



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“Capacidad antioxidante del bagazo de betabel (*Beta vulgaris L.*), como antioxidante natural en la elaboración de aceites”.

PRESENTA:

ITZEL OCHOA VIVEROS

CON NÚMERO DE CONTROL
17TE0289

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO
IIAL-2010-219

DIRECTOR (A) DE TESIS:
DR. HIRAM ALEJANDRO WALL MARTÍNEZ

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, MARZO 2022



PRELIMINARES

Agradecimientos

*A Dios, por darme la oportunidad
de llegar a esta etapa de mi vida
y de culminar una de mis metas.*

A mi madre:

*La señora Ana Bertha Viveros;
Por haberme forjado la persona que soy,
darme su apoyo incondicional
y entusiasmo para seguir adelante.*

A mis docentes:

*Por su apoyo y dedicación,
al compartir sus conocimientos.*

A mis compañeros:

*Por hacer este recorrido menos
pesado y aprender de la vida
a su lado.*

Resumen

Los aditivos son sustancias que mantienen o mejoran las características de un producto. En el caso de los aceites, son añadidos en su formulación antioxidantes que permiten prolongar su vida de anaquel, evitando la oxidación de los ácidos grasos y como consecuencia la aparición de compuestos indeseables. Desde otro punto de vista, hay indicios que antioxidantes artificiales utilizados en grasas y aceites tienen efectos secundarios para la salud, por lo que es necesario buscar nuevas opciones de origen natural. El betabel (*Beta vulgaris L.*), ha demostrado tener capacidades antioxidantes por su alto contenido de betalaínas.

Por lo anterior, se propuso la extracción de betalaínas del bagazo de betabel; un residuo obtenido de la industria azucarera y juguera, para evaluar el efecto de protección hacia los aceites, mediante el índice de peróxidos. La extracción de betalaínas se realizó con ayuda de etanol- agua (50:50), posteriormente fueron aplicadas a muestras de aceite comercial de cártamo y aceite de semilla de girasol obtenido por el método Soxhlet; seguido de un tratamiento térmico de 180°C y 220°C se midió el índice de peróxidos a 0, 1, 5, 15, 45 y 60 minutos. Las muestras con mayor índice de peróxidos fueron las de aceite de girasol a 220°C sin ningún tipo de antioxidante (5.00, 6.67, 10.56, 17.22, 41.67 meqO₂/Kg), seguidas de las de aceite de girasol a 220°C con betalaínas (2.22, 3.89, 7.78, 12.22, 23.34 meqO₂/Kg); demostrando una mayor oxidación en comparación a las muestras del aceite comercial, ya que para el último caso, la combinación de dos tipos de antioxidantes creó un efecto sinérgico. Los índices de peróxido a los 60 min. en aceite de girasol a 180°C se redujeron hasta 4.44 meqO₂/Kg cuando se adicionaban betalaínas y en 220°C a 18.33 meqO₂/Kg cuando se adicionaban betalaínas, concluyendo que estos compuestos son capaces de ejercer un efecto protector en los aceites vegetales a temperaturas de 180- 220°C.

Palabras clave: antioxidante, oxidación lipídica, bagazo, betabel.

Introducción

Los aceites vegetales mayoritariamente son incorporados a la alimentación humana, aportando un elevado valor energético, ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles A, D y E (Termes, 2018). Su elaboración solicita un dominio de los elementos y de las condiciones de producción. A lo largo de la cadena productiva hasta después de ser utilizados estas materias grasas pueden sufrir una serie de reacciones, principalmente la llamada oxidación, al verse afectadas por diversos factores como el oxígeno, la luz, la temperatura, el contacto con metales, entre muchos otros.

La industria alimentaria decide incorporar en su formulación antioxidantes que minimizan su temprano deterioro y mantienen sus características por más tiempo. Dichos antioxidantes pueden provenir de origen natural o sintético, no obstante, estos últimos han demostrado tener efectos negativos para la salud. Lo que ha desencadenado que se realicen diversas investigaciones para reducir o reemplazar el uso de compuestos artificiales por naturales e inclinarse por productos que sean más saludables para el consumidor.

Es por ello que el estudio se centraliza en la protección lipídica mediante la adición de antioxidantes naturales provenientes del bagazo betabel (*Beta vulgaris L.*), tubérculo con gran capacidad antioxidante y de bajo consumo. Evaluando el comportamiento de los compuestos bioactivos como único antioxidante o bien creando un efecto sinérgico al actuar junto con otros antioxidantes. Aplicando dichos compuestos a un aceite de semilla de girasol obtenido por el método de soxhlet y aceite comercial de marca reconocida, para posteriormente aplicar calor en diferentes intervalos de tiempo.

Índice general

PRELIMINARES	2
Agradecimientos.....	3
Resumen	4
Introducción	6
Capítulo I Generalidades del proyecto	11
1.1. Descripción de la empresa u organización.....	12
1.2. Problemática de investigación	14
1.3 Preguntas de investigación.....	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	17
1.5 Justificación	18
Capítulo II Marco teórico	19
2.1. Fundamentos teóricos.....	20
2.1 Oxidación lipídica	20
2.2 Antioxidantes.....	22
2.3 Antioxidantes utilizados para la producción de aceites y efectos toxicológicos	29
2.4 El betabel	36
2.5 Utilización del betabel.....	40
2.6 Bagazo de betabel.....	42
2.7 Antecedentes	43
Capítulo III Desarrollo y metodología	46
3.1. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	47
3.1.1 Extracción de los compuestos bioactivos (betalaínas) del bagazo de betabel.....	49

3.1.2 Extracción de aceite por método Soxhlet.....	49
3.1.3 Determinación de la oxidación lipídica por el índice de peróxido.....	49
3.2. Alcance y enfoque de la investigación.....	51
3.3. Hipótesis.....	51
3.4. Diseño y metodología de la investigación.....	52
3.5. Selección de la muestra.....	52
3.6. Recolección de datos.....	53
3.7. Análisis de datos.....	55
Capítulo IV Resultados.....	57
4.1 Resultados.....	58
4.1.1 Análisis de los resultados.....	58
Capítulo V Conclusiones.....	63
5.1. Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia profesional y personal adquirida.....	64
5.2. Conclusiones relativas a los objetivos específicos.....	64
5.3. Conclusiones relativas al objetivo general.....	65
5.4. Aportaciones originales.....	66
5.5. Limitaciones del modelo planteado.....	66
5.6. Recomendaciones.....	67
Capítulo VI Referencias bibliográficas.....	68
Capítulo VII Anexos.....	76
Carta de autorización para publicación.....	81

Índice de figuras

Ilustración 1 Proceso de rancidez hidrolítica	20
Ilustración 2 Proceso de autooxidación de ácidos grasos insaturados	21
Ilustración 3 Clasificación de los antioxidantes naturales	24
Ilustración 4 Betabel o remolacha.....	36
Ilustración 5 Variedades de betabel (roja, amarilla, blanca y vetada)	37
Ilustración 6 Variación en el índice de peróxidos en aceites tratados a 180°C.....	59
Ilustración 7 Variación en el índice de peróxidos en aceites tratados a 220°C.....	60
Ilustración 8 Bagazo de betabel.....	77
Ilustración 9 Equipo Soxhlet.....	77
Ilustración 10 Aceite de semilla de girasol con solvente	78
Ilustración 11 Separación del aceite y solvente.....	78
Ilustración 12 Aceite comercial + extracto, y aceite de semilla de girasol + extracto	79
Ilustración 13 Aceite con extracto después de ser sometido a calor	79
Ilustración 14 Titulación con tiosulfato de sodio	80

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los antioxidantes sintéticos.	25
Tabla 2. Ingesta Diaria Admisible (IDA) y dosis máxima de los antioxidantes. (NMX-F-592-SCFI-2011), (Benford, 2000).	35
Tabla 3. Composición nutrimental del betabel crudo, cocido y curtido.	38
Tabla 4. Índice de peróxidos en aceite comercial oleico con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 180°C.	53
Tabla 5. Índice de peróxidos en aceite comercial oleico con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 220°C.	53
Tabla 6. Índice de peróxidos en aceite de semilla de girasol con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 180°C.	54
Tabla 7. Índice de peróxidos en aceite de semilla de girasol con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 220°C.	54
Tabla 8 Aceite comercial, 45 minutos a 180°C.	55
Tabla 9 Aceite comercial, 60 minutos a 180°C.	55
Tabla 10 Aceite comercial, 45 minutos a 220°C.	55
Tabla 11 Aceite comercial, 60 minutos a 220°C.	55
Tabla 12 Aceite de girasol, 45 minutos a 180°C.	55
Tabla 13 Aceite de girasol, 60 minutos a 180°C.	55
Tabla 14 Aceite de girasol, 45 minutos a 220°C.	56
Tabla 15 Aceite de girasol, 60 minutos a 220°C.	56

Capítulo I

Generalidades del proyecto

1.1. Descripción de la empresa u organización

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán con sede en el municipio de Teziutlán; Puebla, institución enfocada a la educación superior con 28 años de trascendencia en formar profesionistas con valor. Por segundo año consecutivo la institución recibe el reconocimiento a las mejores instituciones de ingeniería del país 2021, otorgado por la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería ANFEI. Además de implementar, mantener y mejorar su Sistema de Gestión de Calidad de acuerdo a lo establecido por la Norma ISO 9001:2015.

Institución comprometida con alcanzar una educación de eficiente, moderna y de calidad; actualmente oferta 6 ingenierías: ingeniería en gestión empresarial, ingeniería en sistemas computacionales, ingeniería industrial, ingeniería informática, ingeniería mecatrónica e ingeniería en industrias alimentarias y 1 maestría en sistemas computacionales.

De las cuales el estudio será aplicado para el área de ingeniería en industrias alimentarias.

1.1.2. Misión.

El instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tienen como Misión, formar Profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

1.1.3. Visión.

Llegar a ser la Institución de Educación Superior Tecnológica más reconocida en el Estado de Puebla, que ofrezca un proceso de Enseñanza – Aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica y la formación integral del Alumno,

contribuyendo al desarrollo sustentable, económico, político y social de nuestro Estado.

1.2. Problemática de investigación

Los antioxidantes juegan un rol crucial en la preservación de grasas y aceites comestibles, sustancias que retrasan la oxidación de los componentes, incrementando la estabilidad y vida de anaquel. Los antioxidantes comúnmente utilizados en la industria alimentaria son: BHA, BHT y TBHQ. Los dos primeros suelen combinarse para crear un efecto de sinergismo.

En cambio, se ha señalado que la presencia de aditivos sintéticos incide el aumento de riesgos en la salud, generando un desbalance en el sistema oxidativo, enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedades gástricas, respiratorias neurológicas y del sistema endocrino; por lo que su uso debe ser restringido a límites menores de 0.02% para el caso de aceites, acorde a la dosis permitida de TBHQ, si se quieren minimizar los riesgos (Davalos y Fiorella, 2019; NMX-F-475-SCFI, 2011).

Por tanto, la recomendación es evitar a medida posible el consumo de alimentos procesados y optar por aquellos que contienen antioxidantes naturales, además de verificar la fecha de expiración (Mejía et al., 2014).

Así mismo, como consecuencia de la producción de azúcar se obtiene un residuo denominado pulpa agotada, el cual se prensa con mayor o menor fuerza según su uso posterior y se almacena por periodos muy breves para evitar fermentaciones indeseables; de lo contrario se deberá proceder a su secado. La pulpa húmeda ensilada presenta varios inconvenientes entre ellos esta: la pérdida de nutrientes durante su conservación y la dificultad para transportarla debido a su excesivo peso por el agua que contiene.

El residuo de betabel, generalmente es consignado para la alimentación del ganado, al que se recurre por estar disponible todo el año, por su uniformidad en el producto, garantía de suministro y precio accesible. Caso similar ocurre con la industria de los

jugos, que incluyen dentro de sus formulaciones la remolacha generando grandes cantidades de bagazo de betabel; subproducto que podría ser empleado para la extracción de sus compuestos.

Por lo que el objetivo de la investigación es, evaluar la capacidad antioxidante que tiene el bagazo de betabel aplicado en aceites comestibles, reduciendo el uso de antioxidantes sintéticos.

1.3 Preguntas de investigación

¿Cuáles son los compuestos antioxidantes del betabel?

¿El bagazo de betabel tiene capacidad antioxidante?

¿Los compuestos antioxidantes del bagazo de betabel minimizan la oxidación de los aceites?

¿Cómo reaccionan estos compuestos en conjunto con antioxidantes ya añadidos a los aceites?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad antioxidante del bagazo de betabel (*Beta vulgaris L.*), como alternativa al uso de antioxidantes sintéticos en aceites.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Extraer los compuestos antioxidantes del bagazo de betabel (*Beta vulgaris L.*), a través de la técnica de maceración.
- ✓ Determinar la capacidad antioxidante del bagazo de betabel (*Beta vulgaris L.*)
- ✓ Aplicar los compuestos extraídos en diferentes tipos de aceite comestible para estudiar su comportamiento mediante el índice de peróxidos.
- ✓ Realizar un análisis comparativo del efecto de los antioxidantes extraídos en diferentes tipos de aceites comerciales.

1.5 Justificación

Con el transcurso del tiempo, las tendencias en el mundo de los alimentos se han inclinado por opciones más sanas y responsables en cuanto a: producción, comercio, responsabilidad con el medio ambiente y principalmente con la salud del consumidor (Ikerd, 2015). Ante esta necesidad la industria alimentaria busca reemplazar o disminuir materias primas e insumos que impliquen un riesgo a la salud por alternativas más naturales.

De igual importancia, la naturaleza nos ofrece una amplia variedad de súper alimentos con propiedades que podrían asemejarse o igualarse a las funciones obtenidas por alteraciones químicas, que en su mayoría no han sido explotadas, como lo es en el caso del betabel, el cual de manera natural posee compuestos bioactivos que actúan como antioxidante, tales como: polifenoles, antocianinas y sales de nitrato (NO_3). Resaltando el contenido de betalaínas, dentro de las cuales se encuentran las betacianinas y las betaxantinas, que actúan como una barrera de protección hacia los radicales libres; moléculas responsables de la rancidez, que producen una transformación química en grasas y aceites, reducen su valor nutritivo y deterioran sus características organolépticas (Pereyra et al., 2009).

Atendiendo al anterior contexto y con el propósito de contribuir a la mejora de los procesos productivos se busca comprobar el efecto antioxidante del bagazo de betabel frente a su uso en aceites comestibles, planteándose como reto la aplicación a nivel industrial, teniendo como resultado el aprovechamiento al máximo de la hortaliza al darle un valor agregado a un residuo al mismo tiempo que se minimiza el contenido de aditivos sintéticos en los aceites.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Fundamentos teóricos

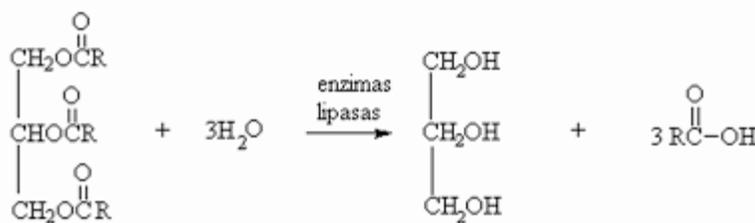
2.1 Oxidación lipídica

La oxidación de los lípidos es uno de los fenómenos de deterioro de gran importancia en las materias primas alimentarias, que alteran las propiedades y reducen su vida útil (Méndez, 2019). Las materias grasas sufren reacciones como lipólisis, autooxidación, entre otras.

Lipólisis (rancidez hidrolítica)

La lipólisis se define como el desdoblamiento de los triglicéridos por acción de una enzima llamada lipasa (LPL). Este fenómeno se produce cuando hay un daño en la membrana del glóbulo graso, lo que permite que la enzima alcance el sustrato. Los principales factores que favorecen la lipólisis inducida son los mecánicos: agitaciones, aireación, bombeos, cambios de temperatura, acción de microorganismos, etc. (Casado y García, s.f.). El proceso de rancidez hidrolítica se detalla en la Ilustración 1.

Ilustración 1 Proceso de rancidez hidrolítica



Fuente: Botella I. (2017). Alteración de lípidos rancidez. Obtenido de: <https://player.slideplayer.es/39/11001581/data/images/img4.jpg>.

De manera general el término "rancio" hace referencia a características indeseables debido a la oxidación de los lípidos y a los compuestos procedentes de estos (Kemin, 2018).

Autooxidación (rancidez oxidativa)

De acuerdo con Frankel (2005), la autooxidación es un proceso auto catalítico por causa de la formación de radicales libre en los lípidos insaturados, estos radicales libres reaccionan con el oxígeno formando radicales de peróxido que dan como consecuencia nuevos radicales libres y nuevos compuestos. Proceso que incluye 4 etapas: iniciación, propagación, ramificación y terminación.

Ilustración 2 Proceso de autooxidación de ácidos grasos insaturados

Iniciación	RH	→	R• + H•	Radical libre
Propagación	R• + O ₂	→	ROO•	Radical hidroperóxido
	ROO• + RH	→	R• + ROOH	Hidroperóxido
Terminación	R• + R•	→	RR	Compuestos muy estables
	R• + ROO•	→	ROOR	
	ROO• + ROO• +	→	ROOR + O ₂	
	RO• + R•	→	ROR	
	2RO• + 2ROO•	→	2ROOR + O ₂	

RH: Ácido graso insaturado.

Fuente: Badui, (2006). Química de los alimentos.

El proceso de autooxidación inicia al formarse radicales libres mediante la pérdida de un átomo de hidrogeno de la cadena del ácido graso. Los radicales libres que se han formado reaccionan rápidamente con el oxígeno para formar un radical hidroxilo, que a su vez da paso a la formación de un hidroperóxido y un nuevo radical

libre que puede propagar la cadena de reacción (Rahman y Col., 2009). (Ilustración 2).

Dando paso a la etapa de ramificación; como consecuencia de la unión de los radicales libres a otros compuestos se producen nuevos productos deseables o indeseables, conocido como etapa de terminación. Frankel (1984), explica la descomposición de los hidroperóxidos produce compuestos volátiles de bajo peso molecular; aldehídos, cetonas, alcoholes, hidrocarburos, ésteres, furanos y lactonas responsables de aromas y sabores diferentes.

Factores externos como luz, temperatura, oxígeno, entre otros generan inestabilidad en los alimentos y como consecuencia la formación de radicales libres y a su vez la formación de nuevos compuestos (peróxidos e hidroperóxidos). Estos compuestos al degradarse se convierten en aldehídos y cetonas responsables de aromas y sabores desagradables en los alimentos. Llamado mecanismo de oxidación (Kemin, 2018).

Integrar antioxidantes a los alimentos es la manera más efectiva y económica de retardar la oxidación (Frankel, 2005).

2.2 Antioxidantes

Los antioxidantes son moléculas con el poder de retrasar o prevenir la oxidación de otras moléculas oxidándose ellos mismos (Jamanca y Alfaro, 2017). Protegen biomoléculas como proteínas, azúcares, lípidos y ácidos nucleicos, al capturar los radicales libres (RL) evitando su formación y distribución (Gonzales et al., 2000).

Desde otro punto de vista, un antioxidante es toda sustancia que en concentraciones más bajas respecto a las del sustrato oxidable (biomoléculas), retardan previenen y/o inhiben la oxidación de dicho sustrato (Halliwell y Gutteridge, 2007). Lo cual, se

logra cuando el grupo -OH dona su hidrogeno al radical libre y lo estabiliza (Chacón De León, 2004). Dichas sustancias son aplicadas en los alimentos, en la medicina, cosmetología, etc. En la industria alimentaria los antioxidantes son adicionados a las grasas u otros productos para retardar los efectos de la oxidación lipídica, como también retardar el proceso de envejecimiento y muerte celular ocasionada por los radicales libres (Reyes, 2005).

Un radical libre se define como cualquier especie química que en su distribución tiene uno o más electrones desapareados, por lo tanto, buscan estabilizarse con diferentes compuestos para completar el electrón que necesitan (Kaur y Kapoor, 2001). Cuando dos radicales libres reaccionan entre si forman un enlace covalente, sin embargo, cuando reacciona con moléculas no radicales se genera una reacción en cadena dando origen a nuevos radicales libres (Halliwell *et al.*, 1995).

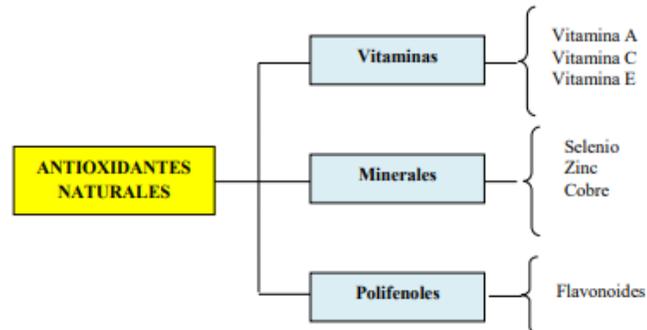
El mecanismo de acción del antioxidante funciona al conferir un átomo de hidrogeno a los radicales ácidos graso (R) y a los hidroperóxidos (ROO), restituyendo el ácido (RH) y el hidroperóxido (ROOH). Donde la célula anula la reactividad o inhibe la producción de los radicales libres (Thornalley y Vasak, 1985; Greenwald, 1990; Palamanda y Kehrer, 1992). Lo que permite mantener por más tiempo las características del alimento y evitar su daño temprano.

Existen muchas formas de clasificar a los antioxidantes. Según su fuente de origen pueden clasificarse como antioxidantes naturales y antioxidantes sintéticos.

2.2.1 Antioxidantes naturales

Se encuentran de manera natural en los alimentos. Clasificados así mismo como: vitaminas, minerales y/o sustancias fotoquímicas. Ilustración 3.

Ilustración 3 Clasificación de los antioxidantes naturales



Fuente: Jamanca y Alfaro, 2017

Se encuentran principalmente en frutas y verduras, por lo que no implican riesgos a salud, pero si un mayor costo para su obtención, debido a que las concentraciones presentes en los alimentos son muy bajas o se pierden parte de ellas durante su extracción.

Entre los antioxidantes naturales destacan la vitamina E, antioxidante lipofílico presente mayormente en grasas vegetales y de semillas, germen de trigo, maní, carnes, pescado, frutas y verduras. El ácido ascórbico compuesto hidrosoluble que se encuentra en verduras y frutas principalmente cítricos. Los carotenoides son compuestos coloreados resaltando en este grupo a los betacarotenos, están en verduras, frutas de color amarillo y naranja, además de los alfacarotenos presentes en las zanahorias, los licopenos en el tomate, las luteínas y en verduras de hojas verdes las xantinas y las betacriptoxantinas en los cítricos. De manera que se busca aumentar el consumo de alimentos ricos en estos compuestos para aminorar el efecto que producen los radicales libres (Suwalsky, 2006).

La cantidad de compuestos antioxidantes presentes en el alimento varía dependiendo del tipo de vegetal, parte del vegetal (fruto, semillas, brotes, hojas), madurez, condiciones climáticas, de cultivo, procesado y almacenamiento (García et al, s.f.). Dichos compuestos se encuentran presentes en bajas concentraciones reduciendo su efectividad. Por lo que se utilizan sustancias sintéticas más potentes comúnmente conocidas como antioxidantes sintéticos (Badui 1999).

2.2.2 Antioxidantes sintéticos

Los antioxidantes sintéticos son producidos mediante síntesis química para buscar efectos que no se consiguen de forma natural, con resultados poco naturales y predecibles, por lo que su uso debe ser regulado.

La Administración de Alimentos y Medicinas de los Estados Unidos (FDA), los define como conservadores alimenticios que atrasan el daño, rancidez o decoloración producidos por la oxidación lipídica. (Davalos y Fiorella, 2019). En la Tabla 1 se observan algunos antioxidantes de uso alimentario.

Tabla 1. Clasificación de los antioxidantes sintéticos

Nombre	Código	Origen	Uso habitual	Efectos secundarios
Ácido láctico	E 270	Bacteriano	Judías, pepinos, alimentos infantiles, bebidas carbónicas, margarinas ligeras, salsas de ensaladas	Ninguno
Acido L- ascórbico (vitamina C)	E 300	Síntesis artificial	Bebidas de frutas, mermeladas, productos congelado con huevo, papa deshidratadas	Ninguno en dosis habitual

Ascorbato sódico	E 301	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno en dosis habitual
Ascorbato cálcico	E 302	Síntesis artificial	Comida preparada	Ninguno
Palmitato de ascorbilo	E 304	Síntesis artificial	Embutidos, extractos de caldo de pollo	Ninguno
Tocoferoles de origen natural	E 306	Extractos de aceite, soja, germen arroz, germen trigo, maíz, semillas de algodón	Postres preparados, aceites vegetales	Ninguno
Alfa-tocoferol sintético	E 307	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno
Gama-tocoferol sintético	E 308	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno
Delta-tocoferol sintético	E 309	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno
Lecitina	E 322	Habas de soja, maíz, cacahuete, huevo	Postres, crema, yogurt líquido, leche en polvo, chocolate, margarina ligera, pastelería	Ninguno
Lactato de sodio	E 325	Sal sódica del ácido láctico	Queso, dulces	Ninguno
Lactato de potasio	E 326	Sal potásica del ácido láctico	Pasteles rellenos, merengues, empanadas	Ninguno
Lactato de calcio	E 327	Sal sódica del ácido láctico		Ninguno
Ácido cítrico	E 330		Frutas, hortalizas en conservas, sopas, helados, pescado, marisco congelado, bollería	Ninguno
Citrato de sodio	E 331	Síntesis artificial	Queso loncha, helados, bebidas carbónicas, vinos, dulces	Ninguno
Citrato de potasio	E 332	Síntesis artificial	Leche condensada y en polvo, queso, nata ultra	Ninguno

			pasteurizada y esterilizada, bollería, postres de crema, vino, dulces, bebidas carbónicas, mermeladas light	
Citrato de calcio	E 333	Síntesis artificial	Queso, confitería, vino, bebidas carbónicas	Ninguno
Acido L (+)- tartárico	E 334	Síntesis artificial	Confitería, jaleas, mermeladas, bebidas carbónicas	Ninguno
Tartrato de sodio	E 335	Síntesis artificial		Ninguno
Tartrato de potasio	E 336	Síntesis artificial	Mermelada, merengue de limón, pasteles variados	Ninguno
Tartrato doble de sodio y potasio	E 337	Síntesis artificial	Derivados de pescados y quesos	Ninguno
Ortofosfato mono, di o tri sódico	E 339 a, b o c	Síntesis artificial	Carne cocida, mantequillas, margarinas, embutidos. Tarata de queso, queso en lonchas o fundido.	Ninguno
Ortofosfato mono, di o tri potásico	E 340 a, b o c	Síntesis artificial	Salsas postres, mermeladas, leche de soja en polvo	Ninguno
Ortofosfato mono, di o tri cálcico	E 341 a, b o c	Síntesis artificial	Levadura química, relleno de cereza, pasteles, conservas, repostería instantánea	Ninguno
Esteres cítricos de mono y triglicéridos de ácidos grasos	E 472 c	Ácido cítrico natural o idéntico al natural	Salsas instantáneas de repostería	Ninguno
Galato de propilo	E 310	Síntesis artificial	Copos de cereales, chicles, purés de patata instantáneos, aperitivos,	Prohibidos en lactantes y niños, dolores de estómago, peligro en

			grasas y aceites vegetales.	asmáticos y alérgicos a la aspirina.
Galato de octilo	E 311	Síntesis artificial	Copos de cereales, chicles, purés de patata instantáneos, aperitivos, grasas y aceites vegetales.	Prohibidos en lactantes y niños, dolores de estómago, peligro en asmáticos y alérgicos a la aspirina.
Galato de dodecilo	E 312	Síntesis artificial	Copos de cereales, chicles, purés de patata instantáneos, aperitivos, grasas y aceites vegetales.	Prohibidos en lactantes y niños, dolores de estómago, peligro en asmáticos y alérgicos a la aspirina.
Acidoeritórbito	E 315	Síntesis artificial	Carnes en conserva	No se han descrito
Eritorbato sódico	E 316	Síntesis artificial	Carnes en conserva, mermeladas, confituras, jaleas, productos con huevo	No se han descrito
Butilhidroxianisol (BHA)	E 320	Síntesis artificial	Galletas, extracto de caldo de buey, dulces, nueces, arroz aromatizado, pastel de frutas	Aumento del colesterol. Degradación de vitamina D, prohibido en lactantes y niños
Butilhidroxitolueno (BHT)	E 321	Síntesis artificial	Chicle	Alergizante (grietas cutáneas). Degradación de la vitamina D, prohibido en niños y lactantes.

Fuente: Jamanca y Alfaro (2017).

Muchos de los antioxidantes sintéticos son compuestos fenólicos con diversos grupos alquilo que permiten ceder un protón a un radical libre. Dentro de esta clasificación se encuentra: el butil-hidroxianisol (BHA), butil- hidroxitolueno (BHT), ter-butil-hidroquinona (TBHQ) y propilgalato (PG) (Ramalho y Jorge, 2006).

La estabilidad térmica de estos compuestos se ve afectada durante el procesamiento térmico de los alimentos, ya que su protección fue diseñada para temperaturas relativamente bajas (Davalos y Fiorella, 2019). Factores como el tipo de grasa al que será aplicado además de elementos de producción como: costos, eficacia, condiciones de transformación, recurso, estabilidad, seguridad y gustos del consumidor, etc. deben considerarse a la hora de elegir un antioxidante (Herrera y Zambrano, 2005).

Lo que determina que no todos los antioxidantes son eficientes para cualquier tipo de alimento, por lo que, se debe elegir de acuerdo a las características del producto al que se va a aplicar y sin que sean modificadas.

2.3 Antioxidantes utilizados para la producción de aceites y efectos toxicológicos

Los antioxidantes se añaden a aceites y grasas con el objetivo de romper la cadena y terminar la autooxidación. Es crucial que su aplicación sea durante su proceso, antes de desencadenarse una reacción oxidativa ya que esta no puede ser invertida (Chacón De León, 2004).

Los antioxidantes más comunes aplicados a grasas y aceites se describen a continuación:

2.3.1 Butilhidroxianisol (BHA)

El BHA se obtiene de la industria petrolífera, es estable al calor, volátil a temperatura ambiente, soluble en lípidos, pero insoluble en agua por lo que su uso como aditivo alimentario es principalmente en grasas animales, sin embargo, es relativamente inefectivo en aceites vegetales, acorde a lo reportado por Chacón en 2004. Se encuentra en forma de una cera blanca, hojuelas o tableta y se identifica por el código E320 (Aditivos alimentarios, 2016; Davalos y Fiorella, 2019).

Usualmente para potenciar su efectividad se utiliza con la combinación de otros aditivos resaltando el BHT. No obstante, en combinación con vitamina C produce radicales libres, causando daños a los mecanismos celulares, incluido el ADN. Lo que ha impulsado a la UE a limitar su aplicación en un futuro (Graedel y Eisner, 2008). Estudios muestran que en dosis elevadas en animales inducen a un deterioro de la coagulación sanguínea, tumores de estómago y promotor tumoral (Kahl y Kappus, 1993).

Debido a su alta toxicidad no está recomendado para niños y mujeres embarazadas. En dosis elevadas causa hiperactividad, asma, urticaria, disminución del sueño, aumento de colesterol en la sangre y problemas del hígado. Su uso está autorizado en la mayoría de los países, pero prohibido en Australia, Japón y partes de Estados Unidos (Aditivos alimentarios, 2016).

2.3.2 Butilhidroxitolueno (BHT)

También conocido como hidroxitolueno butilado o butilfenol, son cristales blancos con olor muy sutil pero que no cambia el sabor u olor del producto al que se aplica.

No es soluble en agua y pero si en alcohol. Al igual que el BHA, no es tan efectivo en aceites vegetales por lo que su uso va más destinado a grasas animales, como también tiene aplicación en: cereales, chocolate en polvo, helado, sopas instantáneas, crema de maní, chicles, galletas, dulces, pizza, botanas, productos de panificación, purés instantáneos, entre otros.

Comúnmente se utiliza en combinación con el BHA u otros antioxidantes. Notablemente la combinación de varios antioxidantes es más efectiva, ya que incrementa la acción de preservación, acción conocida como "Efecto Sinergista" (Campos *et al.*, 2002).

Efectos cuya salud han sido cuestionados, muestran que en dosis elevadas perjudica la reproducción de la rata, sobre todo en el número de crías y en el crecimiento de estas durante el tiempo de la lactancia. Puede causar daños en el hígado, síntomas (pseudo-) alérgicos, incluso migraña, por lo que la OMS ha disminuido el nivel de IDA y la UE ha restringido su uso (Davalos y Fiorella, 2019).

2.3.3 Terbutil hidroquinona (TBHQ)

El Terbutil Hidroquinona (TBHQ), también conocido como: como 2-(1,1-dimetiletil)-1, 4-benzenediol), mono-t-butilhiroquinona o Tenox, es un sólido blanco o marrón rojizo, codificado con el numero E-319. Es un componente orgánico aromático, soluble en etanol, éster etílico, ácido acético y éter, pero poco soluble en agua (aprox. 5% a 100°C).

Estimado como el mejor antioxidante sintético para su uso en fritura, incluso mejor que el Butil Hidroxi Anisol (BHA), Butil Hidroxi Tolueno (BHT) el BHA o BHT, aunque suele combinarse con cualquiera de estos. No modifica las características sensoriales de la materia al cual se aplica, además de no formar un complejo con el hierro y el

cobre por lo que no necesita la presencia de quelantes para impedir complejos coloreados (Chacón De León, 2004).

Es empleado principalmente en alimentos procesados, aunque también presente en barnices, lacas, pesticidas, así como cosméticos y perfumes para aminorar la tasa de evaporación y mejorar la estabilidad (Mejía B., Pérez J. y Rosas N., 2014).

El TBHQ regulado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y el Codex Alimentarius, pero prohibido en los países de Europa y Japón. Ensayos en ratas mostraron que del 100% de TBHQ ingerido solo el 66% es excretado por la orina, quedando remanentes de este en los riñones, el hígado, el cerebro y la grasa del animal; sumando el ser un precursor cancerígeno de estómago y causar daños en el ADN y alopecia. Aunque no se han hecho estudios en humanos, existen evidencias anecdóticas que en dosis de 1 a 4 g genera sintomatologías como náuseas, vómitos, tinnitus, delirio, asfixia y colapso; mientras que en niños puede causar hiperactividad y agravamiento de los síntomas del síndrome del espectro autista.

La FDA establece suministrarlo en dosis <0.02% (200 ppm), mientras que el USDA recomienda adicionarlo a 0.01% (100 ppm). De acuerdo con el estudio llevado a cabo por López Mérida en 2014, la concentración ideal de TBHQ es de 100 ppm, donde no muestra diferencias significativas con los resultados de degradación de la muestra 200 ppm de TBHQ.

2.3.4 Alfa y gama tocoferol sintético

Los tocoferoles son aceites viscosos, color amarillo tenue, liposolubles, estables a la acidez, pero sensibles a la exposición a la luz ultravioleta, el oxígeno, álcalis, hierro y sales de plomo. Se han identificado 8 tocoferoles y tocotrienoles que en conjunto son llamados vitamina E. Codificados como E-306 (extracto natural rico en tocoferoles), E-307 (alfa-tocoferol), E-308 (gamma- tocoferol) y E-309 (delta-tocoferol). El alfa tocoferol tiene mayor actividad biológica, considerándose como representante (Niki. 1987).

En comparación de otros aditivos son pocos los efectos secundarios de la vitamina E, no obstante estudios han demostrado que en cantidades elevadas reduce la capacidad de coagulación de la sangre; en interacción con otros compuestos como la vitamina C, el selenio y el betacaroteno reduce los efectos de protección cardiaca (estatina y niacina); y afectar la eficacia tratamientos de quimioterapia y radioterapia.

Entre las dosis recomendadas para su consumo, el valor límite para los adultos es de 1,000 mg/día para los suplementos tanto de vitamina E natural como sintética (National Institutes of Health, 2020).

2.3.5 Palmitato de ascorbilo

El ascorbilo (ácido L- ascórbico) o conocido también como vitamina C, tiene gran utilidad en la industria de los alimentos principalmente panadería, cosméticos y medicina. Sin embargo, su estabilidad es relativamente baja en medios grasos, por lo que es transformado en ésteres de ácidos grasos solubles en grasas y aceites, dando como resultado palmitato de ascorbilo (Hulk, Viklund y Alander, 2003).

Es un polvo blanco o blanco amarillento, relativamente insoluble en agua y soluble en etanol al 96%, con un punto de fusión a 107-117°C. Codificado como E304.

De acuerdo con lo reportado por Gwo en el 2005, dicho compuesto protege a las papas fritas como también al aceite en el que se fríen, mejor que el BHT; retardando su oxidación frente a condiciones extremas (altas temperaturas y prolongado tiempo). Es capaz de conservar aceites vegetales y manteca de cacahuate almacenada mejor que el BHA y BHT (Stangelo *et al.*, 2007).

Su toxicidad es baja, en cambio se recomienda un consumo menor a 500 mg/día ya que puede provocar diarreas y cálculos renales. El proceso de obtención del palmitato de ascorbilo es costoso e involucra la formación de subproductos que obstaculizan su purificación. Lo que resulta una gran desventaja (Puentes, 2014).

Los aditivos deben tener la calidad alimentaria adecuada y satisfacer en cualquier punto las especificaciones de identidad y pureza aplicables. Conservando la calidad nutricional del producto a menos de que por razones justificadas se necesite modificarla. Su empleo está únicamente justificado si en la dosis propuesta no implica daños a la salud, además de cumplir con uno o más fines que no pueden ser alcanzados por medios factibles, económicos y tecnológicos (Norma Venezolana, 2000).

En el caso de los antioxidantes no deben cambiar el sabor, olor y color. Asimismo, de evaluar su estabilidad de acuerdo al pH del alimento al que se adiciona, para que no sufran reacciones químicas que eviten su función (Jamanca y Alfaro, 2017).

Su uso de dichos aditivos está estrictamente regulado por normativas particulares para cada tipo de producto, que establecen límites permisibles para que su aplicación sea efectiva y para su consumo sea seguro. La Tabla 2 muestra algunas generalidades de los aditivos antes mencionados.

Tabla 2. Ingesta Diaria Admisible (IDA) y dosis máxima de los antioxidantes.

Código E	Aditivo	Origen	Dosis Máxima	IDA
E 320	Butilhidroxianisol (BHA).	Síntesis artificial	0.01%	0.5 mg/kg de peso corporal.
E 321	Butilhidroxitolueno (BHT)	Síntesis artificial	0.02%	0.5 mg/kg de peso corporal.
E 319	Terbutil hidroquinona (TBHQ)	Síntesis artificial	0.02%	0.7 mg/kg
E 307- E308	Alfa y gama tocoferol sintético	Síntesis artificial	0.03%	Dosis permitida de consumo humano hasta 300 mg/kg. BPF
E 310	Galato de propilo	Síntesis artificial	0.01%	Dosis necesaria de 100 mg/kg.
E 311	Galato de octilo	Síntesis artificial		0.5 mg/kg de peso corporal.
E 312	Galato de dodecilo	Síntesis artificial		0.5 mg/kg de peso corporal.
E 304	Palmitato de ascorbilo	Síntesis artificial	0.02%	500 mg/Kg

Fuente: NMX-F-592-SCFI-2011 y Benford, 2000.

2.4 El betabel

Ilustración 4 Betabel o remolacha



Fuente: Curiosfera. Beneficios de la remolacha. Obtenido de: <https://curiosfera-recetas.com/wp-content/uploads/2021/01/Beneficios-de-la-remolacha.jpg>.

La remolacha o comúnmente llamada betabel, beterraga, acelga blanca, beteraba y betarava; recibe el nombre científico de *Beta vulgaris* y pertenece a la familia de *Chenopodiaceae*, es considerada como una hortaliza de raíz, casi esférica de forma globosa, con un diámetro entre los 5 y 10cm y un peso aproximado de 80 y 200 gramos. (Ilustración 4). Se presenta en cuatro variedades: blanca, roja, amarilla y vetada (Ilustración 5); todas con el mismo sabor característico, pero la más consumida es la variedad roja por su atractivo color. El color se debe a los pigmentos, la betacianina (color rojo) y la betaxantina (color amarillo), que resultan indigeribles, tiñen el bolo alimenticio, los excrementos y la orina de ese color (García P., 1942; Tucto José L., s.f.; Zapata, Cortes y Rojano, 2013).

Ilustración 5 Variedades de betabel (roja, amarilla, blanca y vetada)



**Fuente: Sánchez C, (2015). Agroindustria. Obtenido de:
<http://valentinasanchezcalvo.blogspot.com/2015/05/proceso-de-azucar-de-remolacha.html>**

Proviene de la especie botánica *Beta marítima* o también conocida como "acelga marina o bravía". Se cultiva desde la antigüedad aproximadamente en el siglo II a.C, dando lugar a 2 hortalizas diferentes: una con follaje abundante, la acelga y otra con raíz engrosada y carnosa, la remolacha (Fundación Eroski, 2014).

El betabel es una planta bianual, es decir que necesita de dos estaciones para el desarrollo de las flores y semillas. A pesar de que es una planta de clima frío, se puede explotar en climas cálidos con temperaturas óptimas de 16- 18°C de acuerdo con lo reportado por Yamaguchi (1983). Es resistente a temperaturas extremas, sin embargo, en el tallo se forman anillos concéntricos de color blanco y disminuye el contenido de azúcares y nutrientes además de textura y sabores desagradables. Requiere de suelos neutros y alcalinos a pH de 6.5 a 7.5, se desarrolla mejor en suelos ligeros (arenosos) ya que en suelos arcillosos se deforman los bulbos (Castro, 2014). La cosecha se realiza de 90 a 100 días después de su cultivo y las raíces alcanzan el tamaño de 7-10 cm de diámetro. Se puede almacenar en periodos de

una y dos semanas a 1°C y 90% de humedad, cuidando que la temperatura no llegue a un punto de congelación (Biggs *et al.*, 1997; Kehr, Tropa y Martínez, 2014).

A pesar de su gran contenido de nutrientes su aprovechamiento es mínimo a comparación de otras hortalizas.

2.4.1 Composición del betabel

El betabel a comparación de otras hortalizas tiene un gran valor nutricional, de manera general por 100 g está compuesta por, 87.58% de agua, 1.61 g de proteína, 0.17g grasa total, 9.56g de carbohidratos, 2.8g de fibra dietética total, 1.08g de ceniza, 16mg de calcio, 40mg de fósforo, 0.80mg hierro, 0.03mg tiamina, 0.04mg riboflavina, 0.33 mg niacina, 2mg vitamina C, 2mcg vitamina A, 0.03g ácidos grasos monoinsaturados, 0.06g ácidos grasos poliinsaturados, 0.03g ácidos grasos saturados, 0 mg colesterol, 325 mg potasio, 78mg de sodio, 0.35 mg zinc, 23 mg de magnesio, 0.07mg vitamina B6, 0.00mcg vitamina B12, 0 mcg ácido fólico, folato equiv. FD 109 mcg (Instituto de nutrición de Centro América y Panamá, 2012).

Sin embargo, la cantidad de estos nutrientes varía de acuerdo a múltiples factores (Tabla 3): variedad botánica, diferencia de cultivos, factores medioambientales, método de preparación para ser consumido, etc. (Wruss *et al.*, 2015).

Tabla 3. Composición nutrimental del betabel crudo, cocido y curtido.

Nutrientes	Betabel crudo	Betabel cocido	Betabel curtido
Nitrógeno total (proteínas y trazas) g/100g	0.27	0.37	0.19
Ac. Grasos monoinsaturados	Trazas	Trazas	Trazas

Ac. Grasos polinsaturados g/100g	0.1	0.1	0.1
Azúcares g/100g	7.6	8.8	5.6
Fibra dietética g/100g	2.8	2.3	2.5

Fuente: Pitalúa Cortés (2007).

La remolacha cruda mantiene mejor sus propiedades, sin embargo, si se desea cocinar es recomendable dejar la cascara hasta después del proceso de cocción, para minimizar la pérdida de nutrientes. La remolacha envasada ha perdido gran parte de sus propiedades (Guffante, 2013).

2.4.2 Compuestos antioxidantes en el betabel

El betabel posee gran cantidad de componentes bioactivos como: polifenoles, antocianinas y sales de nitrato (NO_3), con valores dependientes a la variedad botánica; los dos primeros actúan como antioxidantes frente a los radicales libres, mientras que el último brinda efectos cardio protectores (Fuentes *et al.*, 2018).

Entre los compuestos polifenólicos predominan los pigmentos hidrosolubles denominados betalaínas, que son derivadas del ácido betalámico: betacianinas y bentaxantinas, además de contener pequeñas cantidades de carotenoides y ácido ascórbico, que aumentan su capacidad antioxidante. Las betalaínas son pigmentos que existen como sales en las vacuolas de las células vegetales, con apariencia visual similar a las antocianinas, anteriormente llamadas antocianinas nitrogenadas (González, 2016).

Las betalaínas a su vez se dividen en: betacianinas que da lugar a una coloración rojo-violeta y presentan un espectro visible a 536 nm y las betaxantinas de color amarillo, con un espectro de absorción a un máximo de 480 mn (Academia de Ciencias de la Región Murcia, 2016). La cantidad de dichos compuestos presentes en el betabel ha sido estimada entre 100mg/100g o bien 120mg/100g de sólidos totales en peso fresco (Scotter, Fera y UK, 2015). El principal componente se encuentra entre un 78 a un 90% del total de los pigmentos constituyentes de esta raíz, porcentaje correspondiente a la betacianina de tipo betanina, cuyas variaciones en el porcentaje dependerán directamente del tipo de cultivo y lugar donde se lleve a cabo (González, 2016).

2.5 Utilización del betabel

A pesar de los grandes beneficios que ofrece esta hortaliza son pocas las aplicaciones dentro de la industria alimentaria; la más destacada es su uso en la industria azucarera, al obtener azúcar a partir de la remolacha tras someterla a varios procesos. El azúcar de remolacha es más blanca, más ligera y más soluble en agua, lo que representa una gran ventaja para sustituir la caña de azúcar como materia prima (García, 1942).

Además de obtenerse un colorante natural de uso alimentario codificado como E162: rojo remolacha. En Europa, se vende como zumo concentrado y pasteurizado (producido por concentración a vacío de zumo de remolacha hasta alcanzar un 60-65% de sólidos totales) o polvo (producido por liofilización o secado en spray) conteniendo del 0.3 a 1% de pigmento (Academia de Ciencias de la Región de Murcia, 2016).

Como también su consumo directo al ser parte esencial de ensaladas y curtidos. Relativamente en México su consumo es bajo, se utiliza principalmente en ensaladas y jugos. No obstante, en otros países como Alemania se prepara cerveza de remolacha, tras un proceso de secado y tostado de las raíces que posteriormente son tratadas como la cebada para obtener la malta. Los polacos preparan con la pulpa una pasta llamada Barszores con propiedades antiescorbútica, sumado otros usos como la preparación de alcohol al fermentar el zumo de las raíces. Como subproductos es utilizada para alimentación del ganado y biocombustibles a través de un tratamiento enzimático. (Castro, 2014; García, s.f.; Guffante, 2013).

Cabe resaltar los grandes beneficios que aporta el betabel a la salud reportados en estudios. La fibra insoluble mejora la digestión, mientras que la fibra soluble ayuda al control de los niveles de azúcar y colesterol. Su contenido calórico es moderado al ser los hidratos de carbono (azúcares) uno de sus componentes mayoritarios. Estudios demuestran que el consumir jugo de betabel puede ayudar a las personas a controlar sus niveles de presión arterial, ya que contiene de manera natural altos niveles de nitratos que se transforman en el organismo en nitrato y en la sangre en óxido nítrico. Este último es un gas que se expande en los vasos sanguíneos y facilita el flujo sanguíneo (Álava, 2015).

El jugo de betabel tiene grandes niveles de antioxidantes, no obstante, su consumo no es tan notorio como el de otros vegetales como la zanahoria, el jitomate, la manzana, el mango, etc., problemas que se le atribuyen a su sabor residual, textura y coloración en la orina (Ravichandran *et al.*, 2011; Wootton y Ryan, 2011).

2.6 Bagazo de betabel

Acorde a lo definido por la Real Academia Española, el bagazo es el residuo fibroso proveniente de la maceración, trituración o presión de frutos, tallos, semillas, etc. A los cuales se les ha aplicado dicha acción para extraer su jugo.

De la industria juguera y de la industria azucarera principalmente se obtienen grandes cantidades de bagazo de betabel. La mayoría de estos residuos son destinados a la alimentación del ganado.

Al terminar la etapa de difusión para la extracción de azúcar se generan el residuo agotado de las cosetas de betabel llamado pulpa agotada que posteriormente será destinada para alimentación de toda clase de ganado vacuno, porcino, lanar y caprino (Alvares y Climent, 2016). Esta pulpa es mezclada con otros alimentos secos a fin de mejorar su digestibilidad y ser convertida en piensos o pellets para la alimentación de rumiantes, al ser un subproducto rico en macro y micronutrientes, a excepción del P. (FEDNA). El contenido energético presente en la pulpa de remolacha puede ser una gran alternativa para incluirse en la dieta de las vacas lecheras (Díaz, 2018).

Estudiantes del Instituto Politécnico Nacional utilizaron el bagazo de betabel para conseguir una harina y sustituir cierto porcentaje de harina de trigo por harina de betabel para la elaboración de un pan rico en fibra, otorgando a su vez una coloración agradable y propiedades antioxidantes gracias a las betalaínas. De forma casera, es utilizado para la elaboración de pan, tortillas o abono.

2.7 Antecedentes

Estudio de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de jugo de betabel (*Beta vulgaris L.*) secado por aspersion.

Pitalúa (2007), desarrolló por medio de secado por aspersion un producto en polvo a base de jugo de betabel con el objetivo de conservar los compuestos presentes en el betabel durante el almacenamiento del producto. El producto obtenido mostró una disminución en la capacidad antioxidante por rompimiento de cadena, y concentración de betalaínas contrastado con el jugo natural de betabel debido a la temperatura aplicada; sin embargo, los análisis indicaron que había la presencia de compuestos con actividad antioxidantes, datos obtenidos por los análisis DPPH y potencial oxido-reducción. Cabe mencionar que los resultados se vieron afectados a los 20 días de almacenamiento.

“Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de betalainas y la actividad del betabel (*Beta vulgaris L.*)”

Castro Miranda y colaboradores en el 2014, hizo un estudio para analizar el comportamiento de las betalaínas del betabel, al someter la cascara, la pulpa y la pulpa con cascara a diferentes tratamientos térmicos: escaldado (75°C - 2 minutos), tostado (60°C- 2min) y escaldado (75°C, 2 min) -tostado (60°C, 2 min). Posteriormente se determinó la concentración total de betalaínas en cada una de las muestras y la capacidad antioxidante por medio de los análisis ABTS, DPPH y Folin Ciocalteu. Obteniendo los siguientes resultados: las muestras tostadas se volvieron de un color más intenso caso contrario a las muestras escaldadas debido a la acción del agua; en cuanto a la actividad antioxidante el tratamiento cáscara tostada mostro un mayor porcentaje de inhibición a comparación de los demás tratamientos.

Extracción de antioxidantes del residuo de betabel (*Beta vulgaris L.*) por ultrasonido comparación con métodos convencionales

En el 2019 Hernández y colaboradores compararon el método ultrasonido (US) para la extracción de compuestos frente a métodos convencionales: extracción con agua, extracción con solventes orgánicos y extracción con maceración, con la finalidad de extraer los antioxidantes del residuo de betabel sin la adición de solventes. La mayor cantidad de compuestos fenólicos extraídos fue por agua seguido de la técnica por ultrasonido la cual resulta una alternativa para ahorrar energía y preservar la calidad del producto.

De acuerdo en los reportado por la revista Food Chemistry, Andrew S. Elder propuso utilizar los compuestos alquilresorcinoles (AR) presentes en el salvado de los granos como: trigo, centeno y cebada como antioxidante natural para la conservación de alimentos principalmente para conservar emulsiones de aceites ricos en omega-3. Sin embargo, los resultados no fueron los esperados la acción de las AR no fue tan efectiva en comparación con el alfa-tocoferol y la vitamina E.

Utilidad de la cascara de la papa como antioxidante natural en la conservación de grasas y aceites

En este trabajo se probaron diferentes solventes orgánicos: etanol, metanol, acetona, hexano, éter de petróleo y dietil éter, para obtener un extracto de cascara de papa que posteriormente se utilizará como antioxidante en grasas y aceites. El mayor rendimiento se tuvo al utilizar éter de petróleo. El estudio se realizó en aceite de soja: con antioxidantes sintéticos, sin antioxidantes y con antioxidante naturales (extracto de cascara de papa). Este último demostró inhibir el deterioro de los ácidos grasos luego de 60 días, a comparación con el aceite conservado sin el agregado de antioxidantes.

Poder antioxidante de extractos de romero concentrados por destilación molecular

Martinello & Pramparo (2005) realizaron un estudio denominado "Poder antioxidante de extractos de romero concentrados por destilación molecular" el cual consistió en obtener un extracto de las hojas de romero por medio de destilación molecular con el fin de analizarlo en muestras de aceite de uva crudo, aceite de uva blanqueado y aceite de uva desodorizado. Concluyendo que el extracto mostro tener una capacidad antioxidante mayor al extracto obtenido por destilación simple.

Aprovechamiento de la actividad antioxidante de extractos y aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis L.*), tomillo (*Thymus vulgaris L.*) y menta (*Mentha spicata L.*) como aditivo funcional en aceites comestibles

Ortiz Rojas en el 2016, Identificó que el extracto de menta extraído por irradiación UV-B mostraba capacidades antioxidantes similares a los antioxidantes sintéticos utilizados como referencia BHA (Butilhidroxianisol) y BHT (Butilhidroxitolueno); el extracto de tomillo puede extender la vida útil de la grasa vegetal en casi el doble de tiempo en comparación a si se utilizará alguno de los antioxidantes sintéticos de referencia, mientras que el extracto de romero incremento la cantidad de fenoles totales medidos aumentando la capacidad antioxidante de sus extractos al ser tratados con radiación, concluyendo que tiene la capacidad de conservar el aceite vegetal.

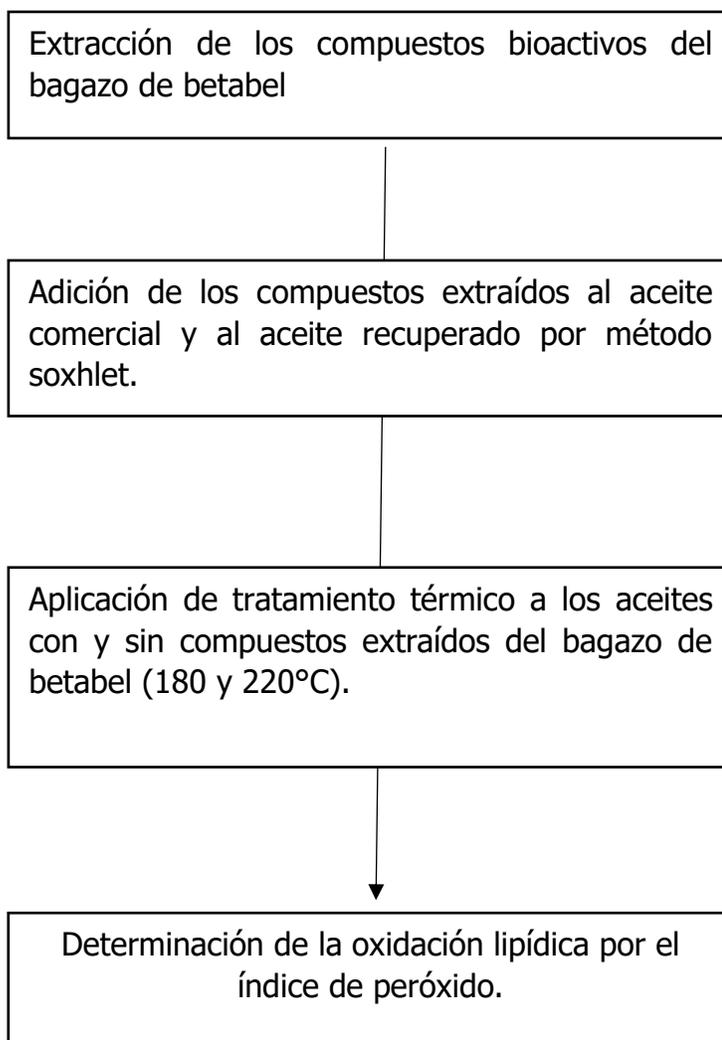
Capítulo III

Desarrollo y metodología

3.1. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de alimentos del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán.

Diagrama experimental: Metodología general



Equipo y reactivos

Se utilizó como reactivos: alcohol etílico; Meyer absoluto A.C.S, yoduro de potasio (KI), ácido acético glacial; Meyer lote: TA0812281, cloroformo; Meyer A.C.S, tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$); Química mercurio lote: 150221, almidón soluble; Meyer y como equipo centrifugadora universal Solbat J-40, sonificador Branson 1800, equipo Soxhlet, rotavapor Büchi R-200 y horno.

Material biológico

Bagazo de betabel

El betabel (*Beta vulgaris L.*), que se utilizó en este estudio fue conseguido en un mercado local de la ciudad de Teziutlán, Puebla. Los cuales cumplían con los criterios de madurez de cosecha, sin daños físicos, color y piel uniforme. Los frutos fueron lavados y desinfectados en condiciones asépticas para luego extraer el bagazo con un extractor de jugos marca Turmix.

Aceite vegetal

Se utilizaron 2 tipos de aceite vegetal, el primero se obtuvo de la semilla de girasol por medio de una extracción Soxhlet. El segundo aceite utilizado fue aceite comercial puro de cártamo.

Métodos

3.1.1 Extracción de los compuestos bioactivos (betalaínas) del bagazo de betabel

La extracción de los compuestos bioactivos del bagazo obtenido, fue de acuerdo al método de maceración utilizado por Ravichandran *et al.*, (2011), con algunas modificaciones. Se tomó 1g de muestra y se adicionó 100 mL de una disolución de etanol-agua (50:50 v/v). Más adelante se centrifugó a 3800 rpm durante 10 min en una centrífuga. El sobrenadante se recaudó y la centrifugación se repitió una vez más. Se reunieron los sobrenadantes y se almacenaron en refrigeración a 4°C hasta ser utilizados.

3.1.2 Extracción de aceite por método Soxhlet

Con la finalidad de obtener un aceite libre de antioxidantes agregados, se optó por realizar una extracción Soxhlet, con base a la metodología descrita por Caldas, (2012), con algunas modificaciones. Se colocaron 150 ml de hexano y 30 g de muestra de semillas de girasol previamente pulverizadas, se llevaron a cabo 30 sifonadas en un tiempo de 4 horas. Después se procedió a separar el aceite del solvente con el equipo rotavapor.

3.1.3 Determinación de la oxidación lipídica por el índice de peróxido

Para comprobar el efecto protector de los antioxidantes extraídos del bagazo de betabel se utilizó la técnica de Silva Villanueva (2016), con modificaciones. Se llevó

a tratamiento térmico las muestras de aceite vegetal extraído de semillas de girasol y las muestras de aceite comercial de cártamo, con y sin extractos de bagazo de betabel, a 180 y 220 °C. Para detener la reacción de oxidación las muestras se enfriaron en un baño de hielo y posteriormente se midió el índice de peróxidos del aceite tratado a los 0, 1, 5, 15, 45 y 60 minutos, realizando las mediciones por triplicado.

Para el índice de peróxidos se pesaron 600 mg de muestra (aceite) y se le adicionaron 3mL de una solución de ácido acético: cloroformo (3:2 v/v), agitando vigorosamente hasta homogenizar. Se agregaron 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio (KI). Se dejó reposar 1 min en la oscuridad., después se agregaron 3 mL de agua destilada y se tituló con agitación constante, con solución 0.1 N de tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) hasta que el color amarillo desapareció casi totalmente. Se agregó 0.5 mL de solución de almidón (1% p/v) y se continuó titulando hasta desaparecer el color oscuro. Metodología empleada por Bodoira en el 2014.

Cálculos

$$\text{Índice de peróxidos} = \frac{(S)(N)(1000)}{PM}$$

Donde:

S = Mililitros de tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) 0.1 N gastados en la titulación.

N = Normalidad de la solución de tiosulfato sódico empleada en el ensayo.

PM = Peso de la muestra en gramos.

La muestra testigo no debe de exceder 0.1 ml de la solución 0.1 N de tiosulfato de sodio en la titulación.

3.2. Alcance y enfoque de la investigación

Se busca reducir el uso de aditivos sintéticos aplicados en aceites comestibles, utilizando compuestos antioxidantes presentes de manera natural en el bagazo de betabel, para mantener sus características y evitar su deterioro. Al mismo tiempo que se minimiza el riesgo a la salud por el consumo periódico de aceites que contienen antioxidantes artificiales.

Permite darle un nuevo uso a residuo de betabel que principalmente es generado por la industria azucarera y juguera y que no ha sido aprovechado por la industria para dicho fin. Al ser un subproducto obtenido de procedimientos básicos de dichas industrias.

Los resultados de la investigación nos permitirán verificar la eficiencia de los compuestos antioxidantes del bagazo de betabel para reducir el efecto de oxidación en aceites y ser una base para siguientes estudios y mejoras de el mismo. Dando un enfoque cuantitativo a la investigación al aplicar la prueba de índice de peróxidos a muestras con y sin extractos naturales y analizar si existe una diferencia en su adición.

3.3. Hipótesis

Es posible reducir la oxidación lipídica en aceites vegetales comestibles mediante la adición de extractos bioactivos de bagazo de betabel (*Beta vulgaris L.*).

3.4. Diseño y metodología de la investigación

Para analizar el comportamiento que tenían los aceites estudiados frente a la adición de extractos de bagazo de betabel, se decidieron manipular variables numéricas como lo fue el tiempo y la temperatura, dando a su vez un enfoque cuantitativo a la investigación. Haciendo referencia a 2 variables independientes: temperatura y tiempo y una variable respuesta: miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo de grasa (meqO_2/kg).

Las muestras tomadas del aceite de cártamo de marca conocida y el aceite de girasol, con y sin extractos de betabel fueron sometidas a 180°C y 220°C para posteriormente cada una ser titulada a los 0, 1, 5, 15, 45, 60 minutos y evaluar su índice de peróxidos; el cual nos indicará si el proceso de enranciamiento habrá comenzado. A mayor índice de peróxidos menor será la capacidad antioxidante de un aceite (Hanna Instruments, 2004). Las muestras de los tiempos 45 y 60 min. fueron analizadas por triplicado, para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANOVA) continuo de una comparación TUKEY con un intervalo de confianza del 95%, utilizando el software MINITAB, 2019.

3.5. Selección de la muestra

La selección de la muestra consistió en la extracción de aceite puro de semilla de girasol por el método soxhlet para ser comparado con un aceite de una marca comercial reconocida y comparar el efecto de protección que ejercían los compuestos activos del bagazo de betabel.

3.6. Recolección de datos

Los datos emanados después de la titulación de cada una de las muestras fueron colocados en tablas para su mejor interpretación. (Tabla 4- 7).

Tabla 4. Índice de peróxidos en aceite comercial oleico con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 180°C.

<i>Tiempo</i>	<i>Media en muestras sin betalaínas (meqO₂/Kg)</i>	<i>Desviación estándar (SD).</i>	<i>Media en muestras con betalaínas (meqO₂/Kg)</i>	<i>Desviación estándar (SD).</i>
1 min	3.89	0.96	1.66	0.00
5 min	3.89	0.96	2.50	0.84
15 min	7.78	0.96	5.00	1.67
45 min	15.00	1.67	11.11	0.96
60 min	22.22	1.92	14.44	2.55

Tabla 5. Índice de peróxidos en aceite comercial oleico con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 220°C.

<i>Tiempo</i>	<i>Media en muestras sin betalaínas (meqO₂/Kg)</i>	<i>Desviación estándar (SD).</i>	<i>Media en muestras con betalaínas (meqO₂/Kg)</i>	<i>Desviación estándar (SD).</i>
1 min	5.00	2.89	1.64	0.04
5 min	7.22	3.47	3.59	2.71
15 min	9.45	2.55	6.66	2.89
45 min	14.44	5.09	10.00	0.00
60 min	25.00	2.89	20.56	0.96

Tabla 6. Índice de peróxidos en aceite de semilla de girasol con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 180°C.

Tiempo	Media en muestras sin betalaínas (meqO₂/Kg)	Desviación estándar (SD).	Media en muestras con betalaínas (meqO₂/Kg)	Desviación estándar (SD).
1 min	3.89	0.96	1.64	0.03
5 min	6.11	1.92	2.20	0.98
15 min	11.11	0.96	5.00	1.67
45 min	15.55	0.96	10.00	0.00
60 min	25.00	3.33	20.56	0.96

Tabla 7. Índice de peróxidos en aceite de semilla de girasol con/sin betalaínas de bagazo de betabel a 220°C.

Tiempo	Media en muestras sin betalaínas (meqO₂/Kg)	Desviación estándar (SD).	Media en muestras con betalaínas (meqO₂/Kg)	Desviación estándar (SD).
1 min	5.00	0.00	2.22	0.96
5 min	6.67	1.67	3.89	0.96
15 min	10.56	3.47	7.78	1.92
45 min	17.22	0.96	12.22	6.94
60 min	41.67	5.77	23.34	7.64

3.7. Análisis de datos

Mediante el método Tukey se compararon las tres medias de los tiempos de 45 y 60 minutos de las muestras de aceite sin betalaínas clasificadas en la Tabla con el número 1 y con betalaínas clasificadas con el número 2. El índice de peróxidos del aceite comercial y el aceite de girasol derivado de los tiempos 45 y 60 minutos de procesamiento térmico presentaron diferencia significativa. Como se observa de la Tabla 8 a la Tabla 15.

Tabla 8 Aceite comercial, 45 minutos a 180°C

<u>C2</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	15.000	A
2	3	11.110	B

Tabla 11 Aceite comercial, 60 minutos a 220°C

<u>sin</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	25.00	A
2	3	20.557	A

Tabla 9 Aceite comercial, 60 minutos a 180°C

<u>C5</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	22.22	A
2	3	14.44	B

Tabla 12 Aceite de girasol, 45 minutos a 180°C

<u>C14</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	15.553	A
2	3	10.00	B

Tabla 10 Aceite comercial, 45 minutos a 220°C

<u>no</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	14.44	A
2	3	10.00	A

Tabla 13 Aceite de girasol, 60 minutos a 180°C

<u>n-</u> <u>sin</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
1	3	25.00	A
2	3	20.557	A

Tabla 14 Aceite de girasol, 45 minutos a 220°C

no.	sin	N	Media	Agrupación
1	3	17.223	A	
2	3	12.22	A	

Tabla 15 Aceite de girasol, 60 minutos a 220°C

C23	N	Media	Agrupación
1	3	41.66	A
2	3	23.34	B

Capítulo IV

Resultados

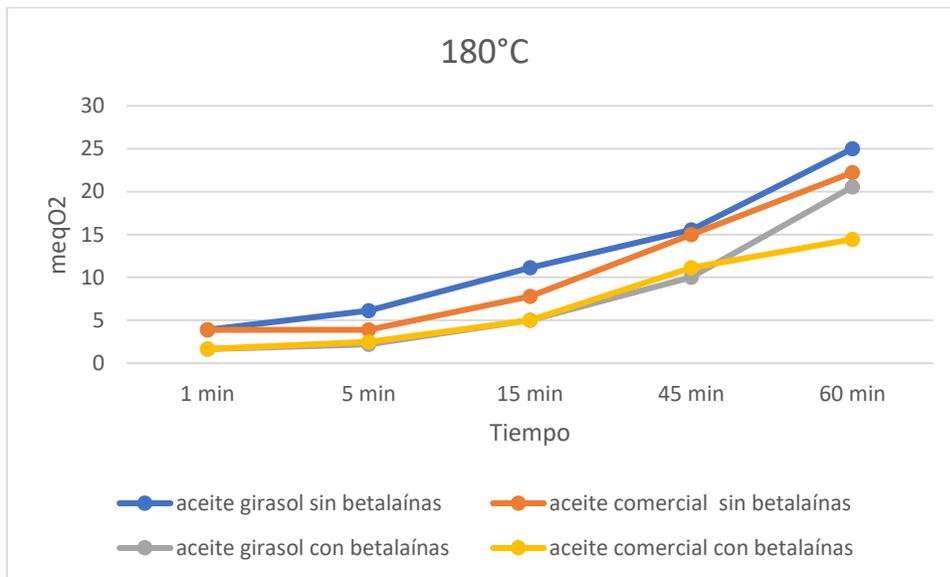
4.1 Resultados

4.1.1 Análisis de los resultados

Para el cumplimiento del objetivo 2 se tuvo como limitación la falta de material para realizar algunas de las pruebas de capacidad antioxidante, por lo que, se tomó como referencia Hernández *et al.*, 2019, Extracción de antioxidantes de residuo de betabel (*Beta vulgaris*) por ultrasonido: comparación con métodos convencionales. Estudio que tuvo como resultado valores de 1009.01 ± 8.86 y 764.18 ± 2.11 mg EB/100 g bs en la extracción que se hizo con agua y 804.50 ± 2.21 y 602.41 ± 1.55 mg EB/100 g bs por la extracción por ultrasonido. Resultados similares a los encontrados por Kujala *et al.*, 2000 en la pulpa de betabel, 1020 mg EAG/100 g de vegetal, mientras que la cáscara con un valor de 3870 mg EAG/100 g de vegetal. Lo que indica que existen compuestos fenólicos presentes en el bagazo de betabel. En cuanto al estudio realizado por Castro en 2014, reporto que la cascara de betabel después de ser tostada podía inhibir hasta un 74.4% y 78.9% el radical ABTS y DPPH. Lo que confirma la capacidad antioxidante en las muestras de betabel.

En la ilustración 6 se aprecia los resultados del índice de peróxidos en las muestras de aceite tratadas a una temperatura de 180°C. Resaltando lo siguiente:

Ilustración 6 Variación en el índice de peróxidos en aceites tratados a 180°C



La diferencia en los índices de peróxidos en las muestras tratadas a 180°C durante el primer minuto fue mínima, después de los 5 minutos la diferencia para el aceite de girasol sin betalaínas y el aceite comercial sin betalaínas, se incrementaba con respecto a las demás. El aceite que presentó mayor oxidación fue el aceite de semilla de girasol sin la adición de betalaínas con 25 meqO₂/Kg como punto máximo a los 60 minutos a esta temperatura.

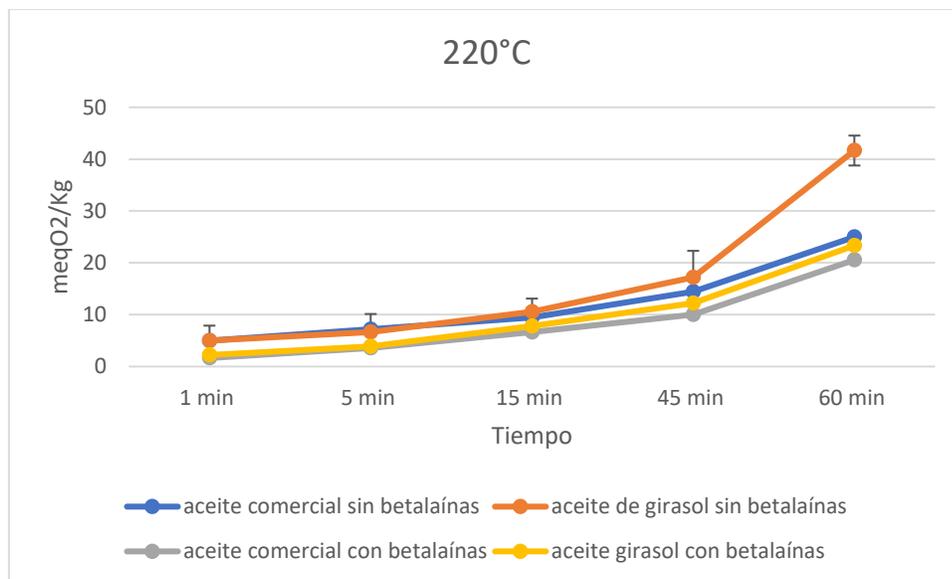
Al verificar la etiqueta del aceite comercial se identificó que contiene 0,01 % de tocoferoles como antioxidante natural, lo que hace posible que al actuar con las betalaínas de bagazo de betabel adicionadas creen un efecto sinérgico al ser el aceite con menor porcentaje de índice de peróxidos registrado, seguido del aceite de girasol con betalaínas. Lo que indica el efecto antioxidante que ejerce las betalaínas al aceite cuando se encuentra en un tratamiento térmico.

Por otra parte, a los 220°C el índice de peróxidos mayor a los 60 minutos fue de 41.66 meqO₂/Kg de la muestra de aceite de girasol sin ningún tipo de antioxidante añadido y el menor al mismo tiempo, fue de 20.55 meqO₂/Kg de la muestra de

aceite comercial con betalaínas; datos mayores a los registrados a la temperatura de 180°C, lo que reafirma una mayor oxidación del aceite al encontrarse a temperaturas muy elevadas. (Ilustración 7).

Ravichandran *et al.*, 2011 afirman que frente a tratamientos térmicos se presenta una disminución en el contenido de betalaínas, pero al mismo tiempo se eleva la actividad antioxidante del betabel, posiblemente por la diferencia en la sensibilidad térmica de los distintos compuestos fenólicos presentes.

Ilustración 7 Variación en el índice de peróxidos en aceites tratados a 220°C



De acuerdo con el CODEX, los aceites comestibles deben tener un índice de peróxidos menor a 10 meqO₂/Kg. Encontrando en el estudio, como valor máximo permitido de índice de peróxidos a 45 minutos de tratamiento para el aceite comercial y a los 15 minutos para el aceite de semilla de girasol ambos con la adición de betalaínas, a una temperatura de 220°C.

Asimismo, la diferencia en el índice de peróxidos de las muestras sin y con betalaínas fue notoria desde el minuto 5. En caso de los aceites tratados a 180°C se tuvo una mayor diferencia de 7.78 meqO₂/Kg en el aceite de girasol y 6.11 meqO₂/Kg, la primera en el minuto 60 y la segunda a los 15 min. Para el caso de las muestras a 220 °C las diferencias fueron 18.33 meqO₂/Kg en aceite de girasol y 4.44 meqO₂/Kg en el aceite comercial, ambos en el minuto 60.

En el caso del análisis estadístico, se encontraron diferencias entre las medias de las muestras de aceite comercial con y sin betalaínas a 180°C a los 45 y 60 minutos, además del aceite de girasol a los 45 minutos a 180°C y en el minuto 60 a 220°C. Perteneciendo las muestras de aceite sin betalaínas al grupo A y las muestras de aceite con betalaínas al grupo B. Lo que indica que, al no compartir la misma letra, las medias eran significativamente diferentes. Sin embargo, para las muestras de aceite comercial a 220°C a los 45 y 60 minutos, aceite de girasol a 180°C a los 60 minutos y a 220°C a los 45 minutos, las medias de los grupos pertenecían a la letra A, por lo que no había una diferencia.

Los resultados revelan el efecto antioxidante que ejercen las betalaínas extraídas del bagazo de betabel, al disminuir el valor de oxidación de los aceites tratados con este extracto, respondiendo de manera afirmativa a las preguntas de investigación. Conforme se aumentaba la temperatura y el tiempo la cantidad de meqO₂/Kg también se veía incrementada, resaltando las muestras de aceite de girasol, debido a la baja estabilidad de las betalaínas frente a las altas temperaturas, como lo indica Castro (2014), en su estudio "Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de betalaínas y la actividad antioxidante del betabel (*Beta vulgaris L.*)", donde el contenido de betacianinas y betaxantinas era afectado directamente por procesamientos térmicos (escaldado, tostado).

En el caso del aceite comercial la diferencia en las cantidades de meqO_2/Kg a los 180°C y 220°C era mínima comparada a las obtenidas del aceite de girasol, relación al efecto sinérgico de las betalaínas junto a otros antioxidantes. Por tanto, al combinar la adición de 2 o más antioxidantes el efecto protector ante la oxidación de aceites es mayor desde su almacenamiento hasta su uso adecuado.

Hay que resaltar que el análisis de índice de peróxidos arroja valores que determinan el estado de oxidación, pero no se realizaron pruebas enfocadas a la determinación de antioxidantes que indicarán su presencia.

Silva (2016), aplicó la oleorresina del chile piquín al aceite de oliva extra virgen y evaluó los cambios que se tuvieron cuando estos se calentaron por un tiempo de hasta 2 horas, demostrando una menor oxidación las muestras con oleorresina y con un punto máximo de 20.5 meqO_2/Kg a los 45 minutos de tratamiento y su descenso después de este tiempo, debido a la formación de compuestos secundarios por el calentamiento.

Teniendo afinidad a esto, en Lahore Pakistán se evaluó el efecto antioxidante de la cáscara de papa aplicada a aceite de soja, frente a antioxidantes sintéticos BHA y BHT; conservándolo por 60 días a temperaturas de 25 y 45°C. Los resultados fueron los esperados, ya que no se encontraron diferencias notables entre el antioxidante natural y los antioxidantes sintéticos, sin embargo, se requirieron niveles de 8- 12 veces más de antioxidante natural para obtener el mismo resultado.

Estos antecedentes muestran que la adición de compuestos antioxidantes obtenidos de manera natural, ejercen una protección contra el deterioro por oxidación a los alimentos reemplazando parcial o totalmente el uso de antioxidantes sintéticos.

Capítulo V

Conclusiones

5.1. Conclusiones del proyecto, recomendaciones y experiencia profesional y personal adquirida

Durante el desarrollo del proyecto se retomaron conocimientos alcanzados a lo largo de la carrera desde la elección de un tema innovador hasta la aplicación de la parte experimental, además de acoplarse a los recursos que se tenían en el instituto para llevar a cabo los análisis y resaltando en todo momento la responsabilidad para concluir el estudio en tiempos de contingencia.

Los resultados fueron los esperados al encontrarse una diferencia en el índice de peróxidos, al adicionar o no los extractos de betabel a las muestras de aceites, indicando un deterioro menor en el aceite que contenía estos extractos.

Es de suma importancia que las muestras se mantengan alejadas de factores que puedan acelerar su oxidación o causar su deterioro, como la luz, el aire y la temperatura principalmente, como también evaluar dicha actividad durante el almacenamiento del aceite y a mayores temperaturas o tiempos de los que se manejaron en este estudio.

5.2. Conclusiones relativas a los objetivos específicos

De acuerdo con los artículos citados, el bagazo de betabel contiene cantidades significativas de compuestos fenólicos similares a las que se encuentran en la pulpa del tubérculo, pero en menor proporción que en la cascara, además de lograr inhibir más de un 70% los radicales ABTS y DPPH después de llevar un tratamiento térmico: tostado.

Referente a las actividades realizadas, se logró extraer las betalaínas del bagazo de betabel para posteriormente comparar el efecto protector que pueden ejercer al

aceite. Las muestras que presentaron mayor oxidación fueron las del aceite de girasol extraído por el método soxhlet a 220°C debido a que no tenían ningún tipo de protección antioxidante que minimice el efecto de la temperatura, sin en cambio al adicionarse las betalaínas extraídas el porcentaje de peróxidos disminuía de 41.66 meqO₂/kg a 23.34 meqO₂/kg, según lo registrado en al minuto 60. Para el caso del aceite comercial, la variación en índice de peróxidos a los 180°C y 220°C fue mínima debido a los antioxidantes que ya tenía añadidos desde su fabricación, a pesar de ello al adicionarse las betalaínas y someterlos a tratamiento térmico el índice de peróxidos disminuía, por lo que se crea un efecto sinérgico entre los antioxidantes contenidos en su formulación y las betalaínas adicionadas para su estudio.

El análisis estadístico señaló que existía una diferencia significativa en las muestras de aceite que contenían betalaínas, ya que su nivel de peróxidos era menor. Sin embargo, se veía afectado con el aumento de la temperatura, en relación con que los compuestos se degradan con el aumento de temperatura.

5.3. Conclusiones relativas al objetivo general

Al registrarse una disminución en el índice de peróxidos de las muestras de aceite que contenían las betalaínas en comparación a las que no, se puede concluir que la hipótesis se cumple, logrando ejercer un efecto protector al aceite tanto puro como aquel que ya contiene algún tipo de antioxidante. Sin embargo, su actividad antioxidante disminuye conforme la temperatura y el tiempo aumenta, por lo que se sugiere la combinación con otros antioxidantes para que el efecto se prolongue. En este caso la combinación de dos antioxidantes naturales, los tocoferoles que ya se encontraban en el aceite comercial y las betalaínas del betabel demostraron un efecto protector mayor al que presentaron de forma individual.

5.4. Aportaciones originales

Son pocos los estudios que se han realizado a cerca de la capacidad antioxidante del betabel y aún menos del bagazo de betabel. Por otra parte, se ha indagado sobre el empleo de antioxidantes naturales como alternativa sustituta de antioxidantes sintéticos en aceites y grasas, principalmente obtenidos de plantas aromáticas, pero hasta ahora no se ha utilizado el bagazo de betabel con ese fin. Lo que resultó un tema de gran interés para ser estudiado:

Como primer punto, se tiene la disminución del contenido de antioxidantes sintéticos en la formulación de aceites vegetales comestibles por antioxidantes naturales, y como número 2 la utilización del bagazo de betabel un residuo de la industria alimentaria que mayormente es destinado para la alimentación del ganado.

5.5. Limitaciones del modelo planteado

Como principal limitación se tuvo el no poder adquirir de manera directa un aceite comestible puro proporcionado por alguna empresa cercana destinada a la misma actividad, por lo que se recurrió al método soxhlet para obtener el aceite; lo que implicó aún más la reducción de los tiempos para llevar a cabo los otros métodos.

Además de no contar con los reactivos necesarios para determinar la capacidad antioxidante del bagazo de betabel y material necesario para la manipulación de las muestras sensibles a la luz.

5.6. Recomendaciones

Para futuras investigaciones se recomienda:

- ✓ Analizar el comportamiento del aceite vegetal en combinación con las betalaínas extraídas del bagazo de betabel, a condiciones controladas de almacenamiento prolongado.
- ✓ Estimar la cantidad optima de extracto de betabel para ejercer un efecto de protección antioxidante en aceites vegetales.
- ✓ Incluir el bagazo de betabel en formulaciones de otros productos alimenticios, aprovechando las propiedades antioxidantes que se mencionaron en este estudio.

Capítulo VI

Referencias

6.1. Referencias bibliográficas

1. Academia de Ciencias de la Región de Murcia. (2016). Betalaínas. Lección Academia FGC- definitivo. Pág.17 <https://www.um.es/acc/wp-content/uploads/Leccion-Academia-FGC-definitivo.pdf>
2. Aditivos alimentarios. (2016). <https://www.aditivos-alimentarios.com/>
3. Álava L. M., Loor A. T. (2015). Análisis de factibilidad para el desarrollo de una bebida a base de remolacha y stevia, como alternativa para personas hipertensas en la provincia del Guayas- Ecuador. Universidad de Guayaquil. Pp. 8-9.
4. Alcalde M., Ferrer M., Plou FJ., Ballesteros A. (2006). Environmental biocatalysis: from remediation with enzymes to novel green processes. Trends Biotechnol. Pp. 281-287.
5. Alvares J., Climent M. (2016). Proceso de depuración calco-carbónica en la obtención de azúcar de remolacha. Universidad de Cádiz. Ingeniería química. Pp. 47-49
6. Badui D. S. (1999). Química de los alimentos. Ed. Pearson Educación. México, Df.
7. Badui D. S. (2006). Química de los alimentos. Pearson educación. Cuarta edición. México.
8. Berford A. (2000). Cell Wall Disassembly. Functional Plant Biology, 33. Pp. 103-119.
9. Biggs M., McVicar J., Flowerdew B. (1997). The complete book of Vegetables, Herbs and Fruit. 2a ed. Ed. Kyle Cathie. Londres Inglaterra. Pág. 640
10. Bodoira R. M. (2014). Estabilidad y conservación de aceite de chía (*Salvia hispanica* L.) Obtenido por prensado en frío. Universidad Nacional de Córdoba Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Pp. 12-13
11. Caldas Á. A. (2012). "Optimización, escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido". Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas. Pp. 29-31.
12. Campos J., Ruiz R., Diaz E. (2002). Efecto sinérgico del butil-hidroxi-tolueno (BHT) y ácido ascórbico en un producto cereal lacteado. UNAP, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, v.2, nº 1, p. 89 – 95.
13. Casado C., García A. El sabor a rancio de la leche. Causas y medidas preventivas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Pp 2-5. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1984_15.pdf

14. Castro Miranda A.G., López Martínez L.X., Dublán García O. (2014). "Efecto del procesamiento térmico sobre el contenido de betalaínas y la actividad del betabel (*Beta vulgaris* L.)". Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad Química
15. Chacón De León C.R. (2004). Determinación del antioxidante sintético más estable contra la oxidación, en el estudio comparativo sobre la degradación de diferentes aceites vegetales utilizados como medio de transferencia de calor y de masa. Universidad de San Carlos Guatemala. Facultad de Ingeniería Química.
16. Davalos A., Fiollera A. (2019). Antioxidantes artificiales en la industria alimentaria. "Artificial antioxidants in the food industry". Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Trujillo, Perú.
17. Díaz F. (2018). Uso de la remolacha azucarera y de la pulpa de remolacha en la alimentación de vacas lecheras. https://www.researchgate.net/publication/324727841_Uso_de_la_remolacha_azucarera_y_de_la_pulpa_de_remolacha_en_la_alimentacion_de_vacas_lecheras.
18. Encuentran antioxidante natural que podría reemplazar a los sintéticos. (2019). [Sitio web el médico interactivo]. <https://elmedicointeractivo.com/encuentran-un-antioxidante-natural-que-podria-reemplazar-los-sinteticos/>
19. Eroski F. (2014). <http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/remolacha/intro.php>
20. Farmacias ecoceutics. La vitamina antioxidante: la vitamina E. <https://www.ecoceutics.com/respuestas-de-salud/la-vitamina-antioxidante-la-vitamina-e/>
21. FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Pulpa de remolacha. http://www.fundacionfedna.org/subproductos_fibrosos_humedos/pulpa-de-remolacha
22. Frankel, E. N. (2005) Lipid Oxidation, Bridgwater, England, The Oily Press.
23. Frankel, E.N. (1984). Recent advances in the chemistry of the rancidity of fats. En: Recent Advances in the Chemistry of Meat, ed. Bailey, J., Ed. The Royal Society of Chemistry, Londres, Reino Unido. pp. 87-118.
24. Friol Camilo. (2020). Pulpa de remolacha como alternativa en la ración de las vacas de leche. Campo galego. Obtenido de : <https://www.campogalego.es/pulpa-de-remolacha-como-alternativa-en-la-ration-de-las-vacas-de-leche/>

25. Fuentes B., Muñoz P., Aguilera E., González W. (2018). Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L.) sobre el efecto cardioprotector: Una revista narrativa.
26. García M, Roche G, Cuadra O., (2007). Sensibilización por galatos. Hospital General Universitario de Valencia. Valencia, España. Pp. 78-82.
27. García Martínez E., Fernández Segovia I., Fuentes López A. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin- Ciocalteu. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de alimentos.
28. García P. (1942). La remolacha (*Beta vulgaris* de L.). Revista Facultad Nacional de Agronomía. Vol. 5. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/33902>
29. Gonzales M, Betancourt M, Ortiz R., (2000). Daño oxidativo y antioxidantes. *Bioquímica* 25(1): 3-9.
30. González Consuelo A. M. (2016). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de untables naturales. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de química. Pp. 21- 22
31. Graedel, T.E., Eisner T. (2008). Atmospheric formic acid from formicine ants. Escuela de medicina y ciencias de la salud. Departamento de investigadores. Bogotá, Colombia.
32. Greenwald, R. (1990). "Current approaches to the development of oxygen radical scavengers". Pp. 299-307
33. Guffante Serrano M., (2013). Introducción de la remolacha en la elaboración de cocteles y postres e identificación de la aceptabilidad en la escuela de gastronomía, 2012. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador. Pag 3
34. Gwo A. L. (2005). Quality changes in fresh -cut pears. *Revista de la sociedad Latinoamericana de Nutrición.* 67(2).
35. Halliwell B., Murcia A. M., Chirico S., Aruoma O. I. (1995). Free Radicals and Antioxidants in Food and In Vivo: What They do and How They Work. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* Pp. 7-20.
36. Halliwell, B., Gutteridge. J.M.C. (2007). *Free Radicals in Biology and Medicine.* Oxford University Press. United Kingdom. Pág. 704.
37. Hanna Instruments. (2004). Determinación del índice de peróxidos. <https://www.hannainst.es/blog/116/determinacion-del-indice-de-peroxidos>
38. Hernández T., Ramirez M., Cruz C., Delgado O., Alanís G. (2019). Extracción de antioxidantes del residuo de betabel (*Beta vulgaris* L.) por ultrasonido comparación con métodos convencionales. *Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud.* Universidad Autónoma del Estado de

- Hidalgo.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/issue/archive>
39. Herrera, Zambrano. (2005). Antioxidantes, un paradigma en el tratamiento de enfermedades. Rev. Asociación Nac. Científica de Estudiantes Medicina (ANACEM). Pp. 48-53.
 40. Hulk K., Viklund F., Alander J. (2003). Antioxidative properties and enzymatic synthesis of ascorbyl FA esters. J Am Oil Chem Soc. Pp. 795-799.
 41. Ikerd, J. (2015). Toward a Food Ethic. Journal of Agriculture Food Systems, and Community Development, 6(1), 3-5.
<http://dx.doi.org/10.5304/jafscd.2015.061>
 42. Instituto de dermatocósmica. Palmitato de ascorbilo- vitamina C.
<https://www.institutodermocosmetica.com/fichas-tecnicas/antioxidantes/palmitato-ascorbilo-vitamina-c/>
 43. Instituto de nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Organización Panamericana de la salud Davalos (OPS). (2012). Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Segunda edición. Pág. 38.
 44. Jamanca G. N.C., Alfaro C. S. (2017). Antioxidantes en los alimentos. Universidad Nacional de Barranca. Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Editorial UNAB. Pp. 1-6
 45. Kahl R., Kappus H. (1993). Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E. Zeitschrift fur Lebensmittel-untersuchung undforschung 196(4): 329-338.
 46. Kaur C., Kapoor H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables -the millennium's health-F. International Journal of Food Science and Technology Pp. 703-725.
 47. Kehr E., Tropa S., Martínez Lagos J. (2014). Aspectos generales para el cultivo de betarraga (Beta vulgaris L. var. crassa). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informativo N° 149.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4786/NR40725.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 48. Kemin Industries, (2018). El proceso de oxidación y la formación de los compuestos relacionados con la rancidez. <https://www.kemin.com/na/es-mx/blog/food-technologies/oxidative-process>
 49. Kujala, T. S., Loponen, J. M., Klika, K. D., y Pihlaja, K. (2000). Phenolics and Betacyanins in Red Beetroot (Beta vulgaris) Root: Distribution and Effect of Cold Storage on the Content of Total Phenolics and Three Individual Compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry.

50. Martinello M.A., Pramparo M. (2005). Poder antioxidante de extractos de romero concentrados por destilación molecular. Pp.17-20. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642005000500004>.
51. Mayer A. M. (2006). New flavanols derivatives from grapes (*Vitis vinifera*) by products antioxidant aminoethylthio-flavan-3-ol conjugates from a polymeric waste fraction used as source of flavanols. *J Agric Food Chem* 49. 4627-4634.
52. Mejía Benítez D.P., Pérez Juárez M. C., Rosas Nexticapa M. (2014). ¡Alerta! TBHQ en alimentos con grasa. *Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*. Volumen XXVII. No.3.
53. Méndez Cid F.J. (2019). Estudio del enranciamiento autooxidativo de algunas grasas animales: correlación y representatividad de los parámetros indicadores. Universidad de Vigo. Escuela Internacional de Doctorado.
54. Mike Scotter., Fera., UK. (2015). *Colour Additives for Foods and Beverages*. Woodhead Publishing Series in Food science, Technology and Nutrition. Elsevier. 2da. Edición.
55. National Institutes of Health. (2020). Datos sobre la vitamina E. Office of dietary supplements. <http://ods.od.nih.gov/HealthInformation/RecursosEnEspanol.aspx>.
56. Niki E. (1987). Antioxidants in relation to lipid peroxidation. *Chem Phys Lipids* 44:227-53.
57. Norma Mexicana. (2011). Aceite comestible puro de canola- especificaciones. NMX-F-475- SCFI- 2011. Obtenido de: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-f-475-scfi-2011.pdf>
58. Norma Mexicana. (2011). Aceites y grasas vegetales o animales - aceite de semilla de chía – especificaciones. NMX-F-592-SCFI-2011. Obtenido de: <https://aniame.com/mx/wp-content/uploads/Normatividad/CTNNIAGS/NMX-F-592-SCFI-2011.pdf>
59. Norma Venezolana. (2000). Norma General para Aditivos Alimentarios. Fondonorma. Covenin 910-84.
60. Ortiz R. Y. (2016). Aprovechamiento de la actividad antioxidante de extractos y aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis* L.), tomillo (*Thymus vulgaris* L.) y menta (*Mentha spicata* L.) como aditivo funcional en aceites comestibles. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57914>
61. Palamanda, J., Kehrer, J. (1992). "Inhibition of protein carbonyl formation and lipid peroxidation by glutathione in rat liver microsomes". Pp. 103-109

62. Pereyra B., Costamagna D., Rodríguez P., Speltini C., Coppo G. (2009). Autooxidación de aceites vegetales comerciales. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Avellaneda. Provincia Buenos Aires, Argentina.
63. Petromax. Comparativo antioxidantes naturales vs sintéticos. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Comparativo%20Antioxidantes%20Naturales%20vs%20Sint%C3%A9ticos.pdf>
64. Pitalúa Cortés E. E. (2007). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de jugo de betabel (*Beta vulgaris* L.) secado por aspersión. Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Básicas
65. Pochteca. BHT descripción y generalidades. Obtenido de: <https://mexico.pochteca.net/productos/bht/>
66. Puentes N. (2014). Síntesis de palmitato de ascorbilo con preparaciones inmovilizadas de lipasa. Universidad ORT Uruguay. Facultad de ingeniería.
67. Rahman M.S., Al Belushi R.M., Guizani N., Al-Saidi G.S., Soussi, B. (2009). Fat oxidation in freeze-dried grouper during storage at different temperatures and moisture contents. *Food Chemistry*, 114: 1257-1264.
68. Ramalho, V.C., Jorge, N. (2006). Antioxidantes Utilizados em Óleos, Gorduras e Alimentos Gordurosos. *Quim. Nova* 29, Pp.755-760.
69. Ramírez Carmona J. (2017). Pan con bagazo de betabel: exquisito y saludable. *Selecciones reader's digest*. <https://selecciones.com.mx/pan-con-bagazo-de-betabel-exquisito-y-saludable/>
70. Ravichandran K., Saw N. M. M. T., Mohdaly A. A., Gabr A. M., Kastell A., Riedel H., Smetanska, I. (2011). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International*
71. Real academia española. (2020). Definición de bagazo. *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/bagazo>
72. Reyes Munguía A. (2005). Efecto de las propiedades antioxidantes del extracto de maguey morado (*Rhoeo discolor*) durante el proceso y almacenamiento. Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana. Xalapa Ver.
73. Silvia Villanueva R.A. (2016). Efecto protector de la oleoresina de chile piquín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) en aceite de oliva extra virgen durante su oxidación térmica. Universidad Veracruzana Instituto de ciencias básicas.
74. Sociedad Iberoamericana de Información Científica. Utilidad de la cascara de la papa como antioxidante natural en la conservación de grasas y aceites. Sociedad Iberoamericana de Información científica. Obtenido de: <https://www.siicsalud.com/des/insiiccompleto.php/66527>

75. Stangelo E., Herchberg. (2007). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples "colorantes" naturales. Departamento de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa (CSIC).
76. Suwalsky Mario. (2006). Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. [https://www.researchgate.net/publication/250371849 Radicales libres anti oxidantes naturales y mecanismos de proteccion](https://www.researchgate.net/publication/250371849_Radicales_libres_anti_oxidantes_naturales_y_mecanismos_de_proteccion)
77. Termes M. (2018). Aceites y grasas: ¿Qué debemos saber para asegurar una alimentación saludable? Faros, San Joan de Déu. <https://faros.hsjdbcn.org/es/articulo/aceites-grasas-debemos-saber-asegurar-alimentacion-saludable>
78. Thornalley, P.J., Vasak, M. (1985). "Possible role for metallothionein in protection against radiation-induced oxidative stress. Kinetics and mechanism of its reaction with superoxide and hydroxyl radicals. Pp. 36-44
79. Tucto José L. Sembrar remolacha – Tipos, cuidados y cosecha de esta raíz comestible. [página web] Como plantar. <https://como-plantar.com/remolacha/>
80. Wootton-Beard P. C., Ryan L. (2011). A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. Journal of Functional Foods. Pp. 329-334.
81. Wruss J., Waldenberger G., Huemer S., Uygun P., Lanzerstorfer P., Müller U., Höglinger O., Weghuber J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. J Food Comp Anal.
82. Yamaguchi M. (1983). World Vegetables, Principles, Production and Nutritive values. 1a ed. Ed. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. Pág. 704
83. Zapata K., Cortes F., Rojano B. (2013). Polifenoles y actividad antioxidante del fruto de guayaba agria (Psidium araca). Inf.Tecnol. 24(5):103-12.

Capítulo VII

Anexos

Procedimiento para la extracción de betalaínas del bagazo de betabel.

Ilustración 8 Bagazo de betabel



Fuente: Edición propia, 2021.

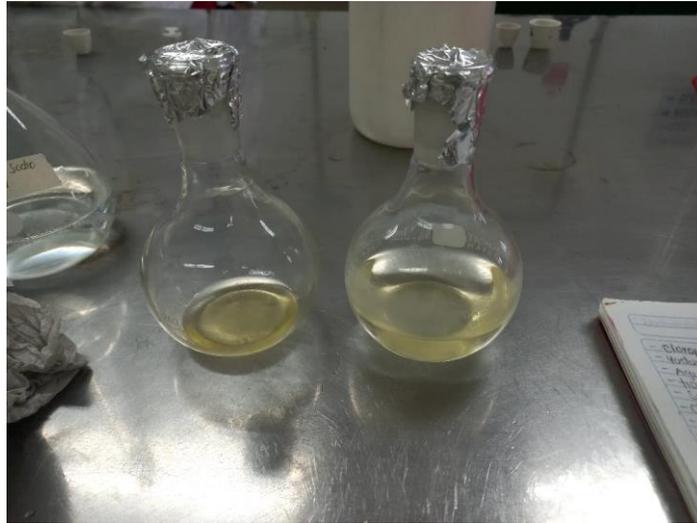
Obtención del aceite de semillas de girasol por el método Soxhlet.

Ilustración 9 Equipo Soxhlet



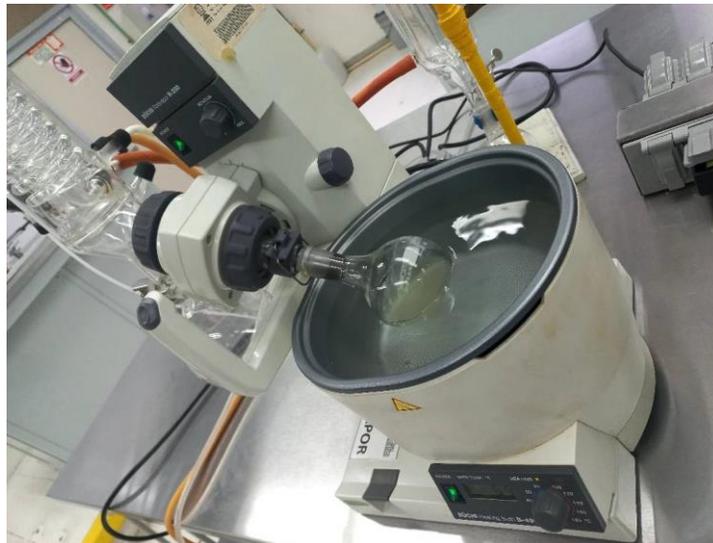
Fuente: Edición propia, 2021.

Ilustración 10 Aceite de semilla de girasol con solvente



Fuente: Edición propia, 2021.

Ilustración 11 Separación del aceite y solvente



Fuente. Edición propia, 2021.

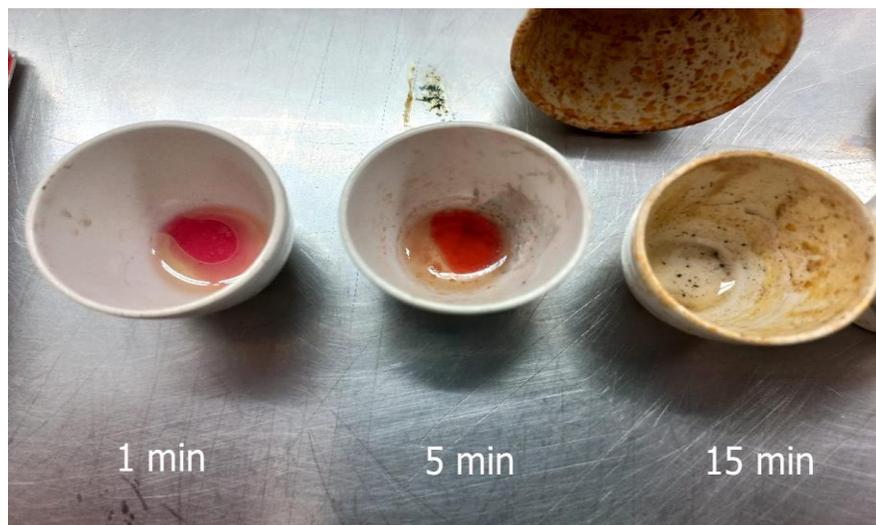
Análisis de índice de peróxidos al aceite comercial y al aceite obtenido por método Soxhlet.

Ilustración 12 Aceite comercial + extracto, y aceite de semilla de girasol + extracto



Fuente: Edición propia, 2021.

Ilustración 13 Aceite con extracto después de ser sometido a calor



Fuente: Edición propia, 2021

Ilustración 14 Titulación con tiosulfato de sodio



Fuente: Edición propia, 2021.

Carta de autorización para publicación.

Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán

CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe:

	ITZEL	OCHOA	VIVEROS
Con Número de Control		17TE0289	
Pertenece al Programa Educativo		INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS	

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL BAGAZO DE BETABEL (*BETA VULGARIS L.*) COMO ANTIOXIDANTE NATURAL EN LA ELABORACIÓN DE ACEITES.

Correspondiente al periodo:

AGOSTO 2021-MARZO 2022

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

DR. HIRAM ALEJANDRO WALL MARTÍNEZ

ATENTAMENTE



ITZEL OCHOA VIVEROS
Nombre y firma

Fecha de emisión: 28/MARZO/2022
c.c.p. Subdirección Académica