

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Determinación de capacidad antioxidante del
sauco crudo y procesado, comparado con los
arándanos azules (blueberries)

Ana Cristina Lemus Calderón

Guatemala
2006

Determinación de capacidad antioxidante del sauco crudo y procesado, comparado con los arándanos azules (blueberries)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE
GUATEMALA


Facultad de Ingeniería

Determinación de capacidad antioxidante del
sauco crudo y procesado, comparado con los
arándanos azules (blueberries)

Trabajo de investigación presentado por
Ana Cristina Lemus Calderón
para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Ciencia y
Tecnología de Alimentos

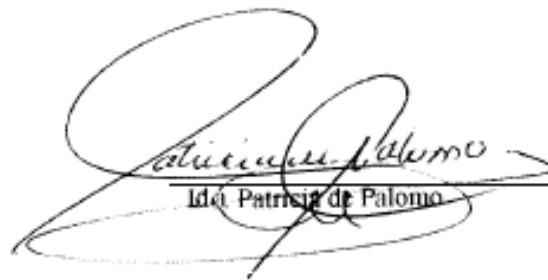
Guatemala
2006

Vo. Bo. Asesor:



PhD. Ricardo Bressani

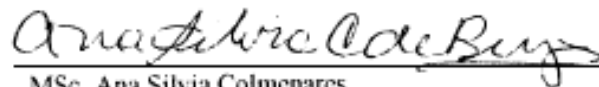
Terna examinadora:



Ida Patricia de Palomo



PhD. Ricardo Bressani



MSc. Ana Silvia Colmenares

Guatemala, 12 de Junio de 2006

PREFACIO

Este documento es un estudio de la caracterización del sauco (*Sambucus nigra*) y su actividad antioxidante. Se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala. La investigación no se pudo iniciar en agosto de 2005, como se tenía planeado, ya que no se había tomado en cuenta que la temporada de sauco estaba por terminar, ese año terminó a finales de julio.

Este estudio surge del interés por conocer completamente este fruto, que, debido a la apariencia y al color, presenta una similitud notable a la familia de las moras o arándanos. Incluso los productos procesados presentan un color parecido. De aquí surge el planteamiento de la hipótesis y la idea de comparar el sauco con el arándano azul.

Dentro de los análisis realizados, se tuvo problema con una sola muestra que formó turbidez, impidiendo así, la lectura en el espectrofotómetro.

Al final de este estudio, se agradece a todas las personas que colaboraron en la realización del mismo, en especial al personal del Departamento de Ingeniería en Alimentos, por su apoyo y paciencia.

ÍNDICE

	Página
Prefacio.....	v
Lista de cuadros.....	vii
Lista de figuras.....	viii
Resumen.....	ix
Capítulos	
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura	
A. Sauco.....	2
B. Color de los alimentos.....	4
C. Antioxidantes.....	9
D. Beneficios del consumo de antioxidantes en la salud.....	11
E. Arándanos azules.....	12
F. Alimentos nutracéuticos o funcionales.....	14
G. Efectos del procesamiento de jaleas.....	15
III. Hipótesis.....	17
IV. Objetivos.....	18
V. Justificación.....	19
VI. Metodología	
A. Materia prima.....	20
B. Métodos.....	20
VII. Resultados y discusión	23
VIII. Conclusiones.....	31
IX. Recomendaciones.....	32
X. Bibliografía.....	33
VIII. Anexos.....	36

LISTADO DE CUADROS

	Página
1 Datos generales del sauco.....	2
2 Resultados del análisis físico del sauco.....	23
3 pH del sauco y del arándano azul.....	23
4 Actividad de agua.....	24
5 Resultados de análisis proximal del sauco comparado con el arándano azul	25
6 Contenido de antocianinas en el sauco y el arándano azul	26
7 Contenido de antocianinas en productos procesados del sauco.....	26
8 Pérdida de antocianinas en los productos procesados del sauco.....	27
9 Contenido de polifenoles en el sauco y el arándano azul.....	27
10 Contenido de compuestos fenólicos en los productos del sauco.....	28
11 Pérdida de compuestos fenólicos (%) debido al procesamiento.....	28
12 Resultado del análisis DPPH.....	29

LISTADO DE FIGURAS

	Página
1 Fruto del sauco.....	2
2 Estructura de la pelargonidina y cianidina.....	5
3 Estructura de la flavona y el flavonol.....	7
4 Estructura de kaempferol y quercetina.....	8
5 Estructura del ácido gálico.....	9
6 Estructuras químicas de compuestos encontrados en fracciones y subfracciones de arándanos azules.....	13
7 Mapa de Guatemala localizando las áreas de cultivo de sauco y arándanos azules.....	20
8 Estructura del 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DDPH).....	29

RESUMEN

En los últimos años la investigación sobre la acción de los antioxidantes ha tomado gran auge ya que se ha visto aumentada en un 340%. Esto se debe a la eficacia que tienen estos compuestos tanto en la conservación de alimentos como en la prevención de enfermedades como cáncer e infecciones. Se ve necesario entonces el estudio de nuevas fuentes de antioxidantes naturales que la persona pueda incluir en su dieta diaria.

Los antioxidantes que se encuentran en las frutas y verduras son, en su mayoría, antocianinas y compuestos fenólicos, que son los pigmentos que dan el color rojo a morado, a las frutas y verduras. El propósito de esta investigación fue caracterizar el fruto del sauco (*Sambucus nigra*) por medio de un análisis proximal para conocer su contenido de fibra, proteínas, carbohidratos, grasa, cenizas y humedad.

Los mismos análisis fueron realizados al arándano azul o blueberrie. Se comparó directamente con los resultados obtenidos con el sauco. Además, se comparó su capacidad antioxidante con la de los arándanos azules ya que, se tienen datos experimentales en donde se da a conocer que son la mayor fuente natural de antioxidantes. Se obtuvo una cantidad mayor de compuestos fenólicos en el sauco (226.58 mg catecol/100g fruta) que en las blueberries (198.78mg catecol/fruta fresca). No se encontró gran diferencia en la capacidad antioxidante del sauco (IC₅₀ 2.19 mg/mL) y los arándanos azules (IC₅₀ 2.20 mg/mL).

También se determinó la capacidad antioxidante del sauco en jaleas y en pastelitos tipo cubilete para determinar la pérdida sufrida en procesos que utilicen calor. En el análisis de las dos muestras, se determinó que existe pérdida de la capacidad antioxidante y antocianinas.

I. INTRODUCCIÓN

El sauco es un fruto poco explotado en Guatemala. Se procesa para la elaboración de jaleas, vinos y pastelería en una baja escala. En este estudio se caracterizó y se determinó la cantidad de antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante con el fin de reconocer su valor como posible fuente de antioxidantes. Para que de esta forma el fruto de sauco sea explotable en la industria alimenticia ya que no se cuentan con lugares específicos de siembra. La importancia de ingerir antioxidantes en la dieta radica en su capacidad de atacar radicales libres que son causantes de muchas enfermedades incluidas el cáncer.

El estudio se dividió en tres partes: análisis físicos, fisico-químicos y químicos. Los resultados obtenidos se compararon con los arándanos azules por ser la fruta que presenta la mayor actividad antioxidante entre muchas frutas.

El peso del fruto de sauco es de 0.0578 ± 0.0005 g, su diámetro de 0.79 ± 0.005 cm y 0.21 ± 0.005 cm. El pH es de 3.89. En el análisis proximal se obtuvo una humedad 89.47%, 6.54% de carbohidratos, 2.59% proteína, 0.99% de cenizas, 0.22% grasa y 0.20% de fibra.

La cantidad de antocianinas se vio afectada en los procesos de elaboración de jalea y pastelitos tipo cubilete, ya que se observó una gran reducción de la misma. Los métodos utilizados fueron Folin-Ciocalteu para determinación de polifenoles totales y DPPH para determinar la capacidad antioxidante. La cantidad de compuestos fenólicos presentes en el sauco (226.58 mg catecol/100g fruta) fue mayor a la contenida en los arándanos azules (198.78mg catecol/fruta fresca). Tampoco se encontró gran diferencia en la capacidad antioxidante del sauco (IC₅₀ 2.19 mg/mL) y los arándanos azules (IC₅₀ 2.20 mg/mL).

Con este estudio se comprueba que el sauco es un fruto con alto contenido de antocianinas y polifenoles totales y una capacidad antioxidante alta, valores que no difieren a los de los arándanos azules.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. SAUCO

Cuadro 1. Datos generales del sauco

Familia:	Caprifoliaceae
Nombre común:	Sauco o saúco
Nombre científico:	<i>Sambucus nigra</i>
Lugar de origen:	Europa, Asia Menor, Siberia, Norte de África
Etimología:	Sambucus, nombre griego dado al saúco. Nigra, del latín, significa negro, quizás aludiendo al color que toman sus frutos en la madurez

Es un arbusto o arbolito caducifolio de 3-4 m de altura, con la copa densa y la corteza grisácea y rugosa que con el tiempo se hace corchosa. Hojas opuestas, imparipinada, con 5-7 folíolos oval-lanceolados, acuminados, de 10-15 cm de longitud. Borde aserrado, haz glabro y envés con algunos pelillos. Flores abundantes de color blanco, olorosas, dispuestas en inflorescencias corimbosas planas. Corola con 5 pétalos y 5 estambres. Florece de febrero a mayo. Fruto en baya redondeada de unos 6-8mm de diámetro, al principio rojiza y que se torna de color negro brillante en la madurez. Contiene 3-5 semillas (1).

Figura 1. Fruto del sauco



Se multiplica por semillas y por esquejes. La pulpa del fruto tiene sustancias que inhiben la germinación de las semillas. Por eso, cuando se recogen los frutos deben

limpiarse de la pulpa inmediatamente. A pesar de ello, para una buena germinación debe estratificarse la semilla o someterla a tratamientos con ácido para ablandar la cubierta. Especie poco exigente en suelos siempre que no sean apelmazados. Gusta de vivir en lugares frescos y húmedos. Es muy atacado por pulgones. Las flores tienen usos medicinales, y la médula se utiliza en micrografía para preparar secciones de tejidos (1).

El sauco, contiene aceites esenciales, flavonoides (de acción antioxidante y antiinflamatoria), otras sustancias antioxidantes, mucílagos y pectina (fibra soluble), ácidos orgánicos, taninos, vitamina C, azúcares y sales minerales. Todos estos principios activos favorecen la sudoración, facilitan la expulsión de la mucosidad y contribuyen a reducir la inflamación de las vías respiratorias, por lo que su empleo es muy útil en afecciones respiratorias como los resfriados, la bronquitis, la gripe, las alergias respiratorias. Así mismo, resulta eficaz para aliviar la fatiga e irritación de los ojos y los párpados inflamados, lo que beneficia especialmente a quienes tienen que forzar la vista durante horas y a quienes sufren de infecciones oculares como la conjuntivitis, inflamación de párpados, glaucoma, cataratas y otitis (2). El fruto del sauco contiene: Antocianósidos: sambucósido, sambucianósido (en las semillas: sambunigrósido, prunasósido); trazas de aceite esencial. Azúcares reductores, pectina, ácidos cítrico y málico, vitamina C (3).

Un estudio israelí reportó una mejora significativa en los síntomas de gripe (incluyendo fiebre) en 93.3% de los pacientes tratados con un extracto estandarizado de sauco (Schoenhals 2004). Estudios realizados en Europa concluyen que el sauco es una potente fuente de antocianinas y pigmentos antioxidantes poderosos que mantienen los tejidos saludables, promueven la salud cardiovascular y reducen el estrés. Las antocianinas púrpuras encontradas en el sauco poseen aproximadamente tres veces la capacidad antioxidante de los carotenos. Por gramo, las antocianinas del sauco exhiben mayor actividad antioxidante protectora que el beta caroteno, vitamina C o vitamina E (Kilham 2000).

En Austria, el sauco se utiliza en jugos, jaleas, yogurt de frutas y vinos y la demanda de su extracto está creciendo en el campo de los nutraceuticos (Kilham 2000).

B. COLOR DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos, tanto en forma natural como procesada, presentan un color característico bien definido mediante el cual el consumidor los identifica; cualquier cambio que éste sufra puede causar el rechazo de los productos. Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos que se producen durante su manejo y procesamiento, y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un intenso café, mediante las reacciones de Maillard y de caramelización; en otras ocasiones, los pigmentos que contienen se alteran y cambian de color (Badui 1999).

En términos generales, los pigmentos relacionados con los alimentos se pueden dividir en ocho categorías: carotenoídeos, clorofilas, antocianinas, flavonoides, betalaínas, taninos, mioglobina y hemoglobina y otros. Los seis primeros se encuentran fundamentalmente en productos vegetales, aun cuando llegan a estar presentes en derivados de origen animal; esto ocurre cuando en la dieta de los animales se incluyen vegetales ricos en pigmentos. El séptimo grupo sólo se encuentra en productos de origen animal. En el octavo grupo se incluye un gran número de compuestos que también imparten color tanto a los tejidos vegetales como animales; en él se incluyen quinonas, xantonas, la vitamina riboflavina como tal y en sus diferentes formas de coenzimas, los citocromos, etc. Debido a que no son tan abundantes contribuyen poco al color de los alimentos (Badui 1999).

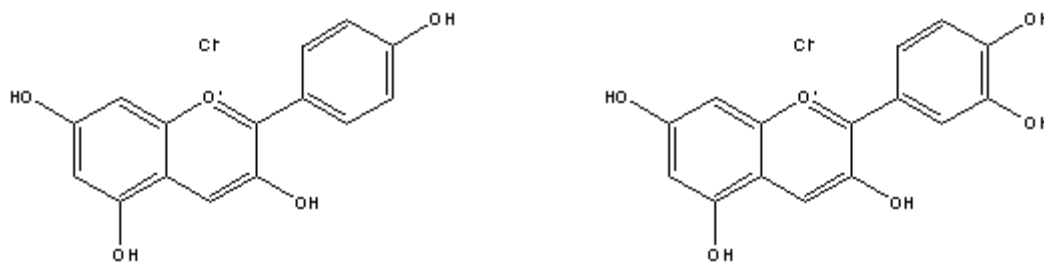
La mayoría de los pigmentos vegetales se localizan en el protoplasma de las células dentro de los organelos especializados llamados plásticos, que se pueden observar con el microscopio, ya que forman pequeñas placas o agujas de estructura cristalina; en algunos casos, cuando son solubles en agua, se ubican disueltos en las vacuolas de las células (Badui 1999).

1. **Antocianinas.** Estos compuestos son pigmentos hidrosolubles con características de glucósidos; están constituidos por una molécula de

antocianidina, que es la aglucona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosido. La estructura química básica de estas agluconas es el ion flavilio que consta de dos grupos aromáticos; un benzopirilio (A) y un anillo fenólico (B); por su posición trivalente del oxígeno, el flavilio normalmente funciona como un catión. Los hidratos de carbono que comúnmente se encuentran son la glucosa y la ramnosa, seguidos de la galactosa, la xilosa y la arabinosa y ocasionalmente, la gentiobiosa, la rutinosa y la soforosa; todos ellos se unen a la antocianidina principalmente por medio del hidroxilo de la posición 3, y en segundo término, de la 5 ó de la 7. Cuando en una misma molécula se encuentran dos azúcares, éstos se localizan en los hidroxilos 3 y 5, produciendo una estructura que generalmente es más estable que cuando sólo contienen un solo monosacárido.

De todas las antocianidinas que actualmente se conocen (aproximadamente 20), las más importantes son la pelargonidina, la delfinidina, la cianidina, la petunidina, la peonidina y la malvidina, nombres que derivan de la fuente vegetal de donde se aislaron por primera vez; la combinación de éstas con los diferentes azúcares genera aproximadamente 150 antocianinas. Son responsables de los colores rojo, anaranjado, azul y púrpura de las uvas, manzanas, rosas, fresas y muchos otros productos de origen vegetal, principalmente frutas y flores. Generalmente se encuentran en la cáscara o piel, como en el caso de las peras y las manzanas, pero también se pueden localizar en la parte carnosa, como en las fresas y ciruelas (Badui 1999).

Figura 2. Estructura de la Pelargonidina y Cianidina



El color de las antocianinas depende varios factores intrínsecos, como son los sustituyentes químicos que contenga y la posición de los mismos en el grupo flavilio; por ejemplo, si se aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul, mientras que la introducción de metoxilos provoca la formación de los rojos. Debido a una deficiencia del núcleo de flavilio, estos pigmentos funcionan como verdaderos indicadores de pH; es decir, su color depende de las condiciones de acidez o alcalinidad del sistema en que se encuentran; a pH ácidos adquieren una estructura estable de catión flavilio rojo; cuando se incrementa el pH, la distribución electrónica se modifica hasta llegar a la forma quinoidea azul; la hidratación del flavilio produce la base carbinol incolora. Los cambios fisiológicos en la maduración de los frutos lleva consigo alteraciones en el pH y, por tanto, modificaciones en el color del tejido vegetal (Badui 1999).

Los tratamientos térmicos también influyen mucho en la destrucción de las antocianinas; se ha visto que en las fresas se presenta una relación logarítmica entre la pérdida del color y la temperatura. Las antocianinas cambian de color cuando forman complejos, quelatos o sales con iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, estaño, hierro o aluminio; con estos dos últimos producen coloraciones azules, sobre todo con aquellas que tienen dos grupos en posición orto; por esta razón, se recomienda que las latas que se empleen para los alimentos que contengan antocianinas, se recubran con laca protectora que evite el desprendimiento de los metales indeseables. También hay que tener en cuenta las sales y los minerales propios del agua empleada en la preparación industrial de las frutas y hortalizas (Badui 1999).

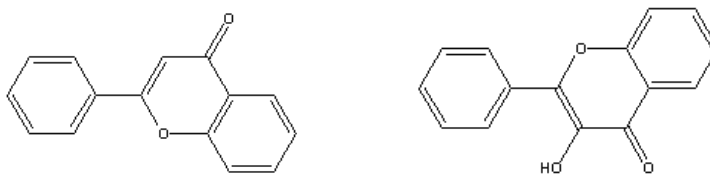
Debido a su alta hidrosolubilidad, estos pigmentos se pueden perder fácilmente por lixiviación en el agua que se utiliza en los diferentes tratamientos: a medida que aumenta la temperatura, se acelera la decoloración de las frutas, ya que se favorece tanto la extracción que incluso se puede llegar a obtener productos prácticamente incoloros (Badui 1999).

2. Proantocianidinas. Estos compuestos son incoloros, pero por medio de una modificación química ligera se transforman en su correspondiente antocianina coloreada. Las que se encuentran en las frutas son generalmente dímeros o trímeros del flaván-3,4-diol. Las que se muestran a continuación, son algunas de las más comunes; se observa que la diferencia básica entre éstas y sus correspondientes antocianidinas estriba en el hidroxilo del carbono 4 y en las dobles ligaduras del grupo benzopirilo (Badui 1999).

Algunos tipos de peras provenientes de tierras con un pH bajo y un contenido alto de tantitos desarrollan un color rosado durante sus tratamientos térmicos; esto es provocado por la modificación de la proantocianidina. Lo mismo ocurre en otros productos vegetales, como plátanos, vinos, etc., en donde además contribuyen a la astringencia y sirven de sustrato en las reacciones de oscurecimiento enzimático (Badui 1999).

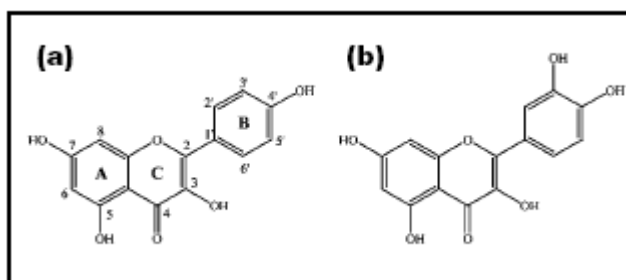
3. Flavonoides. Son compuestos fenólicos que abundan en la naturaleza; dado que tienen una estructura química muy parecida a de las antocianinas normalmente se encuentran en diversos frutos junto con ellas ya que ambos grupos de pigmentos siguen un proceso biosintético común. Son glucósidos formados por una aglucona, que en muchos casos deriva de la 2-fenilbenzopirona; ente las principales agluconas se encuentra el flavonol y la flacona (que dan origen a los flavonoles y a las flaconas), además de la isoflavona, la flavanona, el flavonol, las charconas y los biflavonilos. Las diferencias químicas básicas entre as diferentes agluconas se muestran en la Figura 3. Los azúcares más importantes son la glucosa, la ramnosa, la galactosa, la arabinosa y la xilosa, y en ocasiones también se encuentran la apioja y la rutinosa; éstos se unen a la aglucona por medio de los carbonos 7, 5 y 4', principalmente para este estudio.

Figura 3. Estructura de la Flavona y el Flavonol



Estos pigmentos son generalmente amarillos, y a pesar de que existe un número muy grande de ellos, no contribuyen de manera importante al color de los alimentos. Entre todos los flavonoides destacan por su importancia los flavonoles y se encuentran en muchos productos, tales como cebollas y miel (quercetina), fresas (kaempferina) y uvas (miricetina).

Figura 4. Estructura de kaempferol (a) y quercetina (b)



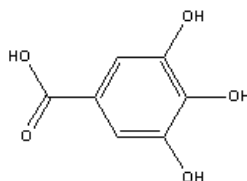
(Kim *et.al* 2004)

Los flavonoides presentan actividades antioxidantes ya que son excelentes dadores de electrones o hidrógeno con la formación de radicales intermedios relativamente estables. Este comportamiento está relacionado con la capacidad de quelar metales, inhibir la enzima lipooxigenasa y captar los radicales libres. Los flavonoides o vitamina P están ampliamente distribuidos en el reino vegetal localizándose en la savia vacuolar de las células como órganos aéreos, hojas, flores y raíces. Forman múltiples compuestos de bajo peso molecular en su mayor parte en forma de glucósidos como flavonoles, flavonas, flavanonas, antocianinas, isoflavonas, taninos condensados o no hidrolizables entre otras. La mayoría se caracterizan por ser hidrosolubles y estables al calor siendo susceptibles a los cambios químicos (maduración de las frutas), físicos en el procesado de los alimentos: picado y trituración (estos forman parte de la organización tisular y de estructuras, que al romperse se lixivian y se destruyen parcialmente en contacto con el aire); y térmicos, ya que el calor excesivo altera los pigmentos de los alimentos (Agostini *et.al.* 2004).

En estudios epidemiológicos recientes, se encontró que el consumo de frutas y otras plantas con abundantes flavonoides está relacionado de forma inversa a las enfermedades coronarias mortales (Frankel, Meyer 1998).

4. Flavonoides. Los taninos son una clase de compuestos fenólicos incoloros o amarillo-café, que de acuerdo con su estructura y reactividad con agentes hidrolíticos, particularmente ácidos, se han dividido en dos grupos: los hidrolizables y los no hidrolizables o condensado. Los primeros son sustancias poliméricas complejas que a su vez se clasifican en galotaninos, cuando contienen ácido gálico, y elagitaninos, cuando está presente el ácido elágico; el ácido gálico puede estar en forma de glucósido al unirse a una molécula de glucosa o esterificarse consigo produciendo ácidos di y trigálicos. Los taninos no hidrolizables o condensados son generalmente dímeros de la catequiza (flaván-3-ol) o de antocianidinas (flaván-3,4-diol); algunas de ellos producen una antocianidina coloreada cuando se tratan con ácidos calientes (Badui 1999).

Figura 5. Estructura del Ácido Gálico



C. ANTIOXIDANTES

La vitamina C (ácido ascórbico) ayuda a que la carne mantenga su color rojo. El precursor de la vitamina A, beta caroteno, es un agente colorante en la margarina. Estas dos vitaminas, así como la vitamina E (tocoferol), son antioxidantes. Disminuyen o previenen la oxidación. Como el alimento reacciona con el oxígeno, las células pierden electrones. Cuando las vitaminas y lípidos se separan, se disminuye el valor nutricional del alimento y se puede deteriorar. Los colores y sabores cambian, volviendo el alimento menos apetecible. Los antioxidantes actúan como sustitutos. El oxígeno reacciona con el

antioxidante en lugar del alimento, protegiendo la calidad y apariencia del alimento. Así es como la vitamina C ayuda a que la fruta se mantenga con sabor y como la vitamina E ayuda a evitar la rancidez en el aceite (Jockey 2002).

Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas inhibiendo la iniciación o propagación de reacciones oxidativas en cadena. Existen dos categorías básicas de antioxidantes: los sintéticos y los naturales. En general, los antioxidantes son compuestos con estructuras fenólicas con varias sustituciones de alcáli en donde los antioxidantes naturales pueden ser compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de clorofila, aminoácidos y aminas) o carotenoides, así como también el ácido ascórbico. Antioxidantes sintéticos como butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT) han sido utilizados como antioxidantes desde principios del siglo XX. Sin embargo, debido a que pueden causar cáncer, se han impuesto restricciones en el uso de estos compuestos. Por esta razón, se ha incrementado considerablemente, el interés en antioxidantes naturales. La habilidad de algunos compuestos fenólicos de actuar como antioxidantes se ha demostrado en la literatura. Varios estudios han investigado la actividad antioxidativa de los flavonoides y se ha concluido que sus características estructurales contribuyen a su actividad. Los grupos o-dihidroxi en el anillo B, la presencia de un enlace doble en el C2-3 en asociación con un grupo 4-oxo en el anillo C, grupos 3 y 5 hidroxil y el grupo 4-oxo en los anillos A y C son asociados con la actividad antioxidante. Ácidos fenólicos, como los ácidos cafeico, clorógeno, ferúlico, sinápico y p-cumárico, parecen ser antioxidantes más activos que los derivados hidroxilos del ácido benzoico que los ácidos p-hidroxibenzoico, vainillílico y siríngico. Se ha demostrado que el α -tocoferon es uno de los antioxidantes que rompen cadenas más activos in vitro. Los carotenoides también tienen una función protectora en contra del daño oxidativo, y el oxígeno sencillo es altamente enganchado por el β -caroteno (Velioglu *et.al* 1998).

Muchos de los antioxidantes naturales, especialmente los flavonoides, exhiben un rango amplio de efectos biológicos, incluyendo acciones antibacteriales, antivirales, anti-inflamatorias, antialérgicas, antitrombóticas y vasodilatorias. La actividad antioxidante es una propiedad importante para la vida. Muchas de las funciones biológicas, como la anti-

mutagenicidad, anti-cancerígenas y ansiedad, entre otras, se originan de esta propiedad (Velioglu *et.al* 1998).

D. BENEFICIOS DEL CONSUMO DE ANTIOXIDANTES EN LA SALUD

Resultados de estudios epidemiológicos y en Vitro sugieren que el consumo de antioxidantes procedentes de frutas y vegetales disminuye el riesgo de enfermedades cardiovasculares y varios tipos de cáncer proveyendo un realce en la protección antioxidante en el cuerpo humano. La capacidad antioxidante está relacionada con el contenido de fenoles totales y antocianinas, mientras que la vitamina C realiza una pequeña contribución (Kalt *et.al.* 2000).

Estudios sugieren que los antioxidantes realizan en el hombre, la misma acción que en los alimentos. En el cuerpo humano se producen “radicales libres” que son moléculas dañadas que son inestables debido a la falta de un electrón. Para estabilizarse, tienen que quitar un electrón del átomo vecino. El átomo donador se vuelve entonces inestable. Si este átomo es parte de las células del hígado o del cerebro, entonces el hígado o el cerebro sufren un poco de daño. Con el tiempo, el daño es mayor y el órgano se desgasta (Jockey 2002).

En teoría, los antioxidantes disminuyen este proceso suministrando electrones a los radicales libres, protegiendo las células de los órganos. El órgano se mantiene sano por más tiempo. Funciona mejor y es más resistente a algunas enfermedades. Los estudios indican que los antioxidantes pueden ayudar a prevenir el cáncer, cataratas y aterosclerosis (Jockey 2002).

Existe evidencia científica de que la ingesta habitual de sustancias con actividad antioxidante se relaciona con la disminución de la incidencia de enfermedades cardiovasculares. Uno de los principales mecanismos de producción de aterosclerosis (estrechamiento del diámetro de las arterias que dificulta el paso de sangre), origen de la mayoría de enfermedades cardiovasculares, es la oxidación de una de las proteínas que transportan colesterol por la sangre (LDL). Entre las sustancias antioxidantes que reducen este proceso, se encuentran las vitaminas E (aceite vegetal virgen de primera presión en

frío, frutos secos, germen de trigo) y C (cítricos, kiwi, pimiento, tomate) así como otros carotenoides como el licopeno (tomate), betacaroteno (zanahoria, calabaza, mango), zinc (carnes, pescados, huevos) y selenio (carnes, pescados, huevos, marisco principalmente), polifenoles (vegetales en general) y compuestos azufrados (verduras de la familia de la col, cebollas y ajos). Así mismo, el propio envejecimiento y procesos degenerativos como cataratas o ciertos tumores, se relacionan con las reacciones de oxidación en el organismo, por lo que las sustancias antioxidantes tienen un efecto protector (2).

Según una investigación hecha en California, las bayas (fresas, arándanos, saúco, frambuesa, etc.) contienen antocianinas, sustancias con funciones antioxidantes, antiedad y antidiabéticas. Las antocianinas también protegen la integridad del ADN, proporcionan protección cardiovascular, mejoran la función cerebral y mental, la visión, y la salud urinaria y cutánea (4).

E. ARÁNDANOS AZULES

Los arándanos se encuentran dentro de las frutas que son bien reconocidas por el contenido de antocianinas y flavonoides y por sus beneficios a la salud. Tienen un alto contenido de ácido ascórbico pero la mayor fuente de antioxidantes no proviene de éste, sino que ha sido atribuido a su intenso contenido de pigmentos (antocianinas y flavonoides) (Smith *et.al.* 2000). Estos fitonutrientes son extremadamente poderosos que cualquier fármaco debido a sus beneficios que le traen a la salud sin tener efectos secundarios (6).

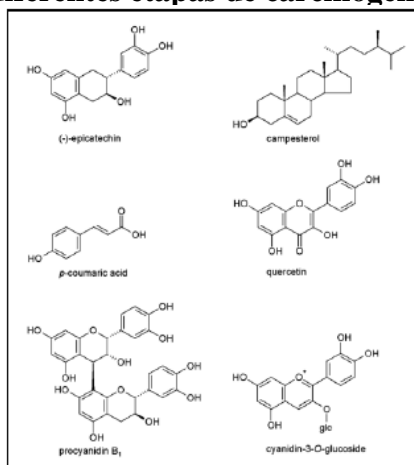
Las antocianinas son las responsables por el color rojo azulado de los arándanos azules. Otros flavonoides de importancia son los flavonoles, incluyendo el 3-o-glucósidos de quercetina y kaempferol, catequina, epicatequina y varias procianidinas. En un estudio Skrede *et.al.* determinó, mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), que las antocianinas presentes en grandes cantidades en los arándanos azules son delfinidina (26%), cianidina (11%), petunidina (17%) y malvidina (44%), y en menores cantidades, la peonidina (2%) (Skrede *et.al.* 2000).

Los arándanos azules son los arándanos más poderosos en términos de su contenido de antioxidantes: tienen alto contenido de flavonoides y son conocidos por

ayudar a la protección de cáncer de próstata, tracto urinario, infecciones y cataratas. También son conocidos por la protección en contra del daño cerebral de apoplejías y enfermedades del corazón (1). En un estudio en el Centro de Nutrición Humana USDA (HNRCA), se comparó la actividad antioxidante de 40 frutas y vegetales frescos y se encontró que el arándano azul fue el número uno (6).

También pueden evitar la formación de colesterol “malo” que contribuye a enfermedades cardiovasculares e infartos (3). Muchos de los beneficios a la salud provienen de los ácidos fenólicos y a varios tipos de flavonoides que están presentes en la fruta. Uno de estos compuestos, quercetin, parece jugar un papel en el componente cardioprotector de los vinos rojos. Una clase de flavonoide fotoquímico, la proantocianidina presente en los arándanos azules silvestres, es un agente activo para inhibir la fase inicial de carcinogénesis inducida químicamente; además protege contra la bacteria responsable de las infecciones del tracto urinario, parece ser que impide que la bacteria se adhiera a las células de las paredes del tracto urinario (Smith *et.al.* 2000, (6)).

Figura 6. Estructuras químicas de compuestos encontrados en fracciones y subfracciones de arándanos azules que son activos en exámenes en contra de diferentes etapas de carcinogénesis



Otro compuesto encontrado en los arándanos llamado terostilbeno, tiene el potencial de convertirse en nutraceutico para disminuir el colesterol, particularmente en el que no responde a las drogas convencionales (4). Un extracto preparado de arándanos azules proveyó protección a las membranas contra radicales peroxilo incrementando el

tiempo de oxidación (Faria *et.al.* 2005). En un estudio realizado con 2 líneas de células cancerígenas del colon, se determinó que los compuestos fenólicos en los arándanos azules pueden inhibir la proliferación estas células cancerígenas e incrementan de dos a 7 veces la fragmentación del ADN, indicando la inducción de apoptosis (Weiguang *et.al.* 2005).

Los arándanos azules han sido asociados con déficits reversos relacionados con la edad de las neuronas y respuestas anti-inflamatorias en células humanas microvasculares. Joseph y otros (1999) alimentaron artificialmente a ratas con suplementos de dieta a base de arándanos azules, espinaca y fresas (estandarizados al mismo nivel de antioxidantes) y encontraron que el suplemento de arándanos azules fue el más efectivo en revertir el impacto negativo de la edad en la homeostasis en el cerebro y el comportamiento motor. También Youdin y otros (2002) encontraron que las antocianinas y los ácidos hidroxicinámicos de los arándanos azules redujeron la liberación de mediadores inflamatorios después de la exposición a inductores de inflamaciones en líneas de células humanas microvasculares, lo cual puede reducir la incidencia de aterosclerosis (Tristan *et.al* 2005).

F. ALIMENTOS NUTRACÉUTICOS O FUNCIONALES

El Instituto de Alimentos Medicinales y Nutrición de los Estados Unidos ha definido los productos funcionales como «cualquier alimento o ingrediente que puede proveer un beneficio nutricional además de los nutrientes tradicionales que contiene». Se habla entonces de los alimentos funcionales como aquellos que aportan un beneficio específico en la salud del individuo (7).

Con la introducción de los funcionales, la industria de alimentos ha comenzado a introducir una amplia oferta de productos, orientado a mejorar o reducir enfermedades como osteoporosis, cáncer de colon, el colesterol y los riesgos de enfermedades coronarias, diabetes, anemia y muchas otras. La industria alimentaria tiene hoy un gran reto, además de nutrir, tiene la responsabilidad de desarrollar y ofrecer nuevos productos seguros y saludables para el bienestar de la humanidad (7).

La principal función de la dieta es aportar los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de las personas. Los alimentos funcionales, consumidos como parte de una dieta equilibrada y acompañados de un estilo de vida saludable, ofrecen la posibilidad de mejorar la salud y/o prevenir ciertas enfermedades. El mayor reto para los científicos actualmente y en el futuro será investigar las posibilidades en cuanto a nutrición y estudiar la relación existente entre un alimento o uno de sus componentes y la mejora del estado de salud y bienestar o la disminución de enfermedades. Es también vital comunicar a los consumidores los beneficios que suponen para su salud, de manera que estén bien informados para poder escoger mejor los alimentos que consumen (8).

El papel benefactor para la salud que puede desempeñar el consumo de estos alimentos se basa en estudios científicos que, a lo largo del siglo XX, han confirmado la relación directa existente entre los alimentos que se consumen y el estado sanitario de la población, la prevención y el tratamiento de ciertas enfermedades (2).

Los alimentos nutracéuticos o funcionales se pueden clasificar de acuerdo con las propiedades de actividad biológica que presentan, lo cual está directamente relacionado con su estructura química, como se muestra en la tabla 1 (Hernández y Serna 2003).

F. EFECTOS DEL PROCESAMIENTO DE JALEAS

Uno de los más populares productos con vida de anaquel estable hecho a partir de frutas es la jalea, tanto a nivel industrial como a nivel del hogar. Para elaborar las jaleas de fruta, se combinan la fruta y el azúcar en cantidades similares, seguido de un cocimiento para producir un producto con un contenido suficientemente alto de azúcar con cualidades satisfactorias de almacenamiento. La pérdida oxidativa de compuestos fenólicos bioactivos en alimentos se atribuye principalmente al emparedamiento enzimático. Se cree que los procesos en los alimentos como la deshidratación y pasteurización también juegan un papel importante en la destrucción de compuestos bioactivos. Durante el procesamiento de los alimentos, ocurren varias transformaciones de los compuestos fenólicos produciendo así pigmentos amarillentos o cafés. Factores físicos y biológicos como el aumento de la temperatura y actividad enzimática repercuten en la destrucción

de los compuestos fenólicos como ácidos fenólicos y antocianinas. Enzimas como la polifenol oxidasa son responsables de las reacciones de pardeamiento pero son inactivadas normalmente durante la preparación de jaleas debido a las altas temperaturas aplicadas. Sin embargo, puede haber pérdidas de fenólicos bioactivos incluyendo antocianinas durante este proceso (Kim *et.al* 2004).

III. HIPÓTESIS

El fruto *del Sambucus nigra* constituye una fuente de antioxidantes naturales comparable con la de los arándanos azules.

IV. OBJETIVOS

A. GENERALES

- Caracterizar el fruto del sauco (*Sambucus nigra*) evaluando sus características físicas, físico-químicas y químicas.

B. ESPECÍFICOS

- Determinar la cantidad de sustancias fenólicas presentes en el sauco así como la capacidad antioxidante del sauco en comparación con la de los arándanos azules (blueberries).
- Determinar el contenido de antocianinas del (*Sambucus nigra*) midiendo su contenido presente en el fruto crudo y procesado.
- Evaluar los efectos que tienen los procesos térmicos en el sauco (elaboración de jalea y de un pastelito tipo cubilete) sobre su capacidad antioxidante.

V. JUSTIFICACIÓN

La aplicación medicinal del sauco es bastante conocida desde hace varios siglos debido a que cada uno de sus componentes (corteza, hojas, flores y frutos) son utilizados para curar diferentes enfermedades.

Con este estudio se desea beneficiar a los pequeños productores de sauco y sus productos y al mismo tiempo, dar a conocer al consumidor los beneficios que trae a la salud, el consumir sauco dentro de la dieta como fuente de antioxidantes.

Debido a que el sauco es un fruto poco conocido en la industria alimenticia, se le dará un valor agregado al fruto para convertirlo en un producto más explotado, ya que actualmente se utiliza en volumen mínimo en la elaboración de jaleas, pastelitos tipo cubiletes y vinos. Además se puede utilizar en la elaboración de jugos, salsas y productos de confitería.

VI. METODOLOGÍA

A. MATERIA PRIMA

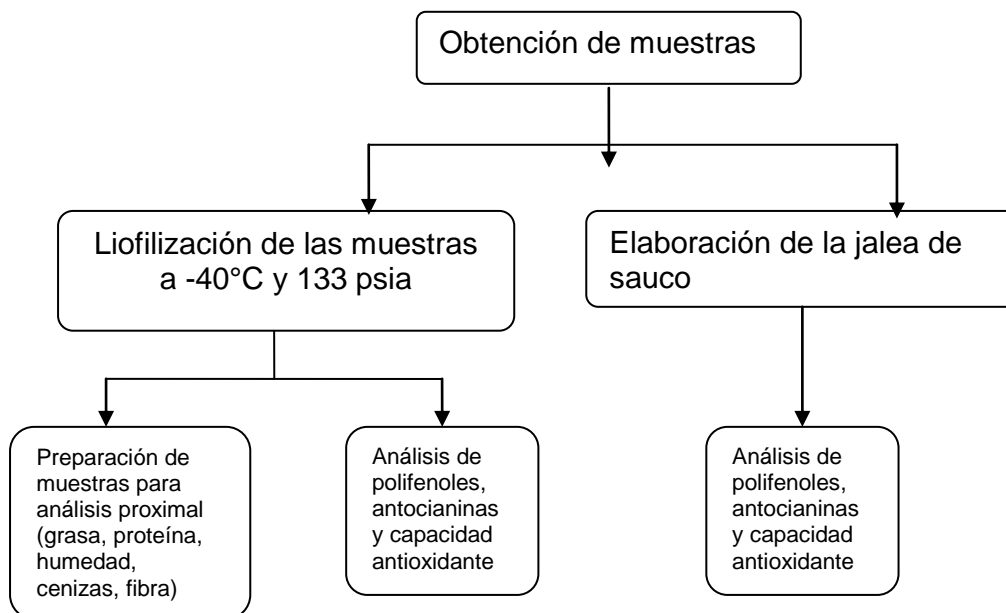
- Muestras de sauco de la región de Tecpán, Chimaltenango.
- Muestras de arándanos azules de la región de San Juan Chamelco, Alta Verapaz

Figura 7. Mapa de Guatemala localizando las áreas de cultivo de sauco y arándanos azules



B. MÉTODOS

1. **Recolección de muestras:** se recolectó 5lb de sauco y 0.5lb de arándanos azules de la temporada mayo 2005 - julio 2005, los cuales se encontraban empacados al vacío y congelados.



2. **Almacenamiento de muestras:** Las dos muestras fueron liofilizadas y fueron almacenados en recipientes herméticos en oscuro y a temperatura de refrigeración.
3. **Análisis físico:** para la medición del diámetro se utilizó un vernier y para el peso, una balanza con precisión ± 0.00005 .
4. **Análisis físico-químico:** para el análisis de pH se utilizó un pHímetro.
5. **Análisis químico:**
 - a. Análisis de humedad, mediante una balanza de humedad.
 - b. Determinación de cenizas, método del AOAC 22.027.
 - c. Determinación de proteínas, método de Kjeldahl sección 2.058 (AOAC 1996).
 - d. Determinación de grasa, método de Soxhlet sección 7.061 (AOAC 1996).
 - e. Determinación de fibra, método enzimático sección 985.29 (AOAC 1996).
 - f. Determinación de carbohidratos por diferencia:

$$100 - \% \text{ ceniza } - \% \text{ proteína } - \% \text{ grasa } - \% \text{ fibra}$$
 - g. Determinación de actividad de agua

- h. Determinación de antocianinas (Rababah 2005)
- i. Determinación de compuestos fenólicos, método Folin-Ciocalteu (Rababah et.al. 2005).
- j. Determinación de capacidad antioxidante, método DPPH.

6. Análisis químico de productos del sauco (jalea y pastelito tipo cubilete)

- a. Determinación de antocianinas (Rababah 2005).
- b. Determinación de compuestos fenólicos, método Folin-Ciocalteu (Rababah et.al. 2005)
- c. Determinación de capacidad antioxidante, método DPPH.
- d. Determinación de actividad de agua en jalea.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este trabajo se dividió en tres análisis, el primero fue el análisis físico, el segundo fue el análisis físico-químico y por último el análisis químico tanto del sauco como de sus productos procesados: jalea y pastelito tipo cubilete y los arándanos azules.

En el análisis físico se determinó el peso y el diámetro del fruto del sauco, resultados que se muestran en el Cuadro 2. El sauco es un fruto redondo por lo que su tamaño se determinó midiendo su diámetro, es de color negro y posee semillas redondeadas relativamente grandes respecto al tamaño del fruto.

Cuadro 2. Resultados del análisis físico del sauco

Peso del fruto (± 0.0005 g)	Diámetro (± 0.005 cm)	Tamaño de la semilla (± 0.005 cm)
0.0578	0.79	0.21

Las muestras frescas de sauco y arándanos azules fueron liofilizadas para conservarlas por más tiempo. Este proceso consistió en congelar las muestras y desecarlas posteriormente en una máquina al vacío, eliminando el agua por sublimación. Luego se pulverizaron para un mejor manejo.

El análisis físico-químico consistió en la determinación del pH. En el Cuadro 3 se muestra el valor comparado promedio obtenido con el del arándano azul. El pH es un valor que determina la preservación de alimentos, como se puede observar, el pH de las dos muestras difiere entre sí.

Cuadro 3. pH del sauco y del arándano azul

Fruta	pH
Saucu	3.89
Arándano azul	3.18

Se llevó a cabo también el análisis de actividad de agua (a_w), el cual se midió con un medidor de a_w analítico a una temperatura de 22°C. Este análisis se realizó en las muestras liofilizadas y las jaleas de ambos frutos. La a_w es la disponibilidad de agua libre para reaccionar y permitir el desarrollo de los microorganismos en los alimentos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4, en donde se observa que el sauco y arándano azul presentan una a_w normal para una fruta fresca. También se observa que ambas jaleas no cumplen con los requerimientos de a_w , ya que deben estar entre el rango de 0.65 - 0.70 para evitar el deterioro microbiano.

Cuadro 4. Actividad de agua

Muestra	a_w a 22°C
Saucó	1.00
Jalea de sauco	0.78
Arándano azul	0.99
Jalea de arándano azul	0.77

El análisis químico consistió en el análisis de proximal del sauco y el arándano azul, a las muestras liofilizadas. Los resultados se muestran en el Cuadro 5, las muestras fueron trabajadas en base seca, pero los resultados se expresan en base húmeda. La humedad se determinó con la fruta fresca y se encontró que el porcentaje de humedad es mayor en el sauco que en el arándano azul. La cantidad de cenizas es mayor en el arándano azul. El contenido de grasa fue mayor en el sauco, pero ambos valores son bajos. El contenido de fibra es mayor en el arándano azul. En el análisis de proteínas se obtuvo un valor bastante grande en el sauco, con este resultado se podría ver incrementado el consumo de esta fruta ya que las fuentes de proteínas de origen vegetal son escasas.

Cuadro 5. Resultados de análisis proximal del sauco comparado con el arándano azul

	Saucu	Arándano azul
Humedad (%)	89.47	82.75
Ceniza (%)	0.99	1.32
Grasa (%)	0.22	0.07
Fibra (%)	0.20	0.34
Proteína (%)	2.59	0.39
Carbohidratos (%)	6.54	15.14

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia y se encontró que es mayor en el arándano azul. El sabor de los arándanos azules es más agradable que el sabor del sauco en su estado crudo.

Después de haber realizado el análisis proximal, se realizó la determinación de antocianinas. Los resultados del contenido de antocianinas se muestran en el cuadro 6 y se expresan como mg pelargonidina/100g de fruta fresca.

Los arándanos azules presentaron un valor más alto que el sauco mas no considerable, con un porcentaje de diferencia del 6.80%. Estos resultados son parecidos a los obtenidos en un estudio hecho en Japón, en donde se obtuvo 28.8 mg para los arándanos azules y 30.4 mg para el sauco (Jun-ichiro *et.al* 2004). Se esperaba obtener datos menores a los de los polifenoles debido a que las antocianinas forman parte de este grupo. En este caso, no se tiene mucha diferencia entre los resultados, con lo que se podría afirmar que el contenido de antocianinas del sauco es muy parecido al de los arándanos azules.

Cuadro 6. Contenido de antocianinas en el sauco y el arándano azul

Muestra	Concentración (mg pelargonidina/100g fruta fresca)	Porcentaje de error
Sauco	26.06	14.28
Arándanos azules	27.96	2.92

En el mismo estudio realizado en Japón, se determinó por cromatografía que las antocianinas presentes en el sauco fueron cianidina 3-sambubiosida y cianidina 3-glucosida y 5-glucosida, pero la presencia y cantidad de estos compuestos se pueden corroborar con estudios posteriores de diferenciación de compuestos.

Los resultados de los productos procesados del sauco se presentan en el cuadro 7, en donde la jalea de arándano azul presenta el valor más alto (15.04 mg pelargonidina/100g de fruta) y el pastelito tipo cubilete presenta el más bajo (7.44 mg pelargonidina/100g de fruta). La jalea de arándano es de un color morado intenso, mientras que la jalea de sauco es de color rojo intenso.

Cuadro 7. Contenido de antocianinas en los productos procesados del sauco

Muestra	mg pelargonidina/100g fruta fresca
Jalea sauco	14.75
Jalea arándano azul	15.04
Cubilete de sauco	10.53
Cubilete de vainilla	0.00

En el Cuadro 8 se presentan los valores de la pérdida de las antocianinas en los productos procesados, comparado con los valores de la Tabla No. 6. El valor más alto de pérdida fue el del cubilete de sauco debido a que el sauco recibe 2 procesos térmicos:

el calentamiento durante la elaboración de la jalea y el horneado durante la elaboración del cubilete de sauco.

Cuadro 8. Pérdida de antocianinas en los productos procesados del sauco

Muestra	Pérdida de antocianinas (%)
Jalea sauco	43.39
Jalea arándano azul	46.20
Cubilete de sauco	59.59

Para la determinación de fenoles totales, se utilizó el método de Folin-Ciocalteu, el cual se fundamenta en su carácter reductor que provoca un cambio de color medible con el espectrofotómetro. Se utiliza como reactivo una mezcla de ácidos fosfotungstácico y fosfomolibdico en medio básico, que se reducen al oxidar los compuestos fenólicos, originando óxidos azules de wolframio (W_8O_{23}) y molibdeno (Mo_8O_{23}). La absorbancia del color azul desarrollado se mide a 765 nm. Este método permite una estimación de todos los compuestos flavonoides, antocianinas y todos los compuestos fenólicos. Los resultados se expresaron en mg de catecol por 100 g de pulpa de frutos y se muestran en el Cuadro 9. El contenido de polifenoles totales del sauco (226.58 mg catecol/100g fruta fresca) fue mayor al de los arándanos azules (198.78 mg catecol/100g fruta fresca). Este resultado le da más valor al sauco ya que pueden hacerse estudios posteriores para caracterizar los compuestos fenólicos presentes y estudios *in Vitro* para conocer su capacidad antioxidante en el organismo humano.

El valor teórico del contenido de polifenoles de los arándanos azules es de 180mg catecol/100 g de fruta fresca, con lo que se tiene un porcentaje de error de 9.44%.

Cuadro 9. Contenido de polifenoles en el sauco y el arándano azul

Muestra	Concentración (mg catecol/100g fruta fresca)
Saucu	226.58
Blueberrie	198.78

Se analizaron también las muestras de jalea y el pastelito tipo cubilete de sauco, los datos se muestran en el Cuadro 10. Los resultados obtenidos son menores a los de la fruta fresca, con lo que se comprueba el daño que sufren los compuestos fenólicos durante el procesamiento del sauco. Los compuestos fenólicos pierden su color debido a la acción en las enzimas lo cual se traduce en un cambio de color, cambian su color característico (rojo-azul) a colores café-amarillo.

Cuadro 10. Contenido de compuestos fenólicos en los productos del sauco

Muestra	Concentración (mg catecol/100g fruta fresca)
Jalea de sauco	66.99
Jalea de arándano	29.98
Pastelito de sauco	1.33

En el Cuadro 11 se muestran los valores de las pérdidas de compuestos fenólicos debido al procesamiento, los cuales son bastante altos. El pastelito de sauco, de nuevo, es la muestra que tiene una pérdida mayor de compuestos fenólicos en comparación con la fruta.

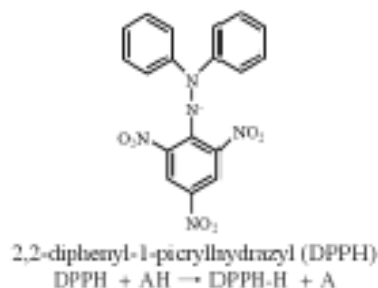
Cuadro 11. Pérdida de compuestos fenólicos (%) debido al procesamiento

Muestra	Pérdida de compuestos fenólicos (%)
Jalea de sauco	70.43
Jalea de arándano	86.77
Pastelito de sauco	99.42

La capacidad antioxidante se determinó mediante el análisis del 2,2-difenil-1-picrilhidrazil –DPPH- (ver Figura No. 8). Las muestras se extrajeron con metanol y se prepararon muestras a diferentes concentraciones con un amortiguador pH6 y metanol. A cada muestra se le añadió 0.5mL de una solución de 114ppm de DPPH. Los tubos se

almacenaron en la oscuridad y después de 30 minutos se llevó a cabo la lectura de las muestras.

Figura 8. Estructura del 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)



El análisis DPPH es un método bastante simple, sensitivo y rápido. En este método se mide el cambio de color que ocurre cuando el radical DPPH, que es bastante estable, recibe un átomo de hidrógeno de un donante. Los resultados de la prueba se expresaron como IC_{50} , que es el valor de la concentración final del extracto capaz de reducir la concentración inicial de DPPH en un 50% (Roesler *et.al.* 2006).

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla No. 12, el IC_{50} se presenta en mg/mL, lo que corresponde a mg de fruta por mL de DPPH. Los resultados de sauco y arándanos están dados en base seca. El valor del arándano teórico es de 1.9 mg/mL, es decir que tiene un 15.78% de error (Schmidt et. Al 2005). No se determinó la capacidad antioxidante del pastelito tipo cubilete debido a que al realizar la prueba, la muestra se precipitó, probablemente por algún interferente presente en la premezcla de la masa. Se recomienda entonces, utilizar otro método para el análisis de capacidad antioxidante para este tipo de muestras.

Cuadro 12. Resultado del análisis DPPH

Muestra	IC_{50} (mg/mL)
Saucu	2.19
Arándano azul	2.20
Jalea de saucu	1.89

En el Cuadro 12 se puede ver que no hay mucha diferencia en la actividad antioxidante entre el sauco crudo y procesado con lo que se puede recomendar incluir el consumo de este producto en la dieta diaria. Pero también se sugiere llevar a cabo análisis de capacidad antioxidante *in Vitro* o biológicos para determinar si se tienen los mismos resultados que los obtenidos en este estudio.

VIII. CONCLUSIONES

- Con la caracterización del fruto de sauco se obtuvo que el peso del fruto de sauco es de 0.0578 ± 0.0005 g, su diámetro de 0.79 ± 0.005 cm y 0.21 ± 0.005 cm. El pH es de 3.89. En el análisis proximal se obtuvo una humedad 89.47%, 6.54% de carbohidratos, 2.59% proteína, 0.99% de cenizas, 0.22% grasa y 0.20% de fibra.
- La cantidad de compuestos fenólicos presente en el sauco (226.58 mg catecol/100g fruta) fue mayor a la contenida en los arándanos azules (198.78 mg catecol/fruta fresca). No se encontró gran diferencia en la capacidad antioxidante del sauco (IC_{50} 2.19 mg/mL) y los arándanos azules (IC_{50} 2.20 mg/mL).
- La pérdida de antocianinas durante el procesamiento fue considerablemente alta 70.43% para la jalea y 99.42% para el pastelito tipo cubilete.
- La capacidad antioxidante no se vio afectada por el proceso térmico en la jalea de sauco.

IX. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios en donde se compare el sauco de diferentes regiones del país, así como su grado de madurez y época de cosecha.
- Llevar a cabo una comparación entre el sauco y otras bayas que ya se incluyen en la dieta diaria.
- Utilizar otro método para la determinación de capacidad antioxidante en productos como los pastelitos tipo cubiletes.
- Efectuar un análisis biológico para determinar los beneficios que trae la ingestión de sauco a la dieta.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Agostini, L., M. Morón, A. Ramón, A. Ayala. 2004. *Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, (54) No. 1: 89-92.
2. Badui, S. 1999. *Química de los Alimentos*. 3a. Edición. México, Longman de México. 648 págs.
3. Faria, A., J. Oliveira, P. Neves, P. Ganeiro, C. Santos-Buelga, V. de Freitas, N. Matheus. 2005. *Journal of Agricultural Food Chemistry* (53) 1768-1775.
4. Frankel, E., A. Meyer. 1998. *Antioxidants in Grapes and Grape Juices and Their Potential Health Effects*. *Pharmaceutical Biology* (36): 14-20.
5. Gao, L. y G. Mazza. 1994. *Quantitations and Distribution of Simple and Acylated Anthocyanins and Other Phenolics in Blueberries*. *Journal of Food Science*, 59 (5): 1057-1059.
6. Grieve, M. 1996. *A Modern Herbal*. Londres, Barnes and Noble Inc. 912 págs.
7. Hernández, C., S. Serna. 2003. *Alimentos nutraceuticos...el futuro de nuestra alimentación*. *Revista Transferencia* 16 (61).
8. Jockey, K., S. Rodgers. 2002. *Food Science. The Biochemistry of Food and Nutrition*. 4ª. Ed. Estados Unidos, McGraw-Hill. 496 págs.
9. Joseph, J., B. Shukitt, N. Denisova, D. Bielinski, A. Martin, J. McEwen, P. Bickford. 1999. *Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive, and motor behavioral deficits with blueberry, spinach, or strawberry dietary supplementation*. *J. Neurosci*, 19 (81):14-21.

10. Jun-ichiro, N., I. Tanaka, S. Seo, M. Yamazaki, K. Saito. 2004. *Profiling and Radical Scavenging Activity of Anthocyanins in Various Berries*. Journal of Biomedicine & Biotechnology, Estados Unidos, 2004(5): 241-247.
11. Kalt, W. 2005. *Effects of Production and Processing Factors on Major Fruit and Vegetable Antioxidants*. Journal of Food Science, 70 (1): 11-19.
12. Kilham, C., 2000. *The Healing Powers of Elderberry*. Total Health, Sep/Oct2000 (22), fasc. 5.
13. Kim, O., O. Padilla-Zakour y P. Griffiths. *Flavonoids and Antioxidant Capacity of Various Cabbage Genotypes at Juvenile Stage*. 2004. Journal of Food Science, 69 (9): 685-689.
14. Roesler, R., L. Malta, L. Carrasco, G. Pastore. 2006. *Evaluation of the Antioxidant Properties of the Brazilian Cerrado Fruit Annona crassiflora (Araticum)*. Journal of Food Science, 71 (2):102-107.
15. Rababah, T., K. Erefeifej, L. Howard. 2005. *Effect of Ascorbic Acid and Dehydration on Concentrations of Total Phenolics, Antioxidant Capacity, Anthocyanins, and Color in Fruits*. Journal of Agricultural Food Chemistry, 53, 4444-4447.
16. Schmidt, B., J. Erdman, M. Lila. 2005. *Effects of Food Processing on Blueberry Antiproliferation and Antioxidant Activity*. Journal of Food Science, 70 (6): 389-394.
17. Skrede, G., R. Wrolstad y R. Durst. 2000. *Changes in Anthocyanins and Polyphenolics During Juice Processing of Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L)*. Journal of Food Science, 65 (2): 357-364.
18. Schoenhals, Kim. 2004. *Beat the Bug*. Better Nutrition, Nov. (2) fasc. 1.
19. Smith, M., K. Marley, D. Seigler, K. Singletary, B. Meline. 2000. *Bioactive*

- Properties of Wild Blueberry Fruits*. Journal of Food Science, 65(2): 352-356.
20. Tristan, F., B. Kraft, B. Schmidt, G. Yousef, C. Knight, M. Cuendet, Y. Kang, J. Pezzuto, D. Seigler y M. Lila. 2005. *Chemopreventive Potential of Wild Lowbush Blueberry Fruits in Multiple Stages of Carcinogenesis*. Journal of Food Science, 70 (3): 159-166.
21. Velioglu, Y., G. Mazza, L. Gao y D. Oomah. 1998. *Antioxidant Activity an Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products*. Journal of Agricultural Food Chemistry, 46 (10):4113-4117.
22. Youdin, K., I. McDonald, W. Kalt, J. Joseph. 2002. *Potential role of dietary flavonoids in reducing microvascular endothelium vulnerability to oxidative and inflammatory insults*. Journal of Nutricional Biochemistry, 13:282-288.
23. W. Kalt, J.E. McDonald, y H. Donner. 2000. *Anthocianins phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blueberry products*. Journal of Food Science, 65 (3): 390-393.
24. Wu X. Et al. 2002. *Journal of Nutrition*. 132: 1865-1871.

En internet:

- (1) <http://www.arbolesornamentales.es>
- (2) <http://www.consumer.es/web/es/20011001/alimentacion/28095.php>
- (3) <http://www.podernatural.com>
- (4) <http://www.enplenitud.com/nota.asp?articuloid=5738>.
- (5) <http://www.newstarget.com/001505-02.html>
- (6) <http://www.blueberry.org>
- (7) http://www.chocolates.com.co/nut_que.htm
- (8) http://www.eufic.org/sp/quickfacts/alimentos_funcionales.htm

XI. ANEXOS

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Cuadro 1.A Humedad de los arándanos

	Peso recipiente (g)	Muestra (g)	Peso final (g)	Residuo de muestra (g)	Porcentaje residual	Porcentaje humedad	
1	13.3029	4.0241	13.9747	0.6718	16.69	83.31	
2	12.3197	4.1025	13.0203	0.7006	17.08	82.92	
3	11.6823	4.0107	12.4037	0.7214	17.99	82.01	
σ	0.816	0.050	0.792	0.025	0.664	0.664	
						Promedio	82.75

Cuadro 1.B Humedad del sauco

	Peso recipiente (g)	Muestra (g)	Peso final (g)	Residuo de muestra (g)	Porcentaje residual	Porcentaje humedad	
1	11.2942	3.9887	11.7131	0.4189	10.50	89.50	
2	12.786	4.0132	13.1947	0.4087	10.18	89.82	
3	12.5662	4.0124	13.004	0.4378	10.91	89.09	
σ	0.805	0.014	0.806	0.015	0.365	0.365	
						Promedio	89.47

Cuadro 2.A Cenizas de los arándanos

	Peso crisol (g)	Peso muestra	Peso final	Peso de muestra final (g)	Porcentaje cenizas	Promedio
a	18.7743	1.4429	18.794	0.0197	1.37	1.32
b	17.812	1.4803	17.831	0.019	1.28	

Cuadro 2.B Cenizas del sauco

	Peso crisol (g)	Peso muestra	Peso final	Peso de muestra final (g)	Porcentaje cenizas	Promedio
1	17.9859	1.9833	18.14	0.16	7.98	8.01
2	18.0935	1.941	18.25	0.16	8.05	

Cuadro 3.A Grasa de los arándanos (Soxhlet)

	Peso recipiente (g)	Peso muestra (g)	Peso recipiente + grasa (g)	Grasa (g) (Porcentaje)	Porcentaje grasa	Promedio
a	64.4503	1.5041	64.4667	0.0164	1.09	1.19
b	64.2064	1.5062	64.2257	0.0193	1.28	

Cuadro 3.B Grasa del sauco (Soxhlet)

	Peso recipiente (g)	Peso muestra (g)	Peso recipiente + grasa (g)	Grasa (g) (Porcentaje)	Porcentaje grasa	Promedio
1	65.6744	1.5003	65.7074	0.033	2.20	2.28
2	64.0685	1.5031	64.104	0.0355	2.36	

Cuadro 4.A Fibra de los arándanos

	Muestra	Antes de cenizas	Después de cenizas	Peso de recipiente (g)	Porcentaje Fibra	Promedio
a	1.0028	34.9563	34.9015	34.8997	5.46	5.79
b	1.0073	35.3171	35.2554	35.2529	6.13	

Cuadro 4.B Fibra del sauco

	Muestra	Antes de cenizas	Después de cenizas	Peso de recipiente (g)	Porcentaje Fibra	Promedio
1	1.004	36.0832	36.0586	35.0546	2.45	2.06
2	1.0086	35.1737	35.1569	35.1553	1.67	

Cuadro 5.A Proteína de los arándanos

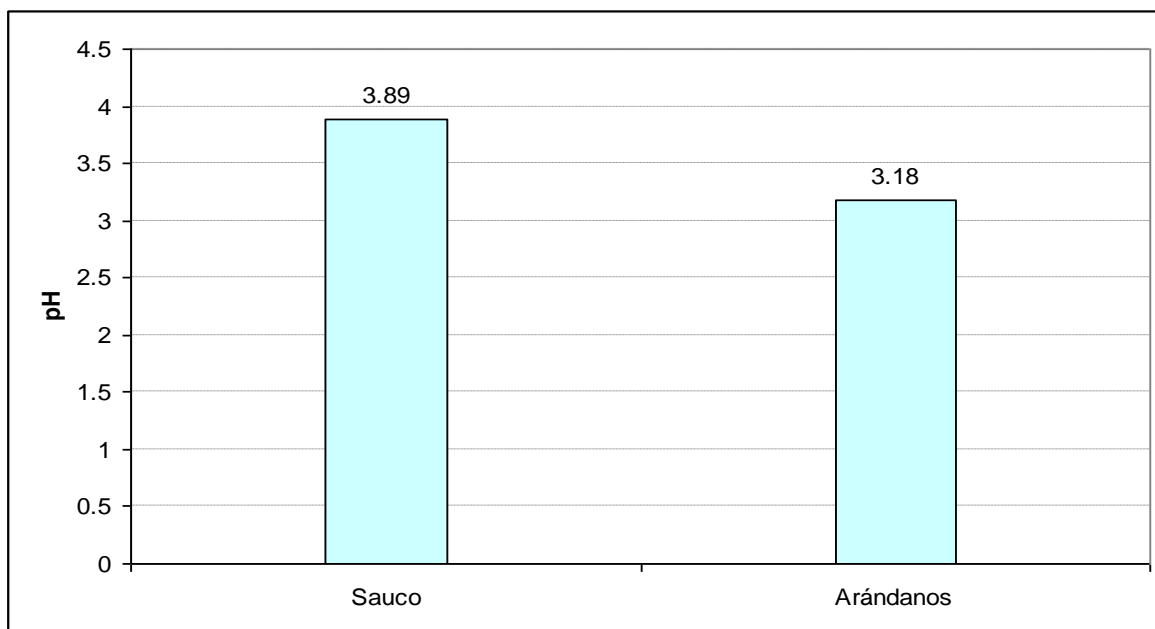
	Muestra	mL consumido	Porcentaje proteína	Porcentaje Seco Promedio	Porcentaje Húmedo Prom
a	0.254	0.6	2.07	2.24	0.39
b	0.2544	0.7	2.41		

Cuadro 5.B Proteína del sauco

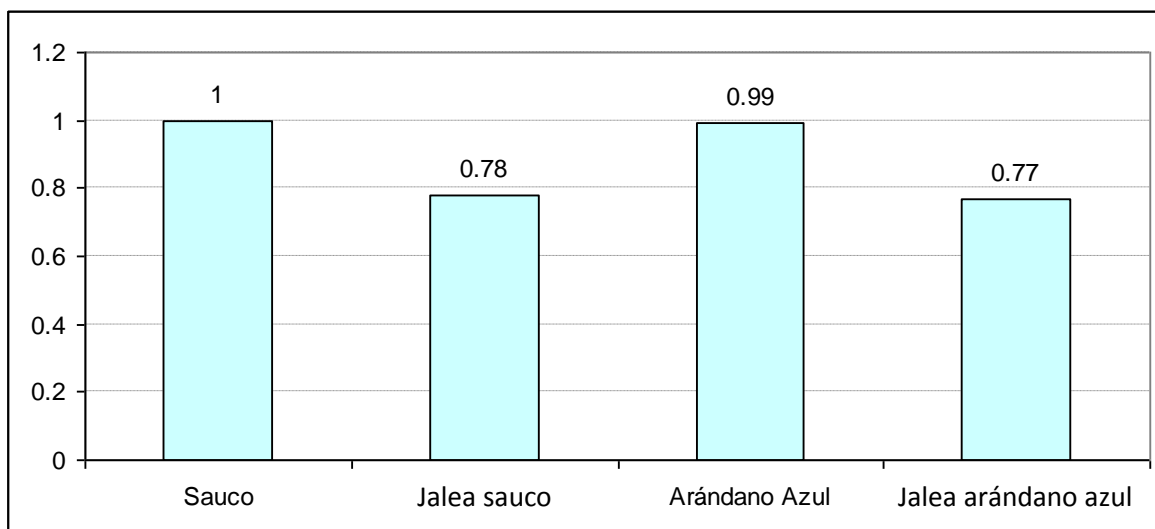
	Muestra	mL consumido	Porcentaje proteína	Porcentaje Seco Promedio	Porcentaje Húmedo Prom
1	0.2556	7.2	24.65	24.55	2.59
2	0.254	7.1	24.46		

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Gráfica No. 1 pH del sauco y los arándanos

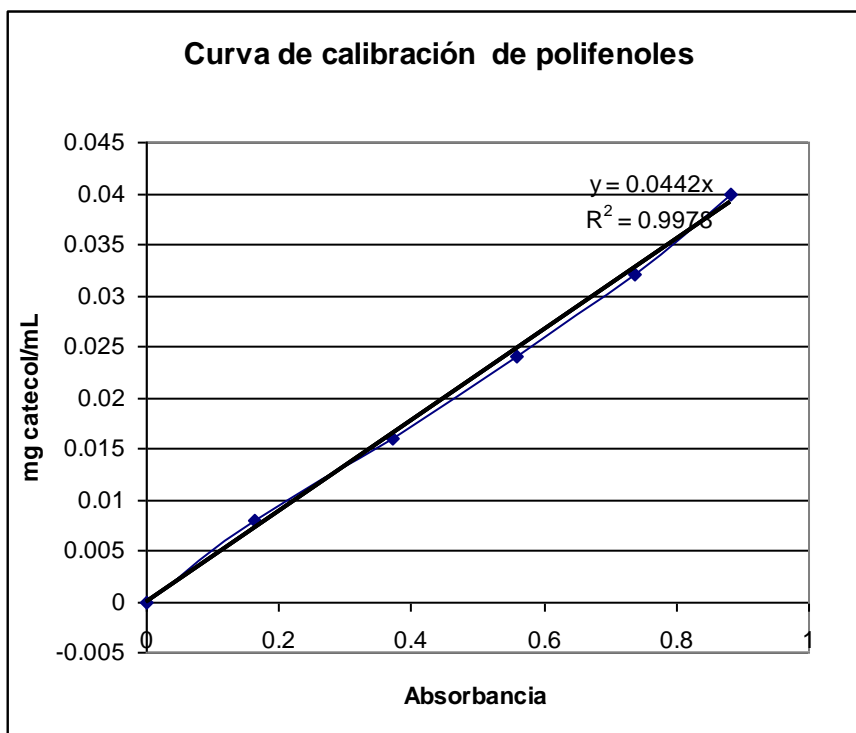


Gráfica No. 2 Actividad de agua

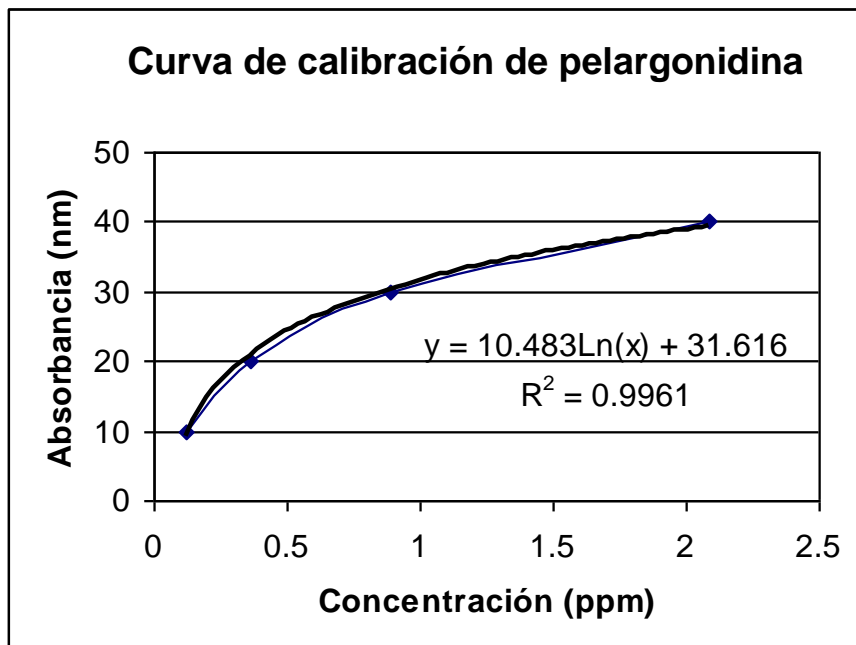


CURVAS DE CALIBRACIÓN

Gráfica No. 3 Curva de calibración de polifenoles



Gráfica No. 4 Curva de calibración de Antocinianas



MEDICIONES DE ANÁLISIS DPPH

Cuadro 6. Datos para análisis DPPH de sauco

SAUCO		Absorbancia (nm)		
	Concentración mg/mL	0 min	30 min	60 min
Muestras con DPPH	1.3365	0.793	0.322	0.323
	2.6731	1.002	0.617	0.602
	4.0096	1.511	1.186	1.138
	5.3461	1.802	1.571	1.504
	6.6827	2.022	1.878	1.791
Muestras sin DPPH	1.3365	0.619	0.618	0.59
	2.6731	0.896	0.909	0.896
	4.0096	1.243	1.224	1.191
	5.3461	1.614	1.555	1.517
	6.6827	2.034	1.947	1.896
Blanco	0	0.787	0.3935	

Cuadro 7. Datos para análisis DPPH de arándanos

ARÁNDANOS AZULES		Absorbancia (nm)	
	Concentración mg/mL	0 min	30 min
Muestras con DPPH	1.33	0.523	0.139
	2.66	0.918	0.517
	4.0036	1.152	0.942
	5.3381	1.558	1.5
	6.6727	2.151	2.043
Muestras sin DPPH	1.33	0.112	0.124
	2.66	0.515	0.523
	4.0036	1.21	1.207
	5.3381	1.545	1.533
	6.6727	2.078	1.921
Blanco	0	1.044	0.522

Cuadro 8. Datos para análisis DPPH de jalea de sauco

Jalea de Sauco		Absorbancia (nm)	
	Concentración mg/mL	0 min	30 min
Muestras con DPPH	7.3467	0.172	0.14
	14.693	0.168	0.15
	22.04	0.2	0.178
	29.387	0.216	0.202
	36.733	0.258	0.257
Muestras sin DPPH	7.3467	0.036	0.039
	14.693	0.073	0.071
	22.04	0.132	0.124
	29.387	0.162	0.161
	36.733	0.193	0.191
Blanco	0	0.775	0.3875