

# KÜLTÜR BİTKİLERİNDE FENOLİK MADDE İÇERİĞİNİN MEVSİMSSEL DEĞİŞİMİ ÜZERİNE EKOLOJİK FAKTÖRLERİN ETKİSİ

**Fenol**'ler, oksijenli aromatik bileşiklerden olup, bir veya daha fazla hidroksil (OH) grubu taşıyan en az bir aromatik halkaya sahip organik ve kristal yapıda ki maddelerdir. Renksizdir ancak hava ile temas ettiklerinde kırmızı renk gösterirler. Suda orta derecede, organik çözücülerde (alkol, eter vb.) iyi çözünür. Çok zehirlidir, cilde değmesi durumunda yanıklar meydana getiriler. Seyreltik çözeltileri dezenfektan olarak kullanılır. Birden çok polimerin (polifenoller, flavonoidler vb.) çıkış maddesidir.

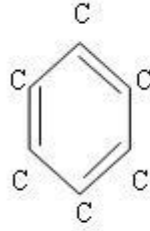
1,2,3,13,18,19,,27,28

**Flavonoid**'ler; üç karbonlu zincir ile bağlı iki benzen halkasını içeren C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> iskeletinde bileşiklerdir. Flavonoidler kırmızı, mavi pembe bitki pigmentleri, antosiyaninler, sarı antosiyaninler ve renksiz kateşinler' den oluşurlar. Diğer bir ifade ile bu bileşiklerin oluşturduğu sınıfın genel ismidir. 1,2,5,13

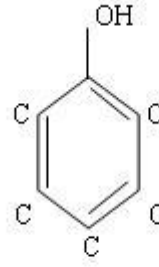
**Flavonoidler bitkileri UV ışınlarına ve mikroorganizmalara karşı korurlar.** Bitkilerin bol ve kısa dalga boylu güneş ışığına rağmen gelişmeleri bu pigmentleri çok fazla miktarda sentezlemesiyle mümkün olabilmektedir. Güneş ışınlarının etkisi ile, bitki yaprak ve dokularında **fenolik maddeler** 'inde sentezlenmesini sağlayan **fotomorfogenez** reaksiyonları başlar.

İnsanlarda flavonoidler, bağışıklık sistemini güçlendirir ve kalp krizi riskini azaltır. Bitki hücre ve dokularında basit fenolik bileşiklerin önemli bir kısmı, fenolik asitler ve fenilpropanoidlerin sentez yollarının ara ve son ürünleridir (Şekil- 2.1). 9,2,1,4,12

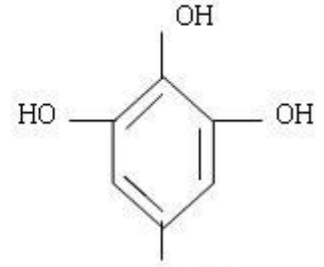
Temel aromatik halka;



Benzen



Fenol



Gallat

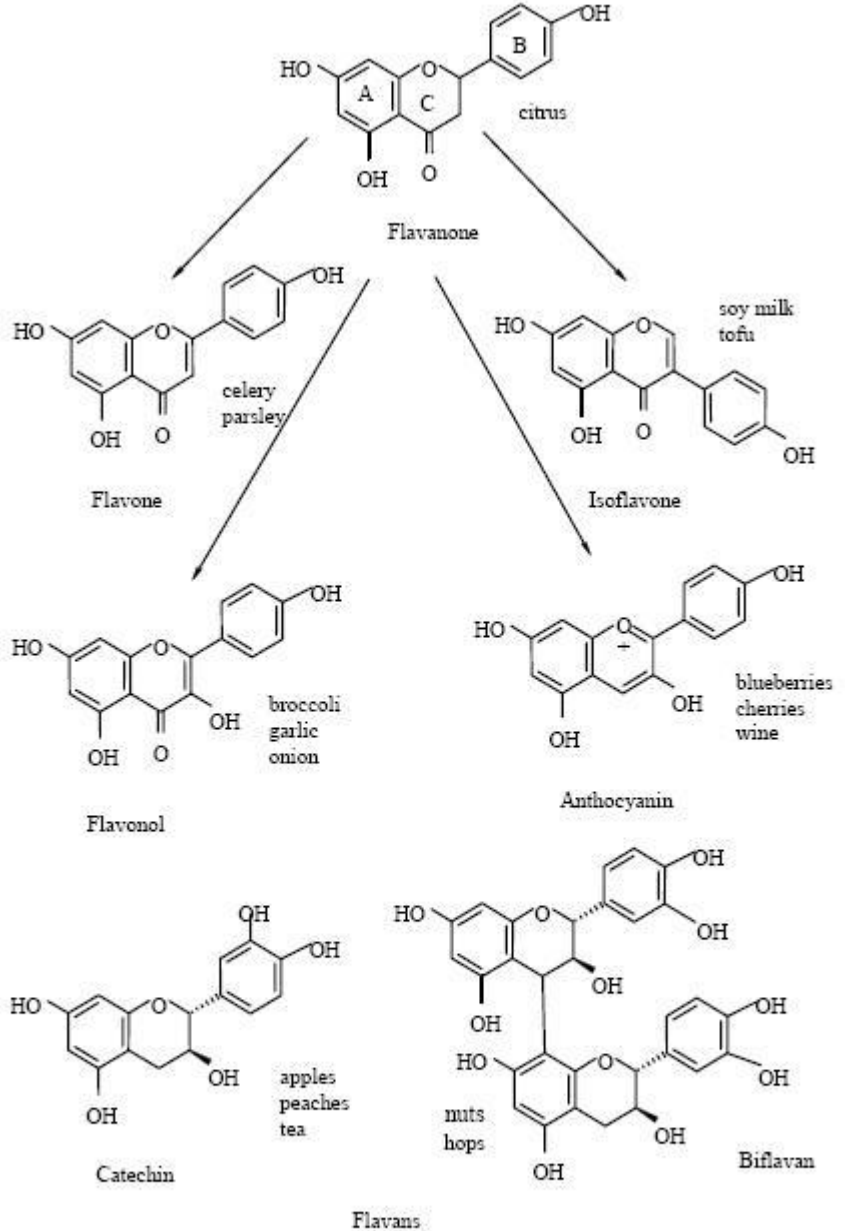
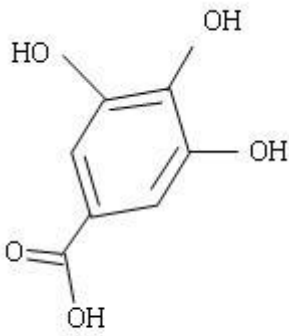


Figure 2.1 Structure and dietary occurrence of the main classes of flavonoids (arrows indicate biosynthetic path)

Source: adapted from Peterson and Dwyer, 1998.

Fotomorfogenez adı verilen reaksiyonda ; "**fitoensintaz (PSY)**" adı verilen bir enzim işlev görür. Işık etkisi altında devreye giren bu enzim, hücrede klorofil ve karotenoid miktarını arttırarak, fotosentez görevi görebilecek bir organelin (kloroplast) oluşmasını kontrol eder. Karotenoid biyosentez mekanizmasının ilk enzimi olan PSY, çoğunlukla enzim reaksiyonlarını da arttırır. PSY 'nin bu şekilde ışığa bağımlı oluşu, klorofil biyosentezinde görevli olan "**protoklorofillid oksiredüktaz (POR)**" enziminde de görülür. Hiçbir hücre, potansiyel olarak içermediği bir özelliği, normal şartlar altında bir anda göstermeye başlayamaz. <sup>1,4, 9, 25,26,27,28</sup>

Fenolik maddeler bitki türlerini tanımlama ve sınıflandırma amacıyla **kemotaksonomik** çalışmalarda kullanılmaktadır. Bitkilerin sekonder metabolizma ürünleri den olan flavonoidlerden antosiyaninlerin çiçek ve meyve pigmenti olduğu , polimer fenoller olan ligninlerinde hücre duvarında yapı materyali olarak görev yaptığı bilinmektedir. Antosiyaninler ve kondanse tanenleri içerisine alan flavonoidler, fenilpropanoid sentezi sırasında oluşan **p-coumaric asitten** meydana gelir. Flavonoidlerin diğer bir grubu da hidroliz olabilen gallik asit ve türevleri doğal ortamda şikimik asit sentez yoluyla sentezlenir. Burada; **L-phenylalanine ammonia lyase (PAL)** flavonoidlerin biyosentezini kontrol eden anahtar enzimidir. Gün uzunluğunda ki artış ile (yaz mevsiminde) bu enziminde aktivitesi artar.<sup>(3,9, 1)</sup>



Gallik asit

Çay yaprağının önemli bir bölümünü polifenoller oluşturur. Bunların başında kateşin, flavanols, gallik asit ve deşides gelir. Çayın rengini veren pigmentler, klorofil ve karotenoidler dir. Çayda kateşin ve türevleri, gallik asit ile esterleşme sonucu oluşmaktadır. **En bol bulunan Epigallokateşin gallat** <sup>18,19,20,21</sup>

Ester ve esterleşme; bir karboksilik asidin (R-COOH) bir alkol veya bir fenol'le tepkimesi sonucu su kaybı ile meydana gelen kimyasal bileşik esterdir. Ayrılan suyun hidroksilini (OH alkolden değil fenol'den alması) esterleşmedir. **Özellikle halka yapısına sahip karboksilik esterler UV (kısa dalga boylu, ultra viole ışınlar) ışınlarını absorblamazlar.**

<sup>12, 16,18,19,20,21</sup>

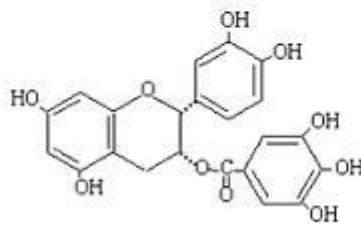
Fenolik maddeler konusunda yapılan bir çok çalışmada, bitki büyümesini tohum çimlenmesini inhibe (engelleme) özelliğine sahip olduğunu ve **allelopatik** (bitkilerin sentezlediği kimyasallar ile birbirini etkilemesi) olarak bitki - bitki ilişkilerinde görev aldığı da tespit edilmiştir. Yine fenollerin zehirli etkisi nedeniyle patojen ve herbivorların saldırılarına karşıda bitkinin savunma mekanizmasını oluştururlar.



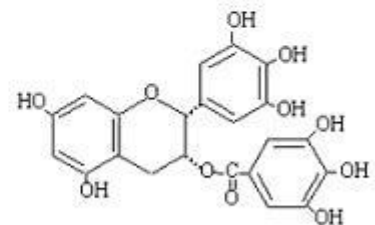
(-)-Epicatechin



(-)-Epigallocatechin



(-)-Epicatechin gallate



(-)-Epigallocatechin gallate

Bu etkileşime örnek olarak; yurdumuzda bilhassa Doğu Karadeniz bölgesinde rastlanır.

Yenildiğinde baş dönmesi ve halsizlik yapar. Bu zehirlenme belirtileri Rhododendron (Orman gülü) türlerinin, R. ponticum (komar;kırmızı-pembe çiçekli), R.Luteum (zifin;sarı çiçekli)'un taşıdığı andromedotoksin'den ileri geldiği bilinmektedir, bu bitkilerin çiçeklerinden bal özü toplayan arılar vasıtasıyla bala (Zehirli bal veya deli bal) geçmektedir.Andromedotoksin tansiyon düşürücü etkiye sahiptir. Alındığında baş dönmesi ve halsizlik yapar. <sup>10,2,1,3,19,20,21</sup>

Ayrıca bitki metabolizmasında oluşan ve bitkinin korunması için depolanan zehirli ve tahriş edici özellikteki maddeler yine bitki bünyesinde **zehirsizleştirilir**. Bu işlem üç yolla olur; (2,1)

1. Bileşik teşkili (Benzen'den önce fenol'e yükseltgenme, sonra fenolik bileşiklerin oluşumu ile zehirsizleştirme.)
2. Yükseltgenme ve indirgenme (Redoks reaksiyonları )
3. Hidroliz

Bitki hücrelerinde, stoplazma içerisinde bulunan ve çeşitli metabolik görevler üstlenmiş olan organellere "**plastid**" adı verilmektedir. Renk maddesi taşıyıp taşıyamalarına göre gruplandırılan plastidler, daha sonra da klorofil içeriklerine gruplandırılırlar. Buna göre:

1. Renk maddesi taşıyanlar
  - a) Klorofil içerenler (kloroplast)
  - b) Klorofil içermeyenler (kromoplast)

2. Renk maddesi taşımayanlar (leukoplast), şeklinde sınıflandırılırlar.

Kloroplastlar içerisinde bitkiye farklı renkleri veren **klorofil** (yeşil), **karotin** (turuncu), **ksantofil** (sarı) ve **likopin** (kırmızı) gibi renk pigmentleri bulunur. Kromoplastlarda ise farklı olarak klorofil pigmenti bulunmamaktadır. Tüm plastidler, genç hücrelerin sitoplazmasında bulunan ve "**proplastid**" olarak bilinen küçük cisimlerden meydana gelirler. Proplastidler, tıpkı kök hücreler gibi işlev görürler ve ergin hücrenin yerine ve görevine göre ilgili plastid tipine farklılaşırlar. Ancak belirli koşullar altında, hücrenin ve organizmanın ihtiyacına göre, ergin haldeki plastidler de birbirlerine dönüşebilirler. Kloroplastlar, aktif halde genetik materyal (DNA ve RNA) içerirler. Diğer plastidler de, aynı hücrelerden geliştikleri için, sitoplazmalarında genetik materyal oluşumu için gerekli olan potansiyele sahiptirler. Aynı şekilde, klorofil taşımayan tüm diğer plastid tipleri de, belli koşullar altında klorofil sentezleyebilmek için gerekli olan potansiyele sahiptirler. <sup>9,8,2,4,20,21</sup>

$$E = N \times h \times c / \lambda$$

Burada:

N : Fotonların yoğunluğu

h : Planck sabiti ( $6.625 \times 10^{-34}$  Js )

c : Işığın hızı ( $3.10^8$  ms )

$\lambda$  : Işığın dalga boyu. (nm veya Å°)

Güneş ışınlarının bu enerjisi elektromagnetik enerji olan çok yoğun, küçük partikül demetlerinden oluşur. Bu partiküllere **foton** denir ve bunların bir dalga boyu ( $\lambda$ ) vardır. **Planck** denkleminde ışığın ve fotonların sahip olduğu enerji seviyesi (E hesaplanmaktadır. <sup>6,7,4,12</sup>

Bu denklem göstermiştir ki fotonların yoğunluğu ve hızları yükseldikçe, elektronların birbirini itme oranı dolayısıyla sahip

oldukları enerji yükselmektedir. Diğer bir ifadeyle fotonların sahip olduğu enerji , partikül dalgalarının dalga boyuna ters orantılıdır. <sup>6,7</sup>

**Tablo 1:** Bitkisel dokuların biyokimyasal yapısında bulunan kimyasal bağlar ile sahip oldukları bağlanma enerjileri ve ışınların çeşitli dalga boylarındaki enerjileri

Fotosentez için gerekli orta dalga boylu ışınların (400–760 nm) sahip oldukları enerji 150–300 kJ/mol arasındadır. Ultra viole dediğimiz çıplak gözle fark edilmeyen ışınların (200–400 nm) sahip olduğu enerji seviyeleri 300–600 kJ/mol arasındadır. Bitkilerin yapısını oluşturan selüloz, hemiselüloz ve lignin'de ki; carbon–arbon, carbon–oksijen carbon–hidrojen arasındaki

Bağ Türü	Bağlanma Enerjileri (kJ/mol)	Eşdeğer Enerjili Işığın Dalga Boyu (nm)
O – H	460	250
C – H	406	280
C – O	356	340
C – C	339	350
O – O	280	430

bağlanma enerjisinin 280–500 kJ/mol olduğu bilinmektedir. Böylece 400 nm den daha az (kısa dalga boylu ışınlar UV) fotonların bitkilerin yapısını oluşturan bir çok kimyasal bağı koparmaya ve böylece yeni reaksiyonların oluşmasına yetecek enerjiye sahip olduğu anlaşılmıştır (Tablo 1).<sup>6,7,418,19,20</sup>

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, 280 nm den daha uzun dalga boyundaki UV ışınların bitki dokularındaki polimer zincirlerin kopmasına ve karbon 1 (C<sub>1</sub>)–karbon 5(C<sub>5</sub>) ten H nin uzaklaşmasına sebep olduğu, 254 nm ve daha uzun dalga boyunda ki UV ışınlarının ise karbon 5 (C<sub>5</sub>)–karbon 6 (C<sub>6</sub>) dan ve selüloz yan zincirlerinden metil gruplarının uzaklaştırılmasına, serbest radikal oluşumuna sebep olduğu ESR (electron spin resonance) ölçümleri sonucunda açıklanmıştır.<sup>6,7,4,22,23,24</sup>

Yukarıda ki tabloda ifade edilen bağ türleri **iyonik olmayıp , kovalent bağlardır.**

**İyonik bağlar;** metallerle ametaller arasında meydana gelen bağlardır. Metaller elektron vererek (+) yüklü iyon, ametaller elektron alarak (-) yüklü iyon oluştururlar. Bu zıt yüklü iki iyonun birbirlerini coulomb çekim kuvveti ile çekmesinden iyonik bağlar oluşur ve çok kuvvetli bağlardır. (NaCl, Al<sub>2</sub>S<sub>3</sub> vb.)

**Kovalent bağlar;** ametallerin (C, N, P, O, H vb) kendi aralarında elektron ortaklığı ile oluşturdukları bağlardır. Hidrojenin atom numarası 1 olduğundan bir tane elektronu vardır.

İki hidrojen atomu arasındaki bu birer elektronun etkileşmesinden H<sub>2</sub> molekülü oluşur ve H–H şeklinde gösterilir. Farklı cins ametal atomları (C–O, C–H, O–H vb) arasında oluşan bağ **apolar**, aynı cins ametal atomları arasında oluşan bağ **polar** dir. Tüm kovalent bağlar zayıf bağlardır.<sup>15,1,2,27,28</sup>

Yukarıda özetlenen reaksiyonlardan da anlaşılacağı üzere dış atmosferik şartlarda ışınların sebep olduğu kimyasal reaksiyonlar bitkisel dokularda önemli derecede bozulmalara ve değişmelere neden olur. Makroskobik olarak gözlenebilen en belirgin farklılıklar ise doğal renklerde meydana gelen farklılaşmalar (koyuluk, açıklık, parlaklık) ile yüzeylerde oluşan bozulmalardır (sertlik, yumuşaklık ve koku). Örneğin; bitkilerde güneş ışığının varlığında üretilen klorofilin (yeşil renk pigmenti) bulunduğu hücrede aynı zamanda sarı renk pigmentleri olan karotin'de bulunur. Karanlıkta oluşan herhangi bir yaprak sarı renklidir ve yeterli karbonhidrat üretmez. Çok sık ekilen, tabanda yeterli güneş ışığı bulamayan ve kar altında gelişen bitkiler sarı renkli olurlar.<sup>4,5,6,26,27,28</sup>

Yine ışığın (fotonların) sahip olduğu enerjiyi gösteren bir çalışmada kimyacı N. Semyenov; cam bir kap içinde klor ve hidrojen gaz karışımının (normal koşullarda bu iki element çok yavaş tepkimeye girer) bulunduğu bir ortamda, bu kabın yakınında bir magnezyum çubuk yakmıştır ve anında bir patlama olduğunu gözlemlemiştir. Kabı 700°C ye kadar ısıtmış olsaydı yine patlayacaktı. Klor ve hidrojen hızla birleşecekti bu durum şaşırtıcı olamayacaktı çünkü ısının moleküllerin aktifleşme enerjisini birkaç kat arttırdığı bilinmektedir. Oysa söz konusu bu deneyde sıcaklık değişmemişti, tepkimeye **ışık** neden olmuştu. Bir klor molekülü bir ışık fotonuyla karşılaşınca, foton onu atomlarına ayırıştırır ve enerjisini ona aktarır. Klor atomları uyarılmış ve enerji bakımından zengin duruma geçmiş olur. Bu atomlar hareket eden hidrojen moleküllerini zorlayarak onları da atomlarına ayırırlar. Bu atomlardan biri klor atomuyla birleşir ve diğeri özgür kalır, ama uyarılmış durumdadır. Enerjisinin bir kısmını vermeye çalışır. Böylece kimya biliminde **zincir tepkimeler** olarak adlandırılan reaksiyon meydana gelmiş olur.<sup>(17)</sup>

Yeryüzüne ulaşan güneş ışınları dalga boylarına göre üç gruba ayrılırlar :

1. Kısa dalga boylu ışınlar:<400 milimikrondan küçük olan ultra-viole (UV) ve gama ışınlarıdır. Gözle görülemeyen bu ışınlar tüm canlılar için zararlıdır.

2. Orta dalga boylu ışınlar : 400 – 760 milimikron arasında olan, gözle görülebilen çeşitli renkleri oluşturan ve bitkilerin fotosentezde kullandıkları ışınlardır. Bunlar üç gruba ayrılırlar;

a ) 400–500 Milimikron dalga boylu ışınlar; mavi–menekşe ışınlar olarak bilinir ve klorofil, karatinoid

ve diğ er hücre öğ eleri tarafından absorbe edilirler. Ç içeklenme ve protein sentezi üzerinde etkilidirler.

b ) 500–600 Milimikron dalga boylu ış ınlar; yeş il–sarı ış ınlar olarak bilinir ve kısm en yapraklardan yansır, kısm en de klorofil tarafından tutulurlar, genel olarak transpirasyonda etkilidirler.

c ) 600–760 Milimikron dalga boylu ış ınlar; turuncu kırmızı ış ınlar olarak bilinir ve fotosentezde en çok kullanılan, fizyolojik aktivitesi en yüksek ış ık ış ınlarıdır lar. Klorofil tarafından absorbe edilip en yüksek derecede organik madde üretimini sağ larlar.

3. Uzun dalga boylu ış ınlar : > 760 milimikrondan büyük olan ış ınlardır. İ nfra kırmızı yada kırmızı ötesi ış ınlar denir. Yer yüz ünün ısı kaynağı olarak bilinirler.

Bu dalga boylarında ki ış ığın yoğunluğ u ve süresi; mevsimlere, arazinin topoğ rafik durumuna, günün saatine, enlem derecesine, atmosferin bileş imine, su yüzeyleri ve kar örtüsü gibi faktörlere göre değ iş ir. <sup>4,5,2</sup>

Bir yerin denizden yüksekliğı artı kça ış ık yoğunluğ u da artar. Yükseklerde hava iç erisinde katı, toz ve duman gibi maddeler azdır. Güneş ten gelen kısa dalga boylu ış ınları tutan maddeler fazla olmadığı ndan , yükseklerde daha kısa dalga boylu ış ınlar bitkilere zararlı etkide bulunurlar. Yükseklerde bitkilerin bodur olması ve belli bir yükseklikten sonra bitkilerin görülmemesi bundan ileri gelir. Yükseklere ç ıkıldıkça ış ık yoğunluğ u ile ış ıklanma süresi de uzar. <sup>4,5,26,27</sup>

Aynı şekilde kış mevsiminde de ış ık yoğunluğ u azdır. Ç ünkü yeryüzüne eğ ik gelen güneş ış ınları daha uzun bir atmosfer tabakasından geç eceğ inden önemli bir kısm ı atmosfer tarafından absorbe edilir. Hava iç erisinde ki su baharının da ış ık üzerinde etkisi büyüktür. Havada ki su baharı artı kça ış ığı emme gücünde artar , kuru havada ki ış ık daha parlaktır. Bulutlu bir gündeki ış ık yoğunluğ u normal bir günde ki ış ık yoğunluğ unun % 4'ü kadardır. Bu gibi koş ullarda özellikle uzun dalga boylu ış ınlar hava nemi tarafından absorbe edilir , orta ve kısa dalga boylu ış ınlar yansıtılır. İ ūte bu nedenlerden dolayı yükseklerdeki bitki örtüsü ile alç aklarda ki bitki örtüsü arasında gerek morfolojik ve gerekse fizyolojik büyük farklara vardır. <sup>4,5,2,8</sup>

Kamil Engin İSLAMOĐLU, Ziraat Mühendisi, [E-Mail](#)

## Kaynaklar :

- 1.Keskin,H.1981. **Besin Kimyası**. İstanbul Ün v. Kimya Fak. No:47 İSTANBUL.
- 2.Tekman,Ş.,Öner,N.1981. **Genel Biokimya**. İstanbul Ün v. Eczacılık Fak. No:30 İSTANBUL.
- 3.Bilgener,Ş.K.1998. **Fındık ve Kestane Yaprak ve Sürgünlerinde Fenolik Madde İçeriklerinin Mevsimsel Değ iş imleri**. Ondokuz Mayıs Ün v. Ziraat Fak. Tübitak 23 ( 1999 ) SAMSUN.
- 4.Genç,İ.,Tükel,T.1992. **Tarımsal Ekoloji**. Çukurova Ün v. Ziraat Fak. No:29 ADANA.
- 5.Ağaoğ lu,S.,Ayfer,M.,Fidan,Y.1987. **Bahçe Bitkileri**. Ankara Ün v. No:31 ANKARA.
- 6.Şahin,T.H.2002. **Odun ve Selülozda Meydana Gelen Renk Değ iş meleri Üzerine Araştırmalar**. Süleyman Demirel Ün v. Orman Fak. Dergisi Sayı:2 ISPARTA.
- 7.Gürkahraman,M.,Pehlivan,D.1998. **Odunun Sabit Yatak ve Atmosferik Şartlarda Ekstraksiyonu**. Fırat Ün v. Kimya Müh. Tübitak 23 ( 1999 ) ELAZIĐ.
- 8.Tosun,F.1991. **Bitki Yetiştiriciliğ inin Fizyolojik Esasları**. Ondokuz Mayıs Ün v. Ziraat Fak. SAMSUN.
- 9.[http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak\\_ettikleriniz/arama.php](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleriniz/arama.php)
- 10.<http://www.eczders.anadolu.edu.tr/farm1/nk1018.htm>
- 11.<http://www.nivea.com.tr/staringredients.php>
- 12.Meydan Larousse 4.Cilt ( Sy: 386, 593 , 782 )
- 13.[http://egitek.meb.gov.tr/aok/Aok\\_Kitaplar/AolKitaplar/Kimya\\_5\\_6/11.pdf](http://egitek.meb.gov.tr/aok/Aok_Kitaplar/AolKitaplar/Kimya_5_6/11.pdf)
- 14.<http://www.rirdc.gov.au/fullreports/index.htm>
- 15.<http://www.kimyaevi.org>

16. Yenil, N., Ay, K. 2004. **Biyolojik Aktiviteye Sahip Olan Bazı Karbonhidrat Orto Ester Türevleri**. Celal Bayar Üvn. Fen – Edb. Fak. Kimya Böl. Fen Bilimleri Dergisi Simga 2004/3 MANİSA.
17. L, Vlasov, D, Trifonov. 2003. **107 Kimya Öyküsü**. Tübitak Yayınları . No:26 ANKARA.
18. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/5298404.stm>
19. <http://www.friedli.com/herbs/phytochem/flavonoids.html>
20. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/Flav/flav.pdf>
21. <http://www.ars.usda.gov/is/np/phenolics/illus/phenfig4.htm>
22. [http://publications.nigms.nih.gov/findings/feb04/lau\\_files/800x600/slide3.html](http://publications.nigms.nih.gov/findings/feb04/lau_files/800x600/slide3.html)
23. <http://www.bentham.org/cmciema/sample/cmciema1-1/vaya/vaya-ms.htm>
24. <http://www.scielo.cl/fbpe/img/bres/v33n2/img02.gif>
25. <http://www.ar.wroc.pl/~weber/powstaw2.htm>
26. <http://www.worthington-biochem.com/TY/default.html>
27. <http://www.enzyme-database.org/reaction/phenol/flavonoid.html>
28. <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/phytochemicals/flavonoids/basicflav.html>