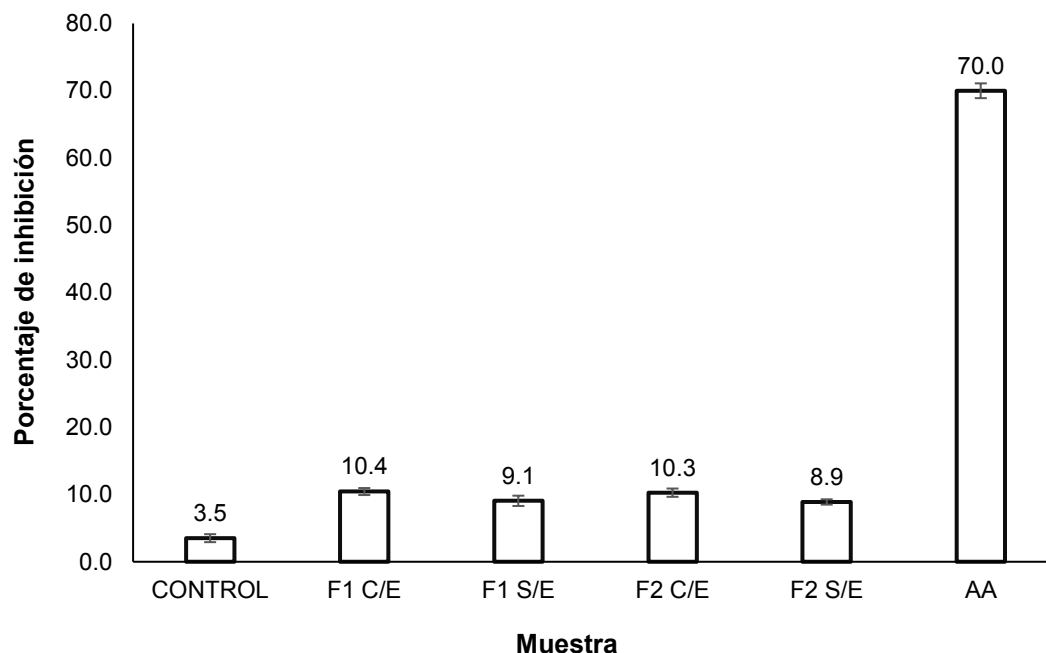


Figura 8. Resultados de la actividad antioxidante. El control corresponde a las gomitas de Ricolino® y AA es usado para ácido ascórbico. Las leyendas F1 y F2 corresponden a las formulaciones 1 y 2 respectivamente, mientras que C/E y S/E figuran para con extracto y sin extracto.

El análisis de varianza (ANOVA) y la metodología de Tukey mostraron que existe una diferencia significativa entre las muestras, donde se observa que la actividad antioxidante para las formulaciones de gomitas con extracto de *Q. durifolia* es diferente de las gomitas control y de las mismas gomitas sin extracto, véase la Figura 9, sin embargo, los resultados también arrojaron que la formulación 2 con extracto y la formulación 1 sin extracto son iguales, esto podría atribuirse al poder antioxidante propio del jugo de limón presente en ambas formulaciones de gomitas, véase el Cuadro IV.

La actividad antioxidante de los cítricos es atribuida a diferentes compuestos bioactivos, por ejemplo, el jugo de la especie de *Citrus aurantifolia* evaluada por Abd, Nagendra, Kin y Ismail (2010), mostró un EC₅₀, esto es, la concentración de antioxidante necesaria para producir una inhibición del 50% del radical DPPH (Tamuly, Hazarika, Bora & Gajurel, 2014), de casi 80 µg/100 ml, el cual es

atribuido en gran medida a compuestos fenólicos como los flavonoides y la hesperidina. Por esta razón se considera que el jugo de limón empleado en la elaboración de las gomitas (*Citrus aurantifolia*) contribuyó en el porcentaje de inhibición del DPPH para las gomitas, lo que también ayuda a comprender los porcentajes de inhibición obtenidos para las gomitas sin extracto.

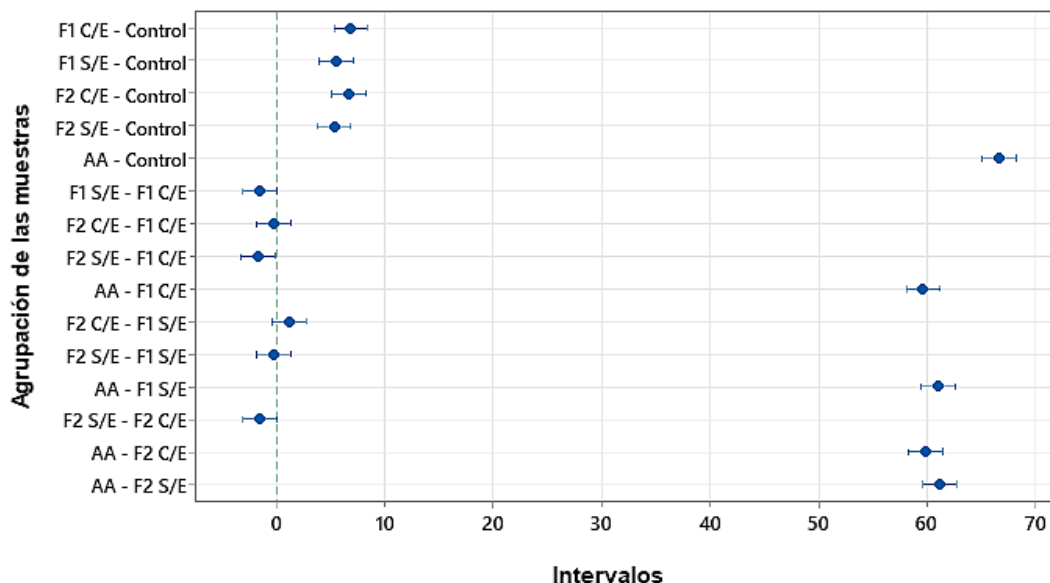


Figura 9. Gráfica de intervalos de confianza simultáneos al 95% de Tukey. Los agrupamientos que no contengan cero (línea punteada verde) corresponden a medias significativamente diferentes. Las leyendas F1 y F2 corresponden a las formulaciones 1 y 2, C/E y S/E figuran para con extracto y sin extracto. AA es usado para ácido ascórbico.

La cantidad de extracto empleado, el efecto de la matriz alimentaria en uno o varios compuestos bioactivos del extracto, la incompatibilidad por parte de algún ingrediente de la gomita y el extracto, un proceso que no permitió la incorporación correcta del extracto, las características físico-químicas del extracto y la selección de una metodología inadecuada para determinar la actividad antioxidante, pudieron ser los responsables de la baja actividad antioxidante de las gomitas con *Q. durifolia*.

La grenetina es un agente gelificante que proviene de la hidrólisis del colágeno obtenido de tendones, cartílagos y tejido conectivo de animales (Bedolla *et al.*, 2005) el cual puede ser empleado como una matriz sólida alimentaria en la industria de alimentos capaz de encapsular y transportar compuestos bioactivos, vitaminas y minerales (Norton, Frith & Ablett, 2006 como se citó en Cuadros & Aguilera, 2015), de manera que el uso y desarrollo de nuevos geles como matrices es de gran interés para su uso en alimentos. El uso de la grenetina como matriz alimentaria no parece ser la causa del problema de la baja actividad antioxidante, sin embargo, esta posibilidad no puede ser completamente descartada, para ello sería conveniente repetir la metodología DPPH esta vez adicionando una muestra del extracto con metanol.

Otro factor que se sugiere tuvo efecto en los resultados obtenidos es el método empleado para determinar la actividad antioxidante. El método DPPH es empleado por diversos artículos para reportar la actividad antioxidante de alimentos, siendo así que esta metodología, con sus respectivas variaciones, fue empleada en los artículos de Cedeño-Pinos, Marcucci y Bañón (2021); y Rejeb, Dhen, Kaseebi y Gargouri (2020) para evaluar el poder antioxidante de gomitas o alimentos a base de grenetina, en donde dichos autores no solo hicieron uso del método DPPH sino que además aplicaron el método del radical 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS), justificándose con que ambas pruebas son complementarias entre sí, por lo tanto se concluye que el uso del método DPPH fue correcto y se recomendaría entonces repetir el experimento buscando optimizar el método, así como llevar a cabo la prueba ABTS.

La cantidad de extracto empleado para la elaboración de las gomitas es otro factor importante a tomar en cuenta. Para dilucidar la influencia de este factor se compararon los resultados obtenidos por Rosales-Castro y colaboradores (2011) quienes evaluaron la actividad antioxidante de extractos de corteza de *Q. durifolia* siguiendo el método DPPH en el cual, de forma similar al presente trabajo, se disolvieron 50 µl de solución de las muestras con metanol en 1950 µl de solución

DPPH (6.1×10^{-5} M) y se midió la absorbancia a 515 nm una vez transcurridos 30 minutos de incubación. Si bien el extracto que usaron Rosales-Castro y colaboradores (2011) fue obtenido mediante métodos y solventes distintos de los empleados para el extracto de las gomitas, sus resultados brindan una idea de la relación entre mg de extracto y actividad antioxidantes. Los resultados fueron expresados en EC_{50} ($\mu\text{g ml}$).

Los resultados mostraron un EC_{50} de 243.90 y 152.20 $\mu\text{g ml}^{-1}$ para los extractos crudos y extractos orgánicos respectivamente (Rosales-Castro y colaboradores, 2011), de manera que si se comparan dichos valores con los 100 $\mu\text{g ml}^{-1}$ de extracto utilizados en la elaboración de las gomitas con *Q.durifolia*, y se toma en cuenta los diferentes métodos de extracción empleados, se sugiere que la baja actividad antioxidante se debió a la cantidad de extracto utilizado para producir las gomitas, en otras palabras, la concentración de extracto disponible por gomita fue baja.

El conjunto de datos analizados sugiere entonces que el alimento funcional tipo gomita desarrollado a partir del extracto de corteza de *Q.durifolia* posee una baja actividad antioxidante atribuida en gran medida a la concentración de extracto empleada para elaborar el total de 68 gomitas, de igual manera se comprueba que su potencial antioxidante es mayor que el de las gomitas de Ricolino® de modo que el alimento funcional puede ser recomendado como una opción en el consumo de dulces con propiedades más allá de las nutricionales dirigidas al mantenimiento de una buena salud.

Con el fin de contrarrestar el bajo poder antioxidante de las gomitas se sugiere entonces el consumo habitual de las gomitas desarrolladas a partir de la formulación 2, es decir, las gomitas elaboradas con azúcar, Splenda y extracto de *Q.durifolia*, esto debido a que son las gomitas que presentaron el mayor nivel de aceptación y preferencias, y las que poseen la menor concentración de azúcar.

3.4 Conclusión

El presente trabajo de investigación permitió elaborar un alimento funcional con actividad antioxidante y calidad organoléptica aceptable empleando el extracto *Quercus durifolia*, dicho producto corresponde al desarrollado a partir de la combinación de azúcar, Splenda y extracto de corteza de *Q. durifolia*, el cual presentó una preferencia y un nivel de aceptación significativamente diferente frente al resto de gomitas evaluadas. Los resultados del análisis 2,2-difenilo-1-picrylhidracilo mostraron además que las gomitas desarrolladas presentaron una actividad antioxidante baja, sugiriendo así a la concentración de extracto empleada como la razón de dicho resultado.

3.5 Recomendaciones

Se sugiere llevar a cabo análisis del tipo microbiológico, proximal y fisicoquímico para dilucidar las características de las gomitas funcionales elaboradas a partir de extracto de *Quercus durifolia* y así comparar sus propiedades y calidad con respecto a otros productos comerciales de gomitas. Finalmente, y como parte del proceso para el desarrollo de un alimento funcional se propone el estudio, con sistemas *in vitro* o *in vivo*, de la eficacia clínica del alimento funcional tipo gomita.

LITERATURA CITADA

- Abd Ghafar, M. F., Nagendra Prasad, K., Kin Weng, K., y Ismail, A. (2010). Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from citrus species. *African Journal of Biotechnology*, 9(3), 326-330.
- Amić, D., Davidović-Amić, D., Bešlo, D., y Trinajstić, N. (2003). Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Croatica Chemical Acta* 76(1), 55-61.
- Arai, S. (2002). Global view on functional foods: Asian perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88 (S2), S139-S143. doi:10.1079/BJN2002678
- Arámbula-Salazar, J. A., Almaraz-Abarca, N., Corral-Rivas, J. J., Delgado-Alvarado, E. A., Díaz-Moreno, R., y Montiel-Antuna, E. (2015). Variability in Foliar Phenolic Composition of Several *Quercus* Species in Northern Mexico. *Pakistan Journal of Science and Industrial Research Series*, 58(2), 79-89.
- Aranceta Bartrina, J. (2011). Alimentos funcionales y salud. En J. M. Rodríguez (Coord.), *Atención primaria de calidad: Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales* (p. 15-27). Madrid: International Marketing & Communication.
- Argüelles Martínez, L., Hernández Ramírez, I., Méndez Iturbide, D., y Méndez Hernández, P. (2011). Evaluación de la capacidad antioxidante de alimentos preparados y bebidas típicas del estado de Tlaxcala. *Revista Médica Universidad Veracruzana*, 11(1), 25-28.
- Bedolla Bernal, S., Dueñas Gallegos, C., Esquivel Ibarra, I., Favela Torres, T., Guerrero Huerta, R., Mendoza Madrid, E., Navarrete López, A., Olguín Martínez, L.E., Ortiz Gama, J., Pacheco Puc, O., Quiroz Bravo, M., Ramírez Shoettlin, A., y Trijillo Castillo, M. (2005). *Introducción a la*

tecnología de los alimentos: Academia del área de plantas piloto de alimentos (2da ed.). Limusa.

Beltrán De Heredia, M. R. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(3), 12-14.

Brand-William, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie: Food Science and Thecnology* 28(1), 25-30.
[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

Burboa, E. A., Ascacio-Valdés, J. A., Zugastri-Cruz, A., Rodríguez-Herrera, R., y Aguilar, C. N. (2014). Capacidad antioxidante y antibacteriana de extractos de residuos de candelilla. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 45(1), 51-56.

Burlacu, E., Nisca, A., y Tanase, C. (2020). A comprehensive review of phytochemistry and biological activities of *Quercus* species. *Forests*, 11(9), 1-24. doi:10.3390/f11090904

Cázares Camacho, R., Romo Robles, P., Preciado Saldaña, A. M., Domínguez Avila, J. A y González A, G. A. (2018). Alimentos funcionales y su papel en problemas de salud nacional: caso de la diabetes. En G. A. González-Aguilar, A. Hernández-Mendoza, J. Milán-Carrillo, B. Vallejo-Cordoba y A. F. González-Córdova (Ed), *Aprovechamiento de subproductos de la industria alimentaria para la obtención de compuestos bioactivos* (p. 755-786). AGT Editor.

Cedeño-Pinos, C., Marcucci, M. C., y Bañón, S. (2021). Contribution of green propolis to the antioxidant, physical, and sensory properties of fruity jelly candies made with sugars or fructans. *Foods*, 10(11), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/foods10112586>

- Cervera, P., Clapés, J., y Rigolfas, R. (2004). *Alimentación y dietoterapia: Nutrición aplicada en la salud y la enfermedad*. (4ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Córdova-Villalobos, J., Barriguete-Meléndez, J. A., Lara-Esqueda, A., Barquera, S., Rosas-Peralta, M., Hernández-Ávila, M., de León-May, M. E., y Aguilar-Salinas, C. A. (2008). Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: sinopsis epidemiológica y prevención integral. *Salud pública en México*, 50(5), 419-427.
- Coronado H, M., Vega y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., y Radilla V, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182015000200014>
- Cortés R, M., Chiralt B, A., y Puente D, L. (2005). Alimentos funcionales: Una historia con mucho presente y futuro. *Revista de la facultad de química farmacéutica* 12(1), 5-14.
- Cruz Neyra, L. (2007). Alimentos funcionales. *Biotempo*, 7, 46-54. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v7i0.872>
- Cuadros, T. R., y Aguilera, J. M. (2015). Gel as precursor of porous matrices for use in foods: a review. *Food Biophysics*, 10(4). doi:10.1007/s11483-015-9412-5
- Decker, E. A. (1997). Phenolics: prooxidants or antioxidants? *Nutrition reviews*, 55(11), 396-407. doi: 10.1111/j.1753-4887.1997.tb01580.x.
- Doyon, M., y Labrecque, J. (2008). Functional foods: a conceptual definition. *British Food Journal*, 110(11), 1133-1149. doi:10.1108/00070700810918036

- Durán C, R., y Valenzuela B, A. (2010). La experiencia japonesa con los alimentos FOSHU: ¿Los verdaderos alimentos funcionales? *Revista chilena de nutrición* 37(2), 224-233. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182010000200012>
- Dziedziński, M., Kobus-Cisowska, J., y Stachowiak, B. (2021). *Pinus* species as prospective reserves of bioactive compounds with potential use in functional foods-Current state of knowledge. *Plants*, 10(7), 1-28. <https://doi.org/10.3390/plants10071306>
- Edelstein, S. (Ed.). (2013). Food Science: An ecological approach (1a ed.). Jones and Bartlett Learning.
- Evans, J. L., Goldfine, I. D., Maddux, B. A., y Grodsky, G. M. (2003). Are oxidative stress-activated signaling pathways mediators of insulin resistance and β -cell dysfunction? *Diabetes*, 52(1), 1-8. doi: 10.2337/diabetes.52.1.1.
- Ezquerro-Brauer, J. M., y Chan-Higuera, J. E. (2021). Capacidad antioxidante y mecanismo de acción de pigmentos en organismos marinos. *CienciaUAT*, 15(2), 186-197. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1501>
- Farjon F.L.S., A. (1996). Biodiversity of *Pinus* (Pinaceae) in Mexico: speciation and palaeo-endemism. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 121(4), 365-384. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1996.tb00762.x>
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2005). *Alimentos funcionales*.
- Gimeno Creus, E. (2004). Compuestos fenólicos: un análisis de sus beneficios para la salud. *Ámbito farmacéutico*, 36(6), 80-84.
- González-Torres, M. C., Betancourt-Rule, M., y Ortiz-Muñiz, R. (2000). Daño oxidativo y antioxidantes. *Bioquímica*, 25(1), 3-9.

- Guaadaoui, A., Benaicha, S., Elmajdoub, N., Bellaoui, M., y Hamal, A. (2014). What is a bioactive compound? A combined definition for a preliminary consensus. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(3), 174-179. doi:10.11648/j.ijnfs.20140303.16
- Gullett, N. P., Ruhul Amin, A. R. M., Bayraktar, S., Pezzuto, J. M., Shin, D. M., Khuri, F. R., Aggarwal, B. B., Surh, Y. J., y Kucukb, O. (2010). Cancer prevention with natural compounds. *Seminars in Oncology* 37(3), 258-281. doi:10.1053/j.seminoncol.2010.06.014
- Hernández, M., Echeverría, F. J., e Iglesias, J.R (2011). La leche como alimento funcional. En J. M. Rodríguez (Coord.), *Atención primaria de calidad: Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales* (p. 93-106). Madrid: International Marketing & Communication.
- Herrera Chalé, F., Betancur Ancona, D., y Segura Campos, M.R. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria*, 29(1), 10-20. doi:10.3305/nh.2014.29.1.6990
- INECOL. (s.f.). *Alimentos funcionales*. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1135-alimentos-funcionales#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20hay%20numerosos%20alimentos,alimentos%2C%20adem%C3%A1s%20de%20contener%20antioxidantes.>
- Instituto Nacional de Cáncer. (2021). *Aromaterapia con aceites esenciales (PDQ®)- Versión para pacientes*. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/tratamiento/mca/paciente/aromaterapia-pdq>

- Jiménez Monreal, A. M., Sánchez Manzanera, M., y Martínez Tomé, M. (2012). Optimización del método captación de radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) para evaluar la actividad antioxidante de la bebida de café. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 28, 67-79. <https://doi.org/10.6018/j/188731>
- Jones, P. J., y Jew, S. (2007). Functional food development: concept to reality. *Trends in Food Science & Technology*, 18(7), 387-390. doi:10.1016/j.tifs.2007.03.008
- Keservani, R. K., Kesharwani, R. K., Vyas, N., Jain, S., Raghuvanshi, R., y Sharma, A.K. (2010). Nutraceutical and functional food as future food: A review. *Der Pharmacia Lettre*, 2(1), 106-116.
- Konrad, T., Vicini, P., Kusterer, K., Höflich, A., Assadkhani, A., Böhles, H.J., Sewell, A., Tritschler, H.J., Cobelli, C., y Usadel, K. H. (1999). α -Lipoic acid treatment decreases serum lactate and pyruvate concentrations and improves glucose effectiveness in lean and obese patients with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 22(2), 280-287.
- Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food quality and preference*, 22(8), 733-747. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>
- Loraine, S., y Mendoza-Espinoza, J. A. (2010). Las plantas medicinales en la lucha contra el cáncer, relevancia para México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 41(4), 18-27.
- Luna-José, A. L., Montalvo-Espinosa, L., y Rendón-Aguilar, B. (2003). Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (72), 107-117.
- Maldonado Saavedra, O., Jiménez Vázquez, E. N., Guapillo Vargas, M. R. B., Ceballos Reyes, G. M., y Méndez Bolaina, E. (2010). Radicales libres y su

- papel en las enfermedades crónico-degenerativas. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 10(2), 32-39.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., y Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. doi: 10.1093/ajcn/79.5.727
- Marranzano, M., Rosa, R. L., Malaguarnera, M., Palmeri, R., Tessitori, M., y Barbera, A. C. (2018). Polyphenols: Plant Sources and Food Industry Applications. *Current Pharmaceutical Design*, 24(35), 4125-4130. doi:10.2174/1381612824666181106091303
- Martínez-Cervantes, M. A., Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., y Muñiz-Márquez, D. B. (2019). Valor funcional de bebidas tradicionales con posible potencial prebiótico. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 13(22), 8-14.
- Ministerio de Salud de la Nación. (2016). *Manual para el cuidado de personas con enfermedades crónicas no transmisibles: Manejo integral en el primer nivel de atención*. (1a ed.).
- Mirov, N. T. (1961). *Composition of gum turpentine of pines*. United States Department of Agriculture, Forest Service.
- Olgún Contreras, G., Meléndez Mier, G., Zúñiga R, A., y Pasquetti Ceccatelli, A. (2004). Antioxidantes y aterosclerosis. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 12(4), 199-206.
- Olveira Fuster, G., y González-Molero, I. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutrición Hospitalaria*, 22(S2), 26-34.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Enfermedades no transmisibles*. https://www.who.int/topics/noncommunicable_diseases/es/

- Ornelas-Paz, J., Yahia, E. M., Gardea-Béjar, A. A., Pérez-Martínez, J. D., Ibarra-Junquera, V., Ibarra-Junquera, M., Ruiz-Cruz, S., y Ochoa-Reyes, E. (2012). Actividad antioxidante y protectora de selectos compuestos bioactivos de frutas y hortalizas. En E. A. Parrilla, L. A. de la Rosa, G. A. González Aguilar y J. F. Ayala Zavala (Coords), *Antioxidantes en alimentos y salud* (p. 97-132). México: Clave editorial.
- Rejeb, I.B., Dhen, N., Kassebi, S., y Gargouri, M. (2020). Quality evaluation and functional properties of reduced sugar jellies formulated from citrus fruits. *Journal of Chemistry*, 2020, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2020/5476872>
- Rocha-Guzmán, N. E., González-Laredo, R. F., Vázquez-Cabral, B. D., Moreno-Jiménez, M. R., Gallegos-Infante, J. A., Gamboa-Gómez, C. I., y Flores-Rueda, A. G. (2019). Oak leaves as a new potential source for functional beverages: Their antioxidant capacity and monomer flavonoid composition. *Functional and Medical Beverages*, 11, 381-411. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00011-X>
- Rocha-Guzman, N. E., Medina-Medrano, J. R., Gallegos-Infante, J. A., Gonzalez-Laredo, R. F., Ramos-Gomez, M., Reynoso-Camacho, R., Guzman-Maldonado, H. y Gonzalez-Herrera, S. M. (2012). Chemical evaluation, antioxidant capacity, and consumer acceptance of several oak infusions. *Journal of Food Science* 77(2), 162-166. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02524.x
- Rosales Castro, M., Pérez López, M. E., y Ponce Rodríguez, M. C. (2006). Propiedades antirradicales libres y antibacterianas de extractos de corteza de pino. *Madera y Bosques* 12(1), 37-49.
- Rosales-Castro, M., González-Laredo, R. F., Rocha-Guzmán, N. E., Gallegos-Infante, J. A., Peralta-Cruz, J., Morré, J., y Karchesy, J. J. (2011). Chromatographic análisis of bioactive proanthocyanidins from *Quercus*

durifolia and *Quercus eduardii* barks. *Acta Chromatographica*, 23(3), 521-529. doi:10.1556/AChrom.23.2011.3.12

Sáenz-Esqueda, M. A., Rosales-Castro, M., Rocha-Guzmán, N. E., Gallegos-Infante, J. A., y González-Laredo, R. F. (2010). Contenido fenólico y acción antioxidante de extractos de acículas de *Pinus cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmannii* y *P. teocote*. *Madera y Bosque* 16(3), 37-48.

Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Maderas y Bosques*, 14(1), 107-120.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2021). *Anuarios estadísticos forestales*.
<https://www.gob.mx/semarnat/documentos/anuarios-estadisticos-forestales>

Shimoi, K., Saka, N., Kaji, K., Nozawa, R., y Kinae, N. (2000). Metabolic fate of luteolin and its functional activity at focal site. *BioFactors*, 12(1-4), 181-186. doi:10.1002/biof.5520120129

Soto-García, M., y Rosales-Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* y *Quercus sideroxyla*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(4), 701-714. doi:10.4067/S0718-221X2016005000061

Taib, M., Rezzak, Y., Bouyazza, L., y Lyoussi, B. (2020). Medicinal uses, phytochemistry, and pharmacological activities of *Quercus* species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 1-20. <https://doi.org/10.1155/2020/1920683>

Tamuly, C., Hazarika, M., Bora, J., y Gajurel, P. R. (2014). Antioxidant activities and phenolic content of *Piper wallichii* (Miq.) Hand.-Mazz. *International*

Journal of Food Properties, 17(2), 309-320.
doi:10.1080/10942912.2011.631250.

Universidad Nacional Autónoma de México. (2018). *Pinus arizonica* Engelm.
<https://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:FS7065>

Valencia-A., S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México.
Boletín de la Sociedad Botánica de México, (75), 33-53.

Vicentini, A., Liberatore, L. y Mastrocola, D. (2016). Functional foods: Trends and development of the global market. *Italian Journal of Food Science*, 28(2), 338-351. doi:10.14674/1120-1770/ijfs.v211

Yamada, K., Sato-Mito, N., Nagata, J., y Umegaki, K. (2008). Health claim evidence requirements in Japan. *The Journal of Nutrition*, 138(5), 1192S-1198S. <https://doi.org/10.1093/jn/138.6.1192S>

Zamora S, J. D. (2007). Antioxidantes: Micronutrientes en la lucha por la salud. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(1), 17-26.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182007000100002>