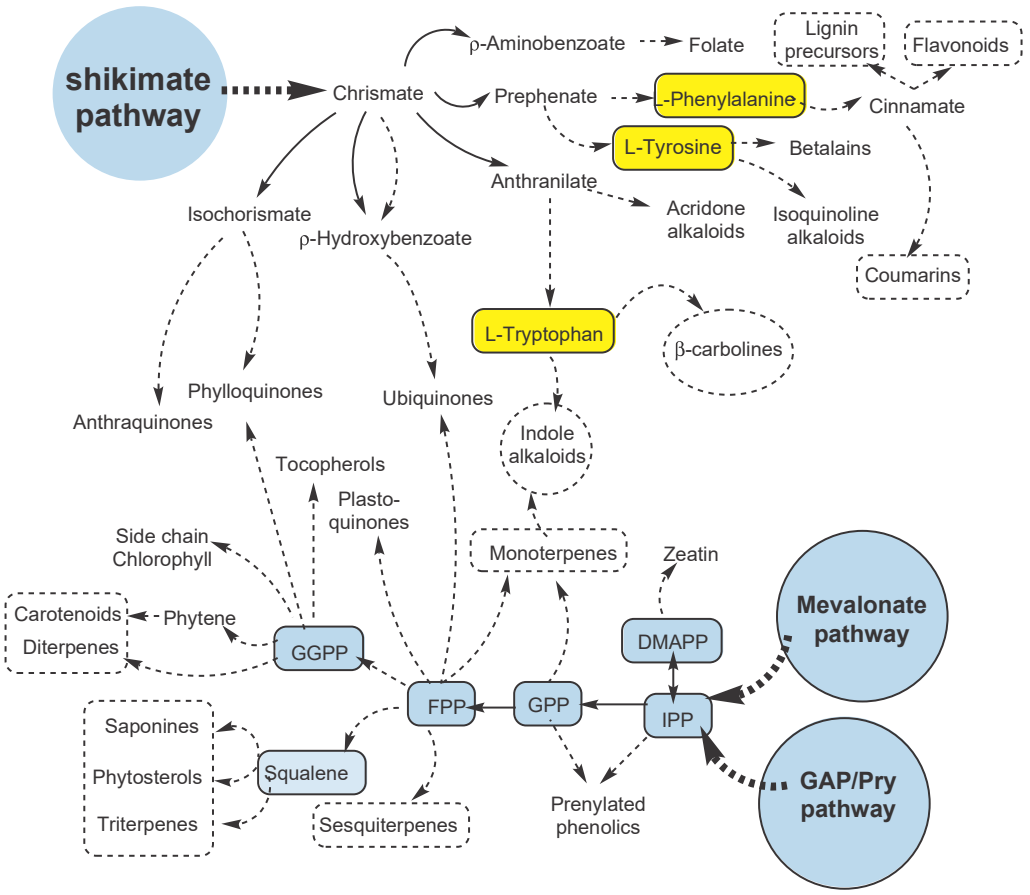


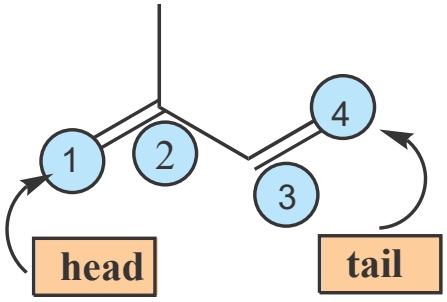
شكل 28: المسارات المختلفة لتخليق المنتجات الثانوية

IV التربينات

1.IV التربينات ووحدة الإيزوبرين

اقترح مصطلح التربينات سنة 1880م من قبل Ruzicka، وهي تعد مجموعة هائلة من المنتجات الطبيعية ذات هياكل كربونية متنوعة، بدءا بسلاسل خطية بسيطة وانتهاء ببنيات متعددة الحلقات. تشمل التربينات على عدد كبير من المواد الهامة للنبات، أهمها الزيوت الطيارة والكاروتينيدات والمطاط وبعض الهرمونات، إذ أحصى العلماء أكثر من 40000 مركب تربيني في الطبيعة معظمها ذات الأصل النباتي.

فالتربينات مركبات هيدروكربونية غير مشبعة قابلة للاشتعال تدخل في بنائها وحدة Isoprene (C_5H_8) ويعرف كيمائيا باسم (2-methyl-1,3-butadiene)، ترتبط وحدات الإيزوبرين غالبا باتحاد رأس إلى ذيل (شكل 29) وحسب تجمع وحدات Isoprene، تقسم التربينات إلى عدة مجموعات موضحة في (جدول 8).



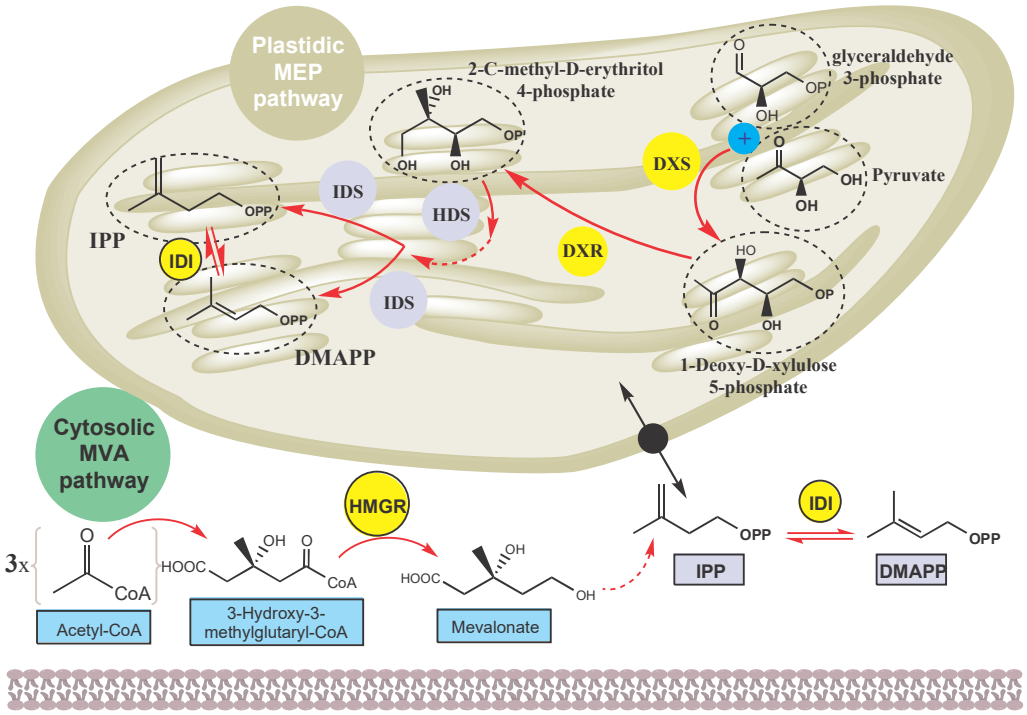
شكل 29: وحدة Isoprene

جدول 8: تقسيم التربينات حسب وحدات الإيزوبرين

وحدات الإيزوبرين	اسم التربين	الصيغة الكيميائية المجملة	أمثلة
$(C_{10})2$	تربينات أحادية Mono Terpenes	$C_{10}H_{16}$	سلسلة مفتوحة: (Citral, Geraniol) سلسلة حلقية: (Camphor Menthol)
$(C_{15})3$	سيسكوتربينات Sesquiterpenes	$C_{15}H_{24}$	سلسلة مفتوحة: (Farnesol) سلسلة حلقية: (Cadinene)
$(C_{20})4$	تربينات ثنائية Diterpenes	$C_{20}H_{32}$	سلسلة مفتوحة: (Phytol) سلسلة حلقية: (Gibberellins)
$(C_{30})6$	تربينات ثلاثية Tri terpenes	$C_{30}H_{48}$	سلسلة مفتوحة: (Squalene) سلسلة حلقية: (Steroids)
$(C_{40})8$	تربينات رباعية Tetra terpenes	$C_{40}H_{64}$	(Carotenoids): (Carotenes, Xanthophylls)
$> 8(C>40)$	تربينات متعددة Poly terpenes	C_nH_x	(Rubber)

2.IV بناء التربينات ومشتقاتها

التخليق الحيوي لـ IPP وأماكن بنائه: في الخلية النباتية يوجد مسلكين لتخليق وحدات الإيزوبرين، في السيتوزول نجد مسلك حمض الميفالونيك (MVA) أما في الكلوروبلاست يتم تخليق التربينات انطلاقا من مسلك Methylerythritol 4-phosphate (MEP) (شكل 30).



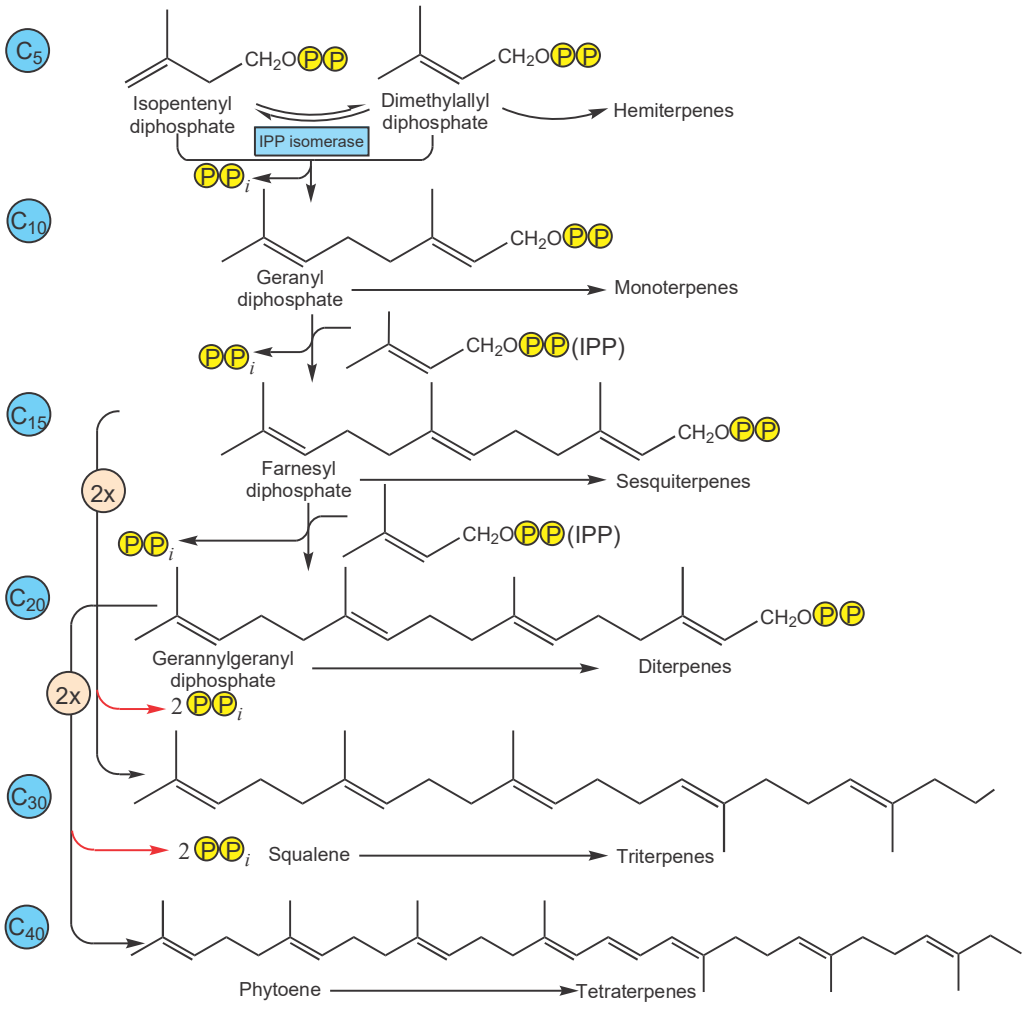
شكل 30: الاصطناع الحيوي لـ Isopentyl pyrophosphate(IPP) في السيتوزول والبلاستيدات

- DXS : 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate synthase
- DXR : 1-deoxy-D-xylulose-5-phosphate reductoisomirase
- HDS : hydroxy-2-methyl-2-buteryl4-diphosphate synthase
- IDS : isopentyl dimethylallyl diphosphate synthase
- IDI : isopentyl diphosphate synthase
- HMGR : methyl hydroxy glytaryl redectase

السيتوزول: انطلاقا من وحدات الآستيل ($CH_3CO\cdot S\cdot CoA$) الناتجة من التحلل السكري، تتكاثف جزيئتين منه معطية Acetoacetyl CoA هذا الأخير يتحد مع جزيئة ثالثة من ($CH_3CO\cdot S\cdot CoA$) ليشكل حمض الميفالونيك في وجود إنزيم methyl hydroxy glytaryl redectase(MHGR) ، وعن طريق عملية الفسفرة ونزع الكربوكسيل يتم تخليق isopentyl pyrophosphate(IPP)

الصانعات الخضراء: يتفاعل حمض البيروفيك (pyruvate) مع فوسفو غليسر ألديهيد (D-glyceraldehyde-3-phosphate) في وجود إنزيم 1-deoxy-D-xylulose 5-phosphate synthase ليعطي مركب 1-deoxy-xylulose 5-phosphate (DOXP) وبعد عملية التماكب والاختزال بواسطة NADPH يتكون 2 methyl-Derythritol-4-phosphate ثم بعد ذلك يتشكل isopentyl pyrophosphate (IPP) . ثم يتحول جزء

من (IPP) إلى شبيه الإيزوميري المعروف باسم Dimethyl Allyl PP الذي يندمج معه ليكون سلسلة المفتوحة للتربين الأحادي Geranyl-pyrophosphate (GPP) (شكل 31) ومنه تتكون التربينات الأحادية الأخرى سواء ذات السلسلة المفتوحة أو الحلقية والتي تختلف فيما بينها في اختزال وتأكسد ذرات الكربون داخل البنية الكربونية للتربينات. تحدث اضافة أخرى مشابهة من جزيء (IPP) إلى (GPP) لتعطي مركب Farnesyl pyrophosphate (FPP) ثم بعد ها نتحصل على ge- (GGPP) ranylgeranyl diphosphate ومنه تتكون مركبات سيسكوتربينات وتربينات ثنائية والثلاثية والرباعية كما هو موضح في (شكل 31)



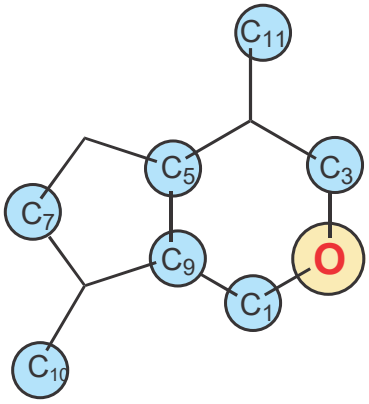
شكل 31: الاصطناع الحيوي للمركبات الوسطية التي تدخل في بناء التربينات ومشتقاتها

3.IV التربينات الأحادية ودورها البيولوجي

التربيات الأحادية هي واحدة من مجموعات المواد التربينية الطبيعية الأكثر انتشارا، تخليقها الحيوي يتكون من وحدتي الإيزوبرين (10 ذرات كربون) ترتبطان من الرأس إلى الذيل (شكل 31)، يتم الحصول عليها من الأوراق والأزهار والفواكه، لها العديد من الوظائف المختلفة كحماية النباتات المزروعة ضد الحشرات، كما تعد مواد منكهة مثل مركب Citral الذي يدخل في تكوين عصارة الليمون ورائحته، ومن الناحية الصناعية والتجارية فهي تدخل كمواد فعالة في صناعة العطور، مواد التجميل ومنظفات الفم ومعجون الأسنان.

ومن التربينات الأحادية نجد مجموعة **الإيريدويدات** ، التي تم العثور عليها في مجموعة متنوعة وواسعة من النباتات وبعض الحيوانات، وقد اشتق اسمها من اسم نوع النمل الاسترالي « Iridomirmex » فهي تدخل في آلية دفاع الحشرات.

يدخل في بنائها 9 أو 10 ذرات كربون وتتكون من حلقتان (cyclopentapyranique) أحدها خماسية (سيكلوبنتان) والأخرى سداسية تحتوي على ذرة الأكسجين يطلق عليها اسم Iridane، وهذه المركبات غالبا ما تكون وسيطة في التخليق الحيوي للقلويدات الأندولية.وتتميز المركبات الإيرويدية بخصائص علاجية متنوعة مثل مركب Valtrat المستخلص من نبات *Valeriana officinalis* فهو مضاد للتشنج ومهدئ للأعصاب.

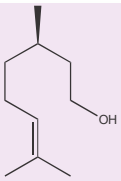
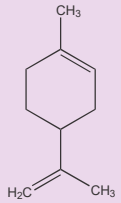
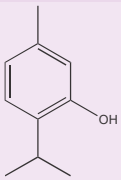
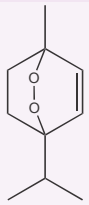
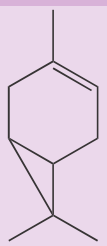
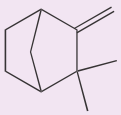


شكل 32: Iridane

1.3.IV أقسام التربينات الأحادية

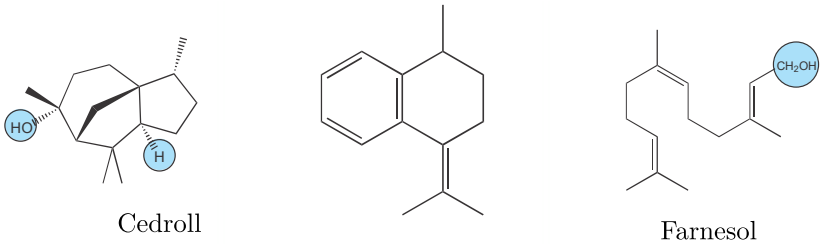
في الطبيعة تقسم التربينات الأحادية إلى عدة اقسام مدونة في (جدول 9)

جدول 9: أقسام التربينات ونشاطها البيولوجي

أقسام التربينات الأحادية	أمثلة	خواصها العلاجية
تربينات أحادية مفتوحة (Citronellol)		يستخلص من الحمضيات يستخدم كمبيد للحشرات
تربينات أحادية الحلقة منها:		
أحادية الحلقة الآليفاتية (Limonene)		يستخلص من الحمضيات وهو عبارة عن مضاد للفيروسات
أحادية الحلقة الآروماتية (Thymol)		مستخلص من عشبة الزعتر يعمل على زيادة الشهية للطعام وعلى قتل الميكروبات وطارد لفيروس الهربس
أحادية الحلقة على هيئة أكسيد (Ascaridole)		يستخدم أساسا كدواء طارد للديدان الطفيلية من الجسم والنباتات
التربينات ثنائية الحلقة منها:		
ثنائية الحلقة إحداهما سداسية والأخرى ثلاثية (3-Carene)		يستخلص من الصنوبريات، فهو مضاد للجراثيم والسرطان.
ثنائية الحلقة كلاهما خماسي (camphene)		يستخدم في تحضير العطور وله دور في علاج اضطرابات الجهاز البولي.

4.IV السيسكوتربينات

هي مشتقات هيدروكربونية ($C_{15}H_{24}$) ناتجة من اتحاد ثلاث وحدات من الإيزوبرين، تعد المجموعة الأكثر تنوعا مقارنة بالتربينات الأخرى تضم ما يقارب 5000 مركب، حيث تنقسم إلى بنيات مفتوحة مثل Farnesol وحلقية منها الأحادية مثل Curumene ومتعددة الحلقة مثل Cedroll ، تشتق هذه البنيات من Farnesyl pyrophosphate هذا المركب معروف بخاصيته المضادة للسرطان، تتواجد السيسكوتربينات في الطبيعة على شكل هيدروكربونات أكسيجنية



Cedroll Curumene Farnesol

شكل 33: أمثلة على بعض أنواع السيسكوتربينات

1.4.IV الأنواع النباتية الغنية بالسيسكوتربينات ونشاطها البيولوجي

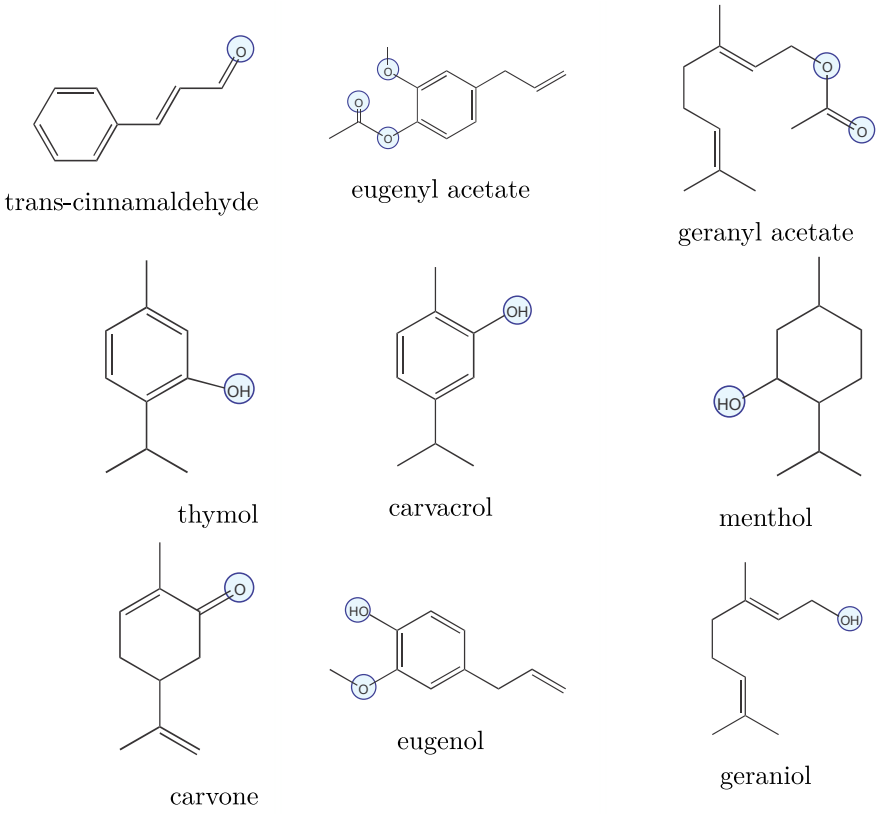
يضم (جدول 10) بعض النباتات التابعة للعائلة Asteraceae الغنية بالسيسكوتربينات

جدول 10: أنواع السيسكوتربينات المتواجدة في العائلة المركبة ونشاطها البيولوجي

نوع السيسكوتربين	نوع النبات	الجزء النباتي الحاوي على السيسكوتربين	الخصائص العلاجية
Artimisine	*Armoise annuelle*	الجزء الهوائي	مضاد للحمى والملاريا
Perthenolide	*Tanacetum parthenium*	الأزهار	مضاد للالتهاب وألام الرأس
Alantolactone	*Inula helenuim*	الجذور	مضاد للفطريات، ضد السعال ومدر للبول

5.IV الزيوت الأساسية

هي مركبات توجد كمواد أيضية في النبات وتتميز بأنها تتبخر وتتطاير دون تحللها عند تعرضها للحرارة، فالزيوت الطيارة من الناحية الكيميائية هي مواد لا تمتزج مع الماء لأن كثافتها أقل من كثافة الماء، تذوب في الإيثر البترولي وفي اغلب المذيبات العضوية اللاقطبية، يتضمن تخليقها داخل الخلايا النباتية ثلاث مسارات: **الأول** تكوين الوحدات البنائية للتربينات (C5)، **الثاني** ارتباط وحدتين أو ثلاث وحدات من (C5) لتكوين (C10) أو (C15)، **الثالث** يتضمن تحويل المركبات السابقة إلى التربينات النهائية وهذه بدورها تتجمع وتتحد مع المكونات الأخرى الداخلة في تركيب الزيوت الاساسية. حيث يبين (شكل 34) بعض الصيغ الكيميائية للزيوت الأساسية الأكثر شيوعا في صناعة العقاقير الطبية.



شكل 34: بعض الصيغ الكيميائية للزيوت الأساسية الأكثر شيوعا في صناعة الأدوية

1.5.IV الخواص العامة للزيوت الطيارة

- اللون: جميع الزيوت الطيارة عديمة اللون وهي طازجة، ولكن عند تخزينها تتأكسد فيتغير لونها
- الرائحة: يمكن التمييز بين الزيوت العطرية الطيارة من خلال رائحتها حيث أن لكل نبات عطري رائحة مميزة له.
- التطاير: معظمها سائلة في درجات الحرارة العادية وبعضها صلب مثل الكافور، والغالبية العظمى من الزيوت العطرية تتبخر أو تتطاير تماماً تحت الظروف الطبيعية والعادية، ماعدا القليل منها مثل زيت الليمون
- الإذابة: جميع الزيوت العطرية لا تذوب في الماء إلا أنها تذوب في المركبات العضوية مثل الكحول والإيثر والأسيتون.
- الكثافة النوعية: إن الكثافة النوعية للزيوت العطرية تختلف قيمتها باختلاف مصادرها النباتية.
- الدوران الضوئي: تتميز الزيوت الطيارة بخاصية تدوير مستوى الضوء المستقطب.

2.5.IV أماكن وجود الزيوت الطيارة في النباتات

تنتشر الزيوت الأساسية في بعض العائلات النباتية والتي تتميز ببنيات نسيجية خاصة قادرة على تجميع الزيت في صورة:

- خلايا مفرزة : نجدها في الأنواع النباتية التابعة للعائلة الزنجبيلية (Zingiberaceae) والعائلة الغازية (Lauraceae)
- أوبار مفرزة: كما في العائلة الشفوية (Lamiaceae)
- جيوب مفرزة: مثل العائلة السذابية (Rutaceae)
- قنوات مفرزة مثل العائلة الخيمية (Apiaceae) والمركبة (Asteraceae) يمكن أن تكون في كل الأعضاء النباتية، كما يقتصر وجودها في بعض الأعضاء فقط .

3.5.IV طرق استخلاص الزيوت الطيارة

هناك أربع طرق لفصل واستخلاص الزيوت الأساسية في الأنسجة النباتية هي:

- **الاستخلاص بالمذيبات العضوية:** تستخدم هذه الطريقة لاستخلاص الزيوت التي تستعمل في صناعة العطور، حيث تستخدم مذيبات عضوية مثل الإيثر أو الهكسان أو البنزين، يجب أن يتم الاستخلاص في درجة حرارة منخفضة وتبخير وتقطير المذيبات تحت ضغط منخفض وهذا للمحافظة على التركيبة الكيميائية للزيوت وتعتبر طريقة استخلاص بالسكسوليت من أدق الطرق.

- **التقطير باستخدام الماء:** تستخدم هذه الطريقة في استخلاص الزيوت من البذور والأوراق والقشور للنباتات الجافة التي لا تتأثر بالغلي وتحتوي على نسبة عالية من V.oil، هذه الطريقة تحتاج وقت طويل وتعطي كمية قليلة من V.oil

- **التقطير باستخدام البخار:** طريقة كلاسيكية تستعمل في التقدير الكمي للزيوت في النباتات الغضة والجافة، والتي تتحمل درجة الحرارة العالية، تمتاز هذه الطريقة بعدم احتراق الأجزاء النباتية أو تحلل مكونات الزيوت الطيارة.

- **الاستخلاص الميكانيكي:** يتضمن تسليط ضغط عالي على المادة النباتية والأعضاء ذات المحتوى العالي من الزيوت الطيارة الموجودة تحت الطبقة الخارجية أو القنوات.

- **الاستخلاص بالدهون:** وهي عملية تستخدم لاستخلاص زيت الياسمين والفل وزيت الورد، حيث تستخلص الزيوت الأساسية بنوع من الدهون اللينة وبعد ذلك يفصل الزيت الطيار من الدهن بالاستخلاص الكحولي الذي يستعمل كمادة معطرة. ولتحديد البنيات الكيميائية لهذه المركبات نتبع طرق المطيافية المتمثلة: في كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (CCM)، مطيافية الكتلة (SM)، الرنين النووي المغناطيسي (RMN)، كروماتوغرافيا الطبقة الغازية (CPG) كروماتوغرافيا السائل ذات الاداء العالي (HPLC).

4.5.IV الأهمية البيولوجية للزيوت الطيارة

تعزى الأهمية البيولوجية للزيوت الطيارة في كونها:

- مطهرة خاصة ضد البكتيريا، الفطريات والخمائر وغيرها. وهذا يشمل مثلا الزيوت الأساسية لنبات القرفة ،الزعتر، القرنفل والخزامى مثل: linanol, citral, geraniol و thymol.
- طاردة للحشرات مثل زيت citronell ومضادة للالتهاب
- فاتحة للشهية ومهدئة
- تدخل في صناعة العطور والمستحضرات التجميل.طاردة للديدان والغازات المعوية.

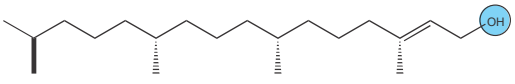
6.IV التربينات الثنائية

تمثل التربينات الثنائية عائلة كبيرة من الإيزوبرينات، حيث يمكن العثور عليها في الكائنات الحية البحرية والأرضية (النباتية أو الحيوانية)، ولكنها تنتشر بصورة رئيسية في المملكة النباتية، ويختلف تركيبها البنائي تبعا لاختلاف المصدر الطبيعي، معظمها مواد صلبة، تشتق أساسا من مركب GGPP ،وهي ذات بنيات متنوعة إما تكون مفتوحة أو حلقية، وتتكون من أربعة وحدات أيزوبرين (شكل 31) (C_5H_8)، صيغتها المجملة هي ($C_{20}H_{32}$). في الطبيعة، فإنها غالبا ما تكون في صورة كحول أو مشتقات غليكوزيدية ، الاسترات، الألدهيدات، الكيتونات، الأحماض الكربوكسيلية أو استرات. **ومن اهم المركبات النشطة بيولوجيا والتابعة لهذه المجموعة نجد:**

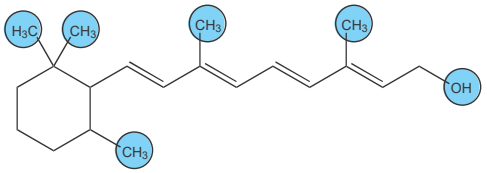
مركب الفيتول (Phytol): هو تربين رباعي ذو سلسلة مفتوحة يدخل في تركيب جزئ الكلوروفيل وهذا باتحاد بين مجموعة الكربوكسيل لحلقة البيرول مع مجموعة الايدروكسيل بالفيتول ليتكون الاستر المعروف باسم الكلوروفيل، كما له دور في تكوين فيتامين E وK.

الفيتامين (أ) (VIT A) : هو مركب أحادي الحلقة، قابل للذوبان في الدهون ويساعد الجسم في زيادة مناعته لمحاربة الإلتهابات ويحافظ علي صحة العين.

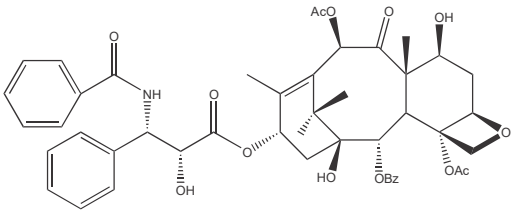
مركب التاكسول (Taxol): تم عزله اول مرة من لحاء خشب نبات *Taxus brevifolia* يستخدم على نطاق واسع في علاج سرطان الثدي والمبيض



فيتول Phytol



فيتامين -أ- Vitamine A



تاكسول Taxol

شكل 35: بعض البنيات التربينية الثنائية النشطة بيولوجيا

7.IV السيسترتربينات

تتكون من خمس وحدات ازوبرين اي تملك 25ذرة كربون ، تنتج من مركب geranylfarnesyl pyrophosphate (C_{25})(GFPP) ، وهي نادرة الوجود في الطبيعة نسبتها لاتتجاوز 2% من مجموع التربينات ومن أهم مركباتها Ophiobolin المستخرج من فطر Aspergillus و Variabilin المتواجد في اسفنج *Ircinia strobilina* ، بينت الدراسات الحديثة أن هذه المركبات لها النشاط المضاد للسرطان في خلايا الثدييات.

8.IV التربينات الثلاثية

هي من أكثر أنواع التربينات انتشاراً في الطبيعة، حيث تم عزل أكثر من 20.000 مركب ، يتم تكوينها عن طريق اتحاد وحدتين من مركب pyrophosphate Farnesyl ويدخل في تركيبها البنائي أربع أو خمس حلقات إلا أن التربينات المحتوية على خمس حلقات هي الأكثر وفرة في الطبيعة. ويعتبر مركب Squalene (شكل 31) الجزء الطبيعي والحيوي في تركيب جميع التربينات الثلاثية والستيرولات النباتية والحيوانية، بما في ذلك الكوليسترول في الدم، هرمونات الستيرويد، وفيتامين (د) في الجسم البشري. تتواجد التربينات الثلاثية في الطبيعة في صورة حرة (sapogenins) أو في صورة إيتيروزيدية (saponins) وهي مركبات صلبة وفعالة ضوئيا، أغلبها ينصهر عند درجة الحرارة العالية.

1.8.IV الأهمية البيولوجية للتربينات الثلاثية

إن الأهمية العلاجية، الدوائية والصناعية للتربينات الثلاثية يجعل منها منتجات الأيض الثانوي ذات الأهمية الكبرى :

- فالتربينات الثلاثية خماسية الحلقة تتميز بنشاط بيولوجي عالي (مضاد للأورام، مضاد للفيروسات، مضاد السكري، مضادة للالتهاب ...). فالعديد منها متوفر في الأسواق مثل حمض corosolic المستخلص من نبات *Lagerstroemia speciosa* L فهو يستعمل كمكمل غذائي لمرض السكري والبعض الآخر تحت التجارب السريرية أو جاهزة للتسويق.
- مبيدات حشرية ونشاط مضاد للميكروبات ومسكنات للألم.

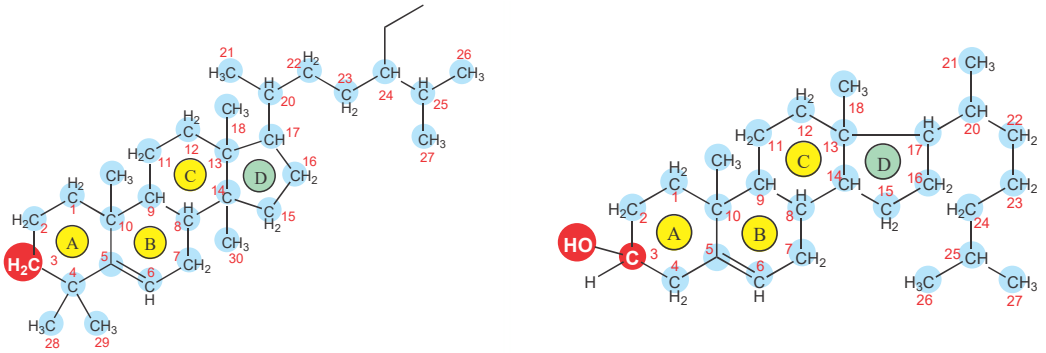
2.8.IV تصنيف التربينات الثلاثية

تصنف التربينات الثلاثية إلى مجموعات جزئية كالستيرويدات ، الستيرولات ، الصابونيات والكاردينوليدات الجليكوسيدية

1.2.8.IV الستيرويدات والستيرولات

هي مركبات مشتقة من التربينات الثلاثية، تحتوي على 27 إلى غاية 29 ذرة كربون، تشترك هذه المركبات جميعاً في وجود أربع حلقات مدمجة ثلاث منها سداسية والرابعة خماسية والاسم الكيميائي لهذه الحلقات مجتمعة : Perhydrocyclo pentano phenanthrene يكمن الاختلاف في احتواء الستيرولات على **مجموعة الهيدروكسيل في موقع الكربون رقم 3** مثل الكولسترول

تستخلص هذه المركبات من الأنسجة النباتية والحيوانية وهي ذات وزنى جزيء عالي، ونظراً لكتلتها



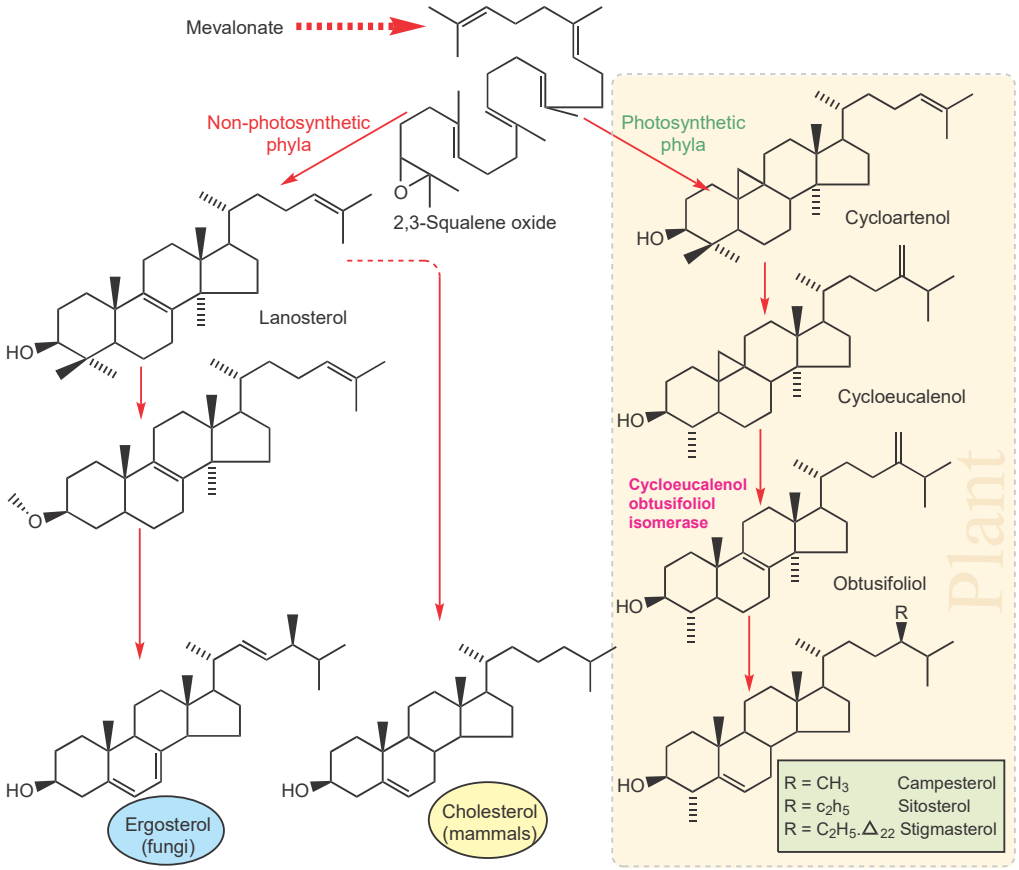
بنية الستيرولات بنية الستيرويدات

شكل 36: البنية الكيميائية للسترولات والستيرويدات

المولية العالية فإنها لا تذوب في الوسط الخلوي المائي بينما تذوب في الدهون مما يتيح الفرصة لتخزينها في الأنسجة الدهنية للجسم.

1.1.2.8.IV التخليق الحيوي لمختلف الستيرولات عند حقيقيات النواة

الستيرولات مهمة عند جميع الكائنات حقيقية النواة، حيث يبين (شكل 37) مسار تخليق مختلف الستيرولات في النباتات والحيوانات والفطريات انطلاقا من مركب الميفالونيك الذي يمر بسلسلة من الإضافات لوحدات الإيزوبرين معطيا مركب السكوالين الذي يعتبر بمثابة المركب الأم لاصطناع مختلف الستيرولات كما هو مبين في الشكل أدناه.



شكل 37: مسار تخليق مختلف الستيرولات في النباتات والحيوانات والفطريات

2.1.2.8.IV الستيرويدات الحيوانية ونشاطها البيولوجي

- **الأحماض الصفراوية:** دورها تساعد الجسم على امتصاص الدهون والليبيدات الأخرى في سوائل الدم مثل: حمض كوليك وحمض اكسي كوليك.
- **الهرمونات الجنسية :** تشتق الهرمونات الجنسية من الكولسترول منها
  - **البروجسترون** المسئول عن الميزات الجنسية للأنثى
  - **التستسترون** المسئول عن الميزات الذكرية مثل نمو الشعر
- **فيتامين (د):** من الفيتامينات الذائبة في الدهون وله فوائد صحية عديدة من أبرزها الحفاظ على المستوى الطبيعي للمعادن في الجسم مثل الكالسيوم والفسفور.

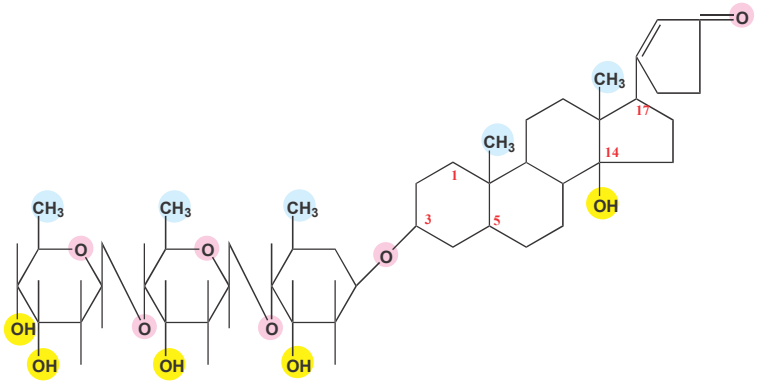
- **الكولسترول:** يتواجد في جميع أنسجة الجسم خاصة في الدماغ ،الحبل الشوكي والحصوات الصفراوية ، يحوي جسم الإنسان حوالي نصف رطل من الكولسترول (شكل 37)، إذا ترسبت مشتقاته في شرايين فإنها تؤدي إلى تصلبها وارتفاع ضغط الدم .

3.1.2.8.IV الستيرويدات النباتية ونشاطها البيولوجي

كثير من العائلات النباتية مثل Solanaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae و Poaceae غنية بالستيرولات مثل: Stigmasterol, β-Sitosterol, campesterol (شكل 37) . ويتمثل دورها في حماية الجسم من هشاشة العضام، خفض مستوى الكوليسترول في الدم، مضادة للالتهابات، كما لها دور في وقاية النبتات من الأمراض.

2.2.8.IV الكاردينوليدات الجليكوسيدية

هي جليكوسيدات يكون الشق الغير السكري (الاجليكون) فيها مكون من نواة استيرويدية تحتوي على 23 ذرة كربون متصلة بها حلقة لاكتونية خماسية غير مشبعة تحتوي على رابطة مضعفة بين ذرتي كربون رقم 20 و22 في الموقع 17.أما الشق السكري يتكون من وحدة إلى أربع وحدات سكرية متصلة بنواة الاستروييد في الموقع β-3 (شكل 38)، تعزى الأهمية الطبية لهذه المجموعة إلى الاجليكون والمتمثلة في تقوية القلب حيث تنظم ضربات وانقباضات عضلاته ولذلك تسمى بالجليكوسيدات المقوية للقلب (Cardiotonic glycosides) ومن أهم النباتات التي تحتوي على هذه المركبات نجد: *Digitalis purpurea* و*Strophanthi semen*.

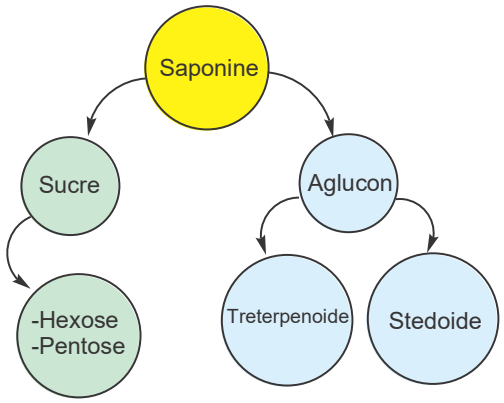


شكل 38: البنية الكيميائية للكردينوليدات الجليكوسيدية

3.2.8.IV الصابونيات

تنتشر الصابونيات بشكل واسع في المملكة النباتية وتوجد في مختلف اجزاء النباتات يختلف تركيزها حسب نوع النبات ومرحلة النمو، وهي عبارة عن ستروييدات أو تربينات ثلاثية في صورة

جليكوسيدية ويتعدد السكر ليصل من 2 إلى 10 وحدات ترتبط عادة بموقع كربون رقم 3 وعند اماهتها (شكل 39) تعطي جزء غير سكري وجزء سكري مكون من سكريات مثل (D-glucose, D-galactose, D-fructose, D-xylose و rhammose).



شكل 39: المركبات الناتجة من إماهة الصابونيات

اشتق اسمها من الكلمة اليونانية (sapo) بمعنى الصابون لأنها تعطي رغوة كثيفة إذا رجت مع الماء أو الكحولات المخففة تستمر لمدة طويلة. ولكن إذا مزجت بمادة دهنية فإنها لا تحدث الرغوة عند رجها بل تشكل مستحلبا، وتستخدم في طب الأعشاب وفي صناعة مستحضرات التجميل، فهي تعتبر مسئولة عن العديد من الخصائص الدوائية، حيث تدخل في صناعة الأدوية ذات الطبيعة الستيرويدية مثل مركب Saikogenine المضاد للالتهاب والاورام، تصنف الصابونيات إلى مجموعتين استنادا إلى طبيعة الجزء اللاسكري في هيكلها إلى:

- **صابونيات استيرويدية:** تتواجد في نباتات مغلفات البذور أحادية الفلقة
- **صابونيات تربينية:** وهي أكثر وفرة في نباتات مغلفات البذور ثنائية الفلقة

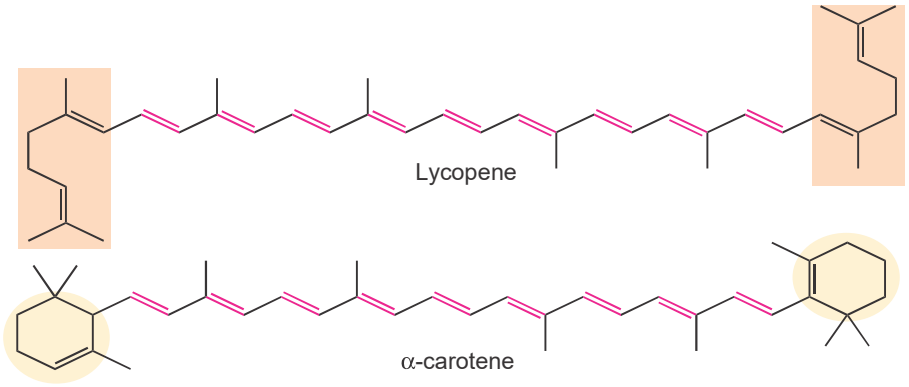
9.IV التربينات الرباعية (الكاروتينيدات)

الكاروتينيدات هي تربينات رباعية تتكون من أربعون ذرة كربون ناتجة من اتحاد وحدتين من مركبات ثنائي التربين (GGPP) رأس إلى رأس أو من اندماج 8 وحدات من ازوبرين (رأس- ذيل) (شكل 31) صيغتها الكيميائية $C_{40}H_{56}$ ، وهي صبغات طبيعية مسؤولة عن اللون البرتقالي، الأصفر والأحمر في الفواكه والخضر، حتى الآن، تم تحديد أكثر من 600 مركب من الكاروتينيدات، لكن أربعون فقط منها موجودة بشكل منتظم في غذاء الإنسان حيث تم الكشف عن ثلاثون منها في بلازما وأنسجة جسم الإنسان أهمها: zéaxanthinen, β-carotene, lyco-caroténe وpène, lutéine, cryptoxanthine

الكاروتينات هي مركبات نشطة بيولوجيا، فمن خصائصها العلاجية أنها: مضادة للأكسدة ، مضاد

للسرطان ،لها دور في حماية الرؤية . يتم تخليق الكاروتينيدات من قبل الكائنات الدقيقة والطحالب والنباتات. تتراكم في البلاستدات الخضراء والصانعات الملونة وتقسم إلى مجموعتين هما:

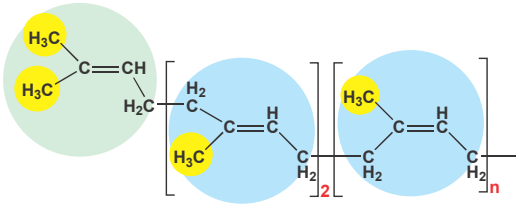
- الكاروتين وهي عبارة عن هيدروكربونات نقية لا تحتوي على الأكسجين بها روابط زوجية مثل carotène وlycopène لونها يتراوح بين الأصفر والأحمر (شكل 40).
- كزانتوفيلات (xanthophyll) فهي مشتقات هيدروكسيلية.



شكل 40: الهياكل الكيميائية لبعض الكاروتينات

10.IV التربينات المتعددة (المطاط)

ينتمي المطاط إلى مجموعة التربينات المتعددة (polyterpene) التي تحتوي على عدد كبير من وحدات الإيزوبرين (cis-1,4-Isoprene) والذي يتراوح عددها من 500 إلى غاية 5000 وحدة مشكلة ما يعرف بالتربينات العليا (High terpene)، يتواجد المطاط في حوالي 300 نوع نباتي ، حيث يعد نبات (*Hevea brasiliensis*) التابع للعائلة (Euphorbiaceae) ونبات (*Gutta percha*) التابع للعائلة (Sapataceae) من النباتات الغنية بهذه المركبات



شكل 41: البنية الكيميائية للتربينات المتعددة (المطاط)

11.IV الراتنجات

الراتنجات هي إفرازات نباتية ذات تركيب كيميائي معقد جدا، تحتوي على عنصر الكربون بكثرة ونسبة قليلة من الأكسجين وخالية من النتروجين، تنتج من أكسدة الهيدروكربونات غير المشبعة، مثل التي توجد في الزيوت الطيارة، وقد تنتج من قبل النبات في حالة طبيعية أو في حالة إصابة مرضية، تكثر في بعض العائلات النباتية مثل العائلة الصنوبرية والخيمية والخروعية.

1.11.IV الخواص العامة للراتنجات ودورها

الراتنجات مركبات صلبة وشفافة أثقل من الماء، تذوب في الكحول والكلوروفورم والأسيتون ولا تذوب في الماء البارد ، كيماويا تتركب من مزيج مكون من: الأحماض الراتنجية، التنينات الراتنجية، الأسترات الراتنجية ، الكحولات الراتنجية ومواد راتنجية خالية من المجموعة الوظيفية تدعى (Resenes). تستعمل الراتنجات في الطب وهذا راجع لدورها الوقائي والمطهر

2.11.IV تصنيف الراتنجات

تصنف الراتنجات حسب طريقة تواجدها في النبات إلى:

- الراتنجات الزيتية (Oleo-Resin) هي خليط من الراتينج والزيوت الطيارة مثل Turpentina
- الراتنجات الصمغية (Gum- Resin) هي خليط من الراتنج والصمغ مثل (Gambogo)
- الراتنجات الصمغية الزيتية (Gum-Oleo-Resin) هي خليط من الراتنج والصمغ والزيت مثل Asafoetida
- الراتنجات السكرية (Glycoresin)خليط من الراتنج والسكر مثل (Podophyllin)
- البلاسم (Balsams) هي الراتنجات الزيتية التي تحتوي على أحماض بلسمية مثل بلسم تولو Balsam Tolu المستخرج من جذوع أشجار *Myroxylon toluifera* من العائلة الباقولية

3.11.IV النشاط البيولوجي للراتنجات

يبين الجدول (جدول 11) أهم أنواع الراتنجات الطبية ومصدرها وتأثيراتها البيولوجية واستعمالاتها

جدول 11: النشاط البيولوجي لبعض الراتنجات

نوع الراتنجات	مصدرها	التاثير العلاجي والاستعملات
راتنج قلفونة (Golophany Resin)	الصنوبريات	منبه ومدر للبول يدخل في صناعة الصابون
راتنج البودوفيليين (Resin Podophyllum)	جذور وسيقان نبات *Podophyllum pellatum*	يحد من انتشار السرطان يستعمل كمرهم لكي اورام البشرة
راتنج (Cannabis)	القمم المزهرة لنبات *Cannabis sativ*	مضاد للجراثيم والصرع موسع للقصبات
راتنج القديسين (Guaiaun Resin)	*Guaiacum officinalis*	مضاد لالتهاب المفاصل

V المركبات الفينولية

المركبات الفينولية هي واحدة من أكبر مجموعات المركبات الثانوية للنباتات، تنتج من الفواكه الخضروات، الشاي والكاكاو وغيرها من النباتات التي تملك فوائد صحية، تعرف الفينولات على أنها مركبات غير أزوتية يتم تخليقها من أيض حمض الشكميك أو من متعدد الاسيتات ، تظم مجموعة واسعة من المركبات العضوية التي تحوي في هيكلها البنيوي واحدة أو أكثر من الحلقات العطرية (بنزين) مرتبطة بمجموعة واحدة أو أكثر من مجاميع الهيدروكسيل (OH) ، بالإضافة إلى ارتباطها بمجاميع عديدة أخرى مثل الأستر ومجاميع الكربوكسيل ($-COOH$) وكذلك مجاميع الميثيل (CH_3) ، وقد تم التعرف على أكثر من 8000 مركب فينولي يستند تصنيفها حسب:

- عدد مجموعات الهيدروكسيل.
- التركيب الكيميائي: أحادية، ثنائية ومتعددة الفينولات.
- بدائل في الهيكل الكربوني: عدد الحلقات العطرية وذرات الكربون في السلسة الجانبية.

مما يجعلها تنقسم إلى عدة مجموعات كما هو موضح في(جدول 12)