

# SEKONDER METABOLİT ÜRETİMİ VE BİYOTEKNOLOJİ

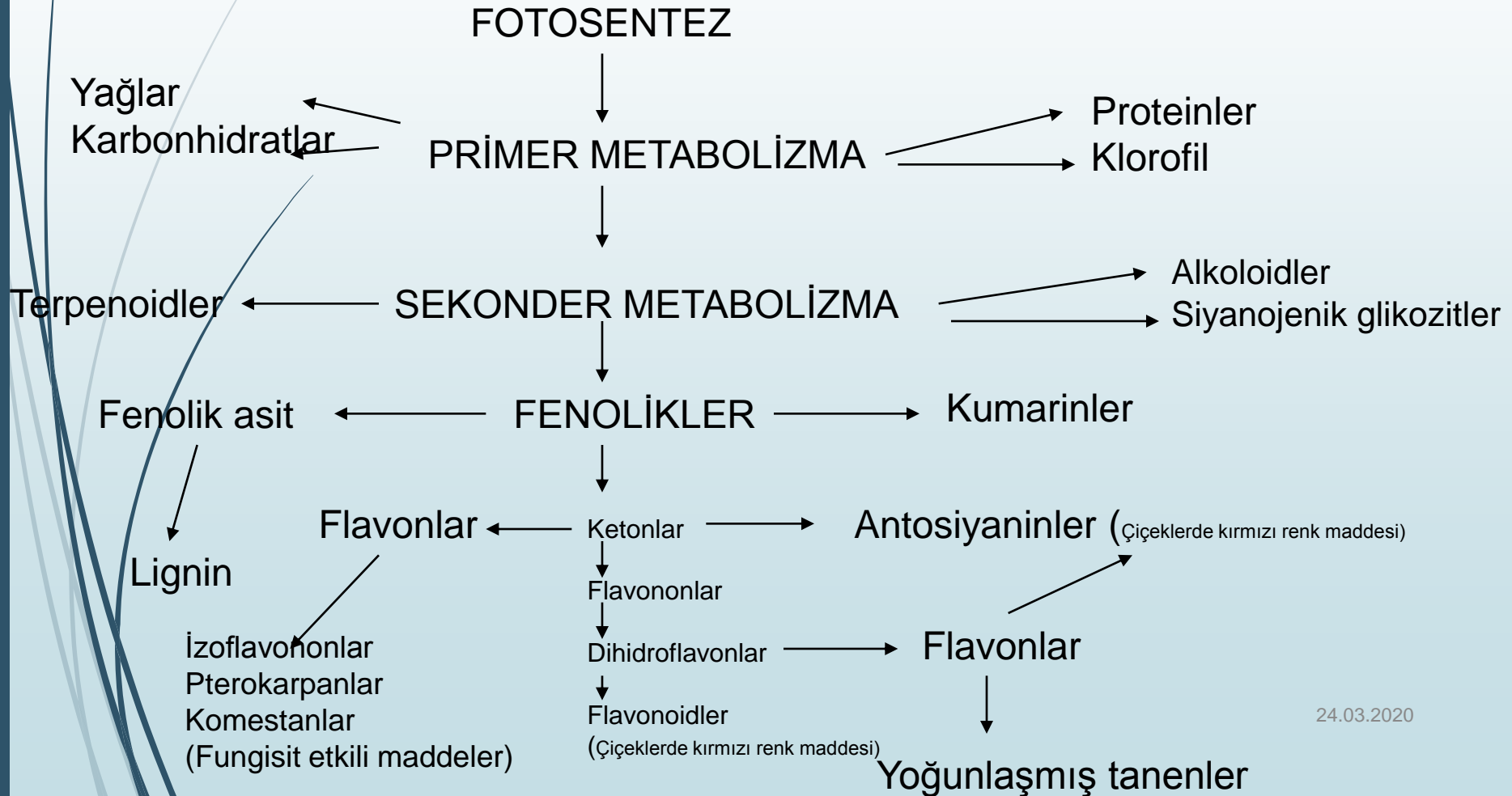
# İÇERİK

- Sekonder Metabolitlerin genel özellikleri
- Sekonder Metabolitlerin Ana sınıfları
  - Terpenler terpenoidler
  - Fenolik bileşikler
  - Alkolodiler ve Azot içeren sekonder metabolitler
  - Glikozitler
  - Saponinler
  - Minör sekonder metabolitler
- Mikrobiyal Sekonder metabolitler
- Bitki doku kültürü ile sekonder metabolit üretimi
- Sekonder Metabolitlerin biyoteknolojik önemi
- Sekonder Metabolitlerin bitkilerden ekstraksiyonu
- Analitik yöntemler

# Bitki Sekonder metabolitleri

3

## Genel Sentez Yolları



# Bitki Sekonder metabolitleri

## Genel Sentez Yolları

- Sekonder Metabolitlerin biyosentetik öncüllerinin sentezi için genelde az miktarda primer metabolitler harcanır
- Sekonder Metabolitlerin sentezinin farklı etapları, hücrenin farklı bölümlerinde gerçekleşir
- Sekonder Metabolitlerin sentezine birçok spesifik ve spesifik olmayan enzim katılmaktadır.

# Terpenler

- Tüm izoprenoidler ana bileşen olarak 5 karbonlu izopentenil difosfattan (IPP) sentezlenmektedir.
- Bu bileşenin iki sentez yolu şu şekildedir:
  - Sitozolda gerçekleşen mevalonat yolu
  - Plastitlerde gerçekleşen alternatif yol
- IPP den transferaz enzimlerinin yardımıyla beş karbon atomlu gruplardan oluşmuş farklı uzunluklarda zincirler ortaya çıkar.
- Siklaz enzimi yardımıyla bu zincirler farklı bileşenlere parçalanır ve sonraki basamaklarda bu bileşikler modifikasyonlarla özel moleküllere dönüşürler.

# Akoloidler

- Alkoloidlerin temel yapı taşı amino asitlerdir.
- Dekarboksilasyon olaylarıyla ara ürün olarak aminler oluşur.
- İndirgenme reaksiyonları ile aminler amino aldehit veya amino ketonları oluşturur.
- Amino aldehit ve amino ketonların kondenzasyonu ile heterosiklik bileşenler ortaya çıkar.
- Daha sonra bu bileşikler, enzimlerin katkısıyla metilasyon, hidroksilasyon, asilasyon, glikozilasyon gibi reaksiyonlara katılırlar.
- Alkoloidlerin sentezi plastitler ve sitozolde gerçekleşmektedir.

# Fenolik bileşikler

- Fenolik bileşiklerin ana maddesi fenilalanin ve tirozin amino asitleri olup bu amino asitler şikimik asitten oluşmaktadır.
- Bu bileşiklerin oluşmasında iki ana yol bulunmaktadır.
- Şikimat yolağı (fenilalaninden)
- Asetat-malonat yolağı (Asetil CoA üzerinden)
-

# Fenolik bileşikler

- Hücede şikimat sentezi plastitler ve sitozol olmak üzere iki yerde gerçekleşir.
- Fenilalaninden fenilalanin ammonializ enziminin yardımıyla oksikorik asit sentezlenmektedir.
- Sonrasında oksikorik asitten kumarin, melanin, fenolik asit ve fenilpropanoidler sentezlenirler.
- Fdenolik değişimin son aşamasında oksikorik asit i oluşturan CoA dan kalkon sentetaz enziminin yardımıyla değişik tür flavonoitlerin sentezi için ana madde olan kalkon sentezlenir.



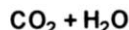
# Fenolik bileşikler

- Asetat malonat yolu ile malonil-CoA oluşur, malonil CoA ise karbon zinciri inşasını ve halka kapanmasını yönlendirerek fenolik bileşenleri oluşturur. Asetat-malonat yolu mikroorganizmalarda, mantar ve likenlerde yaygındır.

# Sekonder metabolitler

- Sekonder Metabolitlerin biyosentezi oldukça zordur.
- Hiçbir organik kimya laboratuvarında bu maddeleri bitkilerde olduğu kadar hassas bir şekilde sentezlemek mümkün değildir.
- Sentetik yolla büyük çoğunlukla basit yapılı sekonder metabolitler elde edilebilmiştir.
- Hücrede oluşturulan koşullar laboratuvar ortamında taklit edilememektedir.
- Bitkilerde bu tip reaksiyonlar genellikle 10-30 °C ve nötr pH da gerçekleşmektedir.
- Sekonder Metabolitlerin saflaştırılmaları çok önemli ve bir o kadar da zordur.
- Doğada 1 milyondan fazla sayıda olduğu tahmin edilen sekonder Metabolitlerin şu ana kadar yalnızca 100 bin tanesi belirlenebilmiştir.

# (fotosentez)

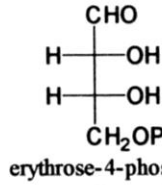
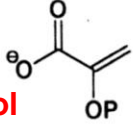


h $\nu$

GLUCOSE

**Polisakkaridler**  
**Glikozidler**  
**Nükleik asitler**

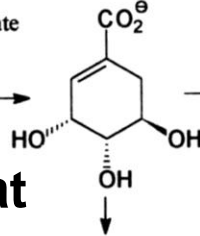
**Fosfoenol  
pirüvat**



## Şikimat yolağı

**Aromatik bileşikler**  
**Lignanlar**

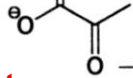
**Shikimat**



**Aromatik aminoasitler**  
**Alifatik aminoasitler**

**Alkaloidler**  
**Peptidler**  
**Penicillinler**  
**Siklik peptidler**

**pirüvat**



**SİTRİK  
ASİT  
DÖNGÜSÜ**

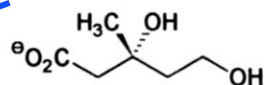
**Asetil  
CoA**  
**CH<sub>3</sub>COSCoA**

CO<sub>2</sub>



**Izoprenoidler** (terpenler,  
steroidler, Karotenoidler)

**mevalonat**



**Poliketidler**, Yağ asitleri **Prostaglandinler**, Makrosiklik Antibiyotikler

# SEKONDER METABOLİTLERİN ANA SINIFLARI:

TERPENLER VE TERPENOİDLER  
(İZOTERPENOİDLER)

# TERPENLER

- Terpenler BEŞ KARBONLU izopren birimlerinden meydana gelirler
- Genel formülü  $(C_5H_8)_n$
- Terebentin yağından ismini alır
- Terebentin Pinaceae (Çamgiller) familyasının kendiliğinden salgıladığı, kabukları veya filizlerinin kesilmesi ya da soyulması ile de açığa çıkan hoş kokulu viskoz bir maddedir.
- Yapısında oksijen atomu bulunduran terpenler-terpenoidler veya izoterpenoidler olarak adlandırılır

# TERPENOİDLER

- Terpenoitler; 30.000 bileşik içerir,
- Bitkilerdeki en büyük sekonder metabolit grubunu oluşturmaktadır.
- Terpenoidler eterik yağların ve reçinelerin yapısında bulunurlar
- Selüloz biyosentezinde önemli rol oynarlar
- Kauçuk ve guta'nın bitkilerinin kök ve gövdelerindeki yaralanmaların iyileştirilmesinde ve korunmada görev alırlar
- Birçoğu allelopatik bileşendir
- Klorofil yapısında C20 terpenoid bulunduran fitol içerir

# TERPENOİDLER

- Primer metabolizma (fitol gibi)ve ekolojik etkileşimde rol oynarlar
- Fitohormonların bazıları örneğin gibberellin terpenoidler sınıfında yer alırlar ya da yapılarında izoprenoid yan zinciri (sitokinin) bulunmaktadır
- Ksantinin bitkilerin hızlı boy gelişimini inhibe eden maddeler, sinyal bileşikleridir.
- Terpenler halkalı, düz zincirli, veya kısmen halkalı ve kısmen düz zincirli bileşiklerdir.

# Terpenler

- İzopren kuralına uygun bir şekilde meydana gelen terpenler: düzgün terpen
- İzopren kuralının uygulanmadığı 2DMAPP ünitesinin bağlanmasıyla düzensiz monoterpenler ortaya çıkarlar
- 2 molekül asetik asit tiyoesterinin birleşmesiyle ve redüksiyonu ile MVA oluşur.
- MVA ya fosfat bağlanır ve  $-COOH$  grubu uzaklaştırılır ve IPP oluşur.
- IPP bir enzim yardımıyla DMAPP ye izomerize olur



# TERPENLER

- Kekik
- Biberiye
- Menekşe
- Gül
- Adaçayı
- Çamlar
- Lavanta
- Karanfil
- Zambak
- Kimyon
- okalıPTÜS
- TURUNÇGİLLER
- NANE
- Ve daha birçok bitki veya bu bitkilerin kök, gövde, yumru, yaprak, meyve, tohum ve çiçek gibi kısımları hoş kokuları, baharatlı tatları, veya kendilerine özgü farmakolojik aktiviteleri ile bilinirler
- Bahsedilen bu bitkilerin bu özellikleri içerdikleri terpenlerden kaynaklanır.

# Terpenlerin yapılarına göre sınıflandırılmaları

- ▶ Terpenler yaygın olarak içerdikleri izopren birimlerinin sayısına göre sınıflandırılır.
  - ▶ Hemiterpenler, C5
  - ▶ Monoterpen, C10 eterik yağ
  - ▶ Seskiterpen, C15, eterik yağ
  - ▶ Diterpen, C20 reçine, gibberellin
  - ▶ Sesterterpen, C25, *mantar ana yapısı, reçine*
  - ▶ baş-kuyruk şeklinde bağlanmış izoprenlerden meydana gelirler
  - ▶ Triterpen, C30, steroid (iki C15 biriminin başbaşa bağlanması)
  - ▶ Karoten, C40, tetraterpenoid (iki C20 biriminin başbaşa bağlanması)
  - ▶ Politerpen, C100-150, kauçuk, güta

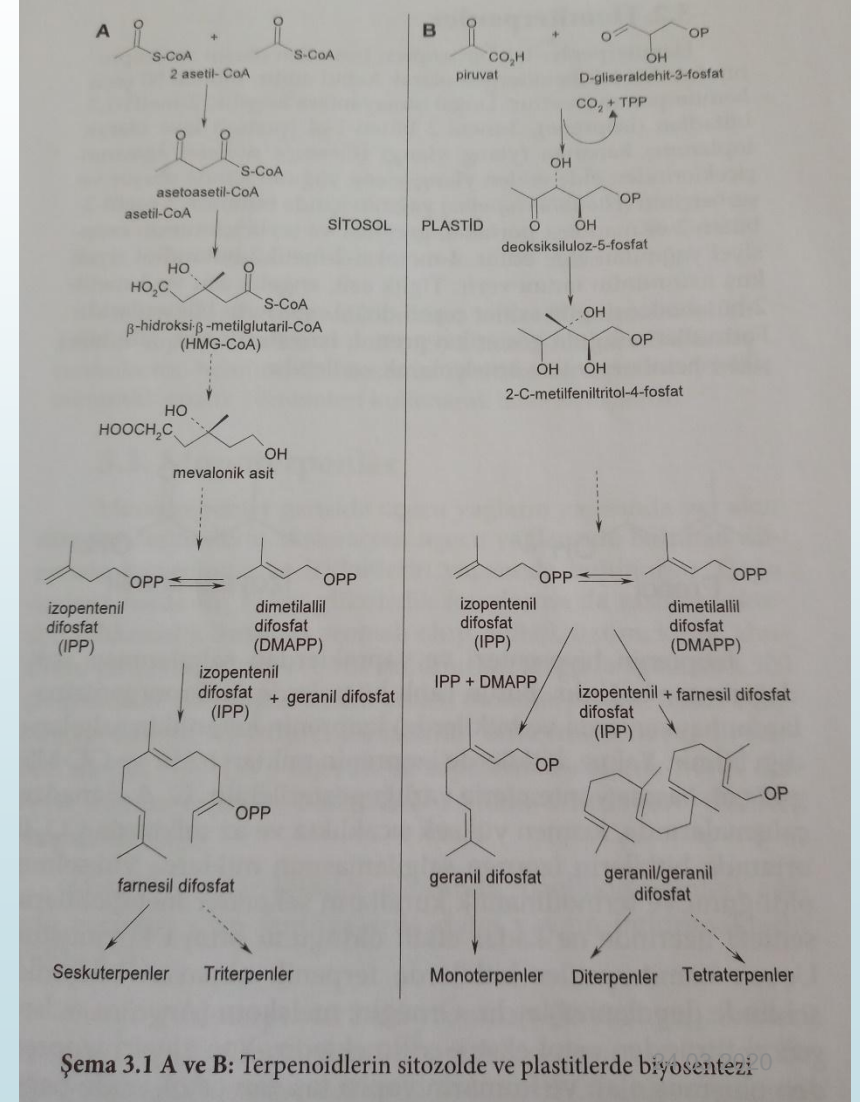
# TERPENLER

No	Terpenler	Örnekler	İzopren Sayısı	Kullanılma alanı	Bulunuşu
1	$C_5H_8$ Hemiterpenler	a) prenil b) izovalerik asit	1	a) tıbbi (ylang-ylang yağı) b) lezzetli yiyecek	Uçucu yağlar
2	$C_{10}H_{16}$ Monoterpenler	a) limonen b) kamfor c) mentol	2	a) tıbbi b) lezzetli yiyecek	Uçucu yağlar
3	$C_{15}H_{24}$ Seskiterpenler	a) patkoulol b) absisik asit c) pentalenolakton	3	a) parfüm ham maddesi b) fitohormon c) antibiyotik	Uçucu yağlar
4	$C_{20}H_{32}$ Diterpenler	a) taksol b) kasben c) gibberellin	4	a) antikanser ilaç b) fitoaleksin c) fitohormon	Uçucu yağlar, reçineler
5	$C_{25}H_{40}$ Sesterpenler	a) farnesol b) nerolidol	5	a) parfüm ham maddesi b) aromalı yiyecek	Reçineler, aromalı maddeler
6	$C_{30}H_{48}$ Triterpenler	a) $\beta$ -sitosterol	6	a) membran bileşeni	Reçineler, acı maddeler
7	$C_{40}H_{64}$ Tetraterpenler	a) $\beta$ -karoten	8	a) bitki pigmenti (provitamin A)	Reçineler, acı maddeler
8	$C_{55}H_{72}$ Meroterpenler	a) klorofil b) plastokinon	9	a) fotosentez b) elektron transport	Yeşil dokular, Kök ve meyve
9	$C_5H_8)_n$ Politerpenler	a) rubber	100-500	a) ticari kauçuk (endüstriyel hammadde)	Kauçuk ve güta

No	Terpenler	Örnekler	İzopren sayısı	Kullanma alanı	Bulunuşu
1	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> - hemiterpenler	a) Prenol b) İzovalerik asit	1	a) Tıbbi (Ylang-ylang yağı) b) Lezzetli yiyecek	Uçucu yağlar
2	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> - monoterpenler	a) limonen b) Kamfor c) mentol	2	a) Tıbbi b) Lezzetli yiyecek	Uçucu yağ
3	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> - Seskiterpenler	a) Paktoulol b) Absisik asit c) pentalenolakton	3	a) Parfüm ham maddesi b) Fitohormon c) Antibiyotik	Uçucu yağ
4	C <sub>20</sub> H <sub>32</sub> - Diterpenler	a) Taksol b) Kasben c) Gibberellin	4	a) Antikanser ilaç b) Fitoaleksin c) Fitohormon	Uçucu yağ, reçineler
5	C <sub>25</sub> H <sub>40</sub> - Sesterpenler	a) Farnesol b) Nerolidol	5	a) Parfüm hammaddesi b) Aromalı yiyecek	Reçineler, aromalı maddeler
6	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub> - triterpenler	a) β-sitosterol	6	a) Membran bileşeni	Reçineler, acı maddeler
7	C <sub>40</sub> H <sub>64</sub> - tetraterpenler	a) β-karoten	8	a) Bitki pigmenti (provitamin A)	Reçineler, acı maddeler
8	C <sub>55</sub> H <sub>72</sub> - meroterpenler	a) Klorofil b) Plastokinon	9	a) Fotosentez b) Elektron transport	Yeşil dokular, Kök ve meyve
9	(C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> ) <sub>n</sub> - politerpenler	a) Rubber	100-500	a) Ticari kauçuk (endüstriyel hammadde)	Kauçuk ve güta

# Terpenlerin yapıları ve biyosentezi

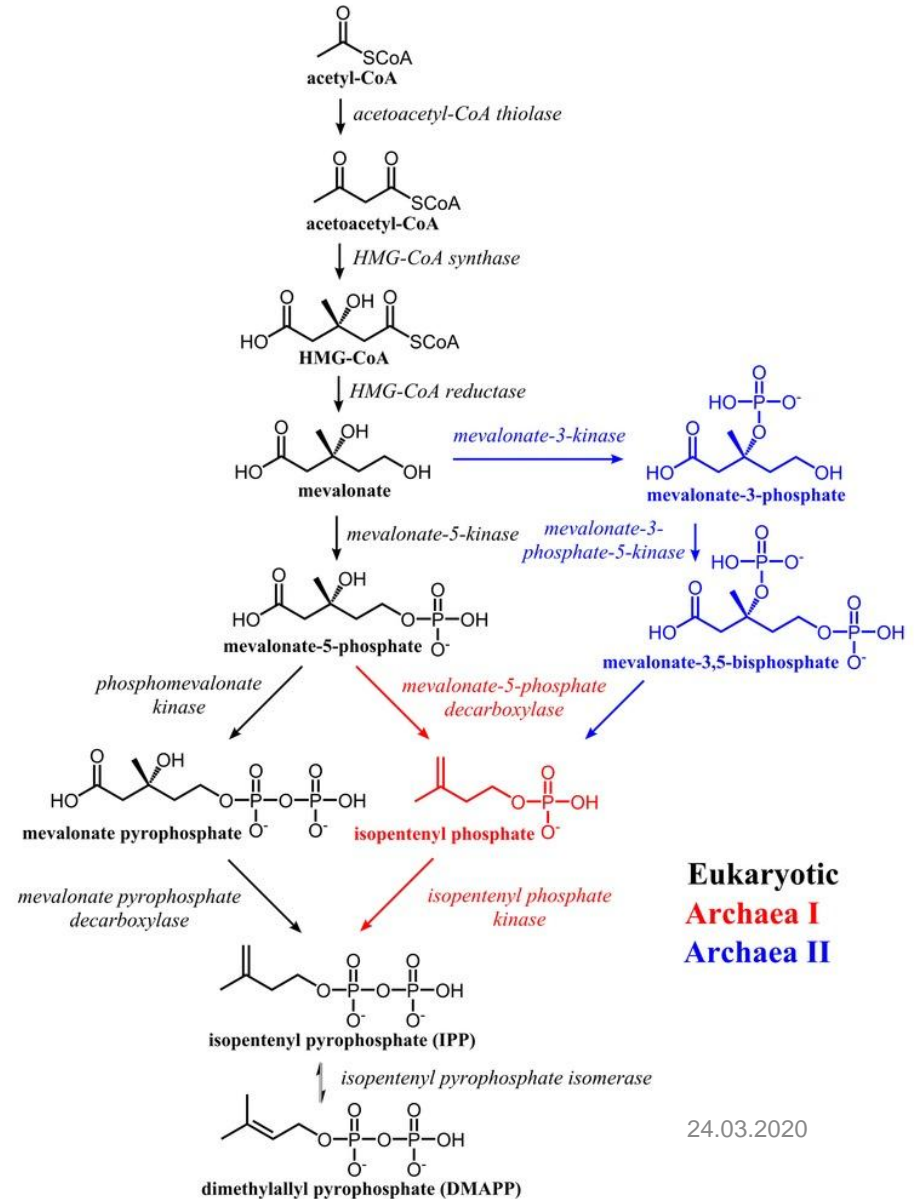
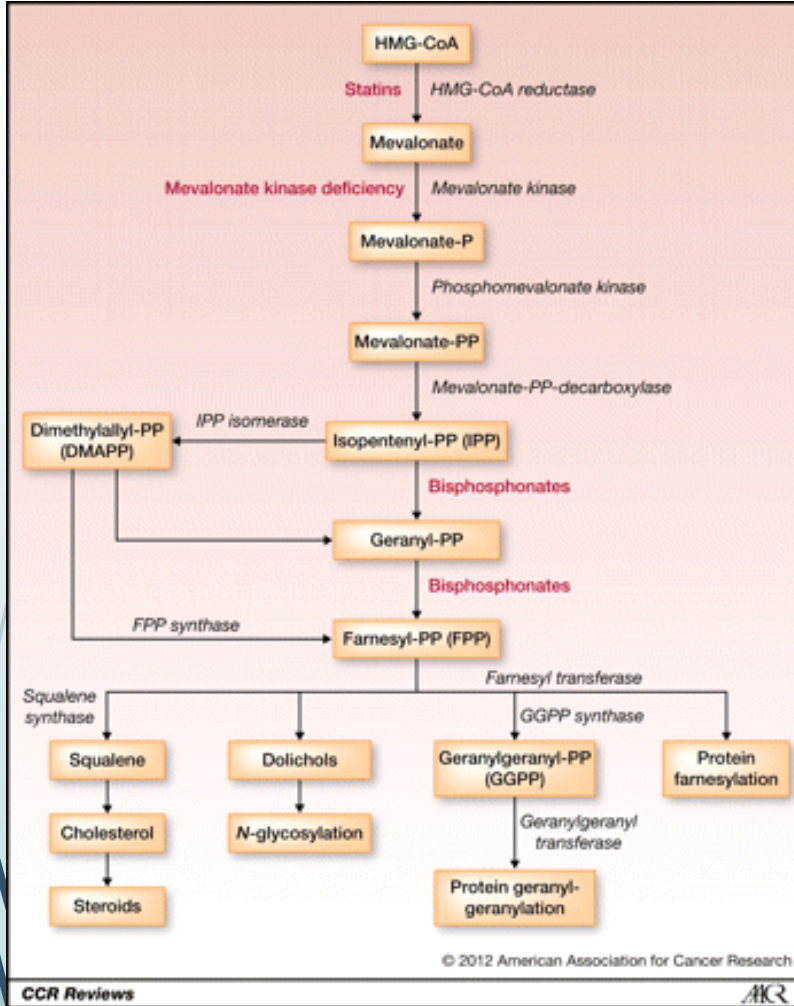
Terpenler ana iskeleti beş karbonlu izopren birimleri olan moleküllerin «baş-kuyruk» şeklinde birleşmesi sonucunda meydana gelir (izopren kuralı)



Şema 3.1 A ve B: Terpenoidlerin sitozolde ve plastitlerde biyosentezi

# Mevalonat Yolağı

# Mevalonate Pathway



**Eukaryotic  
Archaea I  
Archaea II**

24.03.2020



# 1. Hemiterpenler



*Cananga odorata*  
çiçeği



*Humulus lupulus*, şerbetçiotu

- Tek bir izopren birimlerinden oluşur. İzoprenin kendisi hemiterpen olarak kabul edilir
- Bilinen 50 çeşidi vardır
- Kananga (ylang ylang) yağı, Şerbetçiotu yağı, Portakal, greyfurt, esansiyel yağları, Kuş üzümünün tadı
- İzopren biyosentezi ve yapraklardan salgılanması ışık değişimine bağlıdır
- Bütün canlı hücrelerde izopren karanlıkta salgılanır
- Bitkilerdeki varlığı çok azdır ve GC-MS tekniği ile analiz edilir.



## 2. Monoterpenler



- Bitki aromalarının en büyük bileşenleridir.
- Bu uçucu bileşikler, esansiyel yağlar olarak bilinirler, parfümeri ve tatlandırıcı endüstrilerinin temelini oluştururlar
- Bu yağların damıtılması ile elde edilirler.
- 1890-1920 li yıllarda birçok basit monoterpen tespit edilmiştir. Ancak, gaz kromatografisinin kullanımı bu yağların analizini mümkün kılmıştır.
- Bir veya iki monoterpenin genellikle baskın olduğu oldukça kompleks terpenoid ve terpenoid olmayan doğal ürün karışımları oldukları gösterildi
- Geraniol geranium oil (*Pelargonium graveolens*) ıtır yağının majör bileşenidir



## 2. Monoterpenler

- Monoterpenler genellikle uçucu yağların yapısında yer alan düzgün terpenlerin, Asteraceae uçucu yağlarında bulunan düzensiz terpenlerin ve iridoitlerin yapısında bulunurlar.
- Çoğu serbest halde olup glikozidik yapıda olanları da bulunmaktadır. Söz gelimi, şeftali, üzüm, kiraz, ahududu gibi birçok meyvelerde bulunurlar.
- Doğada yaklaşık 1500 civarında ve 40 grupta temsil edilirler.
- Monoterpenler karayosunları, bakteri, mantar, fitoplankton, zooplankton, yumuşakça ve benzeri, eklembacaklılarda bulunur. Ayrıca, timsah ve kunduz gibi gelişmiş canlıların salgı organlarında monoterpen ve türevlerinin bulunduğu bildirilmiştir.

## 2. Monoterpenler

- Monoterpenler; esansiyal yağların %90 ı bu grupta yer alır
- Farmakolojik özellikler gösterirler:
- Antienflamatuvar, antimikrobiyal, antioksidan, antipruritic (kaşıntı önleyici), hypotensive (düşük tansiyon) and analgesic (analjezik, ağrı kesici) aktiviteleri vardır.
- Kimyasal sentezlerdesentez başlangıç maddesi, aroma ve koku kimyasalı, gıda katkı maddesi, boya ve çözücü, insektisidal ve pestisit olarak yaygın kullanımları vardır.
- Yenilenebilir hammadde olarak petrokimyasallara alternatif kullanımları da vardır.

## 2. Monoterpenler

- Sardunya yağı üretimi yıllık 10 000 tondur.
- Linalool, bahçe otu, adaçayı yağında bulunur
- Citral, limon yağının bir bileşenidir; ticari olarak limon yağından elde edilir (*Cymbopogon flexuosus*).



## 2. Monoterpenler

- ▶ Nane, adaçayı ve biberiyenin dahil olduğu bitkiler çoğu terpenin kaynaklarıdır.
- ▶ Mentol *Mentha arvensis*, nanede bulunur. Esansiyel yağdır ve lokal anestezi ve ferahlatıcı etkilere sahip faydalı fizyolojik etkiler gösterir.
- ▶ Şekerleri, sigara ve diş macunlarını tatlandırmada kullanılır.



## 2. Monoterpenler



- Terpeneol ve  $\alpha$ -pinen çam yağında (terebentin) bulunur
- Kafur, kafur ağacından (*Cinnamomum camphora*) izole edilir, fakat şuan ticari olarak  $\alpha$ -pinen'den yapılır ve kıyafetleri güvelerden korumak için kullanılır.



*Rosmarinus officinalis*

30



Biberiye, rozmarin,  $\alpha$ -piper

# Oksijenlenmiş monoterpenler: İridoidler

- İridoidler; oldukça büyük oranda oksijenlenmiş monoterpenler olup siklopentan ailesindedir.
- Birçok bitkide ve bazı hayvanlarda bulunur.
- Bitkilerde herbivorlara ve mikrobiyal enfeksiyonlara karşı üretilirler
- Apocynaceae, Lamiaceae, Loganiaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae and Verbenaceae gibi
- Örneğin, iridoidal; predatör karıncalara karşı etkindir.
- Nepetalakton, kedinanesinden (ballıbabagiller familyasından *Nepeta cataria*), kediler için cezbedicidir.
- Sekoiridoid, sözgelimi secologanin, indol alkaloidlerin terpenoid kısmının öncülüdür.
- İpeka kökü kusturucu ve müshil olarak kullanılır

## 3. Seskiterpenler



- Yapısında 3 molekül izopren bulunur.
- 3000 civarında bileşeni bilinmektedir.
- Bitki eterik yağı ve balzamlarda bulunurlar.
- Büyük çoğunluğu antibakteriyel etkiye sahip olduklarından parfümeride kullanılmaktadırlar.
- Bazıları esansiyel yağların daha yüksek kaynama noktalarında elde edilirler
- Örneğin,
  - Karyofilen-karanfil yağı
  - Sedren –sedir ağacı yağı
  - Longifolen- hint terebentin yağı (Pinus ponderosa)
- Bu yapılar seskiterpenler içerisinde karbon iskeletinin çeşitliliğini gösterirler
- C yapıları  $C_{15}H_{24}$ , yapısında 3 mol izopren bulunur





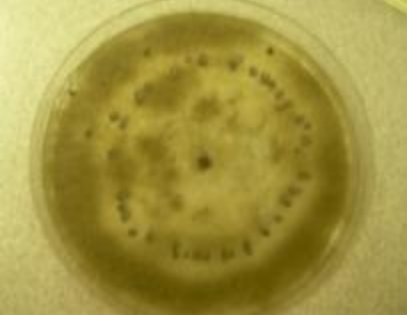
# 3. Seskiterpenler



- Seskiterpen laktonları yaygın olarak,
- Compositae ailesinden bitkilerinin biyolojik olarak aktif moleküllerinin bileşenleridir.
- Santonin Artemisia maritima (pelin) dan izole edilir- barsak kurtlarının yok edilmesinde tıpta kullanılır.
- Türevlerinden, Çin ilacı qinghaosu, artemisinin Artemisia annua, dan elde edilir, Dünya Sağlık Örgütü tarafından sıtmaya direnç gösteren suşların tedavisinde kullanılması tavsiye edilmiştir.
- Bu bileşik farklı yapıda bir peroksit içermektedir, ve bu peroksit onun biyolojik aktivitesi ile ilişkilidir.
- Bitki hormonu absisik asit, bitkilerde yaprak dökümü ve dormansiyi uyarır, 1965 te bulunmuştur ve bir seskiterpenoiddir

## 3. Seskiterpenler

- Birçok fungal metabolit de seskiterpenoid yapıdadırlar, Sözgelimi,
- Botrılan (ör; *Botrydial*), fitopatojenik fungus *Botrytis cinerea*, tarafından üretilir, ve bir fitotoksindir,
- Yine, trikotenler *Fusarium* sp.türüne ait karakteristik mikotoksindir, memelilerde
- Protein sentezi
- inhibitörüdür.



## 4. Diterpenler



- Çoğu ağaç reçine ürünleridir.
- Genel formülleri C<sub>20</sub>H<sub>32</sub>
- Abietik asit; Pinus ve Abies (köknar) türlerinden elde edilen odun çam sakızı, kolofanın en büyük bileşenidir.
- Vernik ve reçine sabunu yapımında kullanılır.
- Reçine asitlerinden pimarik asit (Pinus türünden) ve podokarpik asit (Podocarpus cupressinum)
- Odun reçinelerinin nötral içerikleri manoyl oksit içerir
- Daha çok oksijen taşıyan diterpenoidler (klerodan iskeletine sahiptirler) böcek anti besinidirler, ve Ajuga, Salvia, Scutellaria ve Teucrium türlerinin yapraklarında bulunurlar
- Dekoratif Coleus bitkisinin (ör, Koleon B) ve ünlü Çin ilacı Than-shen'in (Salvia miltiorrhiza) nin yapraklarındaki turuncu ve kırmızı pigmentler diterpenoid kuinonlardır.



## 4. Diterpenler



- Gibberellik asit bir fungus olan *Gibberella fujikuroi* tarafından üretilen bir fitotoksindir.
- Ayrıca, ticari olarak üretilir, alfa amilazın üretimini stimüle ettiği bira imalatında maltlama aşamasında kullanılır. Ayrıca çekirdeksiz üzüm üretiminde kullanılır.
- Doğal tatlandırıcı stevisiodun aglikan ı olan steviol, *Stevia rebaudiana* bitkisinden ticari olarak elde edilmektedir.
- Steviosid bazı ülkelerde besleyici olmayan düşük kalorili içeceklerde tatlandırıcı olarak da kullanılmaktadır.

## 4. Diterpenler

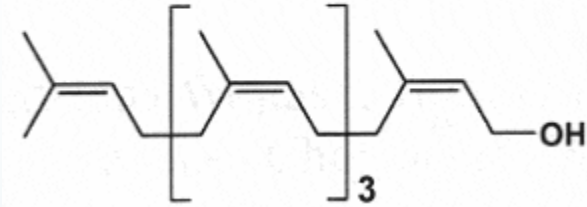


- **Antimümör özellikli diterpenoidler;**
- **Taksol (paklitaksel)** Pasifik posuğu ağacı *Taxus brevifolia* nın kabuğundan elde edilir. Ancak, taksanlardan yarı sentetik olarak da yapılmaktadır.
- Birçok tümöre karşı güçlü aktiviteye sahiptir, meme ve ovaryum kanserinin tedavisinde kullanılır.
- Diğer taraftan bazı diterpenoidler sözgelimi
- *Euphorbia* türüne ait olanlar güçlü deri tahriş edici özellikte ve ko-karsirojenik özelliktedirler



## 5. Sesterpenler

Geranylfarnesol



- 25 karbonlu ve 5 izopren biriminde meydana gelen terpenlerdir
- Geranilfarnesol den türevlenirler
- Nadir lipitlerdir, Funguslar, likenler, yüksek yapılı bitkiler, böcekler ve sünger gibi deniz organizmalarında bulunurlar.
- Antienflamatuar, sitootksik, qntikanser, antimikrobiyal ve anti biyofilm aktiviteleri vardır
- Ör; gaskardik asit, haslen

# 6. Triterpenler



- En basit triterpen, **skualen**, balık karaciğer yağlarından ilk olarak izole edildi,
- Ardından, bitki yağları ve memeli yağlarında bulundu
- En bilinen, yaygın tetrasiklik triterpen olan **lanostrerol** yağının majör bileşeni olup esterleri lanolin kreminde bulunmaktadır.
- Diğer triterpenler örneğin  **$\alpha$**  ve  **$\beta$ -amirin**ler birçok ağacın odun reçinesinde ve kabuğunda bulunurlar.
- Bir triterpen lakton olan (akşam ağacı, gümüş köknar) *Abies alba* nın kabuk yüzeyinde kristalize olur ve ona gri-beyaz görünüm kazandırır
- **Glisirrenitik asit** ise meyan kökünde
- (*Glycyrrhiza glabra* köklerinden) bulunan bir triterpendir, ve peptik ülserlerin tedavisinde iyileştirici özelliklere sahiptir.



## 6. Triterpenler

- ▶ Triterpenler özellikle Bazidiyomiset grubu fungusların fruiting badilerinde bulunur ( örneğin; *Polyporus* türünden **poliporenik asitler**, *Ganoderma* türünden ganoderik asit)
- ▶ Geleneksel Çin ilacı ginseng (*Panax ginseng*) **protopanaksadiol** gibi triterpen glikozitlerini içerir.
- ▶ Son zamanlarda, **betulin** türevleri (kayın ağacının kabuklarından) HIV ye karşı ilginç aktiviteler göstermektedir.
- ▶ Oksijenlenmiş ve degrede olmuş triterpenlere örnek olarak **limonin** verilebilir, limon ve portakal çekirdeklerinden elde edilir



## 6. Triterpenler

- Meliaceae ve Rutaceae familyalarının öz odunundan elde edilir (Meliaceae ailesinden ağaçlar mobilyacılıkta parke yapımında kullanılır).
- Neem ağacı (tesbih ağacı) ndan elde edilen **azadiraktin** çekirgelere karşı güçlü bir beslenme önleyici aktiviteye sahiptir.

# 6.1. Steroidler

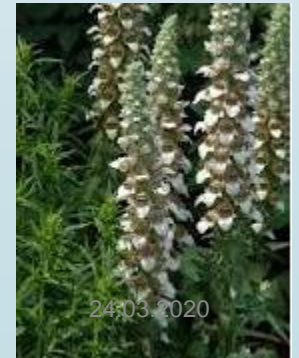
- Steroidler tetrasiklik triterpenlerden kökenlenirler.
- Steroidler den **kolesterol** lipid membranlarının önemli bir bileşenidir, çok daha fazla degrede olmuş steroidler steroid hormonlarıdır.
- Kolesterol tipik bir memeli sterolüdür, **ergosterol** ise funguslarda bulunur, bitki yağlarında ise **stigmaserol** bulunur.
- Steroid hormonları arasında, **progesteronlar** ve **östrojenler** dişi eşey karakteristiklerinden sorumlu olan hamilelik ve menstrual döngünün kontrolünden sorumludur.
- Modifiye östrojenler ve progesteronlar doğum kontrol hapında kullanılırlar. Bazı meme kanserleri östrojen bağımlıdır.

# 6.1 Steroidler

- **Testesteron** gibi androjenler erkek eşey hormonlardır.
- Diğer özellikleri arasında, kas gelişiminde uyarıcı etkiye sahiptir (anabolik etki).
- Anabolik steroidler et sığırının gelişiminde uyarıcı olarak kullanılmaktadır.
- Kortikal steroidler ör, **kortizon**, adrenal korteks te üretilir. İki ana işleve sahiptir:
- **Mineral kortikoidler** (Ör, aldosteron) mineral dengeyi düzenlerler
- **Glukokortikoidler** proteinin karbonhidratlara dönüşümünü (glükonejenez) ve glikojen olarak depolanmasını destekler.
- Kortikal steroidler immün baskılayıcı aktiviteye sahiptirler ve enflamasyonu azaltırlar. İltihaplı romatizma, astım tedavisinde ve enflamasyonu dindirici kremlerde kullanılırlar.
- **Vitamin D 25-dihydroxyvitamin D3** **gastrointestinal kalsiyumu ve fosfat emilimini kontrol eder, ve kemik minerilizasyonunu destekler.**

# 6.1. Steroidler

- Çoğu steroller steroidal **saponin**leri simgeleyen glikozitler olarak oluşurlar. Birçok bitkide üretilen köpük oluşumundan sorumludurlar.
- Diosgenin, Meksika yer elması (patatesi) sapogenini,
- Kenevir, sabır ağacı lifinden hekogenin steroid hormonlarının kısmi sentezinde başlangıç materyalidir.
- Steroid alkaloidler, ör, solasodin, Solanaceae familyasından domates ve patates gibi bitkilerde bulunur.
- Bazı bitki steroidleri yararlı bir farmakolojik aktiviteye sahiptir.
- Ör, kardenolidler, (*Digitalis lanata*, yüksükağacı) kalp yetmezliği tedavisinde kullanılırlar.
- Ekdisteroidler böcek hormonları,
- Brassinosteroidler bitki hormonlarıdır



# 7. Tetraterpenler- Karotenoidler

- $C_{40}H_{64}$ , sekiz izopren biriminden meydana gelirler
- Birçok bitkide bulunan kırmızı ya da sarı pigmentlerdir.
- Doğada 600 kadar karotenoid bileği olup bunlardan 40 kadarı insan gıdaları arasında yer alır
- İnsan doku ve kanında tespit edilen karotenoid sayısı 20 dir (%90 ına yakın kısmı  $\alpha$  ve  $\beta$  karoten, likopen, lutein, kriptoksantin vs.)



# 7. Karotenoidler

- Sadece insan ve hayvanlar değil bitki ve mikroorganizmalar da karoten üretirler
- Sözgelimi beta karoten havuça rengini veren ve likopen domatese koyu kırmızı rengini veren pigmentlerdir.
- Karotenoidler vitamin A öncülüdürler
- Güçlü antioksidanlardır ve birçok besinin yararlı etkilerine katkıda bulunurlar

# 7. Karotenoidler

- Koyu yeşil bitkiler lutein
- Yumurta sarısı lutein ve zeaksantin
- Kırmızı renkte sebze ve meyveler, mısır, brokoli, şalgam ağırlıklı olarak  $\alpha$  ve  $\beta$  karoten bakımından zengindirler
- Karotenoidler bitkilerin fotosentetik kısımlarında meyvelerde yağ damlacıkları şeklinde, domates ve havuçta yarı kristalize şekilde bulunurlar
- Klorofil ve plastokinon-meroterpen

## 8. Meroterpenler

- Büyük moleküler yapıya sahip yeşil bitkilerin hemen hepsinde bulunan çok önemli terpenoidlerdir. Ör, klorofil ve plastokinon



# 9. POLİTERPENLER

- Endüstriyel sanayinin gelişiminde önemli payı vardır
- İNŞAAT SEKTÖRÜ
- Motorlu araçlar
- Uzay teknolojisi
- Solanesol
- Kauçuk güta

# 9.1 Poliprenoller

- Yapısında 4-10 izopren molekülü olan politerpenlerdir
- Tütün yapraklarından elde edilen 9 izopren fragmentinden oluşan solanesol alkolü
- Bitki yapraklarında, bakteri, mantar vb. Canlı organizma dokularında yer almaktadırlar
- Özellikle iğne yapraklı bitkilerde miktarı oldukça yüksektir
- Antivirüs, antiülser, immünomodilatör etkiye sahiptirler
- Kalp-damar, sindirim sistemi ve kanser tedavisine karşı kullanılan birçok ilaç bu maddeden elde edilmiştir

## 9.2. Kauçuk ve gütaperka

- 1500-15000 adet izopentenil molekülünden oluşur, düzgün yapılı terpen türevidir
- Kauçuk normal sıcaklıkta elastik ve amorf şekildedir, germe veya soğutulması durumunda bu yapı kristalize olur
- Gütaperka normal sıcaklıkta plastiktir, elastik olmayan kauçuk olarak da adlandırılır

# Gütaperka

- Gütaperka deniz suyunun etkisine dayanıklı olduğundan sualtı kablolarının ve izolasyon malzemelerinin yapılması alanında şu an için tek kaynaktır
- Asitlere ve elektriğe karşı çok dayanıklıdır
- Bunun dışında tıpta ve çocuk oyuncakları hazırlanmasında çok önemli bir hammaddedir.
- Aysa ve Afrikanın güneybatı kısımlarında tropikal bölgelerde yayılış gösteren Sapotaceae familyasından *Palaquium gutta* bitkisinden elde edilir.
- Ağacın gövdesi 2-3 cm eninde 20-30 cm uzunluğunda kesilir dışarıya akan koagüle lateks toplanıp işlenir

# Kauçuk

- Açık tohumlu, sporlu ve monokotil bitkilerde bulunmaz
- Dikotillerden bazı bitkilerde mevcuttur
- Juncaceae, Hydrocharitaceae, Saliaceae, Polygonaceae, Barassicaeae
- Moraceae, Asteraceae, Papaveraceae, Eupforbiaceae,
- Kauçuk üreten 300 cins ve 2000 kadar bitki türü bilimektedir.

## 9.2. kauçuk

- Malzeme imalatı
- Konveyör bant
- Hortum
- Cont, dela, keçe
- Otomotiv
- Lateks mamüleri
- Profiller
- Diğer lastik eşyalar
- Ör; silikon, poliüretan, nitril, viton vb.

# Kaynak

- TOHUMLU BİTKİLERDE SEKONDER METABOLİTLER  
PROF. DR. RAMAZAN MAMMADOV  
1. BASIM 2014  
NOBEL KİTABEVİ