



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
QUERÉTARO

FACULTAD DE INGENIERÍA

*“Beta vulgaris L. (Betabel) y
Psidium guajava L. (Guayaba):
complemento de yogurt, un posible
alimento funcional”*

TESIS

Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Presenta:
KATYA GABRIELA BAUTISTA ESTRADA

Director de tesis:
DRA. ANA ANGÉLICA FERREGRINO PÉREZ

Querétaro, Querétaro

Septiembre
2019

RESUMEN

El jugo de betabel es ampliamente conocido por sus propiedades antioxidantes, estudios previos han demostrado que contiene compuestos bioactivos como betalaína, betacianina y betaxantina. La guayaba también tiene compuestos antioxidantes debido a su alto contenido en taninos. El consumo de yogurt es benéfico para la salud humana, razón por la cual este trabajo presenta un yogurt al cual se le añadió jugo de betabel y puré de guayaba (ambos en una proporción de 15% cada uno). Se evaluó el comportamiento de los compuestos polifenólicos (fenoles, taninos y flavonoides) y la actividad antioxidante (ABTS y DPPH), cuyos resultados se reportaron en dos modalidades (μM TROLOX/g de muestra, en porcentaje de inhibición y en *ARA) durante un periodo de 7 días. A excepción de contenido de Taninos, el yogurt de guayaba y betabel, presentó los resultados más altos del experimento. Comenzando con compuestos polifenólicos, para fenoles 195.819 ± 3.483 mg Eq. de ácido gálico/ g de muestra; para flavonoides 1.636 ± 0.038 mg Eq. de rutina/ g de muestra. Y para actividad antioxidante, en DPPH se obtuvo el valor de 2051.11 ± 150.746 μM de TROLOX / g de muestra y *ARA de 69.725 ± 5.279 . Mientras que en ABTS se obtuvo 2938.22 ± 2.457 μM de TROLOX / g de muestra y su porcentaje de inhibición fue de 94.97 ± 0.07455 %. Para complementar, se realizó una prueba hedónica de 4 puntos (4= me gusta mucho, 3= me gusta moderadamente, 2= ni me gusta ni me disgusta y 1 me disgusta), donde se evaluó aceptación de color, textura y sabor en general donde obtuvo 3 en promedio general. Se concluyó que agregar betabel y guayaba a un yogurt natural, le otorga propiedades antioxidantes ya que el yogurt natural por sí solo no presenta ninguna. Y además, ésta capacidad antioxidante

incrementa con el transcurso de los días debido a la interacción de las bacterias ácido lácticas y al medio físico-químico creado en la fermentación del yogurt, que permite liberar los compuestos bioactivos y que el consumidor pueda aprovecharlos. (Palabras clave: betabel, guayaba, yogurt)

SUMMARY

Beetroot juice is widely known for its antioxidant properties, previous investigations have shown that it contains bio-active compounds like betalains, and bethaxantins. Another fruit like guava has antioxidant compounds due to its high content in tanins, on the other hand, yogurt consumption provides benefits for the health of those who drink it, which is the reason why this investigation shows a yogurt with beetroot juice and guava pure (both in 15% each). Behaviour of polyphenolic compounds was measured (phenols, tanins and flavonoids) as for the antioxidant capacity (ABTS and DPPH) which lasted 7 days. Antioxidant capacity was reported*** in *TEAC ($\mu\text{M Trolox / g of sample}$) for both ABTS and DPPH and it was also reported as percentage: *ARA (antiradical activity) for DPPH and %I. (inhibition of cation +ABTS percentage). All of the measurements took place for seven days and the results were the following, starting with phenols $195.819 \pm 3.483 \text{ mg EAG/ g of sample}$; for flavonoids $1.636 \pm 0.038 \text{ mg Eq. Rutina/ g of simple}$, tanins results were close to zero. The results for antioxidant capacity for the beetroot-guava-yogurt were: DPPH with 2051.11 ± 150.746 of *TEAC and *ARA of $69.725 \pm 5.279 \%$; ABTS reported 2938.22 ± 2.457 of *TEAC and a % I. of $94.97 \pm 0.075 \%$. A sensory test was done with a hedonic scale of 4 points (4= I love it and 1= I don't like it), color, texture and overall flavor were evaluated. Beetroot guava yogurt obtained the average of 3 for all the parameters. Beetroot and guava provide antioxidants activities when combined with yogurt, the ones that raises with the days due to the acid-lactic bacteria interaction and with the conditions created as a result of yogurt fermentation, conditions in which bioactive compounds are released and could better be absorbed by those who ingest it.

(Key words: beetroot, guava, yogurt)

Dirección General de Bibliotecas UAQ

SUMMARY

(Key words: beetroot, guava, yogurt)

Dirección General de Bibliotecas UAQ

AGRADECIMIENTOS

A mis padres María Eugenia y Gabriel, por apoyarme durante mi carrera, por que sin ellos, nada sería posible. Soy el fruto de todos sus esfuerzos. A mi hermana Karla, que me motiva todos los días a ser el mejor de los ejemplos. A mi novio Jonathan por siempre exigirme ser mejor que un día antes y motivarme, más que nada, con su ejemplo.

Para el Maestro Arturo Arana Juaristi por brindarme su apoyo desde el primer semestre, por siempre preocuparse por nosotros, los alumnos de agro industrial y exigirme hasta el último día.

Para la Dra. Angélica Feregrino Pérez por creer en el proyecto, por su comprensión y aceptar dirigirlo y abrirme las puertas de su laboratorio para el desarrollo de la experimentación para esta tesis. Para Silvia Pineda, técnico de laboratorio por asesorarme en mi experimentación y análisis y por la excelente calidad de persona que es.

Para la Dra. Margarita Contreras Padilla por el carácter siempre exigente en las revisiones y por sus aportes de calidad para la corrección y desarrollo de esta tesis.

Para el Dr. Juan Fernando García Trejo por estar siempre disponible y por permitirme realizar análisis en su laboratorio y la ayuda que me proporcionaron las personas que forman parte de su equipo de trabajo.

Para la Dra. Rosario Guzmán, quien no solo me exigió para esta tesis, sino mucho antes en sus clases, las cuales desarrollaron en mí un pensamiento más crítico.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES.....	14
1.1 2.1 ALIMENTOS.....	14
1.2 2.2 NUTRACÉUTICOS Y ALIMENTOS FUNCIONALES.....	14
1.3 2.3 BEBIDAS FUNCIONALES.....	15
1.4 2.4 ESTRÉS OXIDATIVO, RADICALES LIBRES Y ENVEJECIMIENTO.....	16
1.5 2.5 ANTIOXIDANTES.....	17
1.6 2.6 CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES.....	18
1.6.1 2.6.1 <i>Compuestos fenólicos (captadores de RL no vitamínicos)</i>	19
1.6.2 2.6.2 <i>Flavonoides</i>	21
1.6.3 2.6.3 <i>Taninos</i>	24
1.7 2.7 COMPUESTOS CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN <i>PSIDIUM</i> GUAJAVA L. (GUAYABA).....	27
1.8 2.8 COMPUESTOS CON CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN <i>BETA VULGARIS</i> L. (BETABEL).....	30
1.9 2.9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>BETA VULGARIS</i> L. (BETABEL).....	32
1.9.1 2.9.1 <i>Taxonomía de Beta vulgaris L. (Betabel)</i>	33
1.9.2 <i>Cultivo y morfología Beta vulgaris L. (Betabel)</i>	33
1.9.3 <i>Origen y distribución Beta vulgaris L. (Betabel)</i>	34
1.9.4 <i>Composición química Beta vulgaris L. (Betabel)</i>	35
1.9.5 <i>Importancia económica de Beta vulgaris L. (Betabel)</i>	36
1.10 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>PSIDIUM</i> GUAJAVA L. (GUAYABA).....	36
1.10.1 <i>Taxonomía de Psidium guajava L. (Guayaba)</i>	36
1.10.2 <i>Cultivo y morfología de Psidium guajava L. (Guayaba)</i>	37
1.10.3 <i>Origen y distribución de Psidium guajava L. (Guayaba)</i>	37
1.10.4 <i>Composición química de Psidium guajava L. (Guayaba)</i>	38
1.10.5 <i>Importancia económica de Psidium guajava L. (Guayaba)</i>	38
1.11 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL YOGURT.....	39
1.11.1 <i>Origen del yogurt</i>	39
1.11.2 <i>Composición química del yogurt</i>	40
1.11.3 <i>Composición microbiológica del yogurt</i>	40
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	44

2.1 HIPÓTESIS.....	44
2.2 OBJETIVO GENERAL.....	44
2.3 OBJETIVOS PARTICULARES.....	44
3. METODOLOGÍA.....	46
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	46
3.2 ELABORACIÓN DE YOGURT DE BETABEL CON GUAYABA.....	46
3.3 MEDICIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE JUGO DE BETABEL Y PURÉ DE GUAYABA.....	47
1.1.2 <i>Compuestos fenólicos</i>	47
3.3.1 4.3.2 <i>Medición de capacidad antioxidante por ABTS y DPPH</i>	48
3.4 MEDICIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TRATAMIENTOS CON YOGURT.....	49
3.4.1 <i>Compuestos fenólicos</i>	49
3.4.2 <i>Capacidad antioxidante</i>	49
3.5 DETERMINACIÓN DE FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS DE YOGURT DE BETABEL CON GUAYABA Y CONTROL (YOGURT NATURAL), DURANTE LA VIDA DE ANAQUEL.....	49
3.5.1 <i>Sinéresis</i>	49
3.5.2 <i>Análisis bromatológico</i>	50
3.6 4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1 5.1 DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE PARA JUGO DE BETABEL Y PURÉ DE GUAYABA.....	52
4.2 COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE PARA CADA TRATAMIENTO.....	54
4.2.1 5.2.1 <i>Fenoles totales</i>	54
4.2.2 5.2.2 <i>Taninos</i>	56
4.2.3 5.2.3 <i>Flavonoides</i>	57
1.1.4 <i>Actividad antioxidante</i>	59
4.3 MEDICIÓN DE PH.....	65
4.4 ÁCIDEZ TITULABLE.....	66
4.5 SINÉRESIS.....	66
4.6 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE YOGURT DE BETABEL CON GUAYABA Y CONTROL (YOGURT NATURAL).....	66
4.7 ANÁLISIS SENSORIAL.....	67

4.7.1 Aceptación de color.....	67
4.7.2 Aceptación de textura.....	68
4.7.3 Aceptación de sabor en general.....	69
4.8 DISCUSIÓN.....	70
5. CONCLUSIÓN.....	70

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Clasificación de bebidas funcionales según Ramos (2007).....	16
Cuadro 2.2 Flavonoides en los alimentos, según Escamilla (2009).....	24
Cuadro 2.3 Descripción taxonómica de <i>Beta vulgaris</i> L. según Delgadillo (2016).....	33
Cuadro 2.4 Composición química del <i>Beta vulgaris</i> L. (Betabel).....	35
Cuadro 2.5 Descripción taxonómica de <i>Psidium guajava</i> L. (Guayaba).....	37
Cuadro 2.6 Composición química de <i>Psidium guajava</i> L. (Guayaba).....	38
Cuadro 5.1 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos metanólicos de jugo de betabel y puré de guayaba.....	55
Cuadro 5.2 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos acuosos del jugo de betabel y puré de guayaba.....	56
Cuadro 5.3 Contenido de fenoles a partir de extracto metanólico expresado en mg Eq. de Ácido Gálico/g de muestra.....	57
Cuadro 5.4 Contenido de fenoles a partir de extracto acuoso expresado en mg Eq. de Ácido Gálico/g de muestra.....	57
Cuadro 5.5 Contenido de taninos a partir de extracto metanólico expresado en mg Eq. De (+) catequina/g de muestra.....	58
Cuadro 5.6 Contenido de taninos a partir de extracto acuoso expresado en mg Eq. De (+) catequina/g de muestra.....	59
Cuadro 5.7 Contenido de flavonoides a partir de extracto metanólico expresado en mg Eq. de Rutina/g de muestra.....	59
Cuadro 5.8 Contenido de flavonoides expresado en mg Eq. de Rutina/g de muestra.....	60

Cuadro 5.9 Capacidad antioxidante por DPPH expresada en μg de TROLOX / g de muestra.....	60
Cuadro 5.10 Capacidad antioxidante por DPPH expresada en mg de TROLOX por gramo de muestra, a partir de extracto acuoso.....	61
Cuadro 5.11 Capacidad antioxidante por ABTS expresada en μMoles equivalentes de TROLOX por gramo de muestra, a partir de extracto metanólico.....	62
Cuadro 5.12 Capacidad antioxidante por ABTS expresado en mg equivalentes de TROLOX por gramo de muestra, a partir de extracto acuoso.	63
Cuadro 5.13 % ARA Metanólico.....	63
Cuadro 5.14 % ARA Acuoso.....	64
Cuadro 5.15 % I Metanólico.....	65
Cuadro 5.16 % I. Acuoso.....	65
Cuadro 5.17 Variación de pH.....	66
Cuadro 5.18 Acidez titulable.....	67
Cuadro 5.19 Variación de sinéresis.....	67
Cuadro 5.20 Análisis bromatológico para todos los tratamientos.....	67
Cuadro 5.21 Valor de P en examen sensorial.....	68
Cuadro 5.22 Medianas de aceptación para el parámetro color.....	69
Cuadro 5.23 Medianas de aceptación para el parámetro de sabor en general.	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Estructura química del fenol según Peñarrieta (2014).....	20
Figura 2.2 Estructura química de algunos compuestos fenólicos simples según Peñarrieta (2014).....	21
Figura 2.3 Estructura básica y tipos de flavonoides según Martínez (2002)..	23
Figura 2.4 Estructura química de taninos hidrolizables según Girbes (2013).	26
Figura 2.5 Estructura química de un tanino complejo según Girbes (2013)..	27
Figura 2.6 Ácido betalámico y betalaína según Marañón-Ruiz (2010).....	31
Figura 2.7 Estructura general de betalaínas según Marañón-Ruiz (2010)....	31

1.INTRODUCCIÓN

Las enfermedades no transmisibles (ENT) son responsables del 71% (41 millones de personas) de las muertes a nivel mundial; de las cuales la mayoría se deben a enfermedades cardiovasculares (17.9 millones), seguidas por el cáncer (9 millones), enfermedades respiratorias (3.9 millones) y por último la diabetes (1.6 millones). Más del 85% de las muertes prematuras (entre 30 y 69 años) ocurren en países de ingresos bajos y medianos (OMS, 2018), como en México, donde las ENT representan el 50% de las muertes y las cuales ocurren principalmente en zonas rurales debido al índice de sobrepeso que se reporta (75% de la población) (PFCD, 2017).

Los factores que dan origen a las ENT pueden ser genéticos, fisiológicos, ambientales y conductuales. Los factores fisiológicos se refieren a daños por estrés oxidativo, el cual acelera y desarrolla la adquisición de una ENT, aunado a factores conductuales (como el consumo de tabaco, uso nocivo de alcohol y dietas no balanceadas) que limitan la disposición de compuestos antioxidantes que prevengan o contrarresten el efecto de una ENT. Entonces, para controlar dichas enfermedades, es necesario enfocarse en reducir los factores de riesgo asociados (OMS, 2018).

Los factores que podemos controlar de manera inmediata, son los conductuales, específicamente: la alimentación; la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda consumir 400 g de frutas y verduras diariamente sin contar tubérculos y leguminosas, de esta manera se cuenta con suficiente fibra dietética y nutrientes esenciales y no esenciales que ayudan a la prevención de las ENT (PSM, 2018).

La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2006) mostró que más del 70% de la población no tiene un consumo adecuado de frutas y verduras (Ramírez-Silva *et al.*, 2009). Aunque se reportó un incremento de 30% (60 gramos) en su consumo en la década 1994 y 2014 (López- González *et al.*,

2018). Y es necesario señalar que su consumo también depende de su uso culinario: el 11% se consumen en el desayuno, 76% en la comida y el 13% en la cena (Legislación Ambiental, 2004).

Consumir los antioxidantes de frutas y verduras pueden prevenir el daño oxidativo en las células y por ende reducir el riesgo de contraer ENT (Sumaya-Martínez, 2010). Jugos de hortalizas como el betabel contienen un alto nivel biológico de antioxidantes aunque su consumo es muy bajo comparado con otros vegetales, debido probablemente a su sabor y textura (Ravichandran *et al.*, 2011; Wootton-Beard *et al.*, 2011). Además del betabel existen otros frutos con funciones antioxidantes como la guayaba, la cual es considerada “la mejor fruta para el consumo humano” debido a su contenido de antioxidantes (Guimarães *et al.*, 2016). A partir de frutas y verduras se pueden elaborar alimentos que preserven su naturaleza antioxidante, tal es el caso del yogurt, un alimento fermentado al cual se le añaden frutas y/o verduras para incrementar sus beneficios ya ampliamente conocidos, como lo son el aporte de probióticos que demuestran beneficios fisiológicos y reducción de ENT (Clydesdale, 1997); esto debido a que reducen la intolerancia a la lactosa, eliminan patógenos de forma indirecta, elevan las defensas y previenen ciertos tipos de cáncer (Sánchez, 2016).

En los últimos años, el aumento de costos médicos ha orillado a la población a encontrar medios más baratos para proteger la salud lo cual ha incrementado el interés y la demanda de alimentos nutraceuticos y funcionales (Hözer, 2010). La presente investigación tiene por objetivo elaborar una bebida que contenga frutos con alta capacidad antioxidante, para proponer una alternativa de alimento funcional que sea capaz de prevenir o mejorar los efectos por el daño oxidativo que a su vez desencadena en la adquisición de una ENT.

2.MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

1.1 Alimentos

Los seres humanos llevan a cabo la alimentación con el fin de obtener energía y desarrollo. Los alimentos son todos los productos nutritivos sólidos o líquidos, naturales o deformados que, por sus características, componentes químicos, estado de conservación y aplicaciones, son susceptibles a ser utilizados para la alimentación humana. Según la OMS (2014), los alimentos se definen como los productos naturales o industrializados que se ingieren con el fin de cubrir una necesidad fisiológica (Sánchez, 2018)

1.2 Nutracéuticos y alimentos funcionales.

El término de alimento funcional fue propuesto por primera vez en Japón en el año de 1980 y se definía como un alimento para un uso específico en la salud. Todo aquel alimento semejante en apariencia física al alimento convencional consumido en la dieta, pero con efecto positivo sobre el metabolismo y la fisiología del consumidor. La Unión Europea explica que puede ser un alimento natural al que se le hayan añadido o quitado componentes mediante procesos tecnológicos o biológicos o a los que se les haya modificado la naturaleza de uno o más de sus componentes o cualquier combinación de estas posibilidades.

Por otro lado, los alimentos nutracéuticos son aquellos suplementos dietéticos presentados en una matriz no alimenticia como píldoras, capsulas, polvo, etc. Proceden de una sustancia natural bio-activa concentrada que está presente usualmente en alimentos y de ser consumida en dosis superiores a las existentes en dichos alimentos, para que posiblemente tenga efecto favorable mayor al del alimento que la posea al principio. Se diferencia de los medicamentos porque éstos son producto de una síntesis y

en su mayoría no son de origen vegetal; también se diferencian de los tés e infusiones en que los últimos o son necesariamente terapéuticos. Los nutracéuticos pueden proporcionar beneficios médicos incluso pueden prevenir y ayudar al tratamiento de enfermedades (Sánchez, 2018).

1.3 Bebidas funcionales.

No solo hidratan al individuo sino también cubre otras necesidades fisiológicas. Son aquellas presentaciones listas para consumirse que contienen en su formulación ingredientes funcionales no tradicionales; ofrecen un beneficio para la salud, pueden ser funcional naturalmente como el té (contiene antioxidantes de manera natural) o se le pueden adicionar nutrientes como minerales, vitaminas, probióticos, prebióticos y polifenoles, entre otros (Sánchez, 2018).

En el Cuadro 2.1 se muestra la clasificación y contenido de las bebidas funcionales según Ramos, 2007.

Cuadro 2.1 Clasificación de bebidas funcionales según Ramos (2007).

Propiedad funcional	Características
Control de peso o apropiadas para diabéticos	Se sustituyen azúcares por edulcorantes artificiales Contienen polisacáridos que provocan índice glucémico bajo.
Orgánicas/ Naturales	Se elaboran de vegetales cultivados en ausencia de pesticidas o de abonos químicos y procesados sin conservadores o aditivos químicos pero pueden contener aditivos naturales.
Energizantes/ Revitalizantes	Aceleran el sistema nervioso simpático. Se les añade cafeína o algún otro alcaloide estimulante. Puede añadirseles ginseng, equinácea o espinillo amarillo.
Reductoras de colesterol	Se les añade etanol o sus ésteres: los fito esteroleos.
Relajantes	Elaboradas a base de hierbas con opiáceos en bajas concentraciones.
Reconstituyentes/ Hidratante	Aportan valor energético y un índice glucémico alto. Añadidas con hidrolizados de proteína vegetal o animal, carbohidratos, vitaminas y minerales. Se formulan para grupos específicos: niños, ancianos, mujeres deportistas, etc.

Curativas de úlceras	Se utilizan extractos de aloe vera (sábila) y nopal. Proveen gomas y otros agentes químicos con propiedades antiinflamatorias, regeneradoras de tejido, antibióticos y aceleran el metabolismo de los lípidos.
Mitigantes de envejecimiento	Se les adicionan ácidos grasos omega-3, omega-6 y compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes.
Simbióticas	Contienen una o más especies de bacterias lácticas o actinomicetos con carácter prebiótico, además de contener oligosacáridos que funcionan como prebióticos y como fibra biológica.

Las bebidas funcionales pueden desempeñar un rol importante en la protección de la salud y prevención de enfermedades al ser un medio para introducir componentes nutracéuticos enriquecedores, como fibra soluble y extractos herbales. Los té helados, cafés, bebidas isotónicas, té herbales, bebidas carbonatadas congeladas, mezclas de menta, zumos de verduras y batidos son algunos ejemplos de bebidas funcionales (Sánchez, 2018).

1.4 Estrés oxidativo, radicales libres y envejecimiento.

El estrés oxidativo sucede cuando hay un desbalance entre pro-oxidantes y anti-oxidantes a favor de los primeros; este proceso conlleva a una disfunción de metabolismos y puede concluir con muerte celular (Baynes, 2000). Y es a partir de este proceso que se generan especies reactivas de oxígeno, las cuales son responsables de muchos efectos negativos que resultan tóxicos para las células.

Un radical libre (RL) es aquella figura química que contiene en su estructura uno o más electrones no apareados, esto lo convierte en una molécula altamente reactiva capaz de provocar reacciones en cadena (Núñez, 2011), su vida es muy corta pero debido a su alta propagación, puede afectar a 1 millón de moléculas durante una reacción en cadena (Zamora, 2007). Los RL pueden resultar del metabolismo humano (procesos oxidativos en ácidos grasos insaturados, proteínas y ADN); por contaminantes ambientales (atmosféricos, acuáticos, de suelos, fertilizantes o pesticidas); o por radiaciones (ultravioleta, gamma, hertziana), entre otros.

También están relacionados con el consumo de alcohol, tabaco y drogas o por una alimentación no adecuada (Llancari, 2011). El cuerpo humano cuenta con 17 sistemas neutralizadores de RL; por mencionar algunos de estos sistemas incluyen vitaminas (E y C): sustancias orgánicas imprescindibles para los procesos metabólicos de los seres vivos, no aportan energía, pero si ellas el organismo es incapaz de aprovechar elementos aportados en la alimentación que sirven como bloques de construcción (Parada y Vidal-Ríos, 2013); enzimas antioxidantes (superóxido dimutasa, glutatión peroxidasa, etc.) y otros captadores de radicales no-vitamínicos, como los polifenoles.

La efectividad de éstos sistemas de defensa depende de factores relacionados con el genoma del individuo, en el caso de los sistemas enzimáticos de defensa; y de la nutrición del individuo para los captadores de radicales libres de naturaleza vitamínica y no-vitamínica (Fernández, 2018).

Como resultado de un estrés oxidativo a lo largo del tiempo, el cual es mediado por RL, llega el envejecimiento. Ello implica un descenso gradual en las capacidades físicas y mentales y aumenta las posibilidades de contraer ENT y finalmente la muerte (OMS, 2018). Sin embargo, el consumir antioxidantes puede disminuir el efecto que tiene el envejecimiento, y aunque aún no se puede recomendar su consumo de una manera sistémica, se recomienda su consumo para incluirlo en los hábitos diarios de alimentación (Bonney, 2002).

1.5 Antioxidantes.

Para contrarrestar el efecto que conlleva el envejecimiento, es necesario consumir sustancias antioxidantes: toda aquella sustancia capaz de retrasar la oxidación del sustrato que lo contiene. Los antioxidantes reaccionan con radicales libres al cederles un electrón transformándolos en RL débiles, los cuales tendrán escaso o nulo efecto tóxico. En algunos casos

como en la vitamina E, el antioxidante puede regenerarse a su forma primitiva con ayuda de otro, también cuentan con diferentes mecanismos de acción: unos impiden la formación de RL (sistema preventivo), otros inhiben la acción de los RL (sistema barredor) y otros favorecen la reparación y la reconstrucción de las estructuras biológicas dañadas (sistema de reparación). Cada antioxidante tiene afinidad a uno a varios RL determinados, y puede entrar en acción en los diferentes procesos del proceso oxidativo ya que poseen más de un mecanismo de acción. Para proliferar su acción, es necesario consumir alimentos que compongan su estructura, por ejemplo, los oligoelementos como el cobre, hierro, zinc, selenio y manganeso forman parte del núcleo activo de las enzimas antioxidantes y se encuentran en productos vegetales de manera natural (Criado, 2009).

1.6 Clasificación de los antioxidantes.

Se clasifican en endógenos y exógenos, los primeros se fabrican dentro de la célula y los segundos son introducidos en el organismo mediante la alimentación. Es decir, son parte de la constitución de los alimentos que ingerimos, y específicamente se habla de los polifenoles que abarcan compuestos fenólicos, flavonoides y taninos, estos compuestos son resultado del metabolismo secundario de las plantas; y debido a su composición química y propiedades antimicrobianas y antioxidantes, se han sugerido como sustitutos de conservantes en formulaciones de alimentos (Criado, 2009).

1.6.1 Compuestos fenólicos (captadores de RL no vitamínicos).

Estas moléculas tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático y juegan una serie de funciones metabólicas en las plantas en

cuanto a su crecimiento y reproducción, protección contra patógenos externos y estrés por radiación UV y depredadores; también son responsables del color y las características sensoriales de las plantas y alimentos (Peñarrieta *et al.*, 2014). Son el grupo más amplio de sustancias no energéticas que se encuentran en los alimentos de origen vegetal y sus características fisicoquímicas les permiten intervenir en reacciones metabólicas celulares de óxido-reducción (Coronado, 2018).

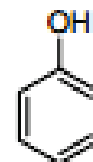
a. Fenoles simples y ácidos fenólicos.

Son una de las clases más importantes de metabolitos secundarios en las plantas, en su mayoría se derivan de la fenilalanina y en menor cantidad, de la tirosina. Constituyen un amplio grupo de sustancias presentes en plantas con más de 8000 compuestos fenólicos identificados (Porrás-Loaiza *et al.*, 2009).

- **Estructura química de los fenoles.**

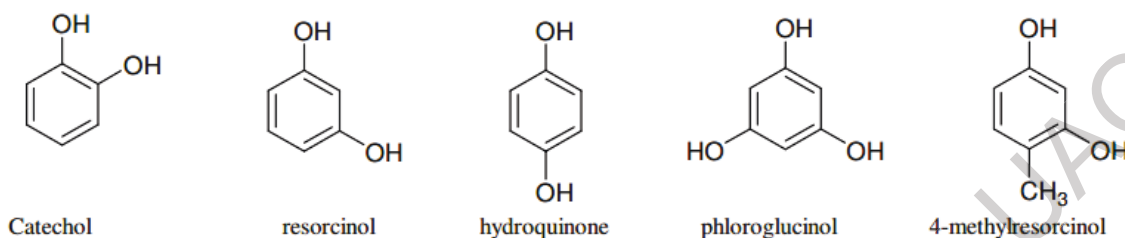
El fenol es la molécula básica que se compone de un anillo aromático (fenil) unido a un grupo hidroxilo (OH) como se muestra a continuación en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Estructura química del fenol según Peñarrieta (2014).



Los fenoles simples son compuestos que tienen dos o tres grupos hidroxilo en el anillo aromático. Algunas estructuras químicas de fenoles simples según Peñarrieta (2014) se muestran en la Figura 2.2.

Figura 2.2 Estructura química de algunos compuestos fenólicos simples según Peñarrieta (2014).



En cuanto a los ácidos fenólicos, se dividen en dos grupos principales: los ácidos benzoicos y los ácidos cinámicos (Manach *et al.*, 2004).

- Ácidos benzoicos. Tienen una estructura básica C₆-C₁; los principales son el ácido gálico, ácido salicílico, hidroxibenzoico, protocatéuico, vinílico y siríngico. Su contenido es muy bajo en las partes comestibles de la planta, a excepción de frutos rojos (Manach *et al.*, 2004).

- Ácidos cinámicos. Se encuentran ampliamente distribuidos en vegetales en forma conjugada ya que difícilmente se encuentran en su forma libre. La mayoría son exclusivamente derivados de los ácidos caféico, cumárico y ferúlico. Se les puede encontrar en cantidades significativas en los frutos rojos (Manach *et al.*, 2004).

- **Capacidad antioxidante de los fenoles.**

El mecanismo antioxidante de los compuestos fenólicos está relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres mediante 1) Captación de radicales libres: donan hidrógeno o electrones para romper el ciclo de generación de nuevos RL deteniendo las reacciones en cadena (Leyva, 2009). Y 2) como quelantes de metales especialmente con el hierro y el aluminio.

Por dichos mecanismos, los fenoles poseen propiedades antivirales, antimicrobianas, vasodilatadoras, estimuladores de respuesta inmune, anticancerígenos, antiinflamatorios, bactericidas, antialérgicos, entre otras (Shahidi, 1992). Específicamente son capaces de proteger a lípidos de una oxidación, etapa principal en el desarrollo de arteriosclerosis (Virgilli, 2004). Los fenoles también interfieren en el desarrollo de un tumor maligno al proteger el ADN del daño oxidativo, previniendo cáncer.

1.6.2 Flavonoides

Flavo proviene del latín *flavus* y significa de color entre amarillo y rojo, como la miel o el oro. Son los grupos aromáticos o pigmentos heterocíclicos que contienen oxígeno y están ampliamente distribuidos en las plantas, constituyendo la mayoría de los colores amarillo, rojo y azul de las plantas y frutas. Se los encuentra ampliamente en las uvas, manzanas, cebollas, cerezas, repollos, en el árbol de Ginkgo biloba y el té verde (*Camellia sinensis*). En las plantas responden a la luz controlando los niveles de auxinas (hormonas vegetales) encargadas de regular el crecimiento; también intervienen en el proceso de diferenciación de las plantas y potencializan su polinización, existen más de 5,000 distintos (Escamilla *et al.*, 2009)

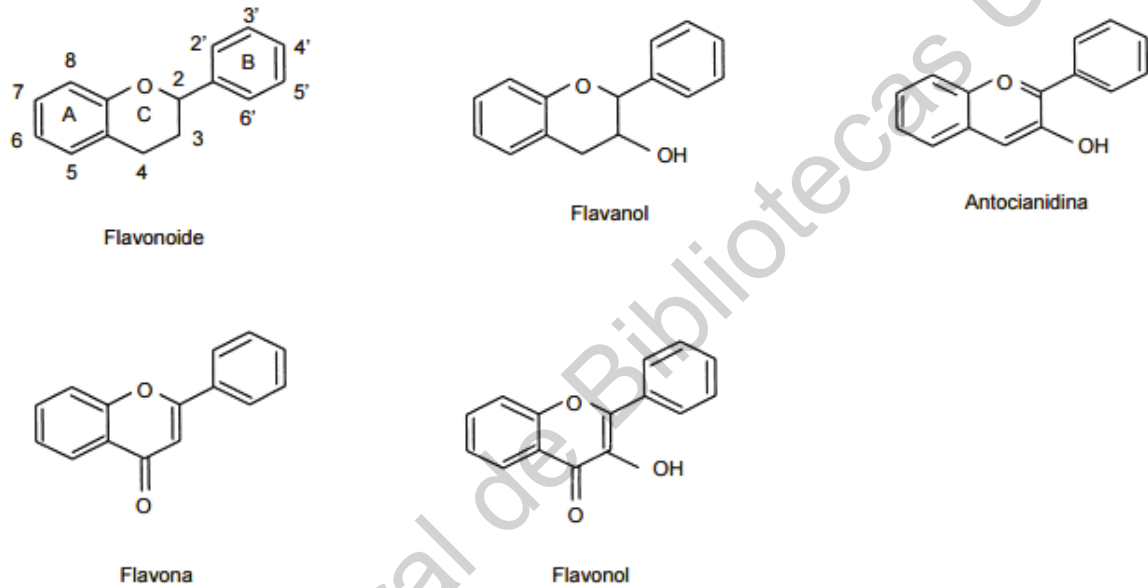
- **Estructura química de los flavonoides.**

Su estructura común consiste en dos anillos aromáticos enlazados a través de 3 carbonos que a su vez se encuentran formando un compuesto heterocíclico oxigenado. Se dividen en antocianinas y antoxantinas.

- Antocianinas. Son pigmentos rojos, naranjas, azules y púrpura presentes en las plantas y cuya estructura fenólica les confiere la capacidad de donar o transferir átomos de hidrógeno a los RL.
- Antoxantinas. Incluyen flavonas e isoflavonas que son moléculas que varían desde el color blanco hasta el amarillo (King y Young, 2011).

A continuación, la Figura 4.3. Ilustra la estructura básica y algunos tipos de flavonoides según Martínez *et al.* (2002).

Figura 2.3 Estructura básica y tipos de flavonoides según Martínez (2002).



Los flavonoides se clasifican según las variantes de su estructura química, éstos son: chalconas, flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanonoles, antocianidinas, catequinas, epicatequinas, auronas, isoflavonoides, pterocarpanos y rotenoides (Mungúia *et al.*, 2011).

- **Capacidad antioxidante de los flavonoides.**

Dentro de los polifenoles, los que han demostrado mayor capacidad antioxidante, son los flavonoides (Bravo, 1998).

Al consumir flavonoides obtenemos propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, antialérgicas, antitumorales, anticancerígenas y

antioxidantes, de las últimas principalmente en el sistema nervioso (Escamilla *et al.*, 2009).

En el Cuadro 2.2 se muestra en donde podemos encontrarlos según Escamilla *et al.*, 2009.

Cuadro 2.2 Flavonoides en los alimentos, según Escamilla (2009).

Flavonoides	Origen
Ácido elálgico	Uva y verduras.
Antocianidinas	En pigmentos rojo-azulado y rojo de las cerezas.
Catequina:	Té negro y verde.
Citroflavonoides:	Quercetina, limoneno (aislado de limón y lima), peridina, rutina y naranjina. En el sabor amargo de la naranja.
Isoflavonoidees	Genisteína y daidzeína en alimentos de soya como tofu, leche, porotos, proteína vegetal, tempeh, miso y harina.
Kaemferol	En brócoli, puerro, endibias, betabel y rábanos.
Proantocianidinas	Semillas de uvas, corteza de pino marino y en vino tinto.

Los flavonoides actúan como antioxidantes debido a la combinación de sus propiedades quelantes de hierro y secuestradoras de radicales libres, inhiben oxidasas como lipooxigenasa, ciclooxigenasa, mieloperoxidasa y la xantina oxidasa; evitando la formación de radicales libres y de hiperóxidos orgánicos. También inhiben enzimas involucradas indirectamente en procesos oxidativos como la fosfolipasa A2 y al mismo tiempo estimulan otras enzimas con actividad antioxidante como la catalasa y la superóxido dimutasa (Escamilla *et al.*, 2009).

1.6.3 Taninos.

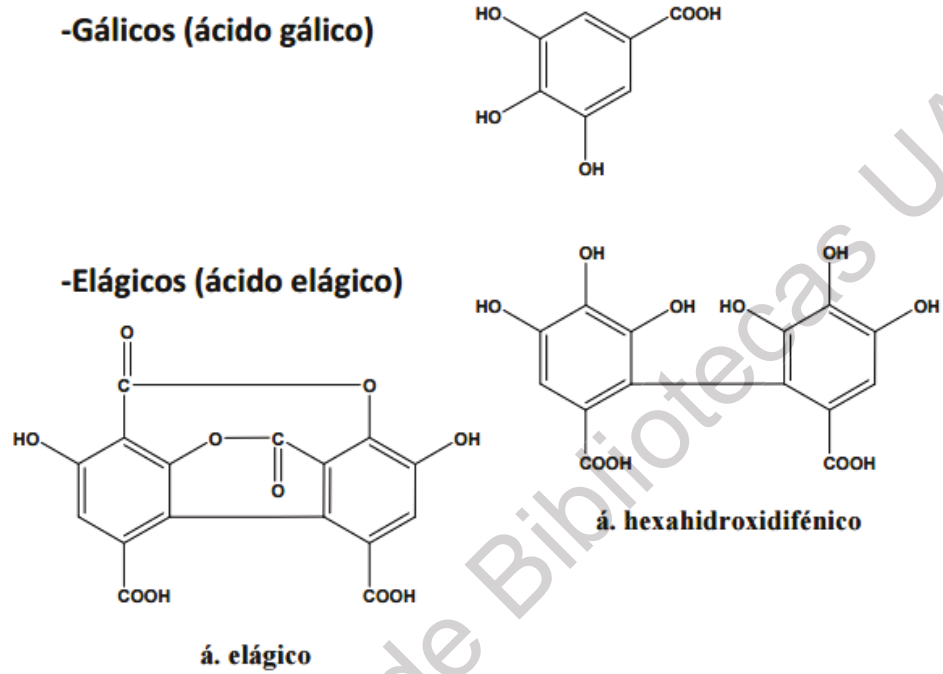
Son diversos compuestos fenólicos con la particularidad de que se unen a las proteínas y se precipitan con ellas, su nombre se refiere al proceso de curtido en el que se convierte la piel de los animales en cuero. Originalmente los taninos extraídos de las plantas eran utilizados para este fin hasta que fueron reemplazados por minerales en el siglo pasado. Están presentes en hojas, frutos y cortezas; se encuentran en el roble (*Quercus*

sp.) y en el castaño (*Castanea sp.*); y son utilizados por las plantas como medio de protección contra infecciones y contra herbívoros (Olivas-Aguirre, 2015). Estos compuestos contienen un gran número de grupos hidroxilo además de otros grupos funcionales; se clasifican en dos grupos: taninos hidrolizables o pro-antocianidinas y florotaninos y en taninos condensados, dependiendo de la vía bio-sintética de la que provienen. Podemos encontrar fácilmente en plantas de la familia leguminosae, rosaceae, polygonaceae, fagaceae, ryzophoraceae, myrtaceae y melastomaceae (Munguía y col., 2011). En general los taninos se encuentran en su mayoría en frutos tropicales y las bayas silvestres (Olivas-Aguirre, 2015).

- **Estructura química de los taninos.**

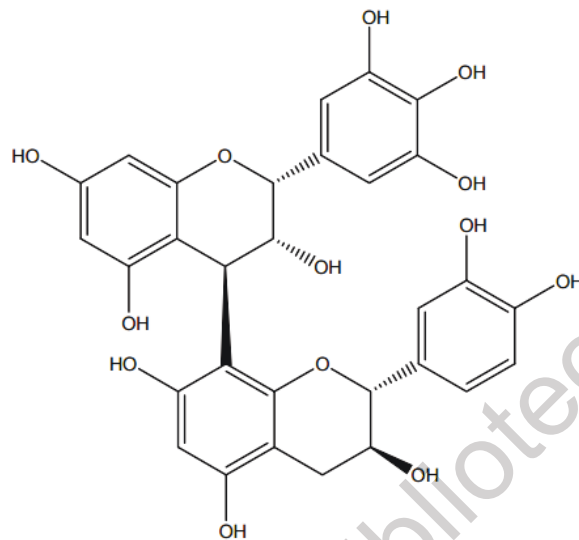
Se clasifican en tres grupos según su estructura química: condensados (TC) e hidrolizables (TH). Los TC, por su incapacidad de ser hidrolizados, se les involucra en diversas actividades anti-nutricionales, como el secuestro de micronutrientes; los TH por el otro lado, poseen un núcleo glucídico (generalmente glucosa), constan de un azúcar unida a ácidos fenólicos (como el gálico), son más susceptibles a hidrólisis en condición fisiológica, lo que les permite liberar gradualmente sus componentes primarios, los TH han sido aislados de plantas comestibles y no comestibles mostrando una fuerte capacidad biológica como anti-tumorales, anti-mutágenos, anti-diabéticos y anti-bióticos, la última alarga su vida anaquel. Sin embargo, al ser procesados, transformados o almacenados los TH cambian su capacidad de hidrólisis (Piñarreta *et al.*, 2014). A continuación, en la Figura 2.4 se muestra la estructura química de los taninos hidrolizados según Girbes (2013).

Figura 2.4 Estructura química de taninos hidrolizables según Girbes (2013).



A continuación, en la figura 2.5 se muestra la estructura química de un tanino complejo: la Procianidina B1 según Girbes (2013).

Figura 2.5 Estructura química de un tanino complejo según Girbes (2013).



Procianidina B1

- **Capacidad antioxidante de taninos.**

Cabe mencionar que la capacidad antioxidante es el resultado de la sinergia entre el contenido de taninos (TH y TC), compuestos poli-fenólicos monoméricos (flavonoides y ácidos benzoicos) y otras especies antioxidantes como los carotenoides, ácido ascórbico y tocoferoles. Para el caso específico de taninos, al ser consumidos expresan sus propiedades como antidiarreicos, antioxidantes, antitumorales, anti-bacteriales y hepatoprotectores (Olivas-Aguirre, 2015).

1.7 Compuestos con capacidad antioxidante en *Psidium guajava* L. (Guayaba).

Éste fruto ofrece hasta 500 mg de sustancias antioxidantes, superando casi 3 veces a la cantidad de los mismos de uvas, ciruelas, manzanas, naranjas, granadas, papayas y piñas, entre otras. Específicamente, en la guayaba se encuentra la vitamina C, selenio, carotenos y licopeno, entre otros (Gottau, 2011).

- **Vitamina E.**

Esta vitamina es un conjunto de compuestos fenólicos llamados tocoferoles y tocotrienoles; el alfa tocoferol es el más común por tener la mayor actividad vitamínica. Este antioxidante es lipofílico y se localiza en las membranas celulares y cuya absorción y transporte está ligado con los lípidos. Se considera el más importante protector de las moléculas lipídicas ya que protege, neutraliza y captura RL para convertirlos en formas menos reactivas. Su deficiencia es poco frecuente aun en personas que viven con dietas escasas, sin embargo, en caso de existir deficiencia, se muestran grados de arreflexia, trastornos de la marcha y de la propiocepción, disminución de sensaciones vibratorias y oftalmoplejía (Criado, 2009).

- **Vitamina C o ácido ascórbico.**

Es un antioxidante hidrosoluble que ayuda a potencializar la actividad de otros como la vitamina E y el selenio. Sus principales funciones son neutralizar y capturar a los radicales libres y regenerar la forma oxidada de vitamina E una vez que haya reaccionado con un RL, de hecho, esta vitamina se absorbe con mayor eficiencia estando en compañía de vitamina E (Criado, 2009). Cuando ingerimos vitamina E, el cuerpo humano produce colágeno el cual ayuda a cicatrizar heridas y a mejorar la absorción de minerales como el hierro, presentes en otros alimentos.

Una vez ingerida la vitamina C, se almacena en los siguientes órganos: ojo, hígado, bazo, cerebro, glándulas suprarrenales y tiroideas. Los

humanos no son capaces de sintetizarla debido a una ausencia de la enzima GLO (L-gulono-y-lactona oxidasa); al no ingerirla ocurren padecimientos como el escorbuto y anemia, entre otros (Criado, 2009).

- **Carotenoides.**

Confiere color amarillo a los vegetales y su motivo final es atraer animales para que propaguen las semillas y asegurar que las generaciones perpetúen. Se clasifican en dos grandes grupos: carotenos (licopeno y betacaroteno) y xantofilas.

Aunque no podemos sintetizarlo, podemos metabolizarlo a vitamina A (retinol) de existir los precursores necesarios. Además, al ingerirlos, actúan como antioxidantes (primarios junto con los tocoferoles y la vitamina C) y también cumple roles no antioxidantes. La dieta mediterránea por incluir amplia gama de vegetales y frutos frescos o procesados, junto con aceites de origen vegetal, es la que mayor cantidad de carotenoides aporta. Actualmente no existe una dosis específica recomendada, sin embargo, si se ha propuesto un valor de 6 mg/día en base al aporte de carotenoides con actividad provitamina A (Mínguez, 2018).

Todos los carotenoides son derivados del licopeno, el cual está contenido en la guayaba rosa (5.23 – 5.50 mg/100 g) y es el responsable del color rojo o rosáceo en los frutos que lo contienen. Sus propiedades biológicas y fisicoquímicas demuestran que es preventivo para enfermedades como cáncer, cardiovasculares y neurodegenerativas e hipertensión, causadas por los radicales libres (Waliszewski *et al.*, 2010).

- **Selenio.**

Es un nutriente esencial para mantener la salud. Ayuda en procesos de reproducción, funciones de la glándula tiroidea, la producción de ADN y para proteger al cuerpo contra las infecciones y combatir radicales libres. Su bajo consumo es poco común, pero si lo hay puede causar la enfermedad

Keshan (cardiaca) e infertilidad en hombres; también puede causar la enfermedad de Kashi-Beck, un tipo de artritis que causa dolor, inflamación y pérdida de movimiento en las articulaciones (NIH, 2016).

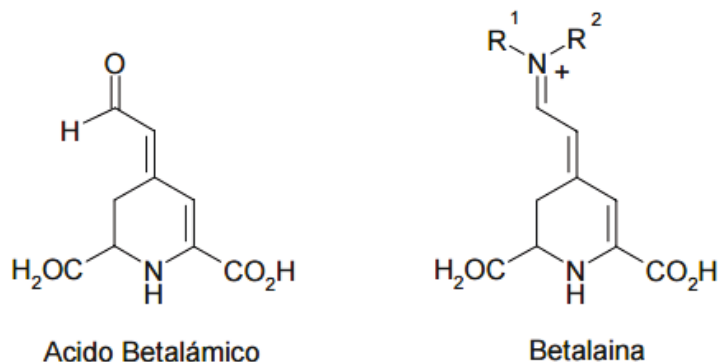
1.8 Compuestos con capacidad antioxidante en *Beta vulgaris* L. (Betabel).

- **Betalaínas.**

Son pigmentos hidrosolubles y existen como sales en las vacuolas de las células vegetales, son derivados del ácido betalámico y son responsables por la coloración roja del betabel. Han sido empleadas en los alimentos como colorantes naturales.

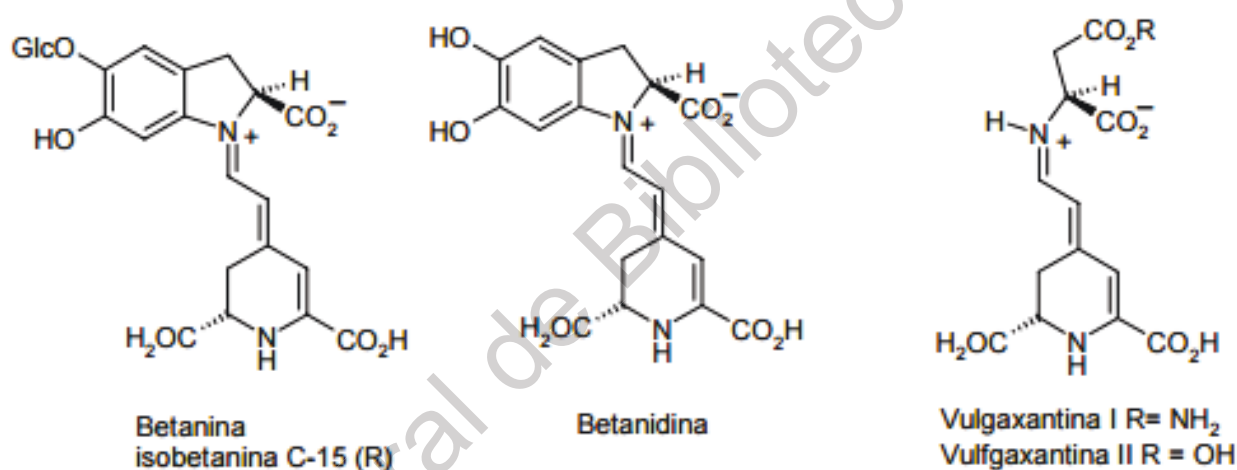
Las betalaínas son todos los compuestos con estructuras basadas en la fórmula general que se muestra en la Figura 2.6, son derivados de la condensación de una amina primaria o secundaria con el ácido betalámico. El cromóforo de la betalaína es un compuesto protonado, su color se debe a sus dobles enlaces conjugados, el máximo de absorción de luz a 480 nm es para betacianinas amarillas y para 540 nm se adquiere el color característico de las betacianinas rojas.

Figura 2.6 Ácido betalámico y betalaína según Marañón-Ruiz (2010).



Las betalaínas están constituidas por dos grupos estructurales: las Betacianinas y las Betaxantinas, ambas son ópticamente activas; la diferencia entre ambas, es que la primera tiene un grupo glicósido y las segundas un grupo indol, como se muestra en la Figura 2.7 (Marañón-Ruiz, 2010).

Figura 2.7 Estructura general de betalaínas según Marañón-Ruiz (2010).



- **Betacianinas.**

Son los metabolitos secundarios que otorgan el color rojo a las plantas, estos compuestos tienen una limitada distribución biológica en plantas del orden de las *Caryophyllales* y ciertos hongos de los géneros *Amanita* e *Hygrophoruse higrocybe* (Strack *et al.*, 1993).

La síntesis de la betanidina (pigmento mayoritario del grupo de las betacianinas) se realiza en el citoplasma, con un pH de 7 a 7.5 (Strack *et al.*, 2003); ya que su naturaleza es fuertemente hidrofílica, se transporta a la

vacuola donde existe un pH de 3 a 6, y se ionizan parcialmente de tal manera que no pueden difundirse fuera de la vacuola y por lo tanto se acumulan dentro de ella (Mukundan, 1998; Stintzing y Schieber, 2001). Al estar protonada, la betanidina puede interactuar con otras moléculas dentro de la vacuola, por ejemplo, con la glucosa, y por medio de la glicosilación forma otras betacianinas, en el caso específico de la glucosa, se forma betanina.

- **Betaxantinas.**

Son los metabolitos secundarios que otorgan el color amarillo a las plantas, Schlieman *et al.* (1999) sugieren que las betaxantinas involucran el transporte del ácido betalámico (precursor de la vía sintética) del citosol hacia el interior de la vacuola, ahí existen condiciones ácidas y reacciones aun no definidas, que provocan la condensación de las betaxantinas con aminoácidos o amins que dan lugar a pigmentos amarillos (Stintzing y Schieber, 2001).

1.9 Características generales de Beta vulgaris L. (Betabel).

El betabel es un tubérculo comestible de color púrpura intenso y en forma de bulbo, prefiere los climas fríos para su desarrollo y en México puede cosecharse durante todo el año. Puede consumirse crudo o cocido en jugos, licuados, ensaladas y postres. En México en el año 2015 se registró una producción de alrededor de 17 mil toneladas, cuyo mayor productor fue Puebla y su mercado de exportación es principalmente Estados Unidos (SAGARPA, 2016).

1.9.1 Taxonomía de Beta vulgaris L. (Betabel).

A continuación se muestra el Cuadro 2.3 la descripción taxonómica según Delgadillo, 2016.

Cuadro 2.3 Descripción taxonómica de *Beta vulgaris* L. según Delgadillo (2016)

Reino	Plantae
Sub reino	<i>Tracheobionita</i>
Súper división	<i>Spermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Sub clase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Chenopodiaceae</i>
Género	<i>Beta</i> L.
Especie	<i>Beta vulgaris</i> L.

1.9.2 Cultivo y morfología *Beta vulgaris* L. (Betabel).

Durante el primer año de cultivo desarrolla una raíz napiforme y una roseta de hojas. Durante el segundo emite una inflorescencia ramificada en panícula, la cual puede alcanzar hasta un metro de altura. Es una planta herbácea de vida corta con un tamaño de 0.6 a 1 m de alto. Posee un tallo ramificado en la parte superior que suele ser de color verde o rojizo con hojas alternas, algo carnosas, las hojas basales están en roseta y pueden ser de hasta 20 cm de largo, son pecioladas, en ocasiones con margen (Cea, 2013).

Las flores se encuentran en grupos compactos dispuestos en espigas terminales, simples o ramificadas o en las axilas de las hojas. El perianto cubre al ovario y a los estambres. Se encuentra basalmente unido al ovario, hacia el ápice dividido en 5 segmentos; cuenta con 5 estambres y con 2 a 4 estigmas, generalmente 3 (Cea, 2013).

Su fruto es seco y no abre, tiene una cubierta membranosa separada de la semilla soliendo ser únicamente una, al fruto se le denomina "utrículo" se encuentra encerrado en el perianto endurecido y soldado a él. La semilla es horizontal, circular o en forma de frijol (Cea, 2013).

La raíz es engrosada esférica de forma globosa en variedades planas o alargadas. Posee un diámetro de entre 5 y 10 cm y puede pesar entre 80 y

200 gramos. Su olor varía desde rosáceo a violáceo y anaranjado rojizo e incluso marrón; la pulpa es de color rojo oscuro y puede presentar círculos concéntricos de color blanco, el color se le atribuye a la betacianina y a la betaxantina. Debido a ser una raíz, se acumulan los azúcares y su sabor es dulce (Cea, 2013).

1.9.3 Origen y distribución *Beta vulgaris* L. (Betabel)

Procede de la especie botánica *Beta marítima* o “acelga marina” o “acelga bravia”; planta originaria de la zona costera al norte de África. Su cultivo data del siglo II a. C. por su peciolo y hojas y dio lugar a dos hortalizas diferentes: acelga y betabel. Los romanos la consumían y su adición en la dieta volvió en el siglo XVI para ingleses y alemanes; en la actualidad su consumo es regular en los países de clima templado y aún más en Europa, aunque Francia e Italia son sus mayores productores. Toda la planta es comestible, sus variedades más importantes son la forrajera y la común o roja (Trujillo, 2010).

1.9.4 Composición química *Beta vulgaris* L. (Betabel)

El betabel contiene yodo, sodio y potasio; cantidades considerables de vitamina C en raíces; sacarosa (15 a 20%), pigmentos: betaínas, colina, glutamina, vitamina A, y B, ácido fólico y fibra. También contiene grandes cantidades de betacarotenos y hierro, antocianinas y flavonoides principalmente por el pigmento rojo de betanina y otras sustancias (Fernández, 2018).

Se puede obtener colorante a partir de la raíz el cual resiste condiciones ácidas; se altera fácilmente con el calentamiento en presencia de oxígeno, tornando su color a marrón. El colorante se absorbe parcialmente en el tubo digestivo, aunque la mayor parte es eliminada sin algún cambio. No se conocen efectos nocivos de éste colorante y la OMS no

ha fijado un límite en la dosis diaria consumida de este colorante (Trujillo, 2010).

El betabel es la fuente principal de betalaínas, las cuales incorporadas a la dieta son capaces de proteger las células y evitar la hemólisis oxidativa en los glóbulos rojos (Azeredo, 2009; Tong *et al.*, 2011). Diversos estudios reportan que la *Beta vulgaris* L. presenta propiedades antioxidantes por la presencia de compuestos fenólicos principalmente flavonoides y betalaínas las cuales pueden reducir el riesgo de padecer enfermedades no transmisibles o crónico degenerativas. Esta hortaliza tiene antecedentes medicinales ancestrales y alimenticios, aunque no es ampliamente utilizado en la dieta actual (Sánchez, 2018). A continuación, en el Cuadro 2.4 se muestra la composición química del betabel.

Cuadro 2.4 Composición química del *Beta vulgaris* L. (Betabel).

Denominación	Cantidad (mg)
Agua	82.3%
Nitrógeno	0.53
Ceniza	1.0
Calcio	20
Fósforo	73
Hierro	1.3
Carotina	0.00
Tiamina	0.05
Rivoflavina	0.05
Niacina	0.38
Ácido ascórbico	29.4

1.9.5 Importancia económica de *Beta vulgaris* L. (Betabel)

Actualmente se cultiva tres veces más azúcar de betabel que hace cinco años y en cifras absolutas de producción ha superado a la caña de azúcar debido a la modernización del cultivo. En Europa. Casi el 90% del azúcar consumido proviene de la producción interna de betabel. En varios

países la remolacha azucarera representa el cultivo que más valor nutritivo tiene en relación a la unidad de superficie, las hojas, cabezas o topes de la remolacha son un alimento muy rico en nutrientes para el ganado vacuno.

1.10 Características generales de *Psidium guajava* L. (Guayaba)

El género *Psidium* es originario de América tropical, América Central, América del Norte y Sudamérica. Se incluyen más de cien especies entre las que destaca *P. guajava* por su valor comercial (IA, 2018).

Es muy apreciada como saborizante de yogurt, gelatina, vinos y helados. También tiene efecto antiviral, espasmolítico, antidiarreico, licopenico (prevención de cáncer) y es capaz de curar hemorragias internas del cuerpo, también posee vitaminas A, B2, B3, C (incluso 5 veces más que la naranja) y minerales como el calcio, hierro, fósforo (Hidalgo, 2017).

1.10.1 Taxonomía de *Psidium guajava* L. (Guayaba).

A continuación se muestra la descripción taxonómica de *Psidium guajava* L. según Pineda (2014).

Cuadro 2.5 Descripción taxonómica de *Psidium guajava* L. (Guayaba)

Reino	Vegetal
División	<i>Espermatophyta</i>
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledonea</i>
Orden	<i>Myrtiflorae</i>
Suborden	<i>Myrtineae</i>
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Genero	<i>Psidium</i>
Especie	<i>Psidium guajava</i> L.

1.10.2 Cultivo y morfología de *Psidium guajava* L. (Guayaba).

Es un arbusto perenne de 5 a 6 metros de altura. Su raíz es pivotante con numerosas raicillas que pueden ser superficiales o pivotantes llegando a alcanzar un grosor similar al de la raíz principal; tienen efecto alelopático. Su tallo presenta brotes angulosos de color verde que a medida que maduren se

convierten en un tallo leñoso. Sus hojas son lanceoladas de color verde oscuro en el haz y pubescentes en el envés, presenta peciolo corto y glándulas oleíferas (responsables de su olor característico). Sus flores aparecen en brotes de una a 3 flores en racimo, son hermafroditas de color blanco; tienen un ovario rodeado por numerosos estambres. El fruto es una baya redondeada con un cáliz persistente en el ápice. La epidermis es de color amarillento y puede ser cerosa o lisa, y el color de la pulpa depende de la variedad, pueden ser de color blanco, amarillo, rojo o rosa con número variable de semillas (IA, 2017).

1.10.3 Origen y distribución de *Psidium guajava* L. (Guayaba)

Es originaria de los trópicos americanos, ahí se le encuentra cultivada y en estado silvestre. Su cultivo se ha expandido en países tropicales y subtropicales como India, Brasil, Florida, Sudáfrica y California. Actualmente los mayores productores son Estados Unidos, México, Colombia, Perú, República Dominicana, Brasil, Venezuela, Sudáfrica, Pakistán, India, Indonesia, Bangladesh, Tailandia y Malasia (Vargas, 2017).

Está clasificada como uno de los frutos más conocidos en la mayor parte del mundo. Su producción mundial ronda los 1.2 millones de toneladas, la India y Pakistan aportan 50% mientras que México produce el 25% (300 mil toneladas anuales), el resto le corresponde a Colombia, Egipto y Brasil (Villaseñor, 2010).

1.10.4 Composición química de *Psidium guajava* L. (Guayaba).

A continuación se muestra la composición química de *psidium guajava* L. según Vargas (2017).

Cuadro 2.6 Composición química de *Psidium guajava* L. (Guayaba).

Composición química	Porcentajes/ unidades
----------------------------	------------------------------

Agua	62%
Proteínas	0.8%
Grasa	0.6%
Azúcar	8.85%
Carbohidratos	15%
Fibras	8.15%
Vitamina A	0.9 UI
Vitamina B3	40 U
Vitamina C	280 mg/100 g
Vitamina G4	35 U
Calcio	4 mg/100 g
Fósforo	23 mg/100 g
Hierro	289 mg/100 g
Tiamina	5 mg/100 g
Riboflavina	50 mg/100 g
Niacina	1.2 mg/100 g
Potasio	42 mg/100 g

1.10.5 Importancia económica de *Psidium guajava* L. (Guayaba).

En la actualidad su producción comercial se ha extendido a diversas regiones y países del mundo destacando Estados Unidos, Australia, Filipinas, India, Sudáfrica, Venezuela, Brasil, Egipto, Tailandia e Indonesia (ASERCA, 1997). En México la producción se concentra principalmente (90%) en los estados de Aguascalientes, Zacatecas y Michoacán (Villaseñor, 2010).

El consumo per cápita en México es de 2.3 kg, su disponibilidad es durante todo el año, aunque su mayor producción se concentra en marzo y agosto, siendo mayo y junio los meses de menor demanda. La mayoría se consume en fresco (87%) y el resto en derivados (Villaseñor, 2010).

1.11 Características generales del Yogurt.

Se define como el producto obtenido de la fermentación de la leche, estandarizada o no, por los microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus*, donde ocurre una reducción del pH. Aparte de estos microorganismos, también se le pueden añadir del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, lo cual deberá establecerse en la etiqueta (NOM-181-SCFI-2010). Éstas especies responsables de la fermentación funcionan como suplementos de microorganismos vivos que

benefician al huésped mejorando su balance microbiano intestinal (Parra, 2012).

El yogurt se clasifica en dos: en simple o natural y en saborizado o con fruta. Para ser clasificado como el segundo podrá contener hasta 50% de ingredientes no lácteos (edulcorantes, frutas y verduras, jugos, purés, pastas, preparados, conservadores, cereales, miel, chocolate, frutos secos, café, especias y otros alimentos aromatizantes naturales e inocuos y/o sabores), los cuales pueden ser añadidos antes o después de la fermentación (NOM-181-SCFI-2010).

1.11.1 Origen del yogurt.

Leyendas y anécdotas lo ubican en la tierra de los Balcanes y Asia menor, los pueblos nómadas observaron que la leche se convertía en una masa semisólida al ser transportada en sacos de piel de cabra que no solo se facilitaba su traslado y conservación, sino que también le confería un sabor agradable. Por otro lado, el yogurt permaneció durante muchos años como una comida típica de la India, Asia Central, Sudoeste Asiático, Europa Central y del Este. Según historiadores, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX comenzó a ser relevante en la sociedad Occidental gracias a los estudios de un microbiólogo ucraniano Metchnikoff, quien estudiaba las causas de la longevidad de los pueblos balcánicos, y estudiando su alimentación dedujo que probablemente la longevidad se atribuía al alto consumo de leche fermentada (yogurt) (Aznar *et al.*, 2013).

1.11.2 Composición química del yogurt.

A continuación, en el Cuadro 2.6 se muestran las especificaciones fisicoquímicas según la Norma Oficial Mexicana 181-SCFI-2010.

Cuadro 2.7 Composición fisicoquímica del yogurt.

Denominación	Contenido(% m/m)
Proteína láctea	Mínimo 2.9%
Grasa butírica	Máximo 15%
Acidez titulable (ácido láctico)	Mínimo 0.5%
Sólidos lácteos no grasos	Mínimo 8.25%

1.11.3 Composición microbiológica del yogurt.

El yogurt deberá contener como mínimo 107 UFC/g de la suma de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbruecki* subespecie *bulgaricus* viables. Si contienen cultivos alternativos adicionales, éstos deberán estar en valores de 106 UFC/g viables como mínimo. Las bacterias lácticas más comunes son: *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium animalis*, *Streptococcus salivarius* spp *thermophiles*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus helveticus* spp.jugurti, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus casei* spp.paracasei, *Lactobacillus casei* Shirota, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus rhamnosus* (LGG), *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus defensis*, *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus reuteri*. Y todos deben permanecer viables, abundantes y activos hasta la fecha de caducidad del producto (NOM-181-SCFI-2010).

a. **Probióticos**

Son microorganismos vivos que administrados en cantidades adecuadas ejercen un efecto benéfico sobre la salud del consumidor, para ello deben permanecer viables desde la producción hasta el tránsito gastrointestinal, es decir que sean resistentes a pH gástrico y a las sales biliares en el duodeno (Del Piano *et al.*, 2006; Pineiro y Santon, 2007).

Para algún producto ser considerado como probiótico, deben cumplir las siguientes características: 1) No causar infecciones de órganos ni de

sistemas, 2) Capacidad de ser toleradas por el sistema inmune del hospedero y ser preferentemente de proveniencia intestinal, 3) Capacidad de resistir la acción de los ácidos gástricos y sales biliares para llegar con 10⁷ UFC viables por gramo de alimento, es necesario que lleguen vivos al intestino para ejercer efectos inmuno-moduladores (Ramasamy *et al.*, 2010), 3) Capacidad de adherirse a la superficie de la mucosa intestinal y poder colonizar el segmento gastrointestinal, 4) Tener sinergia con la microflora endógena normal, 5) Efecto barrera, 6) Capacidad de potenciar las defensas inmunitarias del huésped (Sánchez, 2018).

Los más utilizados para el consumo humano son las bacterias ácido lácticas que se utilizan normalmente en fermentaciones alimentarias o procedentes de aislados intestinales (Rivera, 2016). Los probióticos producen sustancias antimicrobianas como ácido láctico y acético los cuales acidifican el intestino e inhiben la proliferación de ciertos microorganismos patógenos; además son fuente de metabolitos como el peróxido de hidrógeno, diacetilo y bacteriocinas (Savadogo *et al.*, 2006).

Estudios científicos prueban que el consumo regular de probióticos puede restaurar o mantener el equilibrio microbiano en el tracto gastrointestinal, urogenital y respiratorio y prevenir colonización por bacterias patógenas. Esta actividad antagónica se logra debido a la competencia por nutrientes disponibles, disminución de potencial de redox, producción de ácido láctico y acético creando disminución de pH, producción de metabolitos inhibitorios como peróxido de hidrógeno y diacetilo y la producción de compuestos antimicrobianos como las bacteriocinas y los antibióticos (Kalantzopoulos, 1997).

b. Bacterias ácido lácticas

Transforman la lactosa de la leche en ácido láctico, modificando la estructura de las proteínas. En la fermentación, disminuyen el pH (lo cual

altera y coagula las caseínas) desarrollando mayor textura; también se obtienen productos como el ácido láctico y metabolitos como el diacetilo, acetoina y acetolheído; el ácido láctico confiere sabor acidulado; el diacetilo confiere sabor a manteca de leches fermentadas mientras que el acetaldehído es el responsable el olor típico del yogurt. Además de emplearse en la elaboración de yogurt y demás productos lácteos, las bacterias ácido lácticas son explotadas como cultivos probióticos ya que se complementan con las bacterias presentes en la flora intestinal y contribuyen al buen funcionamiento del aparato digestivo, por ende mejoran enfermedades inmunológicas como alergias, cáncer o enfermedades inflamatorias intestinales (Rivera, 2016).

Su aplicación tiene dos objetivos fundamentales: 1) desarrollar sabores y olores característicos durante la fermentación y 2) inhibir microflora competitiva debido a reducción de pH del medio. Por ambas cualidades, actúan como preservadores, saborizantes, texturizadores, digestivos, entre otros. Los alimentos fermentados presentan diversas características benéficas como: enriquecimiento biológico de sustratos alimenticios con vitaminas, proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales (Rivera, 2016).

c. Bacterias ácido lácticas para elaborar yogurt.

En la elaboración del yogurt se emplean dos bacterias: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, ambas actúan en beneficio de la otra en una simbiosis de proto cooperación. Las especies de *Lactobacillus* tiene una actividad proteolítica y los aminoácidos y di péptidos producidos por las especies de *Streptococcus* estimulan el crecimiento de ambas durante la fermentación (Sanchez, 2016).

d. Importancia económica del yogurt.

Entre variados productos, el yogurt presenta una posición destacada debido a su alto valor nutricional y a su aceptación por niños y adultos. El yogurt es una excelente fuente de vitaminas, minerales y proteínas; ayuda a la producción de anticuerpos, hormonas y enzimas importantes para el metabolismo, asimismo fortalece el sistema inmunológico y retrasa el envejecimiento (Guimarães *et al.*, 2016).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

3.OBJETIVOS E HIPÓTESIS

1.12 Hipótesis.

La adición de betabel y guayaba al procesamiento de una bebida láctea fermentada (yogurt) le proporcionará características antioxidantes para considerarse una bebida funcional.

1.13 Objetivo general.

Se elaborará un yogurt adicionado con betabel y guayaba, mediante la adición de los purés previamente realizados. Esto con el fin de proponer un alimento funcional que aporte compuestos antioxidantes.

1.14 Objetivos particulares.

- Elaborar un yogurt adicionado con puré de guayaba y jugo de betabel.
- Evaluar compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de ambos purés (betabel y guayaba) para conocer su efecto en el yogurt.
- Evaluar compuestos fenólicos y actividad antioxidante del control (yogurt natural) y del yogurt de betabel con guayaba durante el estudio de vida de anaquel.
- Evaluar factores fisico-químicos en yogurt de betabel y guayaba (sinéresis, pH, °Brix, y acidez titulable) durante el estudio de vida de anaquel.
- Realizar análisis bromatológico del yogurt de betabel con guayaba para conocer sus compuestos nutricionales.

- Realizar prueba sensorial del yogurt de betabel con guayaba para evaluar la aceptación del producto.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

4.METODOLOGÍA

1.15 Localización del área de estudio.

El yogurt se elaboró en el laboratorio de Lácteos en Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, Amazcala, El Marqués. Los análisis de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y factores fisicoquímicos, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Metabolitos y Nano-compuestos en Campus Aeropuerto de la Universidad Autónoma de Querétaro, Carretera Chichimequillas S/N Ejido Bolaños, 76140, Querétaro. Los análisis bromatológicos se mandaron a medir en la Facultad de Química, Campus Cerro de las Campanas, Querétaro. Y el análisis sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis sensorial del CAIDEP dentro del Edificio Biotecnológico, UAQ, Cerro de las Campanas.

1.16 Elaboración de yogurt de betabel con guayaba.

- **Elaboración de yogurt.**

Se utilizó leche del establo de Campus Amazcala, UAQ. Se verificaron parámetros de calidad. La leche fue llevada a ebullición y cuando su temperatura decreció a 45°C, se inoculó con 200 g de yogurt madre elaborado con YOMIX, Danisco. Al alcanzar pH de 4.6 se refrigeró durante 24 horas a 4°C.

- **Elaboración de puré de betabel y guayaba.**

Pasadas las 24 horas de refrigeración del yogurt, se elaboraron los purés. La materia prima se obtuvo del Mercado Universitario UAQ, se lavó y desinfectó. El jugo de betabel se obtuvo con extractor Turmix, y el puré de guayaba se obtuvo a partir de la molienda y colado de la misma.

- **Producto terminado.**

El yogurt se preparó por litro, añadiendo 15% p/v de jugo de betabel y puré de guayaba, cada uno, y 150 g de azúcar. Se refrigeró a 4°C para su medición.

1.17 Mediciones de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de jugo de betabel y puré de guayaba.

1.17.1 Compuestos fenólicos.

- **Elaboración de extracto metanólico y acuoso.**

Un gramo de muestra más 10 mL de solvente fueron macerados durante 24 horas, para el extracto metanólico se utilizó metanol y para el extracto acuoso se utilizó agua destilada.

- **Fenoles totales.**

La cuantificación de fenoles totales se determinó usando el método de Folin-Ciocateu (F-C) (Singleton *et al.*, 1999). Con una alícuota de 40 µl de extracto y 250 µl de reactivo F-C (1 N), las muestras reposaron durante 2 horas, protegido de la luz. Se midió absorbancia a 760 nm (Thermo, Multiskan Ascent). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de Ácido Gálico / g de muestra.

- **Taninos condensados.**

La cuantificación de taninos condensados se determinó usando el método de Feregrino-Pérez *et al.* (2008). Con una alícuota de 50 µL de extracto y 200 µL de solución Vainillina al 0.5%. Se midió la absorbancia a 492 nm (Thermo, Multiskan Ascent). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de (+) Catequina/ g de muestra.

- **Flavonoides**

La cuantificación de flavonoides totales se determinó usando el método descrito por Oomah *et al.* (2005). Con una alícuota de 50 µl de

extracto y 20 µl de solución 2-aminoetildifenilborato al 1%. Se midió absorbancia a 404 nm (Thermo, Multiskan Ascent) y los resultados se expresaron en mg equivalentes de Rutina / g muestra.

1.17.2 Medición de capacidad antioxidante por ABTS y DPPH.

- **Capacidad antioxidante por ABTS.**

La determinación se basó en el método descrito por Re *et al.*, (1999). Se colocaron 20 µl de extracto y 230 µl de solución ABTS (Abs: 0.700) Se midió absorbancia a 734 nm (Thermo, Multiskan Abscent). Los resultados se expresaron en µmoles equivalentes de Trolox / g de muestra.

- **Porcentaje de inhibición (% I)**

Se calculó sustituyendo absorbancias obtenidas de la medición ABTS, en la fórmula siguiente:

$$\% \text{inhibición} = \frac{|\cdot|_{\text{inicial}} - |\cdot|_{\text{final}}}{|\cdot|_{\text{inicial}}} \times 100$$

- **Capacidad antioxidante por DPPH.**

La determinación se basó en el método descrito por Fukomoto y Mazza (2000). Se colocaron 20 µL del extracto y 200 µl de solución DPPH. Se midió absorbancia a 520 nm (Thermo, Multiskan Ascent) después de reposar muestras durante 60 minutos. Los resultados se expresaron en µM equivalentes de Trolox /g de extracto de muestra.

- **Actividad antirradical DPPH**

Fue calculada a partir de las absorbancias obtenidas con el método DPPH, sustituidas en la siguiente fórmula.

$$\dot{A}RA = \frac{|\cdot|_{a515 \text{ nm}}(\text{muestra})}{|\cdot|_{a515 \text{ nm}}(\text{control})} \times 100$$

1.18 Mediciones de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de tratamientos con yogurt.

Se realizaron los extractos metanólicos y acuosos con 3 g de muestra y 10 ml de solvente: metanol para extracto metanólico y agua destilada para extracto acuoso. Se repitió proceso enunciado en el punto 4.3.

1.18.1 Compuestos fenólicos.

El procedimiento para compuestos fenólicos se replicó del punto 4.3.1.

1.18.2 Capacidad antioxidante

Se replicó el procedimiento del punto 4.3.2.

1.19 Determinación de factores físico-químicos de yogurt de betabel con guayaba y control (yogurt natural), durante la vida de anaquel.

- **Medición pH**

Se midió pH (ST10, Ohaus) en el día 1, 5 y 7.

1.19.1 Sinéresis

Se calculó la sinéresis según el método descrito por Downey (2003). Pesando 10 g de yogurt los cuales se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 min. Se pesó el suero exudado.

Los datos obtenidos se utilizaron en la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P_f}{P_i} * 100, \text{ donde } S \text{ es sinéresis, } P_i \text{ es peso inicial y } P_f \text{ es peso final.}$$

Los porcentajes obtenidos fueron reportados.

1.19.2 Análisis bromatológico.

Las muestras se mandaron a analizar a los laboratorios de Posgrado en Ciencia y Tecnología de alimentos de la Facultad de Química. Se midieron: humedad por el método de AOAC 925.09B; lípidos por el método de NMX-F-100-1984; proteína total por el método AOAC 954.01; cenizas por el método AOAC 923.03 y por último los carbohidratos que fueron determinados por diferencia de pesos.

1.20 Análisis sensorial

Se realizó una prueba de aceptabilidad con un panel de 100 jueces.

Se sirvieron 2 muestras: M1 (Yogurt de guayaba con betabel) y M2 (Yogurt de guayaba bebible marca ALPURA); a cada muestra se le asignó un número aleatorio, para M1 el número fue 931 y para M2 el número fue 571.

Se realizó una prueba hedónica de 4 puntos (1= no me gusta; 2= ni me gusta ni me disgusta; 3= me gusta y 4=me gusta mucho). Con las respuestas se realizó la prueba de Kruskal-Wallis un análisis estadístico no paramétrico.

1.21 Análisis estadístico.

Los experimentos tuvieron 3 réplicas, valores medios y desviaciones estándar fueron reportados. Diferencias estadísticamente significativas se estimaron a través de un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 95% ($p < 0.05$) para todas las variables que se evaluaron las diferencias de medias entre los tratamientos se determinaron aplicando las pruebas de Tuckey y Dunnet. Este análisis se realizó en el programa estadístico JMP 5.0.1 (paquete de demostración).

Para el análisis de datos de la prueba sensorial, las categorías se convirtieron en puntajes numéricos del 1 al 4. Los puntajes numéricos para

cada muestra se tabularon y analizaron utilizando el análisis de Kruskal-Wallis, un análisis para datos no paramétricos.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

2. Resultados y discusión

2.1 Determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante para jugo de betabel y puré de guayaba.

A continuación, en el Cuadro 5.1 se muestran las mediciones metanólicas del jugo de betabel y del puré de guayaba. Ambos alcanzaron valores superiores al control. El jugo de betabel obtuvo los valores más altos, comenzando con compuestos polifenólicos, para fenoles: 160.75 ± 0.7 (mg AG / g muestra) ,para taninos 2.636 ± 0.0043 (mg +Catequina / g de muestra); para flavonoides 143.315 ± 0.44 (mg Rutina / g de muestra). En cuanto a actividad antioxidante, en DPPH 1972.92 ± 1.089 (*TEAC), y para ABTS 2234.151 ± 1.637 (*TEAC).

Cuadro 5.7 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos metanólicos de jugo de betabel y puré de guayaba.

MEDICIÓN	CONTROL	JUGO BETABEL	PURÉ DE GUAYABA
FENOLES	47.07 ± 0.367^C	$160.749 \pm 0.7^{A*}$	61.208 ± 0.209^B
TANINOS	n/d	$2.6356 \pm 0.004^{A*}$	1.99982 ± 0.002^B
FLAVONOIDES	n/d	$143.315 \pm 0.437^{A*}$	$122.972 \pm 0.046^{B*}$
DPPH	899.889 ± 3.245^B	$1972.923 \pm 1.0889^{A*}$	$2026.368 \pm 1.282^{A*}$
ABTS (*)	725.328 ± 5.242^C	$2234.151 \pm 1.637^{B*}$	$2355.846 \pm 1.136^{A*}$

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno \pm D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

Las unidades son: para fenoles totales Eq.de Àcido Gàlico/g de muestra, para taninos condensados (+) Catequina/g de muestra y para flavonoides totales las unidades son mg Eq. Rutina/g de muestra. Para ABTS y DPPH, las unidades son en *TEAC (Capacidad Antioxidante) expresada en μ M Eq. TROLOX/g de muestra. *ARA (capacidad anti-radical).

En el Cuadro 5.2 para fenoles en extracto acuoso, se obtuvieron resultados mayores a los obtenidos por extracto metanólico. El jugo de betabel nuevamente es el más alto de todos con fenoles 152.042 ± 0.127 (mg AG / g muestra) ,para taninos 119.025 ± 0.675 (mg +Catequina / g de muestra); para flavonoides 109.680 ± 0.032 (mg Rutina / g de muestra). En cuanto a actividad antioxidante, en DPPH 105.680 ± 0.678 (*TEAC), y para ABTS 148.236 ± 2.611 (*TEAC).

Cuadro 5.8 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de extractos acuosos del jugo de betabel y puré de guayaba.

MEDICION	CONTROL	JUGO DE BETABEL	PURÉ DE GUAYABA
FENOLES	42.348 ± 0.337^C	$152.042 \pm 0.127^{A*}$	$22.626 \pm 0.226^{B*}$
TANINOS	85.681 ± 1.081^B	119.025 ± 0.675^A	$55.833 \pm 0.049^{C*}$
FLAVONOIDE S	68.306 ± 0.892^B	$109.680 \pm 0.032^{A*}$	$15.694 \pm 0.954^{C*}$
DPPH	50.956 ± 1.624^B	$105.680 \pm 0.678^{A*}$	23.625 ± 0.01^B
ABTS	53.375 ± 1.657^B	$148.236 \pm 2.611^{A*}$	32.875 ± 0.376^B

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno \pm D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

2.2 Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante para cada tratamiento.

A continuación se muestran los Cuadros de cada compuesto fenólico por separado (fenoles, taninos y flavonoides) y de la capacidad antioxidante, también por separado (DPPH y ABTS) así como la Actividad Anti-radical (*ARA) y el porcentaje de inhibición (% I); que fueron medidos para todos los tratamientos con yogurt, medidos en un periodo de 7 días consecutivos.

2.2.1 Fenoles totales.

Los tratamientos incrementaron con los días, el punto más alto para todos fue al cuarto día. El control=144.514 ± 2.77, YGB= 195.819 ± 3.482, YN= 122.569 ± 8.465, todos expresados en mg Eq. de Ácido Gálico/g de muestra.

Cuadro 5.9 Contenido de fenoles a partir de extracto metanólico expresado en mg Eq. de Ácido Gálico/g de muestra.

Fenoles metanólico	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	47.079 ± 5.301 ^A	99.986 ± 22.860 ^A	60.139 ± 52.106 ^A
Día 2	65.430 ± 1.791 ^B	99.667 ± 2.708 ^{A*}	14.986 ± 15.434 ^{C*}
Día 3	104.972 ± 2.04 ^A	107.625 ± 26.342 ^A	7.069 ± 7.370 ^{B*}
Día 4	144.514 ± 2.77 ^B	195.819 ± 3.482 ^{A*}	122.569 ± 8.465 ^{C*}
Día 5	74.208 ± 3.333 ^C	187.653 ± 0.241 ^{B*}	113.042 ± 6.33 ^{A*}
Día 6	54.333 ± 1.614 ^A	121.500 ± 92.625 ^A	103.514 ± 5.077 ^A
Día 7	34.458 ± 0.382 ^B	121.514 ± 14.21 ^{A*}	119.431 ± 28.883 ^{A*}

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

Para el extracto acuoso de fenoles en el Cuadro 5.4 a continuación, observamos que el incremento coincide en el segundo día para todos. El control con 85.681 ± 15.620 el YGB con 147.903 ± 51.009, y el yogurt natural con 67.792 ± 20.724 todos expresados en en mg Eq. de Ácido Gálico/g de muestra.

Cuadro 5.10 Contenido de fenoles a partir de extracto acuoso expresado en mg Eq. de Ácido Gálico/g de muestra.

Fenoles acuoso	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
----------------	---------	------------------------	----------------

Día 1	42.347 ± 4.87 ^B	65.3750 ± 1.294 ^{A*}	18.958 ± 4.33 ^{C*}
Día 2	85.681 ± 15.620 ^B	147.903 ± 51.009 ^A	67.792 ± 20.724 ^B
Día 3	68.306 ± 12.883 ^B	108.486 ± 2.486 ^{A*}	25.097 ± 3.510 ^{C*}
Día 4	50.931 ± 23.487 ^B	105.681 ± 9.793 ^{A*}	23.625 ± 0.144 ^B
Día 5	38.931 ± 2.625 ^B	148.236 ± 37.723 ^{A*}	32.875 ± 5.432 ^B
Día 6	27.944 ± 1.914 ^B	118.903 ± 17.186 ^{A*}	n/d
Día 7	16.958 ± 1.48137 ^C	109.458 ± 1.45297 ^{A*}	53.375 ± 8.91667 ^{B*}

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

2.2.2 Taninos

A continuación se muestran los resultados para taninos, donde el control y el yogurt natural no tuvieron valores detectables, en cambio el yogurt de guayaba con betabel tuvo valores constantes durante los 7 días, variando entre 0.844 ± 0.106 y 1.636 ± 0.038 expresados en mg Eq. De (+) catequina/g de muestra, teniendo la medición más alta el día 4.

Cuadro 5.11 Contenido de taninos a partir de extracto metanólico expresado en mg Eq. De (+) catequina/g de muestra.

Taninos metanólico	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	n/d	$0.844 \pm 0.106^{A*}$	n/d
Día 2	n/d	$1.145 \pm 0.021^{A*}$	n/d
Día 3	n/d	$1.600 \pm 0.715^{A*}$	n/d
Día 4	n/d	$1.636 \pm 0.038^{A*}$	$0.435 \pm 0.053^{B*}$
Día 5	n/d	$1.050 \pm 0.025^{A*}$	n/d
Día 6	n/d	$1.037 \pm 0.083^{A*}$	n/d
Día 7	n/d	$0.999 \pm 0.022^{A*}$	n/d

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

Para el caso de taninos a partir de extracto acuoso, el control obtuvo los valores más altos durante el experimento, desde 9.691 ± 0.15 hasta 10.766 ± 0.338 , mientras que el YGB rondo entre 1.181 ± 0.019 y 2.028 ± 0.076 . Y para el yogurt natural, las mediciones fueron desde 0.082 ± 0.002 hasta 1.105 ± 1.385 , todos expresados en mg Eq. De (+) catequina/g de muestra.

Cuadro 5.12 Contenido de taninos a partir de extracto acuoso expresado en mg Eq. De (+) catequina/g de muestra.

Taninos acuoso	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	10.263 ± 0.291^A	$1.572 \pm 0.203^{B*}$	$1.105 \pm 1.385^{B*}$
Día 2	10.197 ± 0.057^A	$1.525 \pm 0.105^{B*}$	$0.060 \pm 0.030^{C*}$
Día 3	10.048 ± 0.102^A	$1.996 \pm 0.762^{B*}$	$0.056 \pm 0.048^{C*}$
Día 4	10.299 ± 0.259^A	$1.181 \pm 0.019^{B*}$	$0.106 \pm 0.144^{C*}$
Día 5	10.766 ± 0.338^A	$1.784 \pm 0.098^{B*}$	$0.144 \pm 0.038^{C*}$
Día 6	10.228 ± 0.240^A	$2.028 \pm 0.076^{B*}$	$0.263 \pm 0.025^{C*}$
Día 7	9.691 ± 0.15^A	$1.390 \pm 0.086^{B*}$	$0.082 \pm 0.002^{C*}$

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno \pm D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

2.2.3 Flavonoides

Todos los tratamientos mostraron mediciones para flavonoides. En el Cuadro 5.7 se observa que el YGB obtuvo medición máxima al cuarto día con valores desde 45.1204 ± 2.1952 hasta 144.491 ± 11.2576 el control se mantuvo estable entre 36.2315 ± 4.2995 hasta 133.927 ± 6.65833 y el YN desde 20.194 ± 2.65507 hasta 133.083 ± 38.269 todos expresados en mg Eq. de Rutina/g de muestra.

Cuadro 5.13 Contenido de flavonoides a partir de extracto metanólico expresado en mg Eq. de Rutina/g de muestra.

Flavonoides metanólico	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	36.2315 ± 4.2995^B	45.1204 ± 2.1952^B	$72.2315 \pm 11.5000^{A*}$
Día 2	103.676 ± 1.03240^A	$49.787 \pm 4.32668^{B*}$	$20.194 \pm 2.65507^{C*}$
Día 3	100.546 ± 3.57215^A	$46.269 \pm 6.12255^{C*}$	$81.083 \pm 407340^{B*}$
Día 4	97.417 ± 8.1263^B	$144.491 \pm 11.2576^{A*}$	133.083 ± 38.2692^{AB}
Día 5	132.343 ± 7.85465^A	$56.713 \pm 7.45135^{B*}$	$34.528 \pm 5.06379^{C*}$
Día 6	133.157 ± 7.11986^A	$50.528 \pm 2.21944^{B*}$	$22.787 \pm 3.65880^{C*}$
Día 7	133.927 ± 6.65833^A	$59.639 \pm 1.55556^{B*}$	$32.861 \pm 6.46644^{C*}$

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno \pm D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

En el Cuadro 5.8 observamos un comportamiento contrario al Cuadro anterior. El valor más alto de la medición correspondió al YBG al día 6 con 154.713 ± 86.5956 mg Eq. de rutina / g de muestra.

Cuadro 5.14 Contenido de flavonoides a partir de extracto acuoso expresado en mg Eq. de Rutina/g de muestra.

Flavonoides acuoso	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	91.3426 ± 3.9289 ^A	94.1944 ± 10.1586 ^{A*}	28.6019 ± 2.8574 ^{B*}
Día 2	44.5648 ± 1.28780 ^B	73.7870 ± 3.59412 ^{A*}	33.1944 ± 3.25652 ^{C*}
Día 3	51.546 ± 2.9082 ^B	111.343 ± 16.6564 ^{A*}	18.898 ± 5.3568 ^{C*}
Día 4	58.5278 ± 4.80098 ^B	78.1481 ± 8.35277 ^{A*}	63.9352 ± 6.82889 ^B
Día 5	40.269 ± 2.76739 ^B	118.676 ± 5.94661 ^{A*}	35.935 ± 8.96518 ^B
Día 6	42.222 ± 0.5278 ^B	154.713 ± 86.5956 ^{A*}	37.565 ± 10.9400 ^B
Día 7	42.5833 ± 1.27778 ^B	88.1204 ± 4.31525 ^{A*}	20.5648 ± 3.55613 ^{C*}

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

5.2.4 Actividad antioxidante.

a. DPPH

El YGB presentó la medición más alta del experimento con 2051.11 ± 150.746 al día 6, al mismo día el control presento valores de 620.00 ± 81.744 todos expresados en μ M Eq. de TROLOX / g de muestra, y el YN no mostro valores perceptibles durante todo el experimento.

Cuadro 5.15 Capacidad antioxidante por DPPH a partir de extracto metanólico, expresada en *TEAC (μ M Eq. de TROLOX / g de muestra).

DPPH metanólico	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	899.89 ± 46.877 ^B	1468.44 ± 113.365 ^{A*}	n/d
Día 2	847.11 ± 86.791 ^B	1308.33 ± 375.886 ^{A*}	n/d
Día 3	975.28 ± 42.917 ^B	1937.33 ± 118.348 ^{A*}	n/d
Día 4	1103.44 ± 47.2233 ^A	1006.56 ± 49.7520 ^{B*}	n/d
Día 5	620.00 ± 81.744 ^B	2051.11 ± 150.746 ^{A*}	n/d

Día 6	334.778 ± 86.600 ^B	925.8333 ± 189.653 ^{A*}	n/d
Día 7	63.89 ± 84.980 ^B	1774.11 ± 204.272 ^{A*}	n/d

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

Para DPPH en extracto acuoso el YGB fue el único que presentó valores todos los días, siendo el más alto 1861.44 ± 178.936 μM Eq. de TROLOX / gramo de muestra al cuarto día; para Control y YN los valores fueron no detectables en la mayoría de los días del experimento.

Cuadro 5.16 Capacidad antioxidante por DPPH a partir de extracto acuoso, expresada en *TEAC (μM Eq. de TROLOX / g de muestra).

DPPH acuoso	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	25.889 ± 44.841 ^B	603.667 ± 102.866 ^{A*}	n/d
Día 2	n/d	504.000 ± 92.3977 ^{A*}	n/d
Día 3	n/d	1513.0 ± 49.4818 ^{A*}	n/d
Día 4	40.78 ± 70.629 ^B	1861.44 ± 178.936 ^{A*}	n/d
Día 5	n/d	1502.89 ± 152.825 ^{A*}	49.56 ± 65.832 ^B
Día 6	n/d	1254.6667 ± 50.6489 ^{A*}	n/d
Día 7	n/d	1306.78 ± 181.814 ^{A*}	n/d

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

b. ABTS

El valor metanólico más alto fue para YGB con valores desde 2305.89 ± 119.006 hasta 2938.22 ± 2.4571 con valor más alto el día 7; seguido por el Control con valores entre 725.33 ± 25.937 y 1700.28 ± 23.100 con valor más alto al día 6; y por último el YN con valores entre 192.78 ± 13.500 y 1280.11 ± 16.0428 con medición más alta al día 7, todos expresados en $\mu\text{M Eq. de TROLOX / gramo de muestra}$.

Cuadro 5.17 Capacidad antioxidante por ABTS a partir de extracto metanólico, expresada en *TEAC ($\mu\text{Moles Eq. de TROLOX / g de muestra}$).

ABTS metanólico	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	725.33 ± 25.937^B	$2935.33 \pm 25.937^{A*}$	$402.56 \pm 25.937^{C*}$
Día 2	799.87 ± 18.8998^B	$2911.33 \pm 42.7252^{A*}$	$494.67 \pm 9.8489^{C*}$
Día 3	932.79 ± 66.4451^B	$2801.44 \pm 26.5358^{A*}$	$270.89 \pm 32.8504^{C*}$
Día 4	1380.67 ± 26.665^B	$2305.89 \pm 119.006^{A*}$	$778.00 \pm 65.669^{C*}$
Día 5	1529.44 ± 92.287^B	$2672.33 \pm 108.102^{A*}$	$192.78 \pm 13.500^{C*}$
Día 6	1700.28 ± 23.100^B	$2705.28 \pm 121.853^{A*}$	$736.44 \pm 3.747^{C*}$
Día 7	1280.11 ± 16.0428^B	$2938.22 \pm 2.4571^{A*}$	$1280.11 \pm 16.0428^{C*}$

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno \pm D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

El tratamiento acuoso más alto fue el YGB con valores desde 2047.89 ± 226.386 hasta 2929.89 ± 14.867 con medición más alta al día 4; sigue el control con mediciones entre 365.44 ± 104.912 hasta 1603.94 ± 421.339 con la medición más alta el día 6; y por último el YN con valores desde 433.67 ± 83.008 hasta 1296.67 ± 20.407 con medición más alta el día 7, todos expresados en $\mu\text{M Eq. de TROLOX/ gramo de muestra}$.

Cuadro 5.18 Capacidad antioxidante por ABTS a partir de extracto acuoso, expresado en *TEAC ($\mu\text{M Eq. de TROLOX/ g de muestra}$).

ABTS acuoso	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	365.44 \pm 104.912 ^B	2100.00 \pm 189.252 ^{A*}	466.89 \pm 83.849 ^B
Día 2	585.01 \pm 223.455 ^B	2155.67 \pm 65.287 ^{A*}	487.89 \pm 33.537 ^B
Día 3	1009.23 \pm 43.938 ^B	2304.22 \pm 147.164 ^{A*}	508.89 \pm 12.527 ^{C*}
Día 4	1008.56 \pm 32.037 ^B	2929.89 \pm 14.867 ^{A*}	859.44 \pm 77.861 ^{C*}
Día 5	1109.56 \pm 17.865 ^B	2047.89 \pm 226.386 ^{A*}	433.67 \pm 83.008 ^{C*}
Día 6	1603.94 \pm 421.339 ^A	2202.56 \pm 352.669 ^A	877.72 \pm 39.035 ^B
Día 7	1280.44 \pm 107.836 ^B	2819.89 \pm 116.896 ^{A*}	1296.67 \pm 20.407 ^B

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno \pm D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

c. DPPH-Actividad antiradical (*ARA %) a partir de extracto metanólico.

El *ARA (%) metanólico presenta mediciones más altas para YGB con valores entre 40.835 \pm 5.882 y 69.725 \pm 5.279, seguidos del Control con valores entre 1.171 \pm 2.028 y 36.539 \pm 1.654, todos expresados en porcentajes de actividad antiradical; mientras que el YN no tuvo valores detectables.

Cuadro 5.19 *ARA % A partir de extracto metanólico.

* ARA (%) METANÓLICO	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	29.411 \pm 1.642 ^B	49.321 \pm 3.970 ^{A*}	n/d
Día 2	27.563 \pm 3.039 ^B	51.307 \pm 0.543 ^{A*}	n/d
Día 3	32.051 \pm 1.503 ^B	65.741 \pm 4.144 ^{A*}	n/d
Día 4	36.539 \pm 1.654 ^B	63.083 \pm 6.266 ^{A*}	n/d
Día 5	19.61 \pm 2.862 ^B	69.725 \pm 5.279 ^{A*}	n/d

Día 6	19.622 ± 3.033 ^B	40.835 ± 5.882 ^{A*}	n/d
Día 7	1.171 ± 2.028 ^A	60.025 ± 7.153 ^{B*}	n/d

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

d. DPPH-Actividad antiradical (*ARA %) a partir de extracto acuoso.

Cuadro 5.20 % ARA A partir de extracto acuoso.

% ARA. ACUOSO	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	0.2062 ± 0.35718 ^B	19.0382 ± 3.60216 ^{A*}	n/d
Día 2	n/d	15.5480 ± 3.23559 ^{A*}	n/d
Día 3	n/d	50.8813 ± 1.73276 ^{B*}	n/d
Día 4	0.7276 ± 1.26024 ^B	33.1466 ± 1.74222 ^{A*}	n/d
Día 5	n/d	50.5272 ± 5.35165 ^{A*}	0.7509 ± 1.30067 ^B
Día 6	n/d	30.3198 ± 10.9081 ^{A*}	n/d
Día 7	n/d	43.6598 ± 6.36675 ^{A*}	n/d

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05).

e. ABTS- Porcentaje de inhibición del catión ABTS + (%I) a partir de extracto metanólico

En cuanto al porcentaje de inhibición, es mayor para todos los tratamientos y también cuenta con mayor estabilidad durante los días, para el caso del control y el yogurt natural, terminan el día 7 con el doble de

porcentaje con el que comenzaron el día 1, mientras que para el yogurt de betabel y guayaba, se mantiene estable durante todos los días.

Cuadro 5.21 % I. A partir de extracto metanólico.

% I METANÓLICO	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
Día 1	27.8317 ± 2.29723 ^B	94.8827 ± 0.36083 ^{A*}	0 ± 0 ^{C*}
Día 2	30.0502 ± 0.54004 ^B	94.1545 ± 1.29627 ^{A*}	0 ± 0 ^{C*}
Día 3	34.1261 ± 2.01593 ^B	90.8205 ± 0.80509 ^{A*}	0 ± 0 ^{C*}
Día 4	47.7144 ± 0.80900 ^B	75.7855 ± 3.61061 ^{A*}	0.315285 ± 1.99239 ^{C*}
Día 5	52.2283 ± 2.7998 ^B	86.9033 ± 3.27980 ^{A*}	0 ± 0 ^{C*}
Día 6	57.4113 ± 0.70086 ^B	90.9368 ± 1.60964 ^{A*}	0 ± 0 ^{C*}
Día 7	62.5944 ± 2.78974 ^B	94.9703 ± 0.07455 ^{A*}	21.8333 ± 0.48673 ^{C*}

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05). Los resultados se expresan en término de porcentaje.

f. *ABTS-Porcentaje de inhibición del catión ABTS + (%I) a partir de extracto acuoso.*

Algo similar que en el cuadro anterior sucede en el Cuadro 5.15 para control y yogurt natural, para el yogurt de betabel hay un decremento comparado con el resultado del extracto metanólico. Nguyen y Hwang (2016) hicieron yogurt con Aronia al 3% con el cual obtuvieron un porcentaje de inhibición ABTS de 70.90% tras 24 horas de fermentación.

Cuadro 5.22 % I. A partir de extracto acuoso.

% I. ACUOSO	Control	Yogurt betabel-guayaba	Yogurt natural
------------------------	---------	------------------------	----------------

Día 1	16.9128 ± 3.18300 ^B	56.9714286 ± 0.36083 ^{A*}	n/d
Día 2	23.5744 ± 1.98078 ^B	59.3571429 ± 1.98078 ^{A*}	n/d
Día 3	36.4451 ± 1.33306 ^B	65.7238095 ± 4.46492 ^{A*}	n/d
Día 4	36.4246 ± 0.97200 ^B	92.5380952 ± 3.64955 ^{A*}	3.8047619± 0.36229 ^{C*}
Día 5	39.4889 ± 0.54201 ^B	54.7380952 ± 6.86851 ^{A*}	n/d
Día 6	42.0813 ± 1.8871 ^B	72.6504 ± 10.6999 ^{A*}	n/d
Día 7	44.6737 ± 3.27174 ^A	87.8238295 ± 3.54661 ^{B*}	23.619047± 0.80331 ^{C*}

Los resultados expresan el promedio de tres experimentos independientes con tres réplicas cada uno ± D.E. Letras diferentes por renglón indican diferencia estadística (Tukey Test α : 0.05). * Indica diferencia estadística por renglón (Dunnet Test α : 0.05). Los resultados son expresados en término de porcentaje.

2.3 Medición de pH.

Para el caso de YGB y YN se midió pH el mismo día que se elaboraron y para el control (yogurt guayaba Santa Clara) se midió el primer día que se destapó. Se realizó medición de pH también el día 5 y 7 después de su elaboración y destape. El control rondó entre 4.04 y 4.09; el YGB entre 4.30 y 4.38, y por último el YN entre 4.22 y 4.27.

Cuadro 5.23 Variación de pH.

Tratamiento	pH día 1	pH día 5	pH día 7
Control (Santa Clara)	4.07	4.04	4.09
Blanco (yogurt natural)	4.38	4.32	4.30
Yogurt guayaba-betabel	4.25	4.22	4.27

Los resultados expresan la medición única que se realizó por tratamiento en los días 1, 5 y 7.

2.4 Ácidez Titulable

Se midió los mismos días que el pH: 1, 5 y 7. El control rondó entre 0.79% y 0.8%; el YGB entre 0.84% y 0.86%, y por último el YN entre 0.83% y 0.84%.

Cuadro 5.24 Acidez titulable

Tratamiento		Acidez día 1	Acidez día 5	Acidez día 7
Control (Santa Clara)		0.8%	0.79%	0.80%
Blanco (yogurt natural)		0.86%	0.85%	0.84%
Yogurt betabel	guayaba-	0.83%	0.83%	0.84%

Los resultados expresan la medición única que se realizó por tratamiento en los días 1, 5 y 7.

2.5 Sinéresis

La sinéresis se midió una vez en el experimento y fue al termino de este, es decir, al día 7. La menor sinéresis corresponde al control con 13.147%, seguido del YGB con 15.238% y por último con el YN con 23.067%.

Cuadro 5.25 Sinéresis.

Muestras	% Sinéresis
Control	13.147
Y. guayaba-betabel	15.238
Y. natural	23.067

2.6 Análisis bromatológico de YBG y YN.

En el cuadro 5.20 podemos observar los resultados del análisis bromatológico, los valores de humedad rondaron entre 23.126 y 85.99 g /100 g de yogurt; los valores de lípidos entre 1.14 y 3.033 g /100 g de yogurt; la proteína total entre 2.373 y 2.96 g/ 100 g de yogurt; las cenizas entre 0.701 y 0.736 g/ 100 g de yogurt y por último los carbohidratos entre 7.373 y 14.26 g/ 100 g de yogurt.

Cuadro 5.26 Análisis bromatológico para todos los tratamientos.

Ensayo	Yogurt natural	Yogurt guayaba-betabel	Control (Santa Clara)
Humedad	85.99	83.757	83.126
Lípidos	3.033	2	1.40
Proteína total	2.86	2.373	2.96
Cenizas	0.736	0.707	0.701
Carbohidratos	7.373	11.16	14.26

Los resultados están dados en g/100 g de yogurt.

2.7 Análisis sensorial.

Para este análisis se evaluaron 3 parámetros: color, textura y sabor en general. Se manejaron dos muestras: 1) Yogurt guayaba-betabel y 2) Yogurt guayaba (ALPURA); a cada muestra se le asignó un valor aleatorio: fueron los valores respectivamente. A continuación en el Cuadro 5.21 se muestran los valores de P (Diferencia significativa) para cada parámetro.

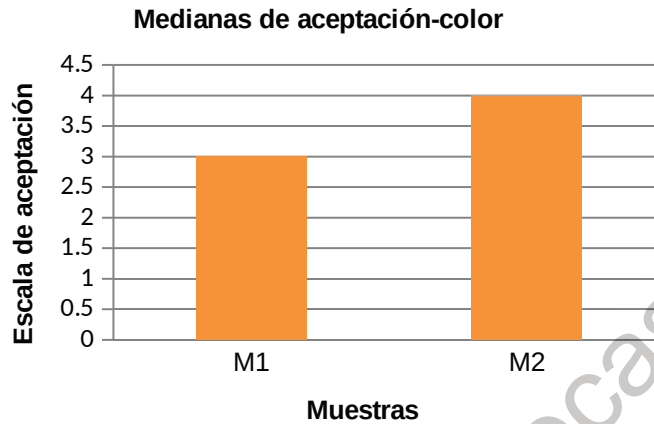
Cuadro 5.27 Valor de P en examen sensorial.

Parámetro	Valor de P
Color	0.0247
Textura	0.0438
Sabor en general	3.258E-09

2.7.1 Aceptación de color.

Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis con la que obtuvimos un valor de $P = 0.0217$, lo cual indica que esta prueba existe diferencia significativa entre ambas muestras (M1 y M2). A continuación, en el Cuadro 5.22 se muestra un gráfico con las medianas de cada una de las muestras.

Cuadro 5.28 Medianas de aceptación para el parámetro color.



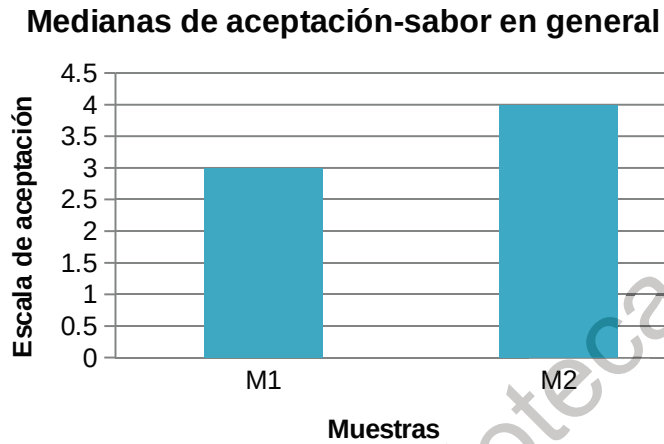
2.7.2 Aceptación de textura.

Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis con un valor de P igual a 0.438, lo cual indica para esta prueba que las muestras no presentan diferencia significativa. Manejando dos texturas muy diferentes una de otra: M1 (espeso) y M2 (líquido), se pretendía conocer la aceptación de la textura.

2.7.3 Aceptación de sabor en general.

Se realizó la prueba de Kruskal-Wallis donde se obtuvo un valor de P igual a 3.258E-9, lo cual indica que hubo diferencia significativa en la aceptación general, sin embargo, a continuación en el Cuadro 5.23 se muestra que la diferencia solo es de un punto en la escala.

Cuadro 5.29 Medianas de aceptación para el parámetro de sabor en general.



2.8 Discusión

El consumo de alimentos funcionales con la finalidad de aprovechar sus efectos terapéuticos ha ido incrementando en los últimos años, en este estudio se planteó un yogurt adicionado con betabel y guayaba como posible alimento funcional. Existen estudios de bebidas fermentadas adicionadas con

frutos y verduras que presentan capacidad antioxidante, los cuales validan que su consumo es un agente complementario para prevenir ENT (enfermedades no transmisibles).

El betabel ha sido usado para tratar tumores (Hartwell, 1982), fiebres, estreñimiento y controlar leucemia por su contenido en ácido fólico y hierro, (Pitalua 2007). En deportistas mejora la eficiencia muscular, reduce presión arterial y retrasa la sensación de fatiga; en adultos mayores puede beneficiar en enfermedades cardiovasculares (Wylie, 2013). Estos efectos se deben a que el betabel contiene NO_3 (sal inactiva), la cual forma NO_2 (dióxido de nitrógeno) y éste a su vez se transforma en óxido nítrico, el cual resulta ser un potente vasodilatador. Cuando existe NO_2 y óxido nítrico, se disminuye el consumo de O_2 durante la actividad física. Sin embargo un exceso en el consumo de nitrato (NO_3) causa el efecto contrario a los previos resultados (Lundberg, 2011; Derave y Taes, 2009).

En cuanto a la guayaba, esta contiene un aminoácido llamado quercetina, el cual también contiene vitamina A; mejora visión, alivia resfriados, desinfecta vías respiratorias e inhibe actividad microbiana. En la guayaba también encontramos vitamina B3, B6, las cuales aumentan el flujo de la sangre, estimula funciones cognitivas y mejorar funciones nerviosas y cerebrales (Valera, 2013).

En cuanto al yogurt, su consumo tomo fuerza a partir del siglo XX expandiéndose por Europa debido a sus propiedades benéficas en el tracto digestivo y por adjuntársele efectos antienvjecimiento (Parra, 2012).

Con el objetivo de evaluar la actividad antioxidante de un yogurt que contiene betabel y guayaba; se realizó un experimento donde se evaluó y comparo la cantidad de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante

durante 7 días, en el experimento se utilizó yogurt de guayaba marca Santa Clara, como control positivo.

Para comenzar, se midieron compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante en el jugo de betabel y el puré de guayaba por sí solos, con el objetivo de conocer cuál de los dos sería la mayor fuente de aporte de dichos compuestos y capacidad antioxidante en el YGB. El jugo de betabel cuenta con los valores más altos en todas las mediciones, podemos atribuirle a este más de la mitad de los compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante que muestra en sus mediciones el yogurt ya preparado.

Durante el experimento las mediciones más altas se obtuvieron a partir de los extractos metanólicos de cada yogurt; se observó que después de la centrifugación que los extractos acuosos no presentaban una separación total de los sólidos ya que el líquido mostraba turbidez, es posible que a este hecho debamos las altas mediciones en extracto acuoso y no estrictamente a que dichos extractos contengan mayor cantidad de compuestos fenólicos, comparados con los extractos metanólicos. Esta hipótesis podría fundamentarse en el hecho de que a pesar que los resultados de compuestos polifenólicos acuosos son altos, su capacidad antioxidante no lo es.

Se observó un comportamiento mayoritariamente uniforme en las mediciones de compuestos polifenólicos, y esta fue que los tratamientos tienen una tendencia a tener su medición más alta al día 4, teniendo un decremento a partir de este día, éste comportamiento puede asociarse al oxígeno que entra en el yogurt una vez destapado (para el control) y elaborado (para YGB y YN); y que puede beneficiar la interacción de las bacterias ácido lácticas y que por ende descompongan y liberen la máxima cantidad de compuestos polifenólicos atrapados en fruta dentro del yogurt.

En fenoles encontramos la medición de YGB al día 4 (metanólico) y 5 (acuoso) con 195.819 ± 3.482 mg EAG/g de muestra y 148.236 ± 37.723 mg EAG/g de muestra, valores que supera a los obtenidos por Zapata *et. al.* (2014) con yogurt de mortiño al 20 %, quien reporto 160 mg EAG/g de muestra; también supero los resultados obtenidos por Citta *et. al.* (2017) quien trabajo con yogurt elaborado con berries y quien obtuvo 34 mg EAG/100g de muestra.

En cuanto a taninos y flavonoides, no se encontraron estudios donde los reporten, los primeros probablemente porque son muy bajas las mediciones. Para ambos compuestos, el YGB obtuvo 1.636 ± 0.038 mg E(+)/g de muestra (extracto metanólico) y 2.028 ± 0.076 mg E(+)/g de muestra (extracto acuoso); y para flavonoides 144.491 ± 11.2576 mg ER/g de muestra (extracto metanólico) y 154.713 ± 86.5956 mg ER/g de muestra.

En los resultados de actividad antioxidante, que fueron reportados de dos maneras: a) DPPH y ABTS metanólico y acuoso expresados en TEAC y b) DPPH y ABTS metanólico y acuoso expresados en *ARA (Actividad antiradical) y en %I (Inhibición del catión ABTS+), respectivamente. Después de del experimento y para todas las mediciones el YGB supero al menos por un 100% más al control y el YN no presento valores detectables (n/d).

Comenzando con DPPH expresado en *TEAC, el YGB reportó 2051.11 ± 150.746 (metanólico) y 1861.44 ± 178.936 (acuoso); nuestros valores fueron inferiores a los obtenidos por Maraño (2018) con 2406.20 ± 62.35 *TEAC ($\mu\text{mol Trolox /100 g}$ de todas muestra)

Para ABTS expresado en TEAC las mediciones del YGB fueron 2938.22 ± 2.457 (metanólico) y 2929.89 ± 14.867 (acuoso), los cuales superaron los resultados obtenidos en un yogurt con berries por Citta *et. al.* (2017): 1925.2 ± 208.6 TEAC; también superó a una bebida probiótica no

láctea a base de betabel por Fernández (2018) 2540.90 ± 18.2 $\mu\text{mol Trolox} / 100 \text{ g}$ con una bebida probiótica a base de betabel

Pasando a los resultados de capacidad antioxidante reportados en términos de porcentaje, comenzamos con 1) Actividad antirradical (ARA) los resultados para YGB fueron $69.725 \pm 5.279\%$ ARA (metanólico) y $50.881 \pm 1.733 \%$ ARA (acuoso); lo cual supera a los resultados obtenidos de un yogurt con pitaya por Zainoldin y Baba (2009): 45.74% ARA; pero fueron menores a los obtenidos por Nguyen y Hwang (2016): 77.87% ARA, y a los obtenidos por Ghalel *et. al.* (2017): 88.08% ARA y 87.3% ARA medidos al día 1 y 21 de elaboración

Para 2) Porcentaje de inhibición del catión ABTS+ (% I), el YGB obtuvo $94.97 \pm 0.075 \%$ I (extracto metanólico) y $92.538 \pm 3.646 \%$ I (extracto acuoso); valores que superaron los de Panghal *et. al.* (2017) con una bebida probiótica no láctea, con valores entre 75.8% y 78% .

En general, se observaron dos comportamientos distintos en las mediciones de capacidad antioxidante: para DPPH, los picos de medición se concentraron entre los días 4 y 5, al igual que las mediciones de fenoles y flavonoides, conclusión que coincide con Yukusel *et. al.* (2010): el crecimiento de bacterias ácido-lácticas incrementa el contenido de fenoles con el transcurso de los días, y por ende la capacidad inhibitoria DPPH del yogurt. Podemos atribuir a estos dos compuestos, la principal actividad antioxidante reportada en análisis de DPPH.

Por otro lado, las mediciones de ABTS tuvieron sus picos de medición entre los días 6 y 7, al igual que los taninos. En literatura encontramos que la guayaba por si sola tiene 6679.92 ± 125.37 TEAC ($\mu\text{mol Trolox Equivalente} / 100\text{g}$ de fruta fresca) en ABTS y 1177.89 ± 67.18 TEAC ($\mu\text{mol Trolox Equivalente} / 100\text{g}$ de fruta seca) en DPPH (Zapata *et. al.*, 2013), vemos que

la guayaba tiene mayor capacidad antioxidante (CA) para ABTS, por tanto podemos ligar el resultado de ABTS a la presencia de taninos en el YGB.

Por otro lado tenemos al betabel con un porcentaje ARA de 79% para DPPH y un porcentaje de Inhibición de 73% para ABTS (Castro, 2014). Notamos la ligera diferencia entre ambas CA, y se puede asumir que el betabel aporta en ambas para el YGB.

Para las mediciones fisicoquímicas comenzando con pH, el YGB reportó un promedio 4.6, el control 4.7 y el YN 4.25. En cuanto a la acidez titulable, el YGB reportó un promedio de 0.83%, el control 0.8% y el YN 0.85%.

Para las mediciones de sinéresis el control tuvo el menor resultado con 13.147%, seguido del YGB con 15.238 y por último el YN con 23.067. valores superiores a los obtenidos por Simijaca *et. al.* (2018) con un yogurt y almíbar de rosas (10%) quien reporto sinéresis por debajo de 10% e incluso 0% durante todo su experimento, los valores de sinéresis aumentan con el tiempo debido a que la matriz de la micela de caseína se contrae y depura el lacto suero contenido, y por el contrario, un yogurt con fibra retendrá mayor humedad reduciendo su porcentaje de sinéresis (Simijaca *et. al.*, 2018).

Pasando al análisis bromatológico, el YGB obtuvo una humedad de 83.757 g/100 g de yogurt, lípidos de 2 g/100 g de yogurt, proteína total de 2.373 g/100 g de yogurt, cenizas de 0.707 g/100 g de yogurt y por ultimo carbohidratos de 11.16 g/ 100 g de yogurt.

Y por último para el análisis sensorial se obtuvieron los valores de P para cada parámetro. Para el parámetro de color, no hubo diferencia significativa, sin embargo se hicieron los comentarios acerca de lo intenso

del color y que podría no ser tan llamativo ya que podría asemejarse al color de algún jarabe. Para el parámetro textura, tampoco hubo diferencia significativa, se hicieron comentarios acerca de la textura terrosa en el YGB, y eso se puede mejorar filtrando con alguna tela. Por ultimo en el sabor en general existió diferencia significativa, y una de las razones es por el contenido de azúcar menor al del yogurt convencional, sin embargo en la escala el YGB tuvo 3 de 4 en la escala hedónica.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

5.CONCLUSIÓN.

Se cumplió la hipótesis de que un yogurt adicionado con guayaba y betabel en 30% es un alimento con poder antioxidante, el cual tiene una vida de 7 días. Como mejora puede añadirse algún conservante natural y evaluar las condiciones físico-químicas y antioxidantes del yogurt de guayaba con betabel para prolongar su vida de anaquel.

Se observó que el añadir guayaba al yogurt, mejoro su actividad antioxidante medida por ABTS, debido a los taninos que contiene la guayaba. Por su lado, el betabel mostro valores altos tanto para los compuestos polifenólicos como para la capacidad antioxidante, lo cual indica que el betabel beneficia el contenido de compuestos polifenólicos y actividad antioxidante (DPPH y ABTS).

Se recomienda consumir el YGB con una alimentación adecuada y actividad física diaria, para prevenir enfermedades no transmisibles, una de las principales causas de muerte en estos últimos años.

En resumen, no solo el betabel y la guayaba ayudan a mejorar las propiedades de un yogurt, si no que se recomienda agregarlos a cualquier producto para otorgarle capacidad antioxidante.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Azeredo, H. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability—a review. *International Journal of Food Science y Technology*; 44(12), 2365-2376.
2. Baynes, J. (2000). Antioxidants in diabetes management. *Oxidative stress in diabetes*. Marcel Dekker, Inc. 6:77-90
3. Bonnefoy, M. (2002). Antioxidants to slow aging, facts and perspectives. *Presse Med*. 31, 1174-1184.
4. Citta A.; A. Folda, V. Scalon, G. Scutari, A. Bindoli, M. Bellamio, E. Feller, M. Pia. (2017). Oxidative changes in lipids, proteins, and antioxidants in yogurt during shelf life. *Food Science Nutrition* 1-9
5. Coronado, M., Salvador Vega y León Rey Gutiérrez T. Marcela Vázquez F. Claudia Radilla V. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana*, 42, 2.
6. Delgadillo, A. (2016). Producción de bioetanol a partir de remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.). (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Hidalgo, México.
7. Escamilla, C.I., Cuevas, E.Y., y Guevara, J. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM* V, 52, 2.
8. Ghaleh, Z., Pourahmad, R, y Reza, M. (2017). Investigating the effect of aqueous extracts of basil and savory on antioxidant activity, microbial and sensory properties of probiotic yogurt. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 16(3), 311-320.
9. Gottau, G. (2011). La guayaba: fruta con más antioxidantes. *Vitónico*. Sitio web : <https://www.vitonica.com/alimentos/la-guayaba-la-fruta-con-mas-antioxidantes> .
10. Gualdron, L; Jiménez, P. (2006). Retencion de Nutrientes en bocadillos de guayaba (*Psidium guajava* L.) y Feijoa (*Acca Selowiana*) elaborados en vaporador al vacío y a presión Atmosférica. *Universidad de la Salle*; 6; 171-177.
11. Guimarães, D.H., Lodelis, A., y Aguiar, L.F. (2016). Análisis de los Parámetros Reológicos y Sensoriales de Yogur de Guayaba Enriquecido con Cereales. *RECyT*; 25; 34-41.
12. Hernández-Ayala, M., Cerón-García, A., Gómez-Salazar, J. y Rodríguez-Hernández, G. (2017) Bebida fermentada con probióticos y adicionada con nuez pecanera. *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología*. Vol. 3; 365-370.
13. Hözer, B. a. (2010). Functional milks and dairy beverages. *International Journal*.
14. Legislación Ambiental. (2004). Consumo en México de frutas y verduras. 03/10/2018, de Revista Técnico Ambiental Sitio web: <http://www.teorema.com.mx/legislacionambiental/consumo-en-mexico-de-frutas-y-verduras/>
15. Marañón-Ruiz, V. F., y Rizo, L. (2011). Caracterización de las propiedades ópticas de Betacianinas y Betaxantinas por espectroscopía Uv-Vis y barrido en Z. *Superficies y Vacío*, 24(4) , 113-120.

16. Martínez, M.M., Ortíz-Quintero, B.L., Pérez-Gualdrón, C.E. , Cecilia Anzola-Velasco. (2011). Efecto de la pectina extraída de guayaba sobre el perfil lipídico en adultos con diferente condición cardiovascular. Rev Fac Med, 59, 103-111 Olaya, J. Estudio del contenido de fenoles y su actividad antioxidante en 3 variedades de guayaba (*Psidium Guajava L*) colombiana en diferentes estados de madurez. Tesis de maestría. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2009
17. Mínguez, M., Pérez, A., D. Hornero (2018). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales: mucho más que simples colorantes naturales. CSIC. Página web: http://digital.csic.es/bitstream/10261/5754/1/IG_AGROCSIC_4.pdf
18. National Institute of Health (2016). Datos sobre el selenio. Office of Dietary Supplements. Página web: <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Selenium-DatosEnEspañol.pdf> .
19. Norma Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010. Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.
20. Olivas-Aguirre F., A. Wall-Medrano, G. González-Aguilar, J. López-Díaz, E. Álvarez-Parrilla, L. Rosa y A. Ramos-Jimenez (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. Nutr. Hosp 31; 55-66.
21. OMS. (2013). Enfermedades no transmisibles. 09/09/2018, de OMS Sitio web: <http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/noncommunicable-diseases>
22. OMS. (2017). OMS publica una nueva edición del informe sobre el monitoreo de los progresos en enfermedades no transmisibles. 09/09/2018, de OPS Sitio web: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=13677:who-launches-new-ncds-progress-monitor&Itemid=1926&lang=es
23. OMS. (2018). Enfermedades no transmisibles. 13/08/2018, de OMS Sitio web: <http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/noncommunicable-diseases>
24. Parra Huertas, R. (2012). Yogur en la salud humana. Revista Lasallista de Investigación, 9 (2), 162-177.
25. Pardo, L., Zarazaga B. (2013). Zumo de remolacha: suplemento natural deportistas. Medicina Naturista. Vol. 7. N. ° 2; 116-118.
26. Pineda, R. D. (2014). El poder de la guayaba. Contenido Nutricional de la Guayaba en 100g en parte comestible. Revista universitaria científica, pp24-28. Recuperado el 18 de 01 de 2016, de El der de la guayaba: <file:///C:/Users/PAOLA/Downloads/3229-6590-1-PB.pdf>
27. Ramos, E. E. (2007). ¿Más que alimentos? En Barberá y Marcos (Eds.) Alimentos funcionales: aproximación a una nueva alimentación. Dirección General de Salud Pública y alimentación. Madrid-España.
28. Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A., Gabr, A. M., Kastell, A., Riedel, H., ... y Smetanska, I. (2011). Impact of processing of red

beet on betalain content and antioxidant activity. Food Research International.

29. Rusmarilin, H., Nurhasanah, Andayani, R.Y. (2018). Soy-yamgurt probiotic drink as a natural potential of antioxidant. IOP Conf. Ser.:Earth Environ. Sci. 122012087.

30. Sumaya-Martínez, M. T., Suárez-Diéguez, T., Cruz-Cansino, N. D. S., AlanísGarcía, E., y Sampedro, J. G. (2010). Innovación de productos de alto valor agregado a partir de la tuna mexicana. Rev. Mex. Agronegocios, 27, 435-441.

31. Tong, V. T., Le Hong, N., y Sao Mai, D. (2011). Survey of the Betacyanin Extraction from the Skin of Vietnamese Dragon Fruit. Wootton-Beard PC, Moran A, Ryan L. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods..

32. Trujillo, S. y. (2010). Obtención de colorantes naturales a partir de cascara Allium cepa (cebolla blanca y morada) y raíz de *Beta vulgaris* (remolacha) para su aplicación en la industria textil. Trabajo de graduación para optar al grado de: Licenciatura en Química y Farmacia. Universidad de El Salvador, El Salvador.

33. Valera, J. (2013, 01 de Diciembre). La guayaba y sus beneficios para la salud, News Caribbean Digital.

34. Waliszewski K., G. Blasco (2010). Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud Pública Mex. 52; 254-265.

35. Wootton-Beard, P. C., y Ryan, L. (2011). A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. Journal of Functional Foods, 3(4), 329-334.

36. Wylie, L., Kelly J., Baileys., Blackwell J., Winyard P., Jeukendrup A., Jones A. (2013) Beetroot juice and exercise: pharmacodynamics and dose-response relationships. J. Appl. Physiol 115: 325–336, 2013.

37. Zapata K., F. Cortes, B. Rojano (2013). Polifenoles y Actividad Antioxidante del Fruto de Guayaba Agria (*Psidium araca*). Universidad Nacional de Colombia, Información Tecnológica 24: 5.