

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Jamaica

La Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) conocida también como rosa de Abisinia, Hibisco o Rosella pertenece a la familia de las malváceas. Es una especie anual procedente de África que alcanza los dos metros de altura con tallo de color verde rojizo; sus hojas son esparcidas, ovaladas con el borde dentado. Sus flores son solitarias, axilares, formadas por un cáliz rojo y una corola amarilla. Es una planta sensible al frío; crece en diversas regiones tropicales y se cultiva en Asia, India, Filipinas, Malasia, Senegal, Etiopía y México.

Se utilizan los cálices que envuelven al fruto, los cuales son desecados al aire libre. Éstos contienen ácidos orgánicos tal como ácido tartárico, cítrico, málico e hibiscico; glucósidos y compuestos fenólicos como las antocianinas (Stuart, 1981; Wong *et al.*, 2002).

Su uso más común es la obtención de una infusión aromática de color rojo intenso, que puede ser consumida fría o templada. Se emplea también como aromatizante ácido en salsas, jaleas, mermeladas, bebidas y como colorante en alimentos, entre otras (Simonetti, 1994). Puede utilizarse como diurético, astringente y digestivo; se utiliza en abscesos, en tratamientos de ciertos tipos de cáncer, para la reducción de la presión arterial, cálculos de riñón, para combatir problemas de colesterol, entre otros. Contiene además una amplia gama de vitaminas y minerales como lo muestra la Tabla 4.1. g (SNITT, 2002).

**Tabla 4.1 Composición de los cálices de jamaica. Valores para una porción de 100 g (SNITT, 2002).**

<b>Cálices</b>	
Humedad	9.2 g
Proteínas	1.145 g
Grasa	2.61 g
Fibra	12 g
Cenizas	6.90 g
Calcio	1, 263 mg
Fósforo	273.2 mg
Hierro	8.98 mg
Tiamina	0.117 mg
Rivoflavina	0.277 mg
Niacina	3.765 mg
Ácido ascórbico	6.7 mg

En México la producción de jamaica se concentra en quince estados: Guerrero con el 60% de la producción, Oaxaca con el 21%, Nayarit con el 4%; el resto se concentra en los estados de Campeche, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

En Puebla la superficie sembrada es de 453 hectáreas. En la Mixteca, diez municipios tienen potencial productivo, siendo el principal municipio productor Chiautla de Tapia con una producción anual de 22.5 toneladas al año (Secretaría de Desarrollo Rural Puebla, 2009).

#### **4.2 Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de plantas presentes en vegetales, hojas, semillas, flores y cortezas. Son solubles en agua, poseen en común un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilos y pueden estar combinados con una molécula de azúcar como glucósidos (Muchuweti *et al.*, 2007). Su función es proteger a las plantas contra el estrés biológico y ambiental, por lo tanto son

sintetizados en respuesta al ataque patogénico de insectos, bacterias, hongos y virus o en respuesta a la exposición de energía de alta radiación, como la luz UV. Así mismo, contribuyen en gran medida al sabor, color y textura de los alimentos (Johnson, 2001).

Existen numerosos tipos de compuestos fenólicos, los cuales se clasifican de acuerdo a la estructura de su anillo y al número de átomos de carbono substituyendo y enlazando al anillo (Tabla 4.2) (Vattem *et al.*, 2005).

**Tabla 4.2. Principales clases de compuestos fenólicos en plantas (Vattem *et al.*, 2005).**

Número de átomos de carbonos	Esqueleto básico	Clase
6	C6	Fenoles simples, benzoquinonas
7	C6-C1	Ácidos fenólicos
8	C6-C2	Acetofenonas, derivados de tirosina, ácidos fenilacéticos
9	C6-C3	Ácidos hydroxycinámicos, fenilpropenos, cumarinos, isocumarinos, cromonas
10	C6-C4	Naftoquinonas
13	C6-C1-C6	Xantonas
14	C6-C2-C6	Estilbenos, araquinonas
15	C6-C3-C6	Flavonoides, isoflavonoides
18	(C6-C3)2	Liganos
30	(C6-C3-C6)2	Biflavonoides
N	(C6-C3)n	Ligninas
	(C6)n	Catecol
	(C6-C3-C6)n	Flavolanos (taninos condensados)

Los compuestos fenólicos están asociados a la prevención de enfermedades inducidas por estrés oxidativo como son las enfermedades cardiovasculares, cáncer e inflamación. Los posibles efectos protectores reportados, están generalmente asociados con la actividad antioxidante de los mismos (Faudale *et al.*, 2008).

### 4.3 Antocianinas

Las antocianinas, también conocidas como flavonoides azules, son compuestos vegetales no nitrogenados pertenecientes a la familia de los flavonoides, de amplia

distribución en la naturaleza. Son pigmentos solubles en agua, los cuales imparten la coloración roja, morada y azul a muchas frutas, verduras y granos de cereales. (Giusti y Wrolstad, 2001). Poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección contra los efectos de la radiación UV y contra la contaminación viral y microbiana (Garzón, 2008).

Al igual que los flavonoides, el aglucón está formado por un esqueleto consistente de dos anillos bencénicos y uno heterocíclico con oxígeno (Fig.4.1). El núcleo central flavilo constituye la antocianidina que unida a la fracción azúcar (glucosa, ramnosa, galactosa, arabinosa, xilosa o ácido glucurónico) forma las antocianinas. Se conocen aproximadamente 20 antocianidinas dentro de las cuales destacan por su importancia la pelargonidina, delphinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina. Su combinación con los diferentes azúcares genera aproximadamente 300 antocianinas (Badui, 2006).

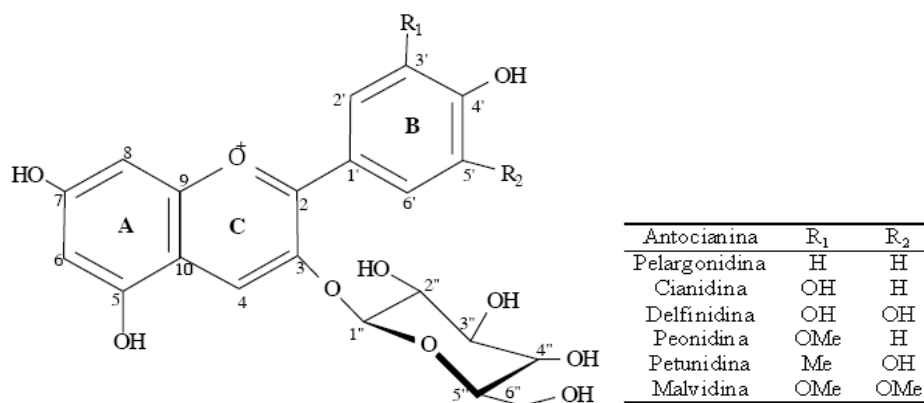


Fig. 4.1 Estructura básica y tipos de antocianinas (Kuskoski et al., 2004).

El color de las antocianinas depende del número y orientación en los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules, mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas (Garzón, 2008).

#### **4.3.1 Factores que afectan el color y la estabilidad de las antocianinas**

Las antocianinas son relativamente inestables y a menudo sufren reacciones de degradación durante el procesamiento y almacenamiento (Durst y Wrolstad, 2001). Dentro de los factores que determinan su estabilidad se encuentran los siguientes:

**pH.** Los pigmentos antociánicos sufren transformaciones estructurales reversibles con un cambio en el pH (Fig. 4.2). La acidez tiene un efecto protector sobre la molécula. La forma oxonio o catión flavilio colorida predomina a pH 1.0; a valores de pH más altos ocurre una pérdida del protón y adición de agua en la posición dos, dando lugar a la forma incolora hemiacetal y chalcona a pH 4.5. (Gusti y Wrolstad, 2001). A valores superiores a siete presentan las formas quinoidales de color púrpura que se degradan rápidamente por oxidación con el aire (Garzón, 2008).

**Concentración.** El aumento en la concentración de antocianinas promueve una más alta estabilidad del color (Rein, 2005).

**Temperatura.** Incrementos en la temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo con la consecuente producción de formas incoloras. (Garzón, 2008). La velocidad de degradación de antocianinas se incrementa durante el procesamiento y almacenamiento a medida que la temperatura aumenta (Rein, 2005).

**Luz.** La luz afecta a las antocianinas en dos formas diferentes: la luz es esencial para la biosíntesis de antocianinas, pero también acelera su degradación. Las antocianinas preservan mucho mejor su color cuando se mantienen en la oscuridad (Rein, 2005).

**Metales.** Las antocianinas cambian de color cuando forman complejos, quelatos o sales con iones de sodio, potasio, calcio, magnesio, estaño hierro o aluminio (Poo, 2005).

**Oxígeno.** El oxígeno amplifica el impacto de otros procesos de degradación de antocianinas. La remoción de oxígeno protege contra la degradación térmica (Rein, 2005).

**Ácidos orgánicos.** Son inestables en presencia de ácido ascórbico ya que acelera su degradación (Garzón, 2008).

**Azúcares.** Los azúcares están presentes de forma natural en los alimentos, y en procesos de producción de alimentos, son nuevamente agregados. Los azúcares así como sus productos de degradación disminuyen la estabilidad de las antocianinas (Rein, 2005).

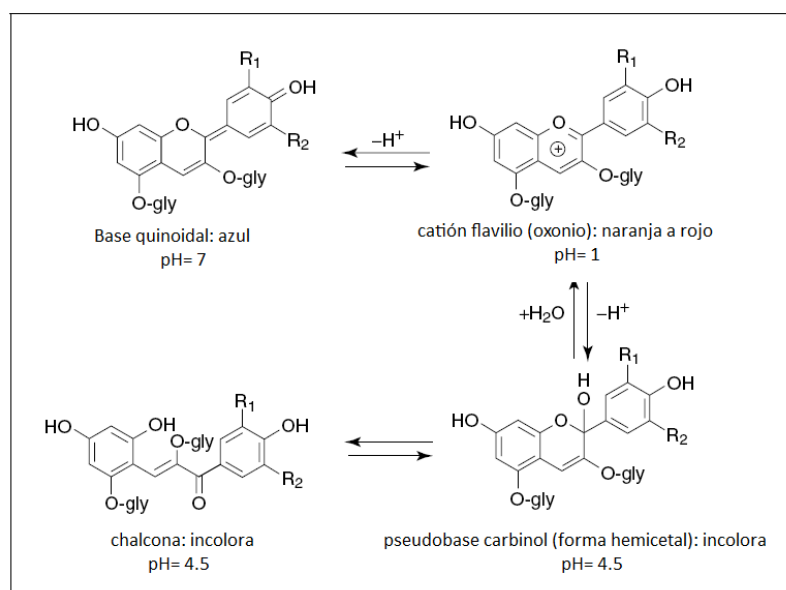


Fig. 4.2 Estructuras predominantes de antocianinas a diferentes niveles de pH (Giusti y Wrolstad, 2001).

**Enzimas.** La inactivación de enzimas, mejora la estabilidad de las antocianinas. Las enzimas que tienen carácter de  $\beta$ -glucosidasa hidrolizan el enlace glucosídico en el C-3, produciendo el correspondiente aglucón el cual es incoloro (López-Munguía *et al.*, 2002).

**Copigmentación.** El color de las antocianinas puede ser estabilizado y enriquecido por reacciones de copigmentación (Rein, 2005). La copigmentación es un fenómeno que involucra la interacción de las antocianinas con flavonoides, polifenoles, alcaloides, aminoácidos y consigo mismas, generando que el color de las antocianinas

sea más intenso, brillante y estable, ya que estos compuestos las protegen de la degradación de la luz, calor o pH (Jiménez, 2008).

Recientemente se ha demostrado que las antocianinas tienen un amplio rango de efectos bioquímicos y farmacológicos, incluyendo actividades antiaterogénicas, antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes (Fukumoto *et al.*, 1999).

#### **4.3.2 Extracción de antocianinas**

La extracción de antocianinas, es el primer paso para su determinación total e individual en cualquier tipo de tejido vegetal. La elección de un método de extracción es de gran importancia en el análisis y depende en gran parte del propósito de la extracción, la naturaleza de las antocianinas y la fuente del material.

Un buen procedimiento de extracción debe maximizar la recuperación de estos pigmentos y minimizar la cantidad de adjuntos y la degradación o alteración del estado natural. Así mismo es deseable que el procedimiento no sea muy complejo, arriesgado y que no consuma mucho tiempo.

El carácter polar de la molécula de antocianina permite su solubilidad en muchos disolventes diferentes como alcoholes, acetona, dimetil sulfóxido y agua. En la mayoría de frutas y verduras, los pigmentos antociánicos están localizados en células cerca de la superficie. Los procedimientos de extracción generalmente involucran el uso de disolventes ácidos, los cuales desnaturalizan las membranas del tejido celular y simultáneamente disuelven los pigmentos.

El ácido tiende a estabilizar las antocianinas, pero también puede cambiar la forma nativa del tejido rompiendo asociaciones con metales, co-pigmentos u otros factores. La extracción con disolventes que contienen ácido hidrocórico pueden resultar en la degradación del pigmento durante la concentración. Por esta razón se ha propuesto el uso de ácidos orgánicos más débiles (ácido fórmico, acético, cítrico, tartárico) o cantidades pequeñas de ácidos más volátiles (ácido trifluoroacético) que

puedan ser removidos durante la concentración del pigmento; así mismo se han sugerido procedimientos en ausencia de ácido.

Para obtener antocianinas cercanas a su estado natural, un número de investigadores han desarrollado procesos de extracción que utilizan disolventes neutrales como 60% de metanol, n-butanol, acetona fría, mezclas acetona/metanol/agua o simplemente agua. Para usos alimenticios, se ha sugerido al etanol sobre el metanol, para evitar la toxicidad de soluciones metanólicas (Rodríguez-Saona y Wrolstad, 2001).

#### **4.4 Antioxidantes**

Los antioxidantes, también llamados inhibidores de la oxidación, son moléculas que presentan estructuras químicas y mecanismos de acción muy variados para prevenir o retardar las reacciones de oxidación; son potentes captadores de radicales libres.

Un radical libre es un intermediario químico que en su estructura presenta un electrón desapareado, dándole una configuración espacial que genera una gran inestabilidad; son muy reactivos, tienen una vida media corta, por lo que actúan cercano al sitio en que se forman (Venereo, 2002).

Moléculas activas del oxígeno como los radicales superóxidos ( $O_2^{\bullet-}$ ,  $OOH^{\bullet}$ ), hidroxil ( $OH^{\bullet}$ ) y peroxil ( $ROOH^{\bullet}$ ) juegan un papel importante en el estrés oxidativo relacionado a la patogénesis de varias enfermedades importantes. En individuos sanos, la producción de radicales libres está controlada por un sistema de defensa balanceado, de tal manera que el estrés oxidativo se genera cuando el balance está a favor de los radicales libres debido a un aumento en su producción o agotamiento de niveles de antioxidantes (Faudale *et al.*, 2008). El daño oxidativo, causado por la acción de radicales libres, pueden iniciar y promover la progresión de enfermedades como artritis, envejecimiento, enfermedad de Alzheimer's y Parkinson, disfunciones gastrointestinales, tumores, y cáncer. Así mismo el estrés oxidativo, conlleva a la



oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL), la cual está asociada con la iniciación de la aterosclerosis y con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Alonso *et al.*, 2002).

Los antioxidantes neutralizan la acción de los radicales libres, éstos al interactuar con el radical libre ceden un electrón y se oxidan. Por lo que la reposición de ellos debe ser continua mediante la ingestión de los nutrientes que los contienen. La actividad o capacidad antioxidante de una molécula, depende no sólo de características estructurales como la reactividad química hacia los peróxidos y otras especies reactivas, sino también de muchos otros factores como es el caso de la concentración, la temperatura, la luz, el tipo de sustrato, el estado físico del sistema y de la presencia de numerosos microcomponentes que pueden actuar como prooxidantes o sinergistas (Yanishlieva, 2001).

Existe un número creciente de datos experimentales y epidemiológicos que demuestra que las frutas y verduras son benéficas para la salud y proporcionan protección contra numerosas enfermedades crónicas y degenerativas como las ya antes mencionadas. El efecto protector de estas especies vegetales ha sido atribuida a sus constituyentes antioxidantes que incluyen a los flavonoides, ácidos, fenoles, tocoferoles, carotenoides, vitaminas C y E entre otros. Por lo tanto una dieta de frutas y verduras rica en antioxidantes puede retardar o amortiguar el daño causado por los radicales libres y ayudar en la prevención de enfermedades (Howard *et al.*, 2003).

#### **4.4.1 Cuantificación de la capacidad antioxidante**

Se han desarrollado distintos métodos de evaluación a la que se denomina “actividad antioxidante” o “capacidad antioxidante”, generalmente basados en la evaluación de la capacidad de captura de radicales libres o en la evaluación de su capacidad reductora, constituyendo el grupo de “métodos químicos”. Estos métodos ofrecen información muy diversa a la que aportan aquellos basados en medidas biológicas o metabólicas que determinan o evalúan capacidades antioxidantes específicas.

Los métodos “químicos” permiten obtener correlaciones entre la actividad antioxidante y la vida media de los productos, pero sólo permiten ligeras aproximaciones a sus efectos protectores de la salud que son evaluados por los métodos biológicos.

Sea cual sea el método a aplicar, biológico o químico, para una correcta interpretación de la acción de un determinado antioxidante, es necesario diseñar o escoger el método atendiendo los siguientes parámetros:

- Especificar el sustrato oxidable que será protegido por el correspondiente antioxidante
- Determinar el parámetro que permitirá la medida correcta del grado de oxidación y de la inhibición ejercida por el antioxidante, así como determinar el punto final de la oxidación.
- Asegurar que el sustrato y el modo de inducir la oxidación son relevantes
- Determinar algún posible efecto pro-oxidante de los antioxidantes (González *et al.*, 2001).

#### **4.4.2 Métodos para la evaluación de la capacidad antioxidante**

A continuación se mencionan los métodos más usados para la evaluación de la capacidad antioxidante:

- a) Ensayo TRAP (Total Radical-trapping Parameter) desarrollado por Wayner *et al.* en 1985.
- b) Captura del anión superóxido (Kanner *et al.* 1987)
- c) Método del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracil (DPPH) desarrollado por Kaneda *et al.* (1995).
- d) Ensayo FRAP (Ferric-Reducing Antioxidant Power) desarrollado por Benzie y Strain en 1996.
- e) Método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) (Cao 1997).

- f) Método del 2,2'azinobis-(3-etilbenzotiazolin 6 ácido sulfónico) (ABTS) desarrollado por Re *et al.* (1999).
- g) Método del N,N-dimetil-p-fenilendiamina (DMPD) propuesto por Fogliano *et al.* en 1999. (González *et al.*, 2001).

#### **4.4.3 Métodología ABTS**

El método ABTS es una técnica que se usa para medir la capacidad antioxidante de un material biológico, compuestos puros o extractos de plantas de naturaleza hidrofílica o lipofílica.

Involucra un compuesto coloreado de naturaleza radical (radical ABTS•+), con el fin de simular especies reactivas de oxígeno y nitrógeno; de esta manera la presencia del antioxidante conduce a la desaparición de este radical coloreado.

El radical ABTS•+ debe ser generado mediante reacciones químicas (dióxido de manganeso, persulfato de sodio) o enzimáticas (peroxidasa, mioglobina). Dicho radical, tiene la capacidad de solubilizarse en medios acuosos y orgánicos. El radical ABTS•+ es el más indicado para evaluar la capacidad antioxidante de compuestos coloreados, como en el caso de las antocianinas, por presentar una absorbancia máxima próxima a la región infrarroja (754 nm), reduciendo así, las posibilidades de interferencias de compuestos colorados que absorben en la región visible o de compuestos resultantes de reacciones secundarias.

El radical ABTS•+, ha sido validado por su estabilidad, reproducibilidad y por ser una alternativa mucho más viable económicamente a otros métodos de evaluación de capacidad antioxidante (Kuskoski *et al.*, 2004).

#### **4.5 Microencapsulación mediante secado por aspersión**

La microencapsulación se puede considerar como una forma especial de empaquetar, en la que un material en particular puede ser cubierto de manera individual para protegerlo

del ambiente y de influencias deletéreas (temperatura, humedad, radiación UV, microorganismos, etc.). En un sentido amplio, la microencapsulación provee un medio de envasar, separar y almacenar materiales en escala microscópica para su liberación posterior bajo condiciones controladas (Fitonelli y Rocha-Leao, 2005; Pedroza-Islas, 2002). La microencapsulación se aplica para preservar y/o proteger numerosos ingredientes comerciales. El material que es cubierto se refiere como fase interna y el material que recubre es llamado pared y generalmente no reacciona con el material a encapsular.

Los microencapsulados presentan una variedad amplia de estructuras, algunas son de geometría geométrica esférica, mientras que otras pueden tener una geometría irregular.

Para preparar los microencapsulados existen numerosas técnicas, y se ha sugerido que podrían identificarse más de 200 métodos en la literatura. No obstante, algunos autores clasifican a los métodos de encapsulación en físicos o mecánicos y químicos.

El secado por aspersion es un método físico ampliamente usado para encapsular ingredientes alimenticios y es el más económico. Este proceso es en sí uno de deshidratación, pero se considera también de encapsulación ya que puede producir partículas que atrapan al material a cubrir. Por definición corresponde a la transformación de un fluido en un material sólido, atomizándolo en forma de gotas minúsculas en un medio de secado en caliente. La distribución del tamaño de las partículas obtenidas por este método es en general menor a 100  $\mu\text{m}$ , aunque hay que destacar que ello depende de las condiciones de proceso (Pedroza-Islas, 2002).

El proceso consiste de la preparación de la emulsión o disolución del material a encapsular en una solución de encapsulante, la atomización y la deshidratación de las partículas atomizadas. Dentro de los parámetros más importantes a controlar durante el secado se encuentran las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo de alimentación, el producto a secar, el tiempo de residencia y acondicionamiento

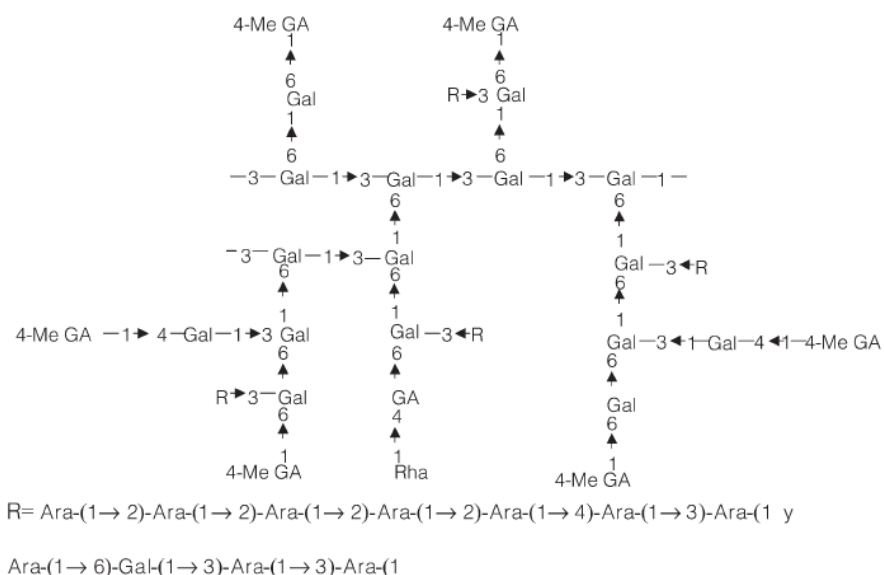
de la materia prima (García *et al.*, 2004). Una de las grandes ventajas de este proceso, además de su simplicidad es que es apropiado para materiales sensibles al calor, ya que el tiempo de exposición a temperaturas elevadas es muy corto.

Los encapsulantes (biopolímero) o materiales formadores de pares más utilizados para este método han sido los siguientes: carbohidratos (almidón y derivados, maltodextrinas, jarabes de maíz, ciclodextrinas, carboximetilcelulosa y derivados); gomas (arábica, mezquite, alginato de sodio); lípidos (ceras, parafinas, grasas); proteínas (gelatina, proteína de soya, caseinatos, suero de leche, zeína). Desde luego que el tipo de material encapsulante tendrá influencia en la estabilidad de la disolución antes de secar, en el tamaño de partícula, en las propiedades de flujo y en la vida útil del material deshidratado (Pedroza-Islas, 2002).

#### **4.5.1 Goma de mezquite**

El mezquite es un árbol que se encuentra ampliamente distribuido en las zonas áridas y semiáridas del mundo. Al estar expuesto a ataques de insectos, heridas mecánicas y en condiciones diversas de estrés fisiológico como calor y agua, el árbol de mezquite segrega un exudado vítreo o goma de color rojo ámbar y a veces rojo oscuro, conocido como goma de mezquite.

Este polisacárido es una arabinogalactana proteica cuyas propiedades químicas macromoleculares y funcionales son similares a la de la goma arábica. Además de los componentes polisacáridos, la goma de mezquite tiene una fracción proteica que oscila entre 2 y 4.8%. Esta estructura muy ramificada genera una conformación molecular compacta, con alta solubilidad en agua (Fig. 4.3).



**Fig. 4.3 Estructura de la goma de mezquite (López-Franco et al., 2006).**

Una de las propiedades importantes de la goma de mezquite es la capacidad de emulsificación la cual es esencial para la microencapsulación; además se considera un estabilizador debido a la posibilidad de formar soluciones concentradas sin aumentar la viscosidad de la solución (López-Franco *et al.*, 2006).

#### 4.6 Laurel

El laurel (*Laurus nobilis*) pertenece a la familia de las lauráceas. La especie es originaria de Asia menor y de la región Mediterránea, donde abunda en zonas de clima benigno aunque soporta temperaturas invernales relativamente bajas. El laurel es un árbol de tronco erguido de hasta 15 metros de altura, habitualmente cultivado como arbusto llegando a alcanzar de cinco a ocho metros de largo (Simonetti, 1994; Stuart, 1981). Es una planta de hoja perenne oscura, brillante y lanceolada que al ser exprimida emite un dulce olor balsámico; las hojas contienen un aceite esencial que le confiere propiedades antisépticas, carminativas, estimulantes y antiinflamatorias (Genders, 1983).

El laurel se cultiva en muchas partes del mundo, particularmente en los países del Mediterráneo: Francia, Grecia, Marruecos, Israel, Portugal, España, Turquía y Yugoslavia; también es cultivado en Guatemala, México y Rusia.

Se emplean las hojas secas sobre todo como hierbas culinarias para condimentar algunos guisos. En la industria de la perfumería se emplea el aceite esencial para aromatizar jabones y velas; de igual manera en la industria de alimentos se utiliza para aromatizar tanto bebidas alcohólicas como no alcohólicas (Farrel, 1985).

#### **4.7 Aceites esenciales**

Los aceites esenciales también llamados esencias, aceites volátiles o aceites etéreos, son una mezcla de sustancias aromáticas producidas por muchas plantas; se encuentran en las hojas, flores, semillas, resinas, raíces, cortezas y piel de frutas.

Las plantas poseen de 1-3% de aceite esencial con respecto a su masa vegetal. Estos aceites son olorosos y volátiles, ya que se evaporan rápidamente al entrar en contacto con el aire; son solubles en disolventes orgánicos comunes, e insolubles en agua. Tienen una química compleja pero en general, son una mezcla de terpenos, alcoholes, aldehídos, y ésteres (Lucheroni y Padrini, 2001).

La siguiente tabla muestra los constituyentes identificados en el aceite esencial de laurel, dentro de los que destacan el 1,8-cineol en un 46.8%, el sabineno en un 8.1% y el alfa-terpinil acetato en un 7.9% (The International Centre for Science and High Technology, 2009).

**Tabla 4.3. Constituyentes del aceite esencial de laurel (*The International Centre for Science and High Technology, 2009*).**

<b>.Compuesto</b>	<b>Porcentaje</b>
1,8-cineol	46.8
sabineno	8.1
alfa terpinil acetato	7.9
alfa-pineno	4.7
alfa-terpineol	4.6
beta-pineno	4
linalol	2.1
terpinen-4-ol	1.8
limoneno	1.3
metil-eugenol	1.3
eugenol	1.3

#### **4.7.1 Actividad biológica de los aceites esenciales**

Varios estudios reportan sobre las diferentes actividades biológicas que presentan los aceites esenciales tales como insecticidas, antioxidantes y antibacterianos. Esta actividad biológica puede variar desde la inhibición completa o parcial del crecimiento microbiano, hasta la acción bactericida o fungicida.

Estudios previos han demostrado que los terpenoides son los principales contribuyentes de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales, siguiendo en orden de actividad, los terpenoides que contienen grupos alcoholes, luego los que poseen aldehídos y por último los que tienen grupos cetónidos. Sin embargo, el mecanismo de acción específico de estos compuestos no ha sido claramente caracterizado; aunque se propone que los sitios de acción de los agentes antimicrobianos en la célula microbiana, incluye a la membrana celular, pared celular, enzimas metabólicas, síntesis de proteínas y el sistema genético; los cuales representan sitios estratégicos para la supervivencia de los microorganismos (Maguna *et al.*, 2006).



#### **4.7.2 Obtención de aceites esenciales: destilación por arrastre de vapor**

En la actualidad, los métodos más utilizados para la extracción de aceites esenciales incluyen a la destilación por arrastre de vapor. Este método aprovecha la propiedad que tienen las moléculas de agua en estado de vapor de asociarse con moléculas de aceite. El sistema requiere de un recipiente con agua en ebullición para generar el vapor, un recipiente hermético con una entrada y salida de vapor para depositar el material de las plantas (hojas, flores, madera, semillas); un condensador, que puede ser un sistema de enfriamiento típico de una destilación simple y un recipiente que recolecte el destilado y que facilite la separación del agua y aceite (Olaya y Méndez, 2003).