

Ağaç kabuğunun yapısı ve yararlanma imkânları

İlhami Emrah Dönmez^{a,*}, Şirin Dönmez^b

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

^b Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta

* İletişim yazarı/Corresponding author: emrahdonmez@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 12.03.2013, Kabul tarihi/Accepted: 03.07.2013

Özet: Bu çalışmada ağaç kabuğunun kimyasal ve anatomik özelliklerine değinilerek iğne yapraklı ve yapraklı ağaç kabukları arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Ülkemizde genellikle yakacak hammaddesi ve enerji kaynağı olarak değerlendirilen kabuk, içerdiği polifenolik bileşikler ve oduna oranla daha fazla olan ekstraktif maddelerle oldukça geniş bir kimyasal kullanım alanına sahiptir. Çalışma kapsamında kabuğun, şişe mantarı, su artırıcı ve beton güçlendirici olarak, ses izolasyonu ve ısı yalıtımı amacıyla kullanıldığı ortaya koyulmuştur. İçeriğindeki mantar yapısıyla oldukça iyi su tutma kapasitesine sahip olmasından dolayı malç malzemesi olarak bitkilendirme tasarımında kullanımı irdelenmiştir. Ayrıca, kompost olarak kullanımının avantajları ve dezavantajları değerlendirilerek tür seçiminin önemi vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kabuk, Kimyasal yapı, Malç, Kompost

Structure of tree bark and possibility of utilization

Abstract: In this study, differences between softwood and hardwood have been presented regard to chemical and anatomical properties of the tree bark. Bark that is usually considered as a source of fuel and energy raw material in Turkey has largely chemical using area since it contains polyphenolic substances and more extractive compounds compare to wood. In the study bark using areas have been exhibited such as cork, water purifier, concrete reinforcer, sound and heat insulator. In the use of planting design was examined as mulch due to the structure of cork with a well water-holding capacity. Besides, advantages and disadvantages of as using compost have been evaluated thus the importance of species as using compost was emphasized.

Keywords: Bark, Chemical composition, Mulch, Compost

1. Giriş

Ağaç gövdesi, odun, kambiyum tabakası ve kabuktan meydana gelir. Odun kısmı, öz ve diri odun olarak, kabuk kısmı ise iç ve dış kabuk olarak ayrılmaktadır. Odunun kimyasal yapısında hücre çeperinin ana bileşenleri olan selüloz, hemiselülozlar ve lignin gibi polimer bileşikler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra odunda daha düşük molekül ağırlığa sahip ve ekstraktifler olarak adlandırılan bileşenler de mevcuttur (Papadopoulos, 2005; Gindl ve Teischinger, 2003). Kabuk ise odundan farklı olarak mantar tabakası da içermektedir. Mantar, iç kabuğun dışında yer alan mantar kambiyumu veya fellojen adı verilen hücrelerden meydana gelmiş bir dokudur. Mantar dokusu, lignin, karbonhidratlar ve hidroksi asit komplekslerinden oluşmasına rağmen, yapısında ekstraktif maddeler bulundurmamaktadır (Browning, 1967). Ayrıca, bir ağacın, kabuğu, kökleri ve ağaç salgısında bulunan ekstraktif madde miktarı genellikle odunda bulunandan çok daha fazladır.

Kabuk, kimyasal maddeler için potansiyel bir kaynaktır. Ancak, günümüzde kabuklar çoğunlukla enerji üretimi için yakılmaktadır. Kabuk bileşenleri arasında elde edilen kimyasallardan önemli ölçüde az olan suberinin yağ asitlerinin hidroksi ve epoksi türevleri birçok uygulama alanı için ilginç kimyasal prekursorlar oluşturmaktadır.

Ülkemizde odunu için üretimi yapılan iğne yapraklı ve yapraklı ağaç kabukları atıl olarak değerlendirilmekte ve genellikle yakacak olarak kullanılmaktadır. Ancak kabuk

oduna oranla daha farklı kimyasal madde gruplarını bünyesinde barındırmaktadır. Bu bakımdan kabuk oduna göre kimyasal madde bakımından ilgi odağı haline gelmektedir ve kabukla ilgili yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Kabuktan farklı faydalanma şekillerini inceleyen bu çalışmada ise iğne yapraklı ve yapraklı ağaç kabuklarının kimyasal yapısı ortaya konarak atıl olarak duran ağacın bu kısmının endüstriye kazandırılmasına ve literatüre bir katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. Kabuğun yapısı

2.1. Anatomik yapı

Kabuk, gövdeyi, dalları ve kökü çevreleyen kambiyumun dış tabakasıdır. Ağaç kabuğu yüksek derecede kompleks, heterojen özellikte bir materyaldir (Howard, 1971; Harkin ve Rowe, 1971). Anatomik olarak bütün bitkisel dokularda bulunmaktadır. Ağacın toplam ağırlığının %10-15'ini oluşturmaktadır. Kağıt hamuru üretim aşamalarında kabuktan arındırılmış odun kullanılmakta ise de kalıntı olarak odun üzerinde bulunan kabuk kağıt hamuru kalitesini etkilemektedir. Kabuk genellikle yakılarak enerji amaçlı kullanılmaktadır. Ancak günümüze kadar yapılan çalışmalarda kabuk üretiminin sadece küçük bir kısmından kimyasal üretim yapıldığı belirtilmektedir (Sjöström, 1981; Fengel ve Wegener, 1984). Şekil 1'de bir ağaç gövdesinin kesiti gösterilmektedir.

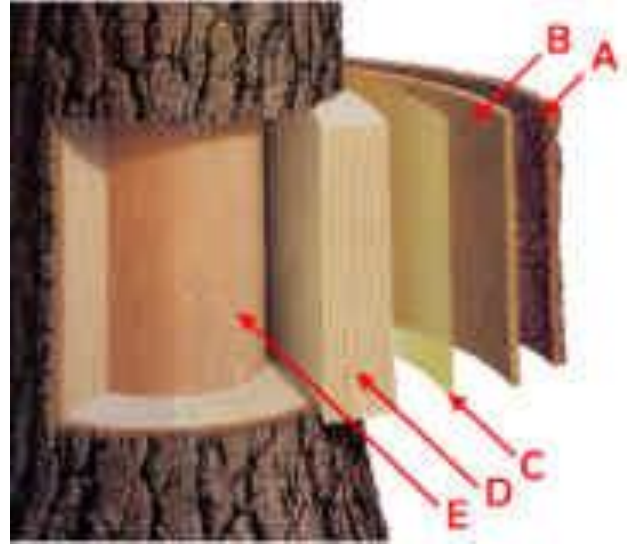
Kabuk, çok farklı çeşitte hücre tiplerinden oluşmaktadır. Yapı olarak oduna kıyasla daha karmaşıktır. Kabuk, canlı iç kabuk (floem) ve ölü hücrelerden oluşan dış kabuk (rhytidom) olmak üzere ayrılabilir. Kabuktaki maddeler birincil (primer) ve ikincil (sekonder) büyüme ile oluşmaktadır. Primer gelişme, embriyonal hücrelerin gövdenin yetiştirme yerlerinde direk olarak üretilmesi ile açıklanabilir. Epidermis, korteks ve primer floem, primer gelişmeye örnek olarak verilebilir. Sekonder dokular iki özel meristemde oluşmaktadır. İlki, sekonder floemin üretildiği vasküler kambiumdur. Diğeri ise periderimin üretildiği mantar kambiyumu (fellojen)'dur. Olgunlaşmış bir ağaç kabuğunda son oluşan periderm iç ve dış kabuk arasında bir sınır görevi üstlenmektedir (Sjöström 1981). Kabuk, genellikle ince ve fizyolojik olarak aktif iç tabakadan ve atıl olarak kabul edilen dış kabuktan oluşmaktadır. Ladin gibi bazı ağaçların kabukları nispeten ince ve yüksek oranda iç kabuk ihtiva ederken, Douglas göknarı ve sekoya gibi ağaçların kabukları oldukça kalın ve çok yüksek oranda dış kabuk ihtiva etmektedir.

İç Kabuk: İç kabuğun temel dokuları, elek elemanları, paranzim ve sklerenşimatik hücrelerdir. Elek elemanlarının görevi, ağaç özsuğunu ve yapraklardaki besin maddelerini aşağı doğru, bunun yanı sıra odundaki suyu yukarı doğru taşımaktır. Özelliklerine ve görünüşlerine göre, elek elemanları, elek hücreleri ve elek tüpleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Elek hücreleri iğne yapraklı ağaçlarda bunun yanı sıra elek tüpleri ise yapraklı ağaçlarda görülmektedir. Paranzim hücreleri, besin depolama görevi üstlenmekte ve iç kabukta elek elemanları arasında bulunmaktadır. Sklerenşimatik hücreler, ağaçların çoğunda görülmekte ve destek dokusu olarak rol oynamaktadır (Sjöström, 1981; Fengel ve Wegener, 1984; Sakai, 2001).

Dış Kabuk: Dış kabuk çoğunlukla periderm veya mantar tabakasından oluşmaktadır ve ana görevi ağaçta su kaybını önlemek, ağacı sıcaklık ve mekanik etkilere karşı korumaktır. Odunsu bitkilerin çoğunda gelişimin ilk yılında periderm, epidermisin yerini almaktadır. Gövdedeki bu ilk periderm genellikle kabuğun dış kısmındaki mantar kambiyumundan oluşmaktadır. Daha sonraki peridermler ise art arda kabuğun daha derin tabakalarında oluşmaktadır. Mantar dokusu çoğunlukla kabuğun dışına doğru baskın bir şekilde oluşmaktadır. Fakat bazı durumlarda iç tarafa doğru oluştuğu da görülmektedir.

Üç ince tabakadan oluşan ve nadiren çukurlu yapıya sahip mantar hücreleri, radyal kesitte bulunmaktadır. Bu hücreler erken yaşta canlılığını kaybetmektedir. Rhytidome ölü bir doku olduğundan dolayı ağacın radyal yönde gelişmesinde rol oynamaz ve bu yüzden ezilmeler görülür.

Bir ağaçta kabuk, gövde ve dalların dış kısımlarını oluşturur. Kabuk oluşumu, kambiyumda hücre bölünmesiyle başlar ve oduna doğru ksilem, kabuğun dışına doğru ise floem olarak adlandırılır. Floem dokusu, floem paranzim hücreleri, bast lifleri, ortaklaşmış hücreler ve kabuk için çok büyük öneme sahip elek hücreleri veya tüplerini içerir. Kabuğun yapısı kabuk içinde mevcut olan ve fellojen veya mantar kambiyumu olarak adlandırılan ikinci bir kambiyal tabakanın varlığı ile daha karmaşık hale gelir. Mantar kambiyumu vasıtasıyla üretilen periderm veya mantar dış kabuğun yapısına katılmaktadır.



Şekil 1. Bir ağaç gövdesinin kesiti A) Dış kabuk, B) İç kabuk, C) Kambiyum tabakası, D) Diriodon, E) Özodun (ADF, 2013)

2.2. Kimyasal yapı

Kabuk heterojen bir yapıdadır ve kimyasal yapısı büyük bir çeşitlilik sergilemektedir. Kabuk kimyasal yapısının aydınlatılması çoğu zaman oldukça güçtür ve elde edilen verilerden anlamsız sonuçlar çıkması mümkündür. Kabuğun ağaçtan örnek olarak temin edildiği yer, ağacın yetiştirme muhiti ve yaşı, doğada kabukta geniş ölçüde farklılıklar olması ve çeşitli kimyasal madde sınıflarını bünyesinde barındırması, kabuğun analizinin yapılmasını güçleştiren nedenlerdendir (Hafizoğlu, 1982; Fengel ve Wegener, 1984; Sjöström, 1981).

Kabuğun yapısında bulunan selüloz ve hemiselülozlar odundaki yapıya benzer özellikler göstermektedir. Ancak lignin için aynı şeyi ifade etmek mümkün değildir. Ekstraktif maddelerden arındırılmış kabukta standart lignin analizi yanlış sonuçlar verebilmektedir. Bunun nedeni "lignin" olarak adlandırılan kısmın gerçek lignin ve suberize olmuş flobafen, diğer bir deyişle mantar tabakası olmasından kaynaklanmaktadır. Kabuğun kimyasal yapısı, küçültülerek belirli boyutlara getirilmiş kabuk örneklerinin farklı çözücülerle ekstrakte edilmesiyle belirlenebilir. Kabuğun kimyasal yapısı aydınlatılırken kullanılan bazı çözücüler ve örneklerden uzaklaştırdığı madde grupları Çizelge 1'de gösterilmektedir. Kabukta ve odunda genel olarak bulunan temel bileşenler ve miktarları Çizelge 2'de gösterilmektedir (Harkin ve Rowe, 1971; Sjöström, 1981; Hafizoğlu, 1982; Bozkurt ve Erdin, 1997).

Odunda bulunan kimyasal madde gruplarının çoğu kabukta da bulunmaktadır. Fakat miktarları farklılık göstermektedir. Kabukta pektin, fenolik bileşenler ve suberin gibi ekstraktiflerin miktarı oldukça yüksek orandadır. Genel olarak kabukta bulunan ekstraktif madde ve içeriği aynı ağacın odunundan daha fazladır. Kabuk ekstraktifleri de tıpkı odundaki gibi lipofilik ve hidrofilik ekstraktifler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Lipofilik ve hidrofilik ekstraktiflerin toplam miktarı kabuğun kuru ağırlığının %20-40'ını oluşturmaktadır. Lipofilik fraksiyon non-polar çözücülerde elde edilen ve genellikle terpenler ve türevleri, yağlar, vakslar, yağ asitleri, alkoller, steroller ve reçineleri kapsamaktadır (Sjöström, 1981). Hidrofilik fraksiyon ise kabuk örneklerinin su ile tek başına veya polar

organik çözücülerle ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen, basit polifenoller ve glikozitler, tanenler, flavanoidler ve şekerlerdir. Kondanse tanenleri tanımlamak için aseton ve suyun belli oranlarda karışımı ile ekstraksiyonu en çok tercih edilen çözücüdür. Bunun yanı sıra etil asetat ise düşük molekül ağırlıktaki tanenleri veya oligomerik proanthosiyanidinleri tanımlamak için kullanılır. Polimerik kondanse tanenlerin ekstraksiyonunda ise %1'lik NaOH çözeltisinin uygun olduğu belirtilmektedir (Solar vd., 1992; Proter, 1989; Yazaki ve Aung, 1988). Buna ilaveten kabukta bulunan mineral madde miktarı da odundakinden fazladır.

Kabuk, lifler, mantar hücreleri ve paraşim hücrelerini içeren küçük maddeler gibi gruplara ayrılabilir. Kabuğun lif fraksiyonu odunun lifline benzer özelliktedir ve selüloz, hemiselülozlar ve ligninden oluşur (Çizelge 2). Diğer iki fraksiyon büyük miktarda ekstraktifleri ihtiva eder. Mantar hücrelerinin çepelleri suberin monomerlerini içerirken, polifenolik madde grupları diğer fraksiyonda depolanmaktadır.

3. Kabuktan yararlanma imkânları

Ağaç hacminin ortalama olarak % 9-15'lik kısmını kabuk oluşturmaktadır. Kâğıt hamuru üretim esnasında ve kereste üretiminde kabuk atıl malzeme olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde kabuktan farklı şekillerde yararlanılmaktadır. Bunlar ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Özellikle kâğıt hamuru ve kereste üretiminde ağacın kabuktan arındırılmasıyla çok yüksek miktarlarda odundan arındırılmış kabuk endüstrinin yoğun olduğu noktalarda biriktirilir ve bu şekilde odun hammaddesinin daha etkin kullanımı amaçlanmaktadır.

3.1 Kimyasal açıdan kabuktan yararlanma

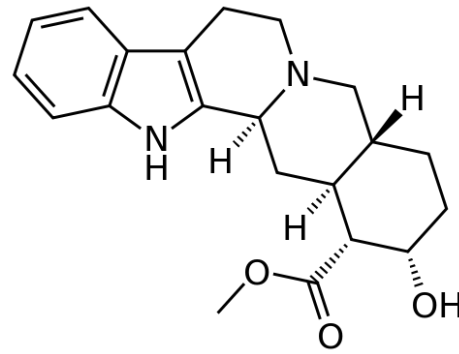
Kabuktan yararlanma çok eski yıllara dayanmaktadır. Mantar, lif, tanen, yapıştırıcı, reçine, lateks materyaller, tatlandırıcılar, yiyecekleri korumak ve saklamak amacıyla malzemeler kabuktan türetilen ürünlerdir. Bunun yanı sıra savaş zamanlarında kullanılan ok uçlarındaki zehirler, antibiyotikler ve tıbbi malzemeler de kabuktan elde edilen diğer malzemelere örnek olarak verilebilir (Prance ve Prance, 1993; Gottesfeld, 1992; Bruggmann ve Gerber, 1989; Turner, 1988). Tatlandırıcı olarak kabuktan elde edilen en iyi örnek tarçındır. Ayrıca kinin sıtmayı önleyici

ilaç ve güçlü bir afrodisyak olan yohimbin kabuktan elde edilen ürünlere örnektir.

Yohimbin, *Pausinystalia yohimbe*, *Rauwolfia serpentina* ve *Alchornea floribunda* bitki kabuklarında doğal olarak bulunmaktadır. Bu türlerin yetiştiği güney Asya ve Afrika'da yerli halk tarafından eski yıllardan günümüze kadar kuvvet verici olarak kullanılmaktadır. Günümüzde afrodisyak etkisinin yanısıra tip-2 diyabet hastalıklarının tedavisinde de bu kimyasaldan yararlanılmaktadır (Rosengren vd., 2009). Yohimbin'in genel formülü Şekil 2'de gösterilmektedir.

Kabuk büyük bir kimyasal madde kaynağıdır. Bitkinin tıbbi ve fizyolojik özelliklerine göre elde edilecek kimyasal madde grupları farklılık gösterebilmektedir. Kabuktan endüstriyel boyutta kullanımı ile ilgili özellikle A.B.D'de çok sayıda patent alınmış ve kullanılmıştır. Kimyasal madde üretimi açısından geçmiş yıllarda özellikle terpenik ve polifenolik bileşiklerin eldesi üzerinde çok sayıda çalışma yapılmış ve ayrıca kabuktan yonga levha ve koruyucu bir örtü olarak yararlanma yoluna gidilmiştir (Gartner vd., 1971a; Gartner vd., 1971b; Green, 1968).

Kabuktan ilk olarak yararlanma diğer orman ürünleri artıklarıyla aynıdır ve yakıt olarak kullanılabilir. Suyu batırılmış kabuğun bile yakıt olarak değerlendirilmesini sağlayan ağır preslerle birlikte kombine edilmiş çoklu brülör sistemleri kabuğun yakıt olarak değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Bazı ağaç türlerinin yakıt değerleri düşüktür bunun yanısıra bazı türlerin yakıt değeri (yanabilme süresi) yüksektir. Yapılan çalışmalarda tamamen kurutulmuş 10 ton kabuktan ortalama olarak 7 ton kömür elde edildiği belirtilmektedir (Millikin, 1955; Velle, 1964; Mingle ve Boubel, 1968; Host ve Lowery, 1970; Koch ve Mullen, 1971).



Şekil 2. Yohimbin'in genel formülü

Çizelge 1. Kabuk ekstraksiyonunda kullanılan çözücüler ve uzaklaştırdığı madde grupları

Kullanılan çözücü	Kısmen veya tamamen uzaklaştırılan madde grupları
Petrol ether, Diethyl ether, kloroform	Terpenler ve türevleri, yağlar, vaksılar, serbest yağ asitleri, alkoller, steroller ve reçineler
Alkol, aseton, Sulu alkol, Sulu aseton	Basit polifenoller ve glikozitleri, tanenler, mono- ve dissakaritler
Sıcak veya soğuk su	Disakaritler, nişasta, pektin, tanenler ve reçine kısımları
Sulu alkali çözelti	Flobafenler, fenolik asitler, kabuk kalıntı lignini, hemiselülozlar ve suberin monomerleri
Asit hidrolizi	Holoselülozdan türetilmiş basit şekerler ve üronik asitler

Çizelge 2. Kabuk ve odunda bulunan temel bileşenler (Harkin ve Rowe, 1971)

Kimyasal Bileşik	İğne Yapraklı Ağaçlar		Yapraklı Ağaçlar	
	Odun (%)	Kabuk (%)	Odun (%)	Kabuk (%)
Lignin	25-30	40-55	18-25	40-50
Polisakaritler	66-72	30-48	74-80	32-45
Ekstraktifler	2-9	2-25	2-5	5-10

Kabuk mekanik olarak kuru yaz aylarında tomruklardan soyulur. Bu mevsimde sıcaklığın etkisiyle kabuktaki rutubet yaklaşık %30-40 civarındadır. Yağmurlu, rutubetli havada veya kış aylarında soyulan kabuktaki rutubet miktarı ise %60'a kadar ulaşabilmektedir. Kabuktaki rutubet miktarı arttıkça yoğunlukta artmaktadır (Boubel, 1968; Corder vd., 1970).

Kabuğun yakıt olarak kullanılması sonucu ortaya çıkan kül de beton imalatında güçlendirici olarak veya su arıtma işlemlerinde kullanılmaktadır (Tenney, 1970; Koch ve Mullen, 1971). Bunun yansısı kabuk şömine ve soba yakıtı olarak briket şeklinde preslenerek de kullanılmaktadır. Bu şekilde kabuk, diğer ahşap artıklarıyla ve farklı türlerdeki şömine ve soba tomruklarıyla beraber yakıt olarak değerlendirilebilmektedir. Kabuk içerdiği yüksek miktardaki rutubet nedeniyle bu şekilde şimdiye kadar sınırlı bir kullanım alanı bulmuştur. Ayrıca kabuğa farklı kimyasalların katılmasıyla farklı renkte alev çıkarılması sağlanmış ve bu durum sürekli olarak ilgi çekmiştir. Örneğin, yeşil alev için bakır sülfat ($CuSO_4$), turuncu alev için kalsiyum klorür ($CaCl_2$), mavi alev için bakır klorür ($CuCl_2$), kırmızı alev için lityum klorür ($LiCl$), mor alev için potasyum klorür (KCl) kullanılmaktadır.

Kabuktan bir diğer yararlanma imkânı "kömür" olarak kullanılmasıdır. Rekreasyonel alanlarda odun kömürü talebi büyük bir oranda artmaktadır. Kabuk yüzdesi olarak yüksek olan ve mekanik kabuk soyuculardan elde edilen kabuk odun kömürü için önemli bir hammaddedir. Kabuktan elde edilen kömür odundan elde edilene göre daha kolay parçalanır ve daha yüksek miktarlarda küçük parçacıklar içerir. Bu durum kabuk kömürünün pek tercih edilmeme nedenlerinden biridir.

Kabuk, binalarda ses izolasyonu ve ısı yalıtımı amacıyla da kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra lif ve yonga levha gibi ürünlerin yapısında da kabuktan yararlanılmaktadır. Kabuk oduna göre ısıyı daha az iletmediğinden dolayı yalıtım malzemesi olarak kullanılması daha cazip bulunmaktadır. Genellikle kabuk odundan daha az lif içerdiğinden dolayı mukavemeti daha düşüktür. Fakat İskandinav ülkelerinde üretilen levhalarda %30-40'a kadar kabuk kullanımı kabul edilmektedir (Harkin ve Rowe, 1971).

3.2. Kabuğun örtü maddesi (malç) ve kompost olarak kullanımı

Malçlama; bitki köklerini ve toprağı istenmeyen çevre faktörlerinden korumak için toprak yüzeyinin organik veya inorganik materyaller ile örtülmesi işlemidir. Organik malçlamanın avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Preece and Read, 1993; Splittstoesser, 1990; Rakow, 1994; Dursun ve Ekici, 2006; Küçükymuk ve Kelen, 2013).

a) Toprak neminin tutulması: Malçlama toprak yüzeyinden buharlaşmayı önemli ölçüde azaltır. Bu aynı zamanda toprağın çeşitli derinliklerinde bulunan tuzların yüzeye doğru hareketini de yavaşlatabilir. Malç kullanımı bu yönüyle toprakta tuzluluk oluşumunu engelleyici bir etkiye sahiptir.

b) Toprak sıcaklığının dengelenmesi: Organik malçlar kalınlıklarına bağlı olarak toprağın ısınmasını önler. Bu nedenle organik malçlar ilkbahar aylarında toprağın ısınmasını geciktirici bir etkiye sahiptir. Yaz aylarında ise organik malçlar toprağı daha serin tutmalarının yanında toprağın nem içeriğini koruyarak da bitki büyüme ve

gelişimi üzerine olumlu etkide bulunmaktadır. Organik malçlar ayrıca kış donlarının toprak ve kök üzerindeki olumsuz etkisini azaltıcı bir etkiye sahiptir.

c) Yabancı ot kontrolü: Malçlama yabancı ot kontrolü üzerinde de etkilidir. Malçlar yabancı ot büyümesini önleyebilmekte ve böylece ışık, su ve besin elementi yönünden ürünle yabancı ot arasındaki rekabet azalmaktadır. İki yıllık yabancı otlar ve çimlen çoğu organik malç üzerinde büyüyemezler.

d) Toprak yapısının korunması ve geliştirilmesi: Malçlar toprağa geçen sulama veya yağmur sularının kuvvetli etkisini azaltacağından toprağı korumaktadır. Böylece, toprakta kaymak tabakası oluşmayacağından erozyon oranı da düşer. Bunun yanı sıra organik malçlar vejetasyon süresince ayrışıp çürüyerek toprağı humusça zenginleştirir ve böylece toprağın yapısının düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu özellikle ağır topraklarda (killi, milli) toprak yapısının düzeltilmesi açısından önemlidir. Fakat organik materyalin çabuk parçalanması sırasında bakteri ve funguslar fazla miktarda azotu kullanmaktadır. Bu nedenle, organik materyal toprak içine karıştığı zaman ilave azotlu gübreleme gerekmektedir.

Ülkemizde organik malçlamada genellikle saman, testere talaşı, odun yongası, yaprak, hayvansal gübre ve kompost çok sık olarak kullanılırken, Avrupa ve Amerika'da ise genellikle parçalanmış ağaç kabuğu kullanımı oldukça yaygındır (Şekil 3). Malçlama için genellikle öğütülmüş göknar, kızılbaş, ladin ve çam kabukları kullanılmaktadır. Bu kabuklar farklı boy ve şekillerde öğütülerek bitkilendirme yüzeyini kaplamaktadır. Ancak toksin birikimini engellemek için kullanılacak ağaç kabuklarının genç ağaçlardan alınmaması gerekmektedir (Rakow, 1994; Nesmith, 2003; Hunt vd., 2010).

Malçlama için kullanılacak olan ağaç kabuklarının çok çeşit ve rengi olmasına karşın temel olarak üç grupta toplanmaktadır. Bunları; dekoratif amaçlı kalın öğütülmüş, granüller boyutta toprak görünümü ve renklendirilmiş kabuk olarak sıralayabiliriz (Rakow, 1994). Şekil 4'de malçlamada kullanılan kabuk çeşitleri gösterilmektedir.

Ağaç kabuklarının bir diğer kullanımı ise kompost olarak kullanımıdır. Organik materyallerin kontrollü bir şekilde biyolojik bir bozulmaya tabi tutularak, kolayca küçülebilen, toprak gibi kokusu olan bir şekle dönüşmesiyle elde edilen materyale kompost denir. Kompostlaşma, doğal bir işlemin sonucudur ve organik maddenin bozulmasıyla oluşmaktadır. Kompost oluşum sürecinde, organik madde, durağan bir kütle oluşumu oluncaya kadar çok hızlı bir şekilde daha sonra ise yavaşlayarak ayrışma olur. Daha basit bir tanımla kompost, organik olan herhangi bir materyalin oksijen, nem ve sıcaklık gibi kriterleri kontrol edilerek kapalı bir ortamda çürütülmesidir (Türüdü, 1993; Eghball ve Lesoing, 2000).

Hemen hemen her türlü organik materyalden kompost üretimi gerçekleştirilebileceği gibi kompost üretiminde organik maddenin ihtiva ettiği nem miktarı son derece önemlidir. Bu bakımdan organik materyaller nem oranlarına göre iki gruba ayrılabilir (Bahçeci, 2011).

a) Yeşil Organik Maddeler: Budama artıkları, kahve artıkları, meyve kabukları, yumurta kabukları, çay poşetleri, hayvan dışkı, taze ot vs.



Şekil 3. Bitkilendirme tasarımında kabuk malç kullanımı (HLS, 2013; FG, 2013)



Şekil 4. Malçlamada kullanılan kabuk çeşitleri; a) Dekoratif amaçlı kalın öğütülmüş, b) Granüller boyutta toprak görünümlü, c) Renklendirilmiş (FSSMM, 2013; SRS, 2013; GL, 2013)

b) Kahverengi Organik Maddeler: Mısır sapı, kıyılmış kağıt, kıyılmış karton, kuru yapraklar, odun parçaları, talaş, kuru ot vs.

Kompost üretimi açısından çok fazla üretim yöntemi vardır. Bunlar, tel dokuma sepetlerle yapılan toplama üniteleri, çitlerden yararlanılarak kutu şeklindeki üniteler, fiçi ya da varil, çukur ya da kuyu ve yığın yöntemidir. Yığın yöntemi biriken organik atıkları alanın herhangi bir köşesinde biriktirme (yığma) şeklindedir ve kompost üretiminde en çok kullanılan yöntemdir. Yığın oluşturulduktan kısa bir süre sonra bu atık yığınının içindeki mikrobiyal faaliyet hız kazanmakta ve ciddi bir sıcaklık artışı gözlenmektedir. İlk birkaç saat içerisinde yığın içerisindeki sıcaklık 50-65 °C'ye kadar çıkabilmekte ve yığın oluşturulduktan sonra birkaç hafta bu sıcaklık stabil olarak kalmaktadır. Mikroorganizmaların aktiviteleri azalmaya başladığında ise sıcaklıkta tekrar düşüş meydana gelmekte ve 40 °C civarında kalmaktadır. Kompostlama belli bir noktada durmaz ancak yığın veya kompost için kullanılacak organik malzemenin bulunduğu ünite içindeki organik materyal ortamdaki mikroorganizmalar tarafından parçalanıp bozuluncaya kadar devam eder (Eghball and Lesoing, 2000).

Kompost üretiminde ağaç kabuklarının kullanımı Avrupa ve Amerika'da son yıllarda oldukça yaygındır ancak kompostlaşma sırasında saf ağaç kabuğu materyali kullanımından ziyade çeşitli organik materyallerle karıştırılarak kullanımı öngörülmektedir. Böylece, kompostlaşma esnasında, ağaç kabuğunda bulunabilecek ve bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyebilecek fenolik bileşikler ve organik asitlerin dekompozisyonunun gerçekleştiği belirtilmektedir. Yapılan çalışmalarda ağaç kabuklarında bulunan tanenin kompost oluşumunu ve nem tutmayı olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (Akgül ve Aksoy, 1980; Çıtak vd., 2006; Iwaia vd., 2013). Yapraklı ağaç kabuklarında iğne yapraklı ağaç kabuklarına göre fenolik bileşiklerin yapısı ve miktarının fazla olduğu düşünülürse, kompost olarak değerlendirilecek malzemenin iğne yapraklı ağaç kabuklarından tercih edilmesi daha uygundur.

4. Sonuç ve öneriler

Farklı çalışmalarda bir ağaçta kabuk oranının % 8-22 arasında değiştiği belirtilirken (FAO, 1990; Harkin ve Rowe, 1971). Kurt ve Mengeloğlu, (2006) Türkiye için ortalama kabuk oranını % 12,5 olarak dikkate almışlardır.

Dolayısıyla Türkiye'deki birincil ve ikincil orman ürünleri endüstrisinde 2 milyon m³ kabuk artığının elde edileceği hesaplanmıştır.

Ağaç kabuğunun yurtdışı örneklerde hem kimyasal madde eldesinde hem de bitkisel tasarımlarda örtü maddesi ve kompost olarak kullanıldığı bilinmektedir. Ancak ülkemizde oldukça fazla kabuk hammaddesi üretilmesine karşın kabuk yalnızca yakacak olarak kullanılmakta ve farklı kullanımlar yaygınlaşmamıştır. Dolayısı ile sanayiye dönüşmemiştir.

Kabuk hammaddesi odundan ayrıldıktan sonra ayrı bir sanayi kolu olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü kabuğun şişe mantarı, su artırıcı ve beton güçlendirici olarak, ses izolasyonu ve ısı yalıtımı gibi farklı kimyasal ve teknolojik kullanım alanları mevcuttur. Bu alanlardaki çalışmaların ve üretimlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra odun hammaddede üretim sanayisine bir yan kol olarak, kabuk malç ve kompost üretimi geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede çevre düzenlemeleri çalışmalarında kullanımı ile hem toprak neminin tutularak sulamanın azaltılması, hem de toprak organik madde miktarının artırılması sağlanabilecektir.

Kaynaklar

- ADF, 2013. The anatomy of a tree. Arbor Day Foundation, <http://www.arborday.org/trees/treeguide/anatomy.cfm> (Erişim: 05.03.2013).
- Akgül, E., Aksoy, C. 1980. Akdeniz yöresinde Kızılçam ve Karaçam Kabuklarından Kompost Yapımı, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi, 48: 55.
- Bahçeci, D. 2011. Evde Kompost Yapımı, Yeryüzü Derneği yayınları, Yeryüzü Derneği Kütüphanesi, Sayı:01.
- Boubel, R.W., 1968. Particulate emissions from sawmill waste burners. Engineering Exp. Sta. Bull. 42, Oregon State University, 87(7):76-77.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Genel Yayın No: 3998, Orman Fakültesi Yayın No:445, İstanbul.
- Browning, B.L., 1967. Methods of Wood Chemistry. Vol:1, Interscience Publishers, New York, London, Sydney.
- Bruggmann, M., Gerber, P.R., 1989. Indians of the Pacific Northwest. Facts on File Publications, pp.232.
- Corder, S.E., Atherton, G.H., Hyde, P.E., Bonlie R.W., 1970. Wood and bark residue disposal in wigwam burners. Bull. 11, Forest Research Lab., pp.68.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Öktüren, F., 2006. Bitkisel Kökenli Atıkların Tarımda Kullanılabilme Olanakları, Derim, 23 (1):41-53.
- Dursun, A., Ekici, M., 2006. Sebze yetiştiriciliğinde Malç kullanımı. Derim, 23(1): 20-27.
- Eghball, B., Lesoing, G.W., 2000. Viability of weed seeds following manure windrow composting. Compost Sci. Util. 8:46-53.
- Fengel, D., Wegener, G., 1984. Wood: Chemistry, Ultrastructure and Reactions, de Gruyter, Berlin, pp. 268-295.
- FG, 2013. Use mulch to manage your soil conditions. Fine Gardening, <http://www.finegardening.com/howto/articles/manage-soil-with-mulch.aspx> (Erişim: 01.03.2013).
- Food and Agriculture Organization (FAO), 1990. Energy conservation in the mechanical forest industries. FAO Forestry Paper No: 93. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp.118.
- FSSMM, 2013. Mulch and compost for garden beds. Frankston Sand Soil and Mimi Mix, <http://www.frankstonsand.com.au/mulch.html> (Erişim: 01.03.2013).
- Gartner, J.B., Klett, J.E., Saupe, D.C., 1971a. Hardwood bark for packaging of bare root nursery stock. Forest Prod. J. 21(6):36-40.
- Gartner, J.B., Meyer, M.M., Saupe, D.C., 1971b. Hardwood bark as a growing media for container grown ornamentals Forest Prod. J. 21(5):25-29.
- Gindl, W., Teischinger, A., 2003. Comparison of the TL-shear strength of normal and compression wood of European larch. *Holzforschung*, 57:421-426.
- GL, 2013. Bulk mulch. Griffis Lumber, http://www.griffislumber.com/Products/bulk_mulch.html (Erişim: 01.03.2013).
- Gottesfeld, J.L.M., 1992. The importance of bark products in the aboriginal economies of north-western British Columbia. Canada. Economic Botany, 46:148-157.
- Green, B.L., 1968. Mill licks bark-burning problem. Pulp & Paper 42(13):32-33.
- Hafizoğlu, H., 1982. Orman Ürünleri Kimyası. Cilt:1 Odun Kimyası. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 52, s. 245 Trabzon.
- Harkin, J.M., Rowe, J.W., 1971. Bark and its possible uses. USDA Forest Service Research Note, FPL 091. USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, pp.56 Sjöström.
- HLS, 2013. Install bark mulch in planting beds. Hoxie Landscape Services, <http://hoxielandscapes.com/maintenance/install-bark-mulch-in-planting-beds> (Erişim: 05.03.2013).
- Host, J.R., Lowery, D.P., 1970. Potentialities for using bark to generate steam power in Western Montana. Forest Prod. J. 20(2):35-36.
- Howard, E.T., 1971. Bark structure of the southern pines. Wood Sci. 3(3):134-148.
- Hunt, J.F., Honeycutt C.W., Yarborough D., 2010. Effect of Pine Bark mulch on lowbush blueberry (*vaccinium angustifolium*) water demand. International Journal of Fruit Science, 10:390-415.
- Iwaia, H., Fukushimaa M., Yamamoto M., Komaic T., Kawabec Y., 2013. Characterization of seawater extractable organic matter from bark compost by TMAH-py-GC/MS. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 99: 9-15.
- Koch, P., Mullen, J.F., 1971. Bark from southern pine may find as fuel. Forest Ind. 98(4):36-37.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., 2006. Potential utilization of bark residues in Turkey, 1st International Non-wood Forest Products Symposium 1-4 November, Trabzon.
- Küçükşumuk, C., Kelen, M., 2013. Organik Tarımda Malç Kullanımı: <http://www.marim.gov.tr/makaleler/Organik%20Tar%C4%B1mda%20Mal%C3%A7%20Kullan%C4%B1m%C4%B1.pdf>.
- Millikin, D. E., 1955. Determination of bark volumes and fuel properties. Pulp & Paper Mag. Can. 56(12):10-108.
- Mingle, J. G., Boubel, R. W., 1968. Proximate fuel analyses of some western wood and bark. Wood Sci. 1(1):29-36.

- Nesmith, D.S., 2003. Survival and Vigor of Southern Highbush Blueberry Genotypes With and Without Pine Bark Mulch. *Small Fruits Review*, 2(2):81-86.
- Papodepoulos, A.N., 2005. An investigation of the cell wall ultrastructure of the sapwood of ten grek wood species by means of chemical modification. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 63:437-441.
- Prance, G.T., Prance, A.E., 1993. Bark; the formation, characteristics and uses of bark around the world. Timber Press Inc., pp.174, Portland.
- Preece, J.E., Read, P.E., 1993. The Biology of Horticulture in Introductory Textbook, pp.263-269.
- Proter, L.J., 1989. Natural Products of Woody Plants (Ed: J.W. Rowe). Springer-Verlag, New York, pp.651-690.
- Rakow, D.A., 1994. Mulches for landscaping. Cornell University, Department of Horticulture: <http://www.gardening.cornell.edu/factsheets/mulch/mulchland.html>
- Rosengren, A.H., Jokubka, R., Tojjar, D., Granhall, C., Hansson, O., Li, D.-Q., Nagaraj, V., Reinbothe, T.M., 2009. Overexpression of Alpha2A-Adrenergic Receptors Contributes to Type 2 Diabetes. *Science* 327 (5962): 217-20.
- Sakai, K., 2001. Chemistry of Bark In: Hon D.N.-S, Shirashi, N(eds), Wood and Celulosic Chemistry. Marcel Decker Inc., pp.243-274, New York, Basel.
- Sjöström, E., 1981. Wood Chemistry Fundamentals and Applications. Academic Pres Inc, San Diego, pp. 223, California, USA.
- Solar, R., Kacik, F., Melcer, I., 1992. The comparison of chemical and structural differences of Caribbean pine (*Pinus caribea* L.) wood and bark lignin. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 50:291-294.
- Splittstoesser, W.E., 1990. Vegetable Growing Handbook, Organik and Traditional Methods, Plant Physiology in Horticulture University of Illinois, Urbana, Illinois, pp.112-115.
- SRS, 2013. Fir bark mulch. Sharecost Rentals and Sales, http://www.sharecost.ca/img/bulk/bark_mulch_lg.jpg (Erişim: 01.03.2013).
- Tenney, M.W., 1970. Fly-ash utilization. *Compost Sci.* 11(4):25.
- Turner, N.J., 1988. Ethnobotany of coniferous trees in Thomson and Lilloet Interior Salish of British Columbia. *Economic Botany*, 42: 177-194.
- Türüdü, A., 1993. Bitki Besleme ve Gübreleme Tekniği. Kradeniz Teknik Üniversitesi Rektörlüğü Meslek Yüksekokulları Serisi, KTÜ Basımevi, Yayın No:171 s.257, Trabzon.
- Velle, H.A., 1964. Bark as an industrial fuel: The calorific and monetary value of bark as compared with heavy fuel oils: Firing arrangements and pretreatment equipment: Firing economics. *Norsk Skogindustri*, 18(11):441-460.
- Yazaki, Y., Aung, T., 1988. Alkaline extraction of *Pinus radiata* Bark and isolation of aliphatic dicarboxylic acids. *Holzforschung*, 42:357-360.