



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2009, Volume: 4, Number: 2, Article Number: 5A0006

#### **ECOLOGICAL LIFE SCIENCES**

Received: March 2008  
Accepted: January 2009  
Series : 5A  
ISSN : 1308-7358  
© 2009 [www.newwsa.com](http://www.newwsa.com)

**Dilek Oskay**  
**Mustafa Oskay**  
Celal Bayar University  
dilekoskay@hotmail.com  
Manisa-Turkiye

### **BİTKİ SEKONDER METABOLİTLERİNİN BİYOTEKNOLOJİK ÖNEMİ**

#### **ÖZET**

Geçen yirmi sene içersinde, bitki sekonder metabolitleri faydalı bileşiklerin eldesinde kullanılmaya başlanmış ve biyoteknolojinin yeni bir alanını oluşturmuştur. Bitkilerde bazı sekonder metabolitlerin yapı ve fonksiyonları ilk kez 19. yüzyılda belirlenmiştir. Günümüzde en fazla çalışılan bitki sekonder metabolitleri alkaloidler, terpenoidler ve fenolik bileşiklerdir. Resinler, antosiyaninler, taninler, saponinler ve uçucu yağlar tıbbi uygulamalarda ve endüstride; sabun, parfüm, bitkisel yağ, boya, yapışkan, doğal plastik, pestisit ve insektisitlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışmada şu ana kadar belirlenen bazı bitki sekonder metabolitlerinin tipleri, kullanım alanları ve biyoteknolojik önemleri vurgulanarak, bu konuda çalışan veya çalışmak isteyenlere bir ön kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sekonder metabolitler, Bitki, Biyoteknoloji, Alkaloid, Fenolik Bileşikler

#### **BIOTECHNOLOGICAL IMPORTANCE OF PLANT SECONDARY METABOLITES**

#### **ABSTRACT**

In the past two decades, plant secondary metabolites have started obtaining of useful compounds and have constituted a new area of biotechnology. Structure and functions of some secondary metabolites of the plants were determined at the first time in 19<sup>th</sup> century. Today, the most studied secondary plant metabolites are alkaloids, terpenoids and phenolic compounds. Resins, anthocyanins, tannins, saponins and volatile oils are being used in producing of soap, perfume, herbal oil, dye, gum, natural plastics, pesticide and insecticide, and in medicinal applications and in industry. Within this study by emphasizing of the plant secondary metabolites types which known up to now, application fields and biotechnological importance, and it was aimed to prepare a preliminary reference for researchers who study or willing to study on this topic.

**Keywords:** Secondary Metabolites, Plant, Biotechnology, Alkaloid, Phenolic Compounds



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bitki biyoteknolojisi; bitki, organ, doku ve hücrelerinin yapay besi ortamlarında kültürü, çoğaltılması ve bunların genetik olarak değiştirilmesini kapsar [1 ve 2]. Kalıtımın bilimsel temellerinin anlaşılmasına başlanmasından çok önceleri, genler geleneksel bitki ıslahı yöntemleriyle (melezleme, mutasyon, poliploidi ve seleksiyon), akraba tür veya cinslerden ürünlere aktarılmıştır. Fakat bütün genetik müdahaleler ve değişimler geleneksel ıslahta akraba tür veya cinsler arasında oluşurken [1]; bu yeni teknolojiyle, genetik olarak değiştirilmiş organizmalarla yapılacak ıslahta türler arası gen aktarımı sadece akraba değil birbirleriyle botanik olarak akraba dahi olmayan herhangi iki canlı arasında yapılabilmektedir. Gen mühendisliği yoluyla yeni bir genetik kimliğe sahip olan tek bir hücre, hücre kültürü ve doku kültürü teknikleriyle, son özelliği hiç bozulmadan çok sayıda çoğaltılabilir. Bunların her biri pazarlanabilir, laboratuvarlarda ve tarlada büyütülebilir. Özel büyüme ortamlarında istenilen ürünü vermeleri sağlanabilir [1, 2, 3 ve 4]. Türkiye’de modern biyoteknoloji ve bunun içinde yer alan bitki biyoteknolojisi henüz başlangıç aşamasında olup [1], konuyla yakın ilgisi bulunmasından dolayı transgenik bitkilerin ticari amaçla üretilmeleri yasal olarak söz konusu değildir. Türkiye, birçok kurumda temel biyoteknoloji çalışmaları yapılmakla birlikte, henüz transgenik çeşit geliştirme aşamasına gelinemediği için, söz konusu transgenik bitkiyi geliştiren değil, daha çok bu tip çeşitleri kullanma potansiyeline sahip ülke durumundadır [1 ve 2]. Başlangıcı 1700’ lü yıllara dayanan bitki teknolojisinin günümüzdeki durumuna gelmesi uzun bir süreç almıştır [1] (Tablo 1).

Tablo 1.1. Bitki biyoteknolojisinin gelişmesindeki önemli aşamalar  
(Table 1.1. Important stages in developing of plant biotechnology) [1]

Dönem	Önemli Gelişmeler
1700’lü yıllar	Doğa bilimcilerin melez bitkileri diğerlerinden ayırt etmesi
1900	Mendel tarafından “özel” karakterlerin anaçlarından döllerine geçtiğinin belirlenmesi ve bu nedenle “gen” kavramının gelişmesi
1922	Avrupalı botanikçilerin Mendel Kuralları’ndan yararlanarak melez bitki üretimini geliştirmeleri
1953	DNA’nın yapısının belirlenmesi ile modern genetik araştırmalarının başlaması
1970	Gelişmekte olan ülkelerde melez tohumların üretimde kullanılması
1973	Bakteriyel genlerin genetik mühendisliği teknikleri ile kullanılmaya başlanması
1983	Antibiyotiğe dayanıklı ilk transgenik tütün ( <i>Nicotiana tabacum</i> L.) bitkisinin elde edilmesi
1985	Virüs, bakteri ve böceklere dayanıklı transgenik bitkilerin tarla denemelerinin yapılması
1986	Herbisite dayanıklı transgenik tütün ( <i>N. tabacum</i> L.) bitkisine ABD’de üretim izninin verilmesi
1990	Herbisite dayanıklı transgenik pamuk ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.) bitkisiyle ilk başarılı tarla denemesinin yapılması
1992	ABD Tarım Bakanlığı (USDA)’nın transgenik besinlere transgenik olamayan klasikler gibi denetlenmesine karar vermesi
1994	İlk transgenik domates ( <i>Lycopersicon esculentum</i> M.) çeşidinin (Flavor Savr) tüketime sunulması
1995	Herbisitlere dayanıklı transgenik kolza ( <i>Brassica napus</i> L.) ve mısır ( <i>Zea mays</i> L.) çeşitlerinin geliştirilmesi
2000	Böcek ve virüslere dayanıklı transgenik pamuk ( <i>G. hirsutum</i> L.), soya ( <i>Soja hispida</i> L.), şeker pancarı ( <i>Beta vulgaris</i> L.), patates ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) ve domates ( <i>L. Esculentum</i> M.) çeşitlerinin onaylanarak üretimlerinin başlaması
2001	“A” vitamini ve “Fe”ce zengin transgenik çeltik ( <i>Oryza sativa</i> L.) çeşidinin (Altın Çeltik=Golden Rice) geliştirilmesi

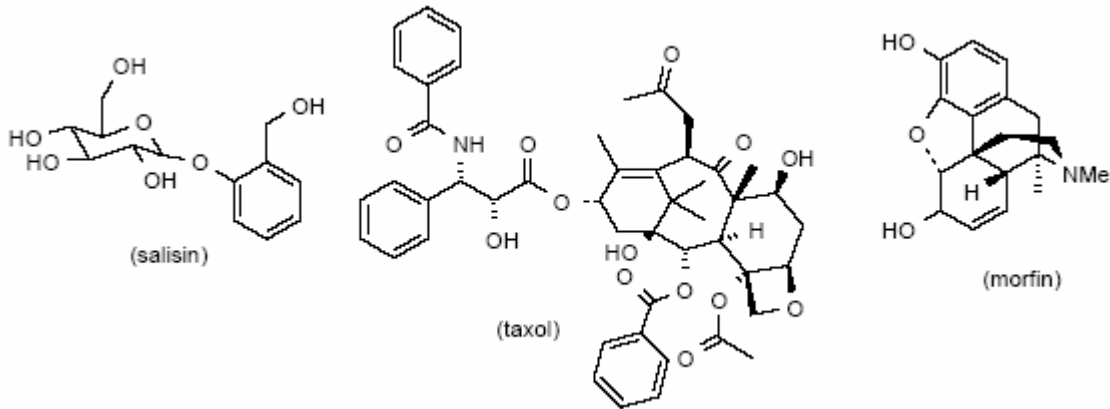
## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

*In vitro* da hücre kültürü tekniklerinin uygulanmasıyla; kansere karşı etkili (antikanser), bağışıklık sistemini düzenleyici ve kalp rahatsızlıklarını engelleyici "karotenoidler"; kolon kanserine karşı koruyucu "fitosteroller"; bağırsak kanseri riskini ve kanda kolesterol düzeyini düşürebilen "saponin" gibi önemli ürünlerin üretimi sağlanabilmektedir [24]. Son yıllarda hücre kültürü sistemlerinin artması, ekonomik bitkilerdeki sekonder metabolit üretim yol izlerinin belirlenmesiyle paralellik göstermektedir. Bu sayede ender bulunan (egzotik) bitkilerin yetiştirilmesi, dopamin, atropin, berberin, saponin, tannin, meskalin, karotenoid, steroid ve gibberellin gibi önemli metabolitlerin belirlenmesi daha ucuza sağlanabilecektir [24 ve 25]. Öte yandan, bitkilerden elde edilen önemli bu tür maddelerin biyosentetik yol izleri hala istenilen seviyede bilinmeyip hücre ve moleküler düzeyde yeni bilgi ve bulguların geliştirilmesini gerektirmektedir. Benzer şekilde, biyosentez mekanizmalarının eksik olan kısımları adım adım çözülerek, laboratuvar koşullarında sekonder metabolitlerin üretimi hızlandırılabilir gibi kesintisiz olarak sürdürülecek yoğun çalışmaların ışığında; özel, önemli ve daha önceden belirlenmemiş bitki kimyasallarının yine biyoteknolojik yöntemler kullanılarak ülkemizde de üretilebileceğini öngörmekteyiz.

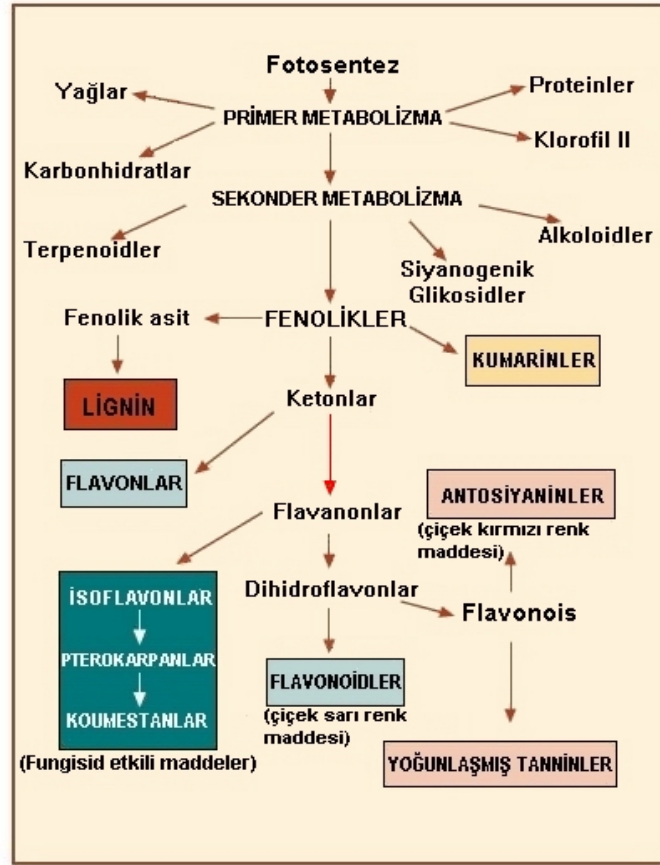
## 3. BİTKİLERDE PRİMER VE SEKONDER METABOLİZMA (PRIMARY AND SECONDARY METABOLISM IN PLANTS)

Bitki kimyasalları genellikle **primer** ve **sekonder** metabolitler (protein ve nukleik asitler bu sınıflamanın dışındadır) olarak ikiye ayrılır. Primer metabolitler (Karbonhidratlar, yağlar, proteinler vb) doğada oldukça yaygın olup, yüksek bitkilerin tohum ile vejetatif dokularında oldukça fazladır [8 ve 9] ve hücre metabolizmasındaki temel görevlerinden dolayı, bitkinin fizyolojik gelişimi için gereklidirler.

Pekçok yüksek bitki, ekonomik açıdan önem taşıyan organik kimyasalları (alkoloid, terpen, fenolik bileşikler, nadir amino asitler, bitki aminleri ve glikosidler, vb) bünyesinde biriktirerek çeşitli bilimsel, teknolojik ve ticari uygulamalara ham madde oluşturur [24 ve 25]. Doğal bitki ürünleri (fitokimyasallar) çok sayıda endüstride doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılır, özellikle yağlar, resinler, taninler, saponinler, doğal plastikler, yapışkanlar, balmumu, boyalar, ilaçların kaynağı halindedir [5, 7, 24 ve 25]. Şu anda ilaç endüstrisinde kullanılan önemli bitki bileşikleri salisin, taxol ve morfindir (Şekil 2) [17].



Şekil 2. İlaç endüstrisinde kullanılan bazı sekonder metabolitlerin kimyasal yapısı [17]  
(Figure 2. Chemical structure of the used some secondary metabolites in drug industry [17])

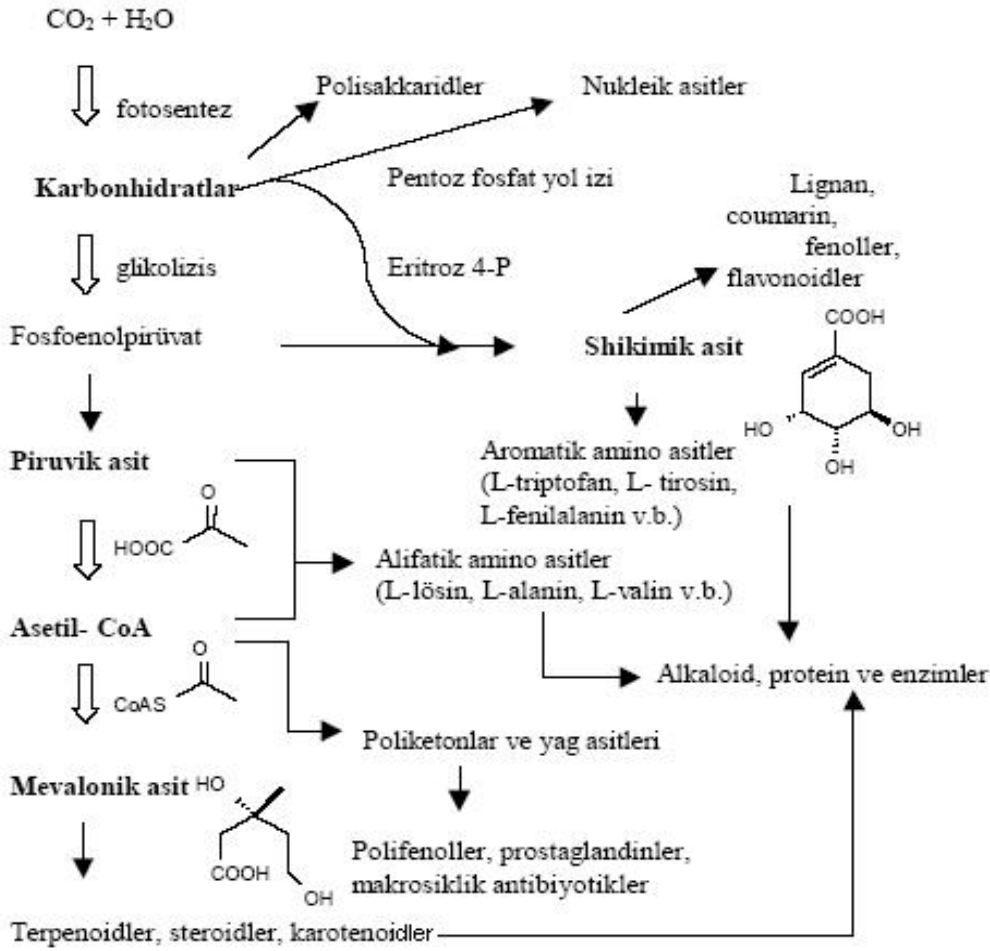


Şekil 3. Bitkilerde primer ve sekonder metabolizma arasındaki ilişkiler [14]  
(Figure 3. Interrelations between primary and secondary metabolism in plants [14])

Sekonder metabolitler, primer metabolitlerden biyosentetik yolla üretilmiş olup (Şekil 3) bitkiler âlemindeki dağılışı özel olan bir taksonomik grup (tür, cins, familya) ile sınırlandırılmıştır. Sekonder metabolitlerin, bitkinin primer metabolizmasındaki fonksiyonları tartışmalı olup, genelde tozlaşmada, çevresel koşullara uyum, mikroorganizma, böcek ve diğer predatörlere (avcılara) karşı kimyasal savunma, diğer bitkilerle yarışma gibi rollere sahip oldukları düşünülmektedir [10 ve 11]. Bitki bünyesinde oldukça az miktarlarda biriktirilirler. Özelleşmiş hücre tiplerinde ve bitkinin farklı büyüme evrelerinde sentezlendiklerinden dolayı ekstraksiyonları ile saflaştırılmaları zordur [1].

Bitki sekonder metabolitlerinin bitkideki fonksiyonları tartışmalı olsa da bu konuda bilim adamlarını birleştiren ortak görüşler şöyledir [12, 15 ve 16];

- Bitkiyi herbivor [19], bakteriyal ve fungal patojen saldırılarına [18] karşı korur, aynı ortamdaki diğer bitkilerle rekabet güçlerini artırır,
- Tozlanmada faydalı organizmaları (özellikle böcekleri) çeker, simbiyotik ilişkilerde görev alır [20],
- Bitkiyi sıcaklık değişimleri, su, ışık, ultraviyole ve mineral madde gibi abiotik stress faktörlerine karşı korur,
- Hücre düzeyinde bitki büyüme düzenleyicileri, gen ekspresyon düzenleyicileri ve transdüksiyon mekanizmalarında görevlidirler.



Şekil 4. Sekonder metabolitlerin üretildiği biyosentetik yol izleri [17]

(Figure 4. Biosynthetic pathways of the secondary metabolites producing [17])

Bitki sekonder metabolitlerinin çoğunun yapıldığı yol izleri (Şekil 4) ve bunları kodlayan genler henüz keşfedilmemiş [17 ve 19] olup, bu bileşiklerin sınıflandırılmalarında da (oldukça) eksiklikler vardır. Önemli bazı biyoaktif metabolitler Tablo 2'de özetlenmiştir [11]. Her ne kadar, sekonder ürünlerin bitkideki görevleri farklılık gösterse de mikrobiyal patojenlere karşı sitotoksik etkili olanlar tıpta "antimikrobiyal madde" olarak kullanılmaktadır [18 ve 22]. Herbivorlara karşı etkileri merkezi sinir sistemi üzerine nörotoksik şekilde olup, bunlardan "anti-depresant", sakinleştirici, kas gevşetici olarak ya da anestetik ilaçların eldesinde yararlanılmakta, ayrıca bazılarının yapıcı ligandlara, hormonlara, sinyal transdüksiyon molekülleri veya nörotransmitlere benzerlik göstermesinden dolayı, merkezi sinir sistemi ile endokrin sisteme karşı etkili ilaçların elde edilmesinde kullanılmaktadır [8, 9, 23 ve 24].

Ticari olarak üretilen bitki sekonder metabolitlerinden nikotin, pyretrinler ve rotenon düşük miktarlarda pestisitlerin bileşimine girmektedir. Steroid ve alkaloidler genellikle ilaç endüstrisinde kullanılmakta, benzer şekilde steroidal sapogeninlerini, *Digitalis* glikosidlerini, antikanser özellikteki *Catharanthus* alkaloidlerini, *Belladonna* alkaloidlerini (atropin, hyosiyamin ve skopolamin), kokain,



kolsişin, *Opium* alkaloidleri (Kodein, morfin ve papaverin), fisostigmin, pilokarpin, quinin, quinidin, reserpin ve d-tubokurarini kapsamaktadır (Tablo 2). Diğer bitki sekonder maddelerinden düşük miktarlarda ilaç araştırmalarında, biyokimyasal proseslerde yararlanılmaktadır. Bunlardan *Euphorbia*'nın bazı türlerinden üretilen diterpen esterleri kimyasal karsinogenesis çalışmalarında "irritant" (canlı hücre metabolizmasının bazı safhalarına ve belli dozlarda etkisini gösterebilen madde) olarak değerlendirilmektedir [6, 10, 11 ve 25].

Tablo 2. Bitli hücre kültürleriyle elde edilen bazı önemli biyo-aktif sekonder metabolitler [11]

(Table 2. Some important bioactive secondary metabolites obtaining by plant cell cultures) [11]

Bitki ismi	Aktif madde	Kültür tipi
<i>Agave amaniensis</i>	Saponinler	Kallus
<i>Ailanthus altissima</i>	Alkaloidler	Süspansiyon
"	Canthinone Alkaloidler	"
<i>Allium sativum</i> L.	Alliin	Kallus
<i>Aloe saponaria</i>	Tetrahydroanthracene glukosidler	Süspansiyon
<i>Ambrosia tenuifolia</i>	Altamisin	Kallus
<i>Anchusa officinalis</i>	Rosmarinik asit	Süspansiyon
<i>Brucea javanica</i> (L.) Merr.	Canthinone Alkaloidler	"
<i>Bupleurum falcatum</i>	Saikosaponinler	Kallus
<i>Camellia sinensis</i>	Theamine, $\gamma$ -glutamyl türevleri	Süspansiyon
<i>Canavalia ensiformis</i>	L-Canavanin	Kallus
<i>Capsicum annuum</i> L.	Capsaicin	Süspansiyon
<i>Cassia acutifolia</i>	Anthraquinonlar	"
<i>Catharanthus roseus</i>	Indole Alkaloidler	"
"	Catharanthin	"
<i>Choisya ternata</i>	Furoquinoline Alkaloidler	"
<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Pyrethrinler	Kallus
"	Chrysanthemik asit ve Pyrethrinler	Süspansiyon
<i>Cinchona</i> L.	Alkaloidler	"
<i>Cinchona robusta</i>	Robustaquinonlar	"
<i>Cinchona</i> sp.	Anthraquinonlar	"
<i>Cinchona succirubra</i>	"	"
<i>Citrus</i> sp.	Naringin, Limonin	Kallus
<i>Coffea arabica</i> L.	Kafein	"
<i>Cornus kousa</i>	Polifenoller	Süspansiyon
<i>Corydalis ophiocarpa</i>	Isoquinoline Alkaloidler	Kallus
<i>Croton sublyratus</i> Kurz	Plaunotol	"
<i>Cruciata glabra</i>	Anthraquinonlar	Süspansiyon
<i>Cryptolepis buchanani</i> Roem. & Schult	Cryptosin	Kallus
<i>Digitalis purpurea</i> L.	Cardenolides	Süspansiyon
<i>Dioscorea deltoidea</i>	Diosgenin	"
<i>Dioscorea doryophora</i> Hance	"	"
<i>Duboisia leichhardtii</i>	Tropane Alkaloidler	Kallus
<i>Ephedra</i> spp.	L-Ephedrine D-pseudoephedrin	Süspansiyon

<i>Eriobotrya japonica</i>	Triterpenler	Kallus
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Sterol ve fenolik bileşikler	"
<i>Eucommia ulmoides</i>	Chlorogenic asit	Süspansiyon
<i>Fumaria capreolata</i>	Isoquinoline Alkaloidler	"
<i>Gentiana</i> sp.	Secoiridoid glukosidler	Kallus
<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgolide A	Süspansiyon
<i>Glehnia littoralis</i>	Furanocoumarin	"
<i>Glycyrrhiza echinata</i>	Flavanoidler	Kallus
<i>Glycyrrhiza glabra</i> var. <i>glandulifera</i>	Triterpenler	"
<i>Hyoscyamus niger</i>	Tropane Alkaloidler	"
<i>Isoplexis isabellina</i>	Anthraquinonlar	Süspansiyon
<i>Linum flavum</i> L.	5-Methoxypodophyllo-toxin	"
<i>Lithospermum erythrorhizon</i>	Shikonin türevleri	"
"	"	"
<i>Lycium chinense</i>	Cerebrosid	"
<i>Morinda citrifolia</i>	Anthraquinonlar	"
"	"	"
<i>Mucuna pruriens</i>	L-DOPA	"
"	"	Kallus
<i>Nandina domestica</i>	Alkaloidler	"
<i>Nicotiana rustica</i>	"	"
<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Nikotin	Süspansiyon
<i>Nothapodytes foetida</i>	Camptothecin	Kallus
<i>Ophiorrhiza pumila</i>	Camptothecin ilişkili alkaloidler	"
<i>Panax ginseng</i>	Saponinler ve Sapogeninler	"
<i>Panax notoginseng</i>	Ginsenosides	Süspansiyon
<i>Papaver bracteatum</i>	Thebaine	Kallus
<i>Papaver somniferum</i> L.	Alkaloidler	"
"	Morfin, Codein	Süspansiyon
<i>Peganum harmala</i> L.	B-Carboline Alkaloidler	"
<i>Phytolacca americana</i>	Betasiyanin	"
<i>Picrasma quassioides</i>	Quassin	"
<i>Podophyllum hexandrum</i>	Podophyllotoxin	"
<i>Polygala amarella</i>	Saponinler	Kallus
<i>Polygonum hydropiper</i>	Flavanoidler	Süspansiyon
<i>Portulaca grandiflora</i>	Betasiyanin	Kallus
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	Dihydrofuro quinolinium Alkaloidler	"
<i>Rauwolfia sellowii</i>	Alkaloidler	Süspansiyon
<i>Rauwolfia serpentina</i> Benth	Reserpine	"
<i>Rauwolfia serpentina</i> x <i>Rhazya stricta</i> Hybrid plant	3-Oxo-rhazinilam	Kallus
<i>Ruta</i> sp.	Acridone, Furoquinoline, Alkaloidler ve Kumarinler	"
<i>Salvia fruticosa</i>	Rosmarinik asit	Kallus-Süspansiyon
<i>Salvia miltiorrhiza</i>	Lithospermic asit B ve Rosmarinik asit	Kallus
"	Cryptotanshinone	Süspansiyon



<i>Sapium sebiferum</i>	Tannin	Kallus- Süspansiyon
<i>Scopolia parviflora</i>	Alkaloidler	Kallus
<i>Scutellaria columnae</i>	Fenolikler	"
<i>Solanum chrysotrichum</i>	Spirostanol saponin	Süspansiyon
<i>Solanum laciniatum</i> Ait	Solasodine	"
<i>Solanum paludosum</i>	Solamargine	"
<i>Stizolobium hassjoo</i>	L-DOPA	"
<i>Tabernaemontanadivaricata</i>	Alkaloidler	"
<i>Taxus</i> spp.	Taxol	"
<i>Taxus baccata</i>	Taxol, baccatin III	"
<i>Taxus cuspidata</i>	Taxoidler	"
<i>Tecoma sambucifolium</i>	Fenilpropanoidglikosidler	Kallus
<i>Thalictrum minus</i>	Berberin	Süspansiyon
"	"	"
<i>Torreya nucifera</i> var. <i>radicans</i>	Diterpenoidler	"
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Saponinler	"

Günümüzde sekonder metabolitlerin hızlı üretimi, hücre kültürü yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir. Bitki ya da embriyonun katı besiyerinde büyütülmesi, uygun dokulardan kallus oluşması, oluşan kallusların sıvı besiyerinde gelişmesi sonucu hücre süspansiyon kültürlerinin elde edilmesi şeklinde sekonder metabolitlerin üretimi sağlanmaktadır (Şekil 5) [13, 15, 16 ve 21]. Hücre kültürü yöntemiyle önemli sekonder ürünlerin, bütün bitkinin yetiştirilerek (*in vivo*) üretilmesinden daha çok avantajları olup bunları şöyle sıralayabiliriz [15, 16 ve 21]:

- Üretim çok daha güvenilir, pratik ve tahmin edilebilir niteliktedir,
- Fitokimyasalların izolasyonları hızlı olup, ürün miktarı daha çoktur,
- Hücre kültürüyle *in vitro* da üretilen bileşikler; *in vivo* da üretilenlerle aynı yapı ve özelliktedirler,
- Elde edilen ürün(ler) çok daha kararlı ve kaliteli olup, kesintisiz üretim sağlanabilir,
- Tarla koşullarında elde edilen bileşikler, yetiştirme ortamındaki diğer bitki bileşikleriyle karışabilir, iklim değişimleri, zararlılar (mikroorganizmalar, böcekler gibi) vb.lerinden etkilenebilirler. Ayrıca, bunların bulaşıklık riski çok daha yüksektir, oysaki hücre kültürlerinde böyle bir şey söz konusu değildir,
- Hücre kültüründe üretilen bileşikler farklı izotoplarla işaretlenebileceği gibi laboratuvar hayvanlarına yedirilerek metabolizmadaki etkileri izlenebilir,
- Biotransformasyon sistemlerinde kullanılabilirler.



Bitki ya da embriyo



## BİTKİ HÜCRE KÜLTÜRÜ

Canlı dokunun alınması, sterilize edilmesi ve katı besiyerinde büyütülmesi



Kallus oluşumu



Önemli ürünlerin araştırılması

Kallusun sıvı ortama alınması



Hücre süspansiyon kültürlerinin eldesi

Şekil 5. Bitki hücre kültürü basamakları [13]  
(Figure 5. Stages of plant cell culture [13])

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULT AND SUGGESTIONS)

Bitkiler, yapı ve fonksiyonları farklı olan çok sayıda kimyasal madde üretmektedirler. Bunlardan "sekonder maddeler" in şu ana kadar %1-10'nun izole edildiği bilinmekte olup; izole edilenlerden birçoğunun yapıları ile biyolojik aktiviteleri saptandığı gibi çok çeşitli endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Özellikle tıpta ağrı kesici, yatıştırıcı, kas gevşetici ilaçlar (morfin, atropin, papaverin gibi), enfeksiyöz hastalıklara karşı antimikrobiyaller, insektisitler (nikotin, rotenon gibi), gıda koruma maddeleri olarak kullanılanları vardır. Ancak ülkemizin bitki florası bakımından çok zengin oluşuna rağmen, bu önemli bileşiklerin izolasyonu, saflaştırılması, kimyasal yapılarının belirlenmesi, hücre kültürlerinin yapılması, kodlayan genlerin belirlenmesi, ilgili klonlama tekniklerinin kullanımı vb. konulardaki araştırmaların yeterli olduğu söylenemez. Nitekim, yapılan çalışmaların, kaynak yetersizliği ile yetersiz ve hatalı politikaların sonucunda irdelenen olgunun modern biyoteknolojinin kapsamına fazla giremeyip daha çok bir ön çalışma niteliğinde kaldığı izlenimi edinilmiştir. Bütün bu olumsuzluklardan olabildiğince az etkilenmek için zaman geçirilmeden;

- Moleküler biyoloji, biyoteknoloji ve gen mühendisliği alanlarında dünyada geliştirilen teknik ve teknolojilerin ülkemize getirilerek bitkilere uygulanması,
- Çeşitli hastalık etmenlerine, zararlılara, kuraklık, aşırı nem ve sıcaklık gibi çevre faktörlerine dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi,
- Daha sağlıklı ürünlerin elde edilmesi olanaklarının araştırılması,
- Araştırmaya ve araştırmacıya gereken desteğin verilmesi, bu konuda beyin göçünün engellenmesi,
- Türkiye tarımsal potansiyelinin en iyi şekilde değerlendirilebilmesi için biyoteknolojik çalışmaların, daha verimli ve olumsuz koşullara daha dayanıklı olan bitki çeşitlerinin elde edilmesine yönlendirilmesi son derece yararlı ve doğru olacaktır.



#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Özgen, M., Ertunç, F., Kınacı, G., Yıldız, M., Birsin, M., Ulukan, H., Emiroğlu, H., Koyuncu, N. ve Sancak, C., (2005). Tarım Teknolojilerinde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar: Bitki Biyoteknolojisi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, Cilt 1, 315-346, Ankara.
2. Gümüsel, F., (2002). Biyoteknoloji, Genetik ve Sağlık Sektörü. Kocaeli Sanayii İçin Teknolojik Uzgörü Raporu, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, sayfa 73-136.
3. Anonymous, (2009). The Secondary Metabolism of Plants: Secondary Defence Compounds. <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e20/20.htm> (Erişim tarihi: 08/02/2009).
4. Anonim, (2000). Bilim ve Teknoloji Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. <http://ekutup.dpt.gov.tr/bilim/oik544.pdf> (Erişim tarihi: 08/02/2009).
5. Balandrin, M.F., Klocke, J.A., Wurtele, E.S., and Bollinger, W.H., (1985). Natural plant chemicals: Sources of industrial and medicinal materials. *Science*, 228: 1154-1160.
6. Goossens, A., Hakkinen, S.T., Laakso, I., Seppanen-Laakso, T., Biondi, S., Sutter, V.D., Lammertyn, F., Nuutila, A.M., Soderlund, H., Zabeau, M., Inze, D., and Oksman-Caldentey, K.M., (2003). A functional genomics approach toward the understanding of secondary metabolism in plant cells *PNAS*, 100: 8595-8600.
7. Han, K.H., (2001). Molecular Biology of Secondary Growth. *Journal of Plant Biotechnology*, 3: 45-57.
8. Cowan, M.M., (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents *Clinical Microbiology Reviews*, 12: 564-582.
9. Theis, N. and Lerda, M., (2003). The Evolution of Function in Plant Secondary Metabolites. *International Journal of Plant Sciences*, 164: 93-102.
10. Vanisree, M., Lee, C.Y., Lo, S.F., Nalawade, S.M., Lin, C.Y. and Tsay, H.S., (2004). Studies on the production of some important secondary metabolites from medicinal plants by plant tissue culture. *Botanical Bulletin Academia Sinica*, 45: 1-22.
11. Vanisree, M. ve Tsay, H.S., (2004). Plant Cell Cultures - An Alternative and Efficient Source for the Production of Biologically Important Secondary Metabolites. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 1: 29-48.
12. Verpoorte, R., Heijden, R., Hoge, J.H.C., and Hoopen, H.J.G., (1994). Plant cell biotechnology for the production of secondary metabolites. *Pure and Applied Chemistry*, 66:2307-2310.
13. Anonymous, (2009). Plant Metabolic Engineering for Pharmaceutical Production. Conference in Plant Metabolic Engineering. <http://www.metabolicengineering.gov/me2005/Roberts.pdf> (Erişim tarihi:04/02/2009).
14. Morris, P. and Robbins, M., (1997). Manipulating the Chemical Composition of Plants. <http://www.aber.ac.uk/en/media/ch2.pdf> (Erişim tarihi: 04/02/2009).
15. Teli, N.P. and Timko, M.P., (2004). Recent developments in the use of transgenic plants for the production of human therapeutics and biopharmaceuticals. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 79:125-145.
16. Lila, M.A., (2005). Valuable Secondary Products from *In Vitro* Culture. Chapter 24: Plant Development and Biotechnology. CRC Pres, pp:285-289.



17. Anonymous, (2003). Analysis of Secondary Metabolites in Plant and Cell Culture Tissue of *Hypericum perforatum* L. and *Rhodiola rosea* L.  
<http://herkules oulu.fi/isbn9514271610/isbn9514271610.pdf> (Erişim tarihi: 04/02/2009).
18. Osbourn, A.E., (1996). Preformed Antimicrobial Compounds and Plant Defense against Fungal Attack. *The Plant Cell*, 8: 1821-1831.
19. Waterman, P.G., (2001). Evolution of Secondary Plant Metabolism. *Encyclopedia of Life Sciences*, Nature Publishing Group. University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom, 9 pg.
20. Briksin, D.P., (2000). Medicinal Plants and Phytomedicines, Linking Plant Biochemistry and Physiology to Human Health. *Plant Physiology*, 124:507-514.
21. Sato, F., Hashimoto, T., Hachiya, A., Tamura, K., Choi, K.B., Morishige, T., Fujimoto, H., and Yamada, Y., (2001). Metabolic engineering of plant alkaloid biosynthesis. *PNAS*, 98: 367-372.
22. Scott, C.D. and Dougall, D.K., (1987). Plant Cell Tissue Culture-A Potential Source of Chemicals. Chemical Technology Division, Department of Botany, University of Tennessee, Knoxville, 44 pg.
23. Freyssinet, G. and Thomas, T., (1998). Plants as a factory to produce molecules. *Pure and Applied Chemistry*, 70: 61-66.
24. Anonymous, (2009). Plant Secondary Metabolites.  
<http://www.novafeel.com/nutrition/plant-secondary-metabolites.htm> (Erişim tarihi: 04/02/2009).
25. Anonymous, (2009). Plant Secondary Metabolism.  
<http://dreampharm.com/ginger/psm.asp> (Erişim tarihi: 04/02/2009).