4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Alimentos Funcionales y Conservación

La forma de vida y preferencias de los consumidores a la hora de elegir sus alimentos se ha transformado de la mano con los cambios demográficos, socioeconómicos, políticos, legislativos, medioambientales y de información. Entre algunas de las características, llamadas socioculturales, buscadas actualmente en los alimentos pueden destacarse: mayor conveniencia y tiempo de conservación, fresco o mínimamente procesado y aquellos que proporcionan beneficios a la salud o con funcionalidades terapéuticas.

Se está viviendo un cambio muy importante, en el cual se ha dado el paso de la conservación hacia los alimentos funcionales, es decir, de los alimentos con agregados que les permiten mantenerse frescos o con las mismas cualidades que los frescos, hacia alimentos adicionados capaces de satisfacer necesidades nutricionales, energéticas o incluso hasta de prevenir enfermedades.

La tendencia actual es la utilización de sustancias naturales, extraídas de especias o plantas, como oleorresinas o aceites esenciales para sustituir a los conservadores sintéticos, otorgando así un valor agregado debido a sus propiedades multifuncionales, como pueden ser la mejora de algún proceso biológico específico o evitar el riesgo o agravamiento de cierta enfermedad. (Ibáñez, 2004)

4.2 Antioxidantes

Las plantas, dentro de la fotosíntesis se encuentran expuestas a una gran cantidad de radicales libres formados por el mismo proceso, es por eso que éstas necesitan una elevada concentración de antioxidantes para protegerse a si mismas del daño celular, dicha protección

proviene de los compuestos fenólicos, flavonoides y carotenoides que se encuentra en los pigmentos de las plantas. Se ha demostrado que estos compuestos, al ser ingeridos por los seres humanos, generan una protección similar además de generar sinergias importantes ente algunos compuestos.

Los compuestos bioactivos de origen natural han demostrado ser sumamente efectivos al proporcionar bienestar y salud, por lo que se ha incrementado el interés en ellos como previsores de enfermedades. Algunos padecimientos crónicos y degenerativos como el cáncer o enfermedades cardiovasculares y neuronales, han sido vinculados con la presencia de radicales libres en el organismo. Es una realidad actual que al incrementar el consumo de antioxidantes en la dieta es posible lograr un equilibrio entre éstos y los agentes oxidantes. Es precisamente de fuentes naturales o de derivados de un compuesto natural básico de donde provienen aproximadamente el 30% de los más eficaces productos antineoplásicos. (González et al, 2007)

Estudios afirman que existe una estrecha relación entre la actividad antioxidante y la reducción de riesgos de padecer cáncer y algunas enfermedades cardiovasculares, además de éstas, a los flavonoides y otros compuestos fenólicos, se les atribuyen capacidades antimicrobiales y antiinflamatorias. (González et al, 2007)

Los antioxidantes son utilizados para impedir o retardar oxidaciones catalíticas y enranciamientos naturales o bien, aquellos que son provocados por la luz, altas temperaturas, aire y/o residuos metálicos. Con su uso en alimentos se evita o retarda las oxidaciones que los degradan, ya que se producen grandes pérdidas comerciales y pueden dar lugar a secuelas toxicológicas de enorme importancia.

Existen dos grupos de antioxidantes: sintéticos y naturales.

- *Sintéticos:* Presentan elevada actividad química, gran eficacia a dosis bajas, alta estabilidad y bajo costo, sin embargo pueden formarse productos secundarios en el proceso de fabricación del alimento o bien, al ingerirlos.

- *Naturales:* Tienen menor actividad química y se necesitan dosis más elevadas, además, por la dificultad de su extracción presentan un costo mayor y menor estabilidad. Pese a todo ello, existen numerosas investigaciones que demuestran que no sólo no presentan problemas a la salud, sino que tienen considerables efectos benéficos. (Costa-Batllori, 2003)

4.2.1. Antioxidantes en la Salud

Los antioxidantes juegan un papel decisivo en el estrés oxidativo del organismo, además, tienen propiedades antimutagénicas y antiinflamatorias, previenen la destrucción oxidativa del DNA, enfermedades cardiovasculares, degenerativas, procesos cancerígenos y tumorales, mejora los procesos inmunitarios (antivirales), retardan el proceso de envejecimiento y demencia senil (Costa-Batllori, 2003).

4.2.1.1. Estrés Oxidativo

El cuerpo humano, dentro de sus procesos metabólicos produce, de manera natural, especies oxidantes, las cuales serían una grave amenaza para la salud de no ser porque el mismo cuerpo reacciona a ellos mediante las defensas naturales, sin embargo, estas defensas van perdiendo efectividad con el paso del tiempo. Igualmente, con el paso del tiempo, el cuerpo va incrementando la producción de radicales libres en los procesos metabólicos, que aunado a las fuentes exógenas de radicales como contaminantes ambientales, radiación solar y ejercicio, entre otros, van acelerando el envejecimiento fisiológico.

Dentro del organismo se generan un gran número de reacciones químicas que son favorecidas por acciones enzimáticas y radiaciones ionizantes, produciendo especies reactivas de oxígeno, llamadas prooxidantes, las cuáles reaccionan ocasionando daños en el DNA, proteínas, lípidos y carbohidratos. Al desajuste que se presenta entre el sistema oxidativo de defensa y la formación de sustancias prooxidantes se le llama estrés oxidativo (Montalvo, 2006). Yu et al (2002) señala que dicho desajuste contribuye a la lesión y muerte celular, acelera el proceso de envejecimiento y promueve un gran número de enfermedades, es por ello que actualmente se muestra un gran interés en componentes activos de fuentes naturales para prevenir y combatir esta situación (Kolayli et al, 2003).

Así mismo existen también agentes externos que causan procesos oxidativos en el organismo, como lo son el aire contaminado, alcohol, cigarro, luz solar, ejercicio extenuante, dieta hipercalórica, dieta baja en antioxidantes y ciertas drogas (Kreienbrink, 1999), todo esto va sumando y cuando se abusa de dichos factores, los mecanismos de defensa no son suficientes para erradicar los efectos provocados por los radicales libres (Benvenuti et al, 2004).

4.2.1.2. Mecanismos de Defensa

Diversos estudios han demostrado que es posible reforzar la protección natural del cuerpo contra los efectos degenerativos del estrés oxidativo mediante un incremento de antioxidantes en la dieta.

Los seres vivos están protegidos del daño que causan los radicales libres por la acción de enzimas y antioxidantes naturales, sin embargo, cuando se da una sobreexposición de las células en un medio con grandes cantidades de oxidantes y radicales libres, su mecanismo de defensa no es suficiente para contrarrestar sus efectos dañinos (Benvenuti et al, 2004).

Debido a esto, se buscan fuentes de antioxidantes adicionales ya que actúan como "atrapadores" de radicales libres, agentes reductores, agentes quelantes (estabilizan la

transición de metales e inhiben la generación de radicales), eliminadores de moléculas de oxígeno libre y activadores de las enzimas del sistema de defensa (Yu et al, 2002).

4.2.2. Antioxidantes en la Alimentación Humana

La integración de alimentos que sean ricos en antioxidantes naturales en el consumo humano además de reducir significativamente las posibilidades de enfermedades causadas por estrés oxidativo, ayudan al mantenimiento de la salud y alargar y tener una mejor calidad de vida.

Después de las alteraciones producidas por microorganismos, la oxidación de las grasas, es la forma más importante de deterioro de los alimentos, tanto comercial y nutricional como por las secuelas toxicológicas que derivan de los fenómenos oxidativos (Costa-Batllori, 2003). Finley (2004) indica que hay un incremento sobre la incidencia en la producción de radicales libres cuando las dietas son altas en grasas saturadas *trans*. En la sangre, el mayor tiempo de residencia de los lípidos permite la oxidación de grasas insaturadas, los lípidos oxidados provocan niveles altos de radicales libres.

Asimismo, un exceso de los niveles de azúcar simples en la sangre estimula la formación de radicales libres a nivel celular, lo cuál, principalmente en diabéticos y prediabéticos, se asocia con el aumento de inflamación en la pared cardiovascular (Finley, 2004).

Estudios epidemiológicos han comprobado que la ingesta de granos, frutas y verduras pueden reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con la vejez, se cree que una dieta rica en antioxidantes podría retrasar el proceso de envejecimiento (Yu et al, 2002). La actividad antioxidante de dichos alimentos es importante en la estabilización de ácidos grasos libres, debido a los compuestos fenólicos presentes en sus extractos, es muy común encontrar este tipo de antioxidantes en las semillas de las plantas.

4.2.3. Antioxidantes en la Industria Alimentaria

Actualmente la industria alimentaria utiliza diversas técnicas para evitar o retardar la oxidación, algunas de estas son el envasado al vacío o en recipientes opacos, así como la utilización de antioxidantes (Costa-Batllori, 2003).

Hoy en día, existe una marcada tendencia en la industria alimentaria con respecto a la utilización de antioxidantes, siendo los de origen natural los que van ganando terreno ante los sintéticos no sólo por los beneficios a la salud que se les atribuyen pues es innegable que las presiones sociales y ecologistas han tenido un papel protagónico en esta migración de lo sintético a lo natural, algunas veces por el sólo hecho de su origen (Costa-Batllori, 2003).

4.3. Características del Romero

El romero es un arbusto aromático de hojas perennes, esta especie rara vez, de manera natural, supera 1 metro de altura. Sus flores se caracterizan por presentar dos pétalos dispuestos en 2 labios. Sus ramas son abundantes, ascendentes y paralelas. Las hojas son algo rugosas, alargadas de una tonalidad verde obscura por el frente y revueltas por el revés. Las flores forman espigas en la parte superior de los tallos y suelen ser de tonalidades que van desde el azul hasta el blanco. Suelen aparecer al principio de la primavera o a finales del otoño, aunque en zonas cálidas se dan intermitentemente durante el invierno (Laguna, 2007).

4.3.1. Origen, Familia y Definición

El romero *(Rosmarinus officinalis.)* es una planta medicinal y aromática que pertenece a la familia de las Lamináceas, es típica de la región mediterránea y ha sido cultivada desde hace mucho tiempo. Algunas evidencias sugieren que fue usado en el Antiguo Egipto, Mesopotamia, China e India debido a sus virtudes medicinales, culinarias y cosméticas. Como

resultado es ampliamente usado hoy en día como planta medicinal y tiene una larga lista de demandas relacionadas con esta característica, incluyendo propiedades antibacteriales y antioxidantes. Es sabido que es un efectivo agente quimioprotector y antimutagénico, las investigaciones han indicado que no es tóxico (Luqman et al, 2007).

Algunos datos relevantes que reflejan la variación de acuerdo a la región de origen se presentan en la siguiente tabla:

Propiedad	Francia	Dalmacia	Túnez	Marruecos	Italia
Densidad	0.900-0.920	0.894-0.913	0.916-0.917	0.905-0.912	0.894-0.915
Rotación óptica	+ 13° 10'	+ 0° 43' – +5° 53'	+ 2° 10' - + 2° 40'	+ 0°-14' – + 1° 6'	- 2° 0' - + 13° 0'
Índice de refracción	1.467-1.472	1.466-1.468	1.469-1.470	1.466-1.469	1.465- 1.470
Acetato de bornilo, %	1.00-4.90	1.80-7.00	2.00-2.90	1.60-2.00	--
Borneol, %	8.00-11.30	8.40-14.30	12.90-13.10	10.10-10.30	--
Solubilidad en alcohol 80%, vol.	1-8	1-8	1.1-10	1-10	--

Tabla 4.1. Propiedades del aceite de romero de diferente origen.

4.3.2. Propiedades Físico Químicas

Actualmente el romero se cultiva en casi todos los países alrededor del mar mediterráneo, Inglaterra, Estados Unidos y México. Las hojas contienen alrededor de 1% y 2.5% de aceite esencial. Entre sus componentes más característicos se encuentran monoterpenos, sesquiterpenos, monoterpenoles, esteres terpénicos, monoterponas, derivados terpénicos, diterpenos triciclícos, derivados triterpénicos, polifenoles, flavonoides entre otros que contribuyen a su complejo sabor (Costa-Batllori, 2003).

Los componentes principales que conforman la estructura química del romero son: carnosol, ácido carnósico, rosmanol, epirosmanol, isorosmanol, rosmarinquinona, ácido rosmarínico y rosmaridifenol. Sin embargo, esta composición depende de factores como la variedad de la

planta y etapa de desarrollo en que ésta es recolectada, así como el lugar de origen, una lista detallada de sus componentes más característicos se presenta a continuación:

- Aceite esencial (1-2.5 %)
- Monoterpenos: alfa-pineno (15-25 %), beta-pineno, canfeno (5-10 %), mirceno, limoneno.
- Sesquiterpenos: beta- cariofileno, alfa-terpineol (14-24 %)
- Monoterpenoles: linanol, borneol (1-6 %)
- Esteres terpénicos: 1-8-cineol (15-30 %), acetato de bornilo (1-5 %)
- Monoterponas: alcanfor (15-25 %)
- Derivados terpénicos
- Diterpenos triciclícos: (rosmaridienol, carnosol, ácido carnosílico, rosmanol, 7-metoxi rosmarol)
- Derivados triterpénicos: ácido ursólico, ácido oleanólico, ácido 2-beta-hidroxioleanólico.
- Polifenoles
- Ácidos fenil-carboxílicos: ácido rosmarínico, ácido caféico
- Flavonoides: derivados metilados:
- 4-metoxi: diosmósido, hesperidósico
- 6-metoxi: homoplantaginósido, cirsimarósido, nepitrósido, cupafolina
- 7 metoxifegopolin. (Costa-Batllori, 2003)

Físicamente la estructura epidérmica del romero se compone de diversos tricomas, algunos de ellos glandulares, otros no glandulares; dentro del primer grupo se encuentran los llamados peltados, éstos se localizan en el revés de las hojas, son una especie de bolsas y son las responsables de la generación y almacenamiento del aceite esencial. En la Figura 4.1 podemos observar una fotografía tomada por SEM (Scanning Electron Microscope) donde claramente es posible identificar un Tricoma Glandular Peltado antes de ser sometido a un proceso de

extracción de aceite. La fotografía fue tomada con un zoom de 1000X y una escala de 10 micrómetros. (Cerpa, 2007)

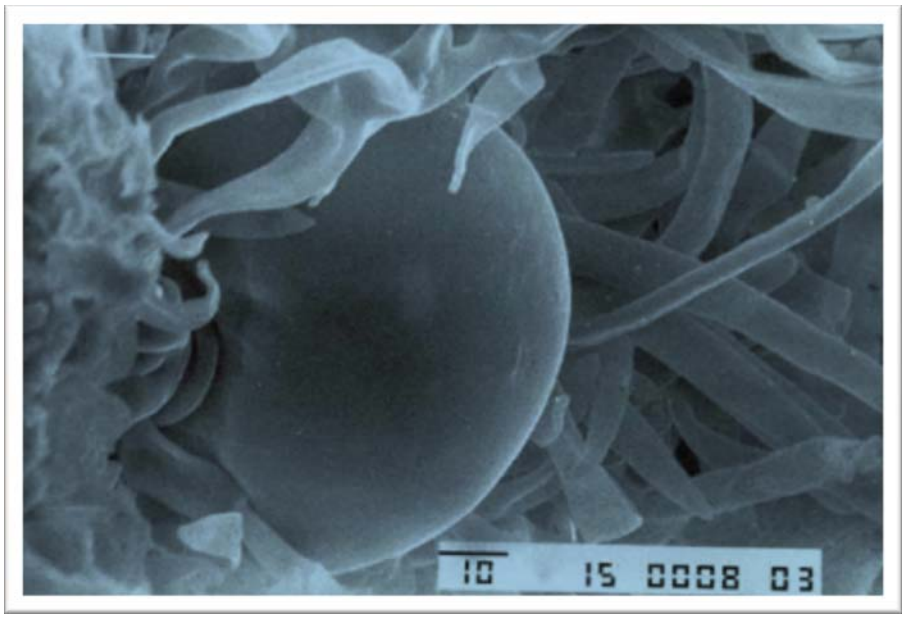

Figura 4.1. Tricoma Glandular Peltado

Éstos tricomas son variables en cuanto a tamaño (aproximadamente 75 micrómetros de diámetro) y distribución, además de encontrarse ocultos entre un número considerable de tricomas no glandulares, los cuales cumplen la función de proteger la epidermis de las plantas contra agresiones mecánicas como roces entre hojas o con otros agentes externos.

En la Figura 4.2 se observa una fotografía, nuevamente tomada por SEM, de una hoja de romero después de haber sido sometida al proceso de extracción de aceite esencial por el método de Hidrodestilación, el zoom configurado al equipo para esta muestra fue de 350X y una escala de 10 micrómetros.

En ésta figura se observa como los Tricomas Glandulares Peltados disminuyeron su volumen o implosionaron, situación esperada pues el aceite esencial fue liberado por ellos con el paso del vapor. (Cerpa, 2007)

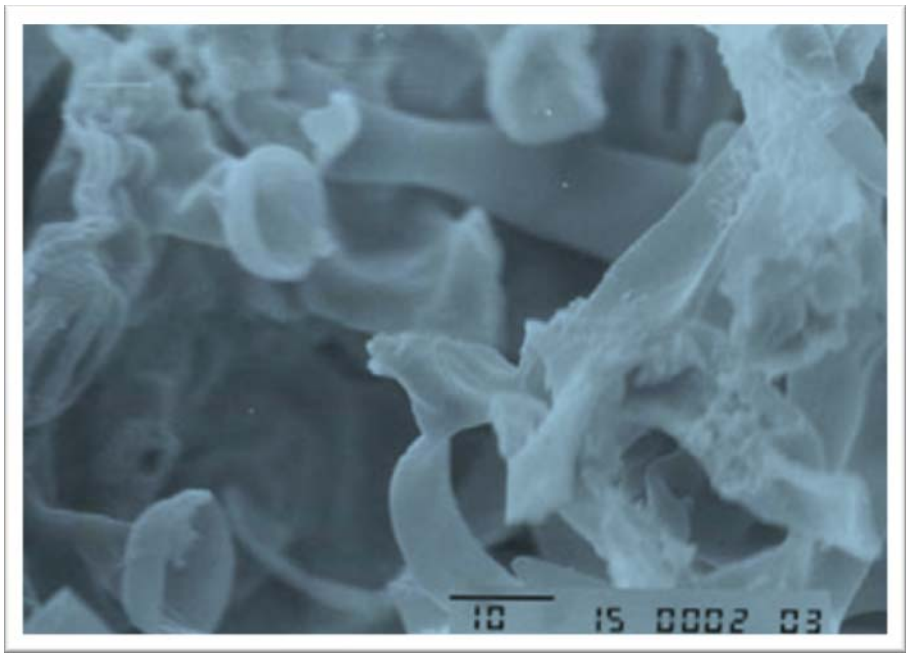

Figura 4.2. Hoja de romeo después de extracción de aceite esencial

4.3.3. Usos y Aplicaciones

El romero es una especie muy popular en muchos países occidentales, pero es más usado en países mediterráneos, especialmente Italia y Francia. La hoja de romero es una especie indispensable en la cocina francesa, italiana y española (Luqman et al, 2007). Es además una especie ampliamente utilizada como ornamento.

El aceite esencial del romero aumenta la circulación de la sangre en las extremidades, tiene efectos antirreumáticos y alivia dolores neurálgicos. Además de sus aplicaciones terapéuticas, su aceite esencial es muy usado dentro de la industria cosmética, produciendo varias colonias, esencias de baño, lociones y shampoo.

Las hojas de romero tienen aplicaciones como antioxidante tanto interno como externo. Además de sus propiedades antioxidantes, estudios científicos han determinado su efecto

inhibitorio en la generación de tumores y mutaciones genéticas. También se han estudiado sus efectos antimicrobianos. Es bien sabido que la actividad antioxidante de este extracto en la industria alimenticia y farmacéutica se debe a la presencia de importantes antioxidantes y componentes fenólicos para prevenir la degradación oxidativa de lípidos contenidos en los alimentos.

Igualmente posee actividad antiparasitaria, insecticida y antifungicida, características importantes para la preservación y el control de seres vivos y padecimientos de origen microbiano. Este punto es particularmente relevante tomando en cuenta que cada día se presentan más mutaciones microbianas que han demostrado incrementar su resistencia a los antibióticos más comunes. (Luqman et al, 2007)

Algunas de las aplicaciones que se le dan al romero dentro de la fitoterapia son bactericida, antiparasitaria, insecticida, antivírica, carminativa, antifúngica y antitumoral, todo esto aprovechando las características que el ser una planta balsámica le otorga. Así mismo es ampliamente recomendado en el tratamiento de las dispepsias para ayudar a la estimulación del apetito y de las secreciones gástricas.

Tiene efectos antiespasmódicos, colagogo, colerético y hepatoprotector, diurético, emenagogo, mucolítico, antiinflamatorio y eficaz en los procesos circulatorios. Se utiliza como linimento en la terapia complementaria de reumatismos y en el agua del baño por su efecto vasodilatador.

En la industria alimentaria se utiliza por sus propiedades conservadoras, por su aroma e incluso llega a ser utilizada como condimento. Se utiliza también para mejorar la calidad de los productos de origen animal, en los que el uso de vitamina E, a altas dosis, por ejemplo, es ya una práctica bastante frecuente.

4.3.4. El Romero como Antioxidante

El extracto de romero carece de toxicidad, es estable hasta los 240°, su actividad antioxidante se debe principalmente al ácido carnósico y al carnosol en lo que concierne a las bases grasas y al ácido rosmarínico y rosmanol ante los productos acuosos. Todos ellos mejoran su actividad cuando se combinan con tocoferoles, ácido ascórbico y ácido cítrico.

De acuerdo a Costa-Batllori (2003) podemos hablar de una eficiencia antioxidante del extracto de romero (ER) de 2 a 4 veces superior a los antioxidantes sintéticos BHT y BHA. Soportando esta afirmación establece que:

200 ppm de ER > 100 ppm de ER + 100 ppm de BHA > 200 ppm de BHA

La eficiencia antioxidante del extracto de romero es altamente positiva. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para desarrollar posibles sinergias con otros extractos naturales con el fin de mejorar los resultados y reducir su costo.

4.4 Aceites Esenciales

Estos son mezclas complejas de sustancias contenidos en los vegetales, se caracterizan por presentar un olor aromático intenso, por lo general son líquidos volátiles. Muchas son las especies que los contienen y este puede estar presente en todos los órganos de la planta, sus flores, corteza, semillas, raíces, hojas, tallo, etc.

Aún dentro de la misma especie las composiciones tanto cualitativa como cuantitativa varían de acuerdo al órgano considerado, así como de las condiciones ambientales en que la especie fue desarrollada y la época del año en que fue cultivada.

Debido a sus múltiples propiedades son utilizados en una gran variedad de productos comerciales. (Burt, 2004)

4.4.1. Propiedades de los Aceites Esenciales

Los aceites esenciales son generalmente líquidos a temperatura ambiente. Una de las diferencias con respecto a los aceites fijos (lípidos) radica en su volatilidad o capacidad de evaporación al contacto con el aire a temperatura ambiente. Para que los compuestos aromáticos puedan volatilizarse su peso molecular debe ser menor a 250 g/gmol. (Pauli, 2001)

Estos son sensibles a la oxidación, no se enrancian como los aceites fijos, son fácilmente alterables y presentan una tendencia a polimerizarse formando así productos resinosos, incrementándose esta tendencia en aquellos que contienen alcoholes terpénicos insaturados, es decir, aquellos que se auto-oxidan, variando su viscosidad, color y olor.

Presentan una variación de densidad que va de 0.84 a 1.18, la mayoría de estos son menos densos que el agua, dos de las especies más pesadas son la canela y el clavo. Por lo general presentan actividad óptica, así como un índice de refracción elevado, el cual arroja un promedio de 1.5.

4.4.2. Obtención de Aceites Esenciales

Los métodos como prensado, fermentación, destilación, etc. son utilizados para extraer el aceite de plantas que no poseen maderas. Sus rendimientos oscilan de 0.1 a 2%, aunque existen algunas excepciones como el clavo de olor que presenta un rendimiento de 15%. (Costa-Batllori, 2003)

Algunos métodos de obtención de aceites esenciales se presentan a continuación:

4.4.2.1 Destilación por Arrastre de Vapor

El fundamento detrás de esta técnica de extracción está dado por el rompimiento del tejido vegetal por efecto de la temperatura del vapor (100°C) liberando así el aceite esencial después de un cierto tiempo.

Los aceites esenciales obtenidos de esta forma deberán ser insolubles en agua, de no serlo, los componentes solubles en agua se quedarán en la fase acuosa aún después de pasar por el condensador y el separador que permite aislar la fase de aceite esencial de la de agua.

El condensador o generador de vapor, como su nombre lo dice, es el responsable de producir el vapor que llega al tanque extractor por la parte de abajo pasando por la rejilla que contiene la muestra de la que el aceite es liberado por efecto del vapor y arrastrado por este hacia el condensador y después por el separador que permite recolectar el aceite esencial y el agua de residuo.

Existen varios factores que influyen en la extracción, entre ellos se encuentran:

- El tiempo de secado del material, este varia mucho dependiendo de la especie, algunas, como el eucalipto puede durar hasta 4 meses.
- El tiempo de extracción, después de un tiempo ya no sale más aceite y si el vapor continúa pasando a través del sistema se provocará una disminución en el rendimiento por arrastre por solubilidad o emulsión del aceite.
- La presión del vapor, si esta es muy elevada se presentará hidrólisis en el aceite disminuyendo su calidad y rendimiento.
- La condensación interior, esta suele evitarse realizando una purga previa a los 30 minutos de haber iniciado el proceso, además de mantener bien aislado el tanque.

- La distribución interior del vapor, esta se logra colocando una flauta de distribución en el fondo del tanque. (Sánchez, 2006)

4.4.2.2 Extracción con Solvente

Este método de extracción requiere que las muestras sean previamente molidas, picadas o maceradas a modo de incrementar el área de contacto entre ellas y el solvente a utilizar. Una vez juntos el sólido y el líquido se busca que se encuentren en constante movimiento, esta agitación permitirá incrementar la eficiencia del método. Las condiciones de temperatura y presión para la extracción pueden ser las ambientales. Entre los solventes más utilizados se encuentran: etanol, éter etílico, metanol, hexano, ciclohexano, isopropanol, éter isopropílico, tolueno, xileno, cloroformo, etc. Aunque el benceno también puede ser utilizado no es recomendado por su peligrosidad para la salud. Los solventes son recuperados por destilación y reutilizados.

Durante el proceso también son extraídos algunos otros componentes como gomas, ceras, grasas, colorantes, proteínas y carbohidratos. Después de los condensadores, en la etapa de recuperación del solvente, se dispone una unidad de enfriamiento con el objetivo de minimizar la pérdida del solvente. El material residual suele ser de consistencia semisólida, pues como ya se dijo, contiene además ceras y otros componentes. (Sánchez, 2006)

4.4.2.3 Extracción Supercrítica

La extracción supercrítica se fundamenta en el punto en el que un gas o vapor ya no puede ser licuado por cambios de presión y/o temperatura. Una característica importante es que no existe diferencia visible entre las fases líquida y gaseosa.

Ante estas condiciones la sustancia más empleada suele ser el CO_2, puesto que presenta baja viscosidad, baja tensión superficial y un alto coeficiente de difusión que permite incrementar

el contacto con la superficie del material por lo que puede penetrar pequeños poros o rendijas, asegurando así una extracción más eficiente en un menor tiempo. Al finalizar el proceso de extracción se remueve el solvente a baja temperatura y/o presiones para, de este modo, disminuir la pérdida de sustancias volátiles y evitar que se formen olores y sabores extraños.

Otra de las razones por las que el CO_2 es tan utilizado es la seguridad, ya que este no es tóxico, ni explosivo, ni incendiario, además de ser bacteriostático.

El punto crítico de temperatura y presión para el CO_2 es a los 73 bar y 31°C.

Una de las grandes desventajas para este método de extracción es su alto costo inicial, aún cuando se haga a pequeña escala, esto debido principalmente a la tecnología utilizada y al costo de los materiales.

Estos equipos suelen fabricarse en acero inoxidable y deben soportar altas presiones y ofrecer un manejo seguro (Sánchez, 2006).

4.4.2.4 Hidrodestilación

Primeramente se coloca agua para cubrir la parte inferior del tanque extractor, después se coloca la parrilla que soporta el material que será extraído sumergiéndola en el agua. La salida de los vapores puede estar localizada en la parte lateral del tanque o en la tapa de este. Un serpentín o espiral enfriado por agua es colocado a la salida del vapor, después de pasar por ahí, el vapor condensado y el aceite esencial son recolectados por un separador de fases, el cual debe caracterizarse por su altura y diámetro suficientes para evitar perder aceite y facilitar la recolección del mismo.

El tanque extractor es calentado a fuego directo por la parte inferior, el vapor que se va produciendo causa el arrastre del aceite esencial.

Este sistema es muy utilizado por su facilidad de instalación, operación, bajo consumo energético, además de ser muy seguro y de poder transportarse de un lugar a otro. Los aceites producidos presentan una coloración mayor que los obtenidos por la técnica de arrastre con vapor, además pueden presentar un ligero olor a quemado, razón por la cual estos aceites siempre requieren de una etapa posterior de refinación. (Sánchez, 2006)

4.5 Capacidad Antioxidante

Los ácidos fenólicos y flavonoides actúan de diversos modos como antioxidantes, el más significativo de éstos es la neutralización y arrastre de radicales con lo que rompen la reacción en cadena prooxidante de estos radicales libres. (González et al, 2007)

4.5.1 Radicales Libres

Éstos son producidos como subproductos durante el metabolismo normal, éste termino engloba a aquellos radicales de oxígeno (radical hidroxi) como a algunos derivados reactivos no radicales de oxígeno (peróxido de hidrógeno). (Perret et al, 2002)

Es indispensable un balance entre la formación y remoción de los radicales libres a modo de conservar la salud manteniendo las funciones fisiológicas normales. Cuando se incrementa la formación de radicales libres y sus niveles suben demasiado pueden causar daños celulares en los ácidos nucléicos, en proteínas y en los lípidos de las membranas. (Perret et al, 2002)

Existe una protección natural contra oxidantes, éstos son los sistemas celulares, los cuales funcionan de manera coordinada, entre ellos se encuentran los sistemas enzimáticos

(superóxido dismutasa (SOD), catalasa, glutatión peroxidasa, glutatión reductasa) y sistemas no enzimáticos (vitamina A, vitamina E, glutatión (GSH), etcétera). (Schutt ,1999)

Los radicales libres no solo son generados de manera natural por el organismo, también pueden venir de el aire y sus contaminantes, el alcohol, el humo del cigarro, la luz solar, etc. (Perret et al, 2002)

4.5.2 Determinación de Fenoles Totales

La actividad antioxidante de granos, vegetales y otros materiales botánicos se debe en gran medida al grupo formado por los compuestos fenólicos. Se utiliza el reactivo Folin-Ciocalteu para librar al extracto de proteínas residuos fenil sustituidas, a pesar de que este método es ampliamente utilizado presenta ciertas limitaciones, entre las que figura la sobreestimación del contenido fenólico total. Bajo la misma línea, algunos compuestos fenólicos pueden presentar comportamientos diversos ante el reactivo Folin-Ciocalteu. (Schutt, 1999)

4.5.3 Depuración de Radicales Libres (DPPH)

Con esta prueba se pretende determinar y comparar la capacidad de remoción de los radicales libres provenientes del 2,2-difenil-picrahidrazil. Los antioxidantes actúan contra los radicales libres, así como agentes reductores y quelantes de metales de transición, también activan el mecanismo antioxidativo del sistema enzimático, reduciendo así el daño que los radicales libres provocan en los organismos biológicos.

El DPPH es capaz de generar radicales libres estables en soluciones etanólicas o acuosas. Cualquiera de estas soluciones pretende reducir al DPPH en presencia de antioxidantes donadores de hidrógeno (AH) formando estructuras no radicales de DPPH (DPPH-H) como lo marca la siguiente reacción:

$$DPPH^{\cdot} + AH \longrightarrow DPPH\text{-}H + A^{\cdot}$$

El radical A pude contribuir de este modo a la formación de moléculas estables a través de las interacciones radical-radical. El remanente de DPPH que se mide después del tiempo establecido de reacción, corresponde de manera inversamente proporcional a la capacidad depuradora de la muestra. Es importante mencionar que este método es sensible, simple y rápido, alrededor de 15 minutos. (Montalvo, 2006)