

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**SÖĞÜT (*Salix alba* L.) ODUN VE KABUĞUNUN KİMYASAL
YAPISI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR**

Halime SALMAN

**Danışman
Doç. Dr. İlhami Emrah DÖNMEZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Halime SALMAN]

TEZ ONAYI

Halime SALMAN tarafından hazırlanan "**Söğüt (*Salix alba* L.) Odun ve Kabuğunun Kimyasal Yapısı Üzerine Araştırmalar**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. İlhami Emrah DÖNMEZ
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali VAR
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Yusuf UÇAR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Halime SALMAN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Söğütün Genel Özellikleri	3
1.2.1. Söğütün sistematikteki yeri.....	3
1.2.2. Söğütün yayılış alanı.....	7
1.2.3. Söğütün botanik özellikleri.....	8
1.2.4. Söğütün kullanım alanları.....	9
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. ODUN VE KABUĞUN KİMYASAL YAPISI.....	16
3.1. Selüloz.....	17
3.2. Hemiselülozlar.....	18
3.3. Lignin	18
3.4. Odunda ve Kabukta Bulunan Ekstraktif Maddeler	20
3.4.1. Hidrofilik ekstraktifler	21
3.4.2. Lipofilik ekstraktifler	23
3.5. Suberin.....	24
4. MATERYAL VE YÖNTEM	27
4.1. Materyal.....	27
4.1.1. Odun ve kabuk örneklerinin kimyasal analizlere hazırlanması	27
4.1.2. Rutubet tayini.....	29
4.2. Yöntem	29
4.2.1. Hücre çeperi ana bileşenlerinin belirlenmesi.....	30
4.2.2. Holoselüloz tayini	30
4.2.3. α - selüloz tayini	31
4.2.4. Lignin tayini.....	32
4.3. Hücre çeperi yan bileşenlerinin belirlenmesi	33
4.3.1. Sıcak su çözünürlüğü	33
4.3.2. % 1 NaOH çözünürlüğü.....	33
4.3.3. Organik çözücülerle (Hekzan, Aseton: Su) ekstraksiyonu	34
4.3.4. Yağ asidi tayini	35
4.3.5. GC-MS (Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometresi) analiz koşulları ...	36
4.3.6. GC-FID analiz koşulları	36
4.4. Suberin monomerlerinin analizi	37
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	38
5.1. Kimyasal Bulgular.....	38

5.1.1. Holoselüloz tayinine ait bulgular	38
5.1.2. α -Selüloz tayinine ait bulgular	38
5.1.3. Lignin tayinine ait bulgular	39
5.1.4. Sıcak su çözünürlüğüne ait bulgular	39
5.1.5. %1'lik NaOH çözünürlüğüne ait bulgular	40
5.1.6. Hekzan çözünürlüğüne ait bulgular	40
5.1.7. Aseton: su çözünürlüğüne ait bulgular	40
5.1.8. GC-MS ve GC-FID analizlerine ait bulgular.....	41
5.1.9. Hidrofilik ekstraktlara ait bulgular	41
5.1.10. Lipofilik ekstraktiflere ait bulgular	43
5.1.11. Yağ asidine ait bulgular	44
5.1.12. Suberin monomerlerine ait bulgular	44
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	56



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SÖĞÜT (*Salix alba* L.) ODUN VE KABUĞUNUN KİMYASAL YAPISI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Halime SALMAN

**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. İlami Emrah DÖNMEZ

Bu çalışmada genellikle sulak alanları tercih eden ve Göller Bölgesi'nde doğal olarak yetişen Söğüt (*Salix alba* L.) ağacının odun ve kabuğunun kimyasal yapısı üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Söğüt ağacının odun ve kabuk örnekleri üzerinde hücre çeperi ana bileşenleri, çözünürlük değerleri, hekzan ve aseton ekstraksiyonu ile elde edilen lipofilik ve hidrofilik madde miktarı ve bileşenleri araştırılmış olup kabukta yağ asidi tayini ve suberin analizi yapılmıştır.

Holoselüloz oranı odun ve kabukta %81,70 ve % 70,18, α -selüloz %48,42 ve %40,32, lignin miktarı %24,41 ve %33,81, sıcak su çözünürlüğü %13,88 ve 43,88, %1'lik NaOH çözünürlüğü %31,26 ve %30,72, hekzan çözünürlüğü 31,26 mg/g ve 30,72 mg/g, aseton: su çözünürlüğü 31,26 mg/g ve %30,70 mg/g olarak tespit edilmiştir.

Hekzan ekstraksiyonu sonucu elde edilen lipofilik madde miktarları ve bileşenleri odunda %25,80 linoleic, kabukta %32,94 N-ethylacetamide, yağ asidi tayini kabukta %55,71 9,12 octadecadienoic acid olarak tespit edilmiştir.

Aseton ekstraksiyonu sonucu elde edilen hidrofilik madde miktarları ve bileşenleri odunda %17,00 2-methyl-4-keto-pentan-2-ol, kabukta %32,24 sucrose olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Söğüt, *Salix*, Lipofilik ekstraktif, Hidrofilik ekstraktif, Suberin monomerleri

2019, 56 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATIONS ON CHEMICAL COMPOSITION OF WOOD AND BARK OF WILLOW (*Salix alba* L.)

Halime SALMAN

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Forest Industry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlhami Emrah DÖNMEZ

In this study, the chemical structure of the wood and bark of Willow tree (*Salix alba* L.), which generally prefer wetlands and which grow naturally in the Lakes Region in Turkey, has been studied.

The main components of the cell wall, the solubility values, the amount of lipophilic and hydrophilic substances obtained by extraction of hexane and acetone were investigated on the wood and shell samples of the willow tree and the fatty acid determination and suberin analysis were performed in the bark.

Holocellulose ratio in wood and bark were 81,70% and 70,18%, α -cellulose 48,42% and 40,32%, lignin content 24,41% and 33,81%, hot water solubility 13,88% and 43% 88, 1% NaOH solubility 31,26% and 30,72%, hexane solubility 31,26 mg / g and 30,72 mg / g, acetone: water solubility 31,26 mg / g and 30,70 mg / g.

The amount of lipophilic substance obtained as a result of hexane extraction and its components were determined as% 25,80 linoleic,% 32,94 N-ethylacetamide in bark, fatty acid determination% 55,71 9,12% octadecadienoic acid in bark.

The amount of hydrophilic substance obtained as a result of acetone extraction and its components in the wood% 17.00 2-methyl-4-keto-pentan-2-ol 2%, the bark was determined as 32.24% sucrose.

Keywords: Willow, *Salix*, Lipophilic extractive, Hydrophilic extractive, Suberin monomer

2019, 56 pages

TEŞEKKÜR

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusu seçiminde ve çalışmalarım süresince her zaman yardımlarını ve desteğini gördüğüm değerli hocam Sayın Doç. Dr. İlhami Emrah DÖNMEZ'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu yüksek lisans çalışmasının savunma sınavında yer alan ve önerilerinden faydalandığım değerli hocalarım ISUBÜ Orman Fakültesi'nden Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali VAR ve Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Çaycuma Meslek Yüksek Okulu'ndan Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI 'ya en içten şükranlarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Sayın Fatma YILMAZ'a ve İsmail Hakkı GÜLMEZ'e teşekkür ederim. TÜBİTAK tarafından desteklenen 2150568 no'lu proje de bursiyer olarak yer alarak bu tez çalışmasının bir kısmı bu projeye sağlanmıştır. TÜBİTAK'a maddi desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Halime SALMAN
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Söğüt (<i>Salix alba</i> L.) dünya üzerindeki yayılışı	8
Şekil 1.2. Söğütün genel görünüşü.....	9
Şekil 3.1. Selülozun moleküler yapısı.....	17
Şekil 3.2. Ligninin moleküler yapısı	19
Şekil 3.3 Ligninin yapı taşları	20
Şekil 4.1. Söğüt odun ve kabuk örnekleri	28
Şekil 4.2. Örnekleri öğütmekte kullanılan wiley değirmeni ve kurutmak için kullanılan freeze dryer	28
Şekil 4.3. Uygulanan deneyler ve akış planı	30
Şekil 4.4. Soxhlet ekstraksiyonu.....	35



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Salicaceae familyasının sistematikteki yeri	4
Çizelge 3.1. Bazı doymuş ve doymamış yağ asitleri	22
Çizelge 4.1. Ağacın bulunduğu bölge	27
Çizelge 5.1. Söğüt odun ve kabuk holoselüloz tayini sonuçları	38
Çizelge 5.2. Söğüt odun ve kabuk α -selüloz tayini sonuçları	39
Çizelge 5.3. Söğüt odun ve kabuk lignin tayini sonuçları	39
Çizelge 5.4. Söğüt odun ve kabuk sıcak su çözünürlüğü deneyi sonuçları.....	39
Çizelge 5.5. Söğüt odun ve kabuk %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyi sonuçları	40
Çizelge 5.6. Söğüt odun ve kabuk hekzan çözünürlüğü deneyi sonuçları	40
Çizelge 5.7. Söğüt odun ve kabuk aseton çözünürlüğü deneyi sonuçları	41
Çizelge 5.8. Aseton ekstraktı kromatografik analiz sonucu elde edilen bileşenler ve miktarı (%).....	42
Çizelge 5.9. Hekzan ekstraktı kromatografik analiz sonucu elde edilen bileşenler ve miktarı (%).....	43
Çizelge 5.10. Söğüt kabuk yağ asidi bilşenleri (mg/g)	44
Çizelge 5.11. Söğüt kabuk suberin monomerlerine ait bulgular	45
Çizelge 6.1. Söğüt odun ve kabuk analiz sonuçları	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACE	: Aseton: Su Çözünürlüğü
BSTFA	: Bis (trimetilsilil)trifluor asetamid
FID	: Flame Ionisation Dedector (Alev İyon Dedektörü)
GC	: Gaz Kromatografisi
HXN	: Hekzan Çözünürlüğü
MS	: Kütle Spektrometresi
MTBE	: Methyl Tert Butyl Ether
TMCS	: Trimetil Klorasilan
SSU	: Sıcak Su Çözünürlüğü
v/v	: Bileşenlerin Hacimce Oranı
α	: Alfa
β	: Beta
γ	: Gamma

1. GİRİŞ

Yurdumuz konumu itibari ile biyoçeşitliliğin fazla olduğu bir coğrafyadadır. Ormanlar, yeryüzünün en yararlı, yüksek ve güçlü vejetasyon meydana getirmekte olup en kıymetli tabii kaynaklardır (Odabaşı vd. 2004). Odun yenilenebilir, sürdürülebilir doğal bir hammaddedir. Günümüzde odun materyalinin kullanım yeri oldukça fazladır. Ağaç malzeme kağıt, karton, levha ürünleri, mobilya, etil alkol, asetik asit, metanol, suni ipek, selofan, patlayıcı maddeler vb. gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu kadar önemli miktarda kullanım alanının olmasının sebebi; ağaç malzemenin anatomik yapısı, fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal yapısındaki bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Bozkurt ve Ergin, 1997).

Ülkemiz, Akdeniz, İran-Turan ve Avrupa-Sibirya bölgelerinin kesişim noktasında olması, farklı topografik ve iklimsel özellikleri bulundurmasının sonucu olarak çok zengin bir floraya sahiptir. Barındırdığı 9 bine yakın bitki türünün yaklaşık üçte biri endemik olan Türkiye tıbbi bitkiler açısından da büyük bir potansiyele sahiptir (Güvenç, 2003).

Babililer, ateş, ağrı ve iltihapları tedavi etmek için söğüt ağacı ekstreleri kullanmışlardır. Sümerler, 4000 yıl önce kil tabletine göre ağrı için tıbbi reçete yazmanın bilinen ilk uygarlığıydı. Mezopotamya'daki Hammurabi Kanunu (1750), insanın hastalığa yakalanma girişiminin yol açtığı uzun süreli farmakolojik başarılarla katkıda bulunan bir tıbbi tarihe ışık tutmaktadır (Wells, 2003).

Salicaceae familyası içinde yer alan *Salix* L. (Söğüt) cinsi, 30 m'ye kadar boyolanabilen ağaç veya çok kısa boylu, bodur çalılar halinde, çoğunluğu kışın yaprak döken, ender olarak da herdem yeşil kalan odunsu bitkilerdir. Cinsin yaklaşık 500 kadar türünün yanısıra 200'ü aşkın hibritinin olduğu bilinmektedir (Argus, 1997). Bunların önemli bir kısmı Kuzey Yarım Küre'nin ılıman ve soğuk bölgelerinde, çok azı ise tropikal bölgelerde yayılış gösterir.

Türkiye’de doğal ve sonradan natüralize olmuş toplam 24 söğüt türü bulunmaktadır. Bu türlerden *Salix triandra* (Badem Yapraklı Söğüt), *S. alba* (Aksöğüt), *S. excelsa* (Boylu Söğüt), *S. fragilis* (Gevrek Söğüt), *S. babylonica* (Salkım Söğüt), *S. caprea* (Sorgun), *S. cinerea* (Boz Söğüt), *S. pseudomedemii* (Kara Söğüt) ve *S. amplexicaulis* (Çifte Söğüt) olmak üzere 9 türü Ankara’da yetişmektedir (Güvenç, 2003).

Türkiye’de yetişen 25 civarında söğüt ağaç türlerinin kurumuş dalların kabuğunda % 15 dolaylarında tanen bulunmakta olup kuvvet verici, yatıştırıcı, peklik yapıcı, antiromatizmal ve ateş düşürücü tesirlere sahiptir (Baytop, 1984).

Ağaçlar lif morfolojileri ve kimyasal bileşimleri bakımından farklılık göstermektedir. Lif morfolojisi ve ağacın kimyasal bileşiminde ağacın yetiştirme muhiti, büyüme koşulları, çapı gibi nedenler bile etkili olmaktadır. Çeşitli ağaçların lif morfolojilerinin ve kimyasal bileşimlerinin bilinmesi bu ağaçların çeşitli sektörlerde özellikle lif ve kağıtçılık sektöründe kullanılmasının pozitif etkilerini ortaya koymaktadır. Söğüt odunu sanayi ve kağıt yapımında da kullanılmaktadır (Alkan, 2004).

Söğüt türleri erozyon ve rüzgar perdesi, su bentlerinin ve hendeklerin tahkimi, sepet yapımı, çit yapımı, yakacak, selüloz ve kağıt, süs bitkisi ve diğer küçük el aletleri yapımında ve hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır. Biomas üretimi ve enerji amaçlı tesislerde, hızlı büyümesi, sürgün verme kapasitesinin yüksek olması ve vejetatif olarak kolay üretilmesi gibi karakteristikleri yönünden enerji plantasyonları tesisine uygun tür olarak görülmektedir (Ericsson, 1984; Ager vd. 1986).

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın konusu söğüt (*Salix alba* L.) ağacının kabuk ve odunun kimyasal yapılarının incelenmesidir. Söğüt odun ve kabuklarının ayrıntılı kimyasal analizini ortaya koyarak, farklı endüstrilerde bu türlerin odun ve kabuklarından faydalanmayı belirlemek çalışmanın ana amacıdır. Odun ve kabuk örneklerinde yağlar, yağ asitleri, steroller vb. lipofilik maddeler ve miktarlarının belirlenmesi ve bu şekilde farklı endüstrilerde kullanımına ilişkin öneriler geliştirilmesi çalışmanın bir diğer amacıdır. Bunun yanı sıra odun ve kabuktaki fenoller, şeker grupları, lignanlar vb. hidrofilik

ekstraktif maddeler ve miktarlarının belirlenerek söğüt odun ve kabuğunun kimyasal yapısının ortaya konması amaçlanmaktadır. Ayrıca, söğüt ağacı kabuk örneklerinde suberin monomerlerinin yapısı ve miktarı ilk defa ortaya konarak, bu şekilde gerek literatüre önemli katkı sağlanacak ve farklı endüstri dallarında kabuktan faydalanma için yeni bir alan belirlenmiş olacaktır. Endüstriyel alanda çok fazla kullanımı bulunmayan ancak park bahçelerde ve peyzaj düzenlemelerinde süs ağacı, gölge ağacı olarak kullanılan söğüt türünün ayrıntılı kimyasal analizinin yapılması ile kimyasal madde miktarları ve gruplarının endüstriye kazandırılması üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiş olacaktır.

1.2. Söğütün Genel Özellikleri

Söğüt ağacının sistematığı, yayılışı, botanik özellikleri ve kullanım alanları bu bölümde anlatılmıştır.

1.2.1. Söğütün sistematikteki yeri

Söğütler kışın yapraklarının döken, ender olarak da herdem yeşil kalan ağaç ya da çalı formunda bulunan bitkilerdir. Yaprakları alternat veya nadiren oposit, basit, stipulalıdır. Periant yoktur fakat her çiçekte zarımsı bir brakte ve nektaryum bulunur. Çiçekler tek eşeyli, dioik nadiren monoik ve braktelidir. Brakteler tam veya dar parçalı olabilirler. Çiçekler baharın erken dönemlerinde yapraktan daha erken ya da yapraklarla birlikte ortaya çıkarlar. Çiçek yapısı amentum olup dik veya sarkık biçimdedir. Erkek çiçekler 2 veya daha çok stamenli; dişi çiçekte ovaryum, 2 karpelden yapılmış, 1 gözlü ve üst durumludur. "Lokulosit kapsül" tipindeki meyveler küçüktür, olgunlukta (2-4) yarı ile açılarak beyaz tüylerle kaplanmış çok sayıda tohum etrafa dağılır. Çimlenme özelliklerini çabuk kaybederler, çelikle kolay üretimi yapılır. Çizelge 1.1'de salicaceae familyasının sistematikteki yeri gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Salicaceae familyasının sistematikteki yeri

Bölüm	<i>Spermatophyta</i>
Altbölüm	<i>Angiospermae</i>
Sınıf	<i>Dicotyledonae</i>
Altsınıf	<i>Apetalae</i>
Takım	<i>Salicales</i>
Familia	<i>Salicaceae</i>
Cins	<i>Salix</i>
Tür	<i>Salix alba</i> L.

Salicaceae familyasının *Salix*, *Populus* ve *Chosenia* gibi üç cinsi bulunduğu bilinmektedir (Yaltırık ve Efe, 1994). Bunların içinde en fazla tür çeşitliliğine sahip olan *Salix* cinsidir. 400 civarında taksona sahip olan *Salix* cinsi daha çok Kuzey Yarımkürede geniş topluluklar halinde doğal yayılım gösterir (Rushforth 2002).

P. H. Davis'in Türkiye Florası'nda *Salix* ve *Populus* türleri aşağıda belirtilen anahtarlara göre ayrılmaktadır.

1. *Salix*: Tomurcukları dışarıdan 1 tomurcuk pulu ile sarılır, brakteler bütün, tozlaşma böcekle (entomofil) olur.

2. *Populus*: Tomurcukları dışarıdan birçok tomurcuk pulu ile sarılır, brakteler dentat veya saçaklı (fimbriat), tozlaşma rüzgarla olur.

Söğütler ışık ağacı olup nem istekleri fazladır. Dere, nehir ve göl kenarlarında, sulak alanlarda büyürler. Az sayıda söğüt türü orman ağacıdır ve büyük çoğunluğu marjinal türlerdir. Diğer türlerin tercih etmediği uç alanlarda veya ekosistemdeki değişikliklerde öncü tür olarak yetişir.

Dünya üzerinde 300 civarında, ülkemizde ise 28 taksonu bulunan söğüt türleri park ve bahçelerimizde sıkça yetiştirilmektedir. Türkiye de bulunan söğüt türleri yapraklarını döken ağaç ve çalılar nadiren dik çalılardan oluşmaktadır. Anadolu Söğüdü (*Salix anatolica*), Erguvani Söğüt (*Salix purpurea*: Denizli Söğüdü), Rize Söğüdü (*Salix rizeensis*) ve Trabzon Söğüdü (*Salix trabzonica*) endemik olarak bulunmaktadır. Tomurcukların dış tabakası tek, yapraklar alternat, linearla obovat arası, tam veya çok

küçük glandular-dentat, nadiren subserrat biçimindedir. Petiol kısa ya da yoktur (Avcı, 1999).

Davis (1982), Türkiye'deki söğüt türlerini 2 alt cins ve 11 seksiyon halinde gruplandırmıştır. Çizelge 1.2'de söğüt türlerinin 2 alt cins ve 11 seksiyonu gösterilmiştir (Avcı,1999)

Çizelge 1.2. Söğüt türlerinin 2 alt cins ve 11 seksiyonu

ALT CİNS <i>SALIX</i>	
Seksiyon <i>Humboldtianae</i> Pax.	<i>Salix acmophylla</i> Boiss.
Seksiyon <i>Amygdalinae</i> W.Koch	<i>Salix triandra</i> L.
Seksiyon <i>Pentandrae</i> (Borrer) Schnider	<i>Salix pentandra</i> L.
	<i>Salix pentandroides</i> A.Skv.
Seksiyon <i>Salix</i>	<i>Salix alba</i> L.
	<i>Salix excelsa</i> J.F. Gmelin
	<i>Salix fragilis</i> L.
	<i>Salix rizeensis</i> Güner.
ALT CİNS <i>VETRIX</i> DUMORT	
Seksiyon <i>Arbuscella</i>	<i>Salix apoda</i> Trautv.
Seksiyon <i>Hastatae</i> Kerner	<i>Salix trabzonica</i> A.Skv.
Seksiyon <i>Vetrix</i> Dumort	<i>Salix caucasica</i> Andersson.
	<i>Salix pedicellata</i> Desf.
	<i>Salix caprea</i> L.
	<i>Salix aegyptiaca</i> L.
	<i>Salix cinerea</i> L.
	<i>Salix pseudomedemii</i> E. Wolf.
Seksiyon <i>Vimen</i> Dumort	<i>Salix pseudodepressa</i> A.Skv.
	<i>Salix viminalis</i> L.
Seksiyon <i>Canae</i> Kerner	<i>Salix armenorossica</i> A. Skv
Seksiyon <i>Helix</i> Dumort	<i>Salix eleagnos</i> Scop.
	<i>Salix elbursensis</i> Boiss.
Seksiyon <i>Cheilophilae</i> Hao	<i>Salix amplexicaulis</i> Bory & Chaub.
	<i>Salix wilhelmsiana</i> Bieb.

Yaltrık (1993)'e göre *Salix* L. taksonları, aşağıda belirgin özellikleri verilen 4 seksiyonda toplanmaktadır.

A.Yaprakları sarmal dizilmiş; etaminlerin filamentleri serbest *Salix* L. taksonları

I. Seksiyon *Viminales* Bluff and Fingerh.

II. Seksiyon *Amerina*

III. Seksiyon *Vetrix Dumort.*

B. Yapraklar ve tomurcuklar karşılıklı; etaminlerin filamentleri kaynaşmış *Salix L.* taksonları

IV. Seksiyon *Synandrae Dumort.*

I. Seksiyon *Viminales Bluff and Fingerh.*

Genellikle çalı halinde olup sürgünler sağlam, esnek (elastiki), kolay kırılmaz. Yapraklar dar ve uzun (olgun yaprakların boyu genişliğine oranla 9-16 defa daha uzun, genişliği 0,8 cm.'den daha dar), kenarları çoğunlukla alt yüzüne doğru kıvrık (revolut), alt yüzleri gümüşü tüylerle örtülmüştür. Sitalus uzun, stigma büyük, etaminler uzun filamentli; bal bezesi tektir. Bu seksiyona dahil olan türler: *Salix viminalis L.*, *Salix elaeagnos Scop.*, *Salix elbursensis Boiss.*, *Salix armenorossica A. Skv.*, *Salix wilhelmsiana Bieb.*'dir.

II. Seksiyon *Amerina Dumort.*

Boylu ağaçlardır. Yaprakların üst ve alt yüzleri pürüzsüz ve düz satırlıdır. Yapraklarda damarlanma az belirgindir. Yaprak ayası dar mızraksı veya dar yumurtamsı-mızraksı (olgun yaprakların boyu genişliğine oranla 3,5-8 defa daha uzun, genişliği 0,8-3 cm. arasındadır), kenarları ince dişli, damla uçlu veya sivri uçludur. Kedicikler ince ve silindirik; kapsül çıplak; bal bezesi tek veya fazla sayıda, brakteler açık renklidir. Bu seksiyona dahil olan türler: *Salix alba L.*, *Salix excelsa J.T. Gmelin*, *Salix fragilis L.*, *Salix triandra L.*, *Salix babylonica L.*, *Salix pentandra L.*, *Salix pentandroides A.Skv.*'dir.

III. Seksiyon *Vetrix Dumort.*

Çoğunlukla boylu çalı, ender olarak da ağaç halindedir. Yapraklar yumurtamsı veya eliptik biçimdedir (1,4-3, genişliği 2-6 cm. arasındadır). Yaprak ayası kalın, kaba, üst yüzleri buruşuk, girintili çıkıntılıdır. Yaprakta ağsı damarlanma belirgin olup yaprak

alt yüzleri keçe gibi tüylerle örtülmüştür. Kedicikler kısa kalın ve silindirik, (fıçı görünümünde) sık gümüşü tüylüdür. Braktelerin uç kısımları siyah sürmeli; bal bezesi tektir. Bu seksiyona dahil olan türler ise: *Salix caucasica* Andersson., *Salix caprea* L., *Salix cinerea* L., *Salix aegyptiaca* L., *Salix pedicellata* Desf., *Salix pseudomedemii* E.Wolf., *Salix pseudodepressa* A.Skv.'dir.

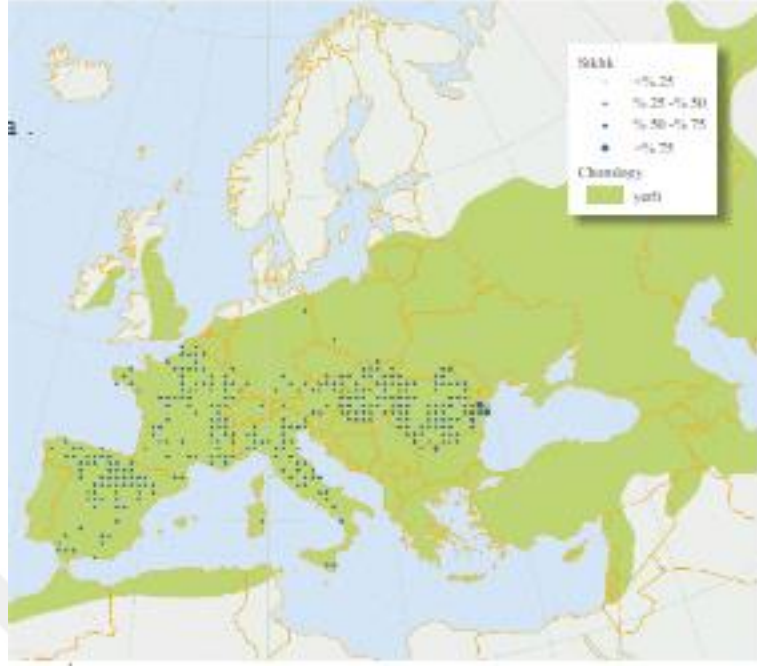
Yapraklar ve Tomurcuklar Karşılıklı; Etaminlerin Filamentleri Kaynaşmış *Salix* L. Taksonları

IV. Seksiyon *Synandrae* Dumort.

Genellikle çalı görünümlü, yaprak ve tomurcuklar karşılıklı, yapraklar oldukça küçük, tam kenarlı, mavimtrak-yeşil renkli, alt ve üst yüzleri çıplak, ters yumurta biçimindedir. Sürgünler ince, koyu kırmızı renkli veya sarımtrak-kırmızıdır. Kedicikler küçük, braktelerin uçları siyah, ovaryum tüylü, etamin filamentleri birbiriyle tamamen birleşmiştir. Anterler kırmızı renkli, bal bezesi tektir. Bu seksiyona *Salix amplexicaulis* Bory. Et. Chaub., *Salix purpurea* L. türleri dahildir.

1.2.2. Söğütün yayılış alanı

Dünya'da ve ülkemizde tür sayısı en fazla olan ağaç cinslerinden birisi de söğütlerdir (Çağlar, 2003). Söğüt Avrupa-Sibiryaya elemanıdır. Yeryüzündeki en yaygın söğüt türlerinden birini oluşturan *Salix alba* L.'nin yayılış alanı batıda İspanya'dan başlayarak doğuda Sibiryaya kadar uzanır. Bu genel yayılış alanının güneyinde, özellikle Türkiye, Kıbrıs ve Lübnan'da; İsrail'in kuzeyinde, Irak'ın kuzeydoğusunda, Kafkaslarda ve İran'ın kuzeybatısında çok yaygındır. İnsanların çeşitli amaçlar için çok fazla diktiği söğüt ağacı, söğütün doğal yayılış alanının sınırlandırılmasını güçleştirmektedir. *Salix alba* L. Türkiye'de birbirinden çok farklı iklim özelliklerine sahip coğrafi bölgelerimizin hepsinde geniş yayılış gösterir (Avcı, 1999).



Şekil 1.1. Söğüt (*Salix alba* L.) dünya üzerindeki yayılışı (URL1)

1.2.3. Söğütün botanik özellikleri

Söğüt (Ak Söğüt, Köy Söğüdü), kavak ve diğer söğüt türleri ile birlikte hemen hemen bütün akarsu kenarlarında topluluklar meydana getirir. Büyük ağaçlar halinde yayılış gösteren söğüt 25-30 m'ye kadar boylanabilir. Söğütün en belirgin özelliği genç yapraklar, tomurcuklar ve genç sürgünlerin üzeri ipek gibi yumuşak ve beyaz tüylerle örtülü olmasıdır. Adı da bu botaniksel özelliğinden gelir. Yaprakları dar mızraksı ve kenarları çok ince dişlidir. Kulakçıklar gelişmemiş ya da hiç yoktur. Sürgünler elastiki olduğu için kolay kırılmaz. Her türlü toprakta yetişebilirler; bataklık, alken veya asitli topraklarda yeteri kadar nemlilik bulunduğu sürece büyüyebilir. Verimli alüvyonlu toprakları tercih ederek ekonomik değeri artar. *Salix alba* L. kışın yapraklarını döker ve açık zeytini-yeşil renkte, gümüşü sürgünü genç sürgünlerinden, küçük, sivri uçlu tüylü tomurcukları görünür. Kabuk boz renkli ve uzunlamasına yarıklıdır. Dalları sarımtırak, sürgün ucu aşağıya sarkıktır. Yaprakları 6 – 10 cm uzunlukta, dar ve uzun mızrak biçiminde, kısa saplı, kenarları ince dişlidir. Erkek ve dişi çiçekler başak biçimindedir. Nisan – mayıs arasında çiçeklenir. Tohumlar çok küçük olup diplerinde uçmaya yarayan tüy demetleri vardır. Tohumlar haziran ayında olgunlaşır. Tohumlar canlılıklarını çabuk yitirdikleri için tohum ekimi tercih edilmez. Sert çelikler kasım –

şubat arasında açık ve korunaklı yerlerde alınmalıdır. Yetiştirme istekleri bakımından akarsu boylarında derin, nemli, kuvvetli topraklarda iyi yetişir. Düzgün kalın bir gövde yapar. Sık, ince ve uzun bir kök sistemi geliştirir. Işık isteği fazladır (Avcı, 1999).



Şekil 1.2. Söğütün genel görünüşü (Salman, 2017)

1.2.4. Söğütün kullanım alanları

Amerikan yerlileri ve eski Yunanlılar yüzyıllar önce, birbirlerinden bağımsız olarak söğüt ağacının kabuk ve yapraklarının ağrılara ve ateşe iyi geldiğini bulmuşlardır. 1828 yılında Münih'te Johann Buchner isimli araştırmacı, söğüt ağacının kabuğundan düşük miktarda salisin izole etmiştir. Latince *Salix* (söğüt) sözcüğünden gelen salisilik asit adı ilk olarak 1838 yılında Raffaele Piria isimli araştırmacı tarafından kullanılmıştır. 1874 yılında Almanya'da sentetik salisilik asidin ilk ticari üretimi yapılmıştır. Doğal bitkisel ürün olmayan asetil salisilik asidin ticari ismi olan aspirin, Almanya'da Bayer şirketi tarafından ilk olarak 1898 yılında üretilmiş ve kısa sürede dünya da en çok satan ilaç haline gelmiştir. Tıbbi etki derecesi halen tartışılan salisilik asit, günümüzde soğuk algınlığından kalp rahatsızlıklarına kadar birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır (Raskin, 1995).

Söğüt kabuğunu ilaç olarak bildiren en eski belge, M.Ö. 2000'de yazılan Sümer tabletidir. Hititler söğüt kabuğundan ilaç yapmayı biliyordu. Mısır'da M.Ö. 1550'lerde yazılan Eber Papirüsü'nde de söğüt kabuğu ilaç olarak önerilir. M.Ö. 460'da Kos Adası'nda doğan Hipokrat, kitabında söğüt kabuğunun ateş düşürücü ve ağrı kesici

etkilerini yazmıştı. Romalı filozof Piliny the Elder (M.S.23-79) kitaplarında söğüdün ağrı kesici olduğunu açıklar. Söğüt, Abbasiler döneminde de ilaç olarak kullanıldı; ancak Orta Çağ'da bilimden uzaklaşan Avrupalılar, bu bilgileri tamamen unuttu. Söğüdün ilaç özelliğini yüzyıllar sonra E. Stone yeniden keşfetti. Söğüt kabuğunun ağrı kesici olan etken maddeleri, salisilik asit ve salisindir. Salisilik asit antiseptik olup bazı gıdalara koruyucu olarak katılır (URL2).

Söğüt odunu hafif, oldukça yumuşak, dayanıklı ve elastikidir. Baskı altında kırılmaz. Bu nedenle kutu yapımında, kriket sopası ve el aletleri yapımında kullanılır. Sanayide selüloz ve kağıt yapımında kullanılmaktadır. Bazı söğüt türleri erozyon ve rüzgar perdesi, su bentlerinin ve hendeklerin tahkimi, sepet yapımı, çit yapımı, yakacak, selüloz ve kağıt, süs bitkisi ve diğer küçük el aletleri yapımında ve hayvan yemi olarak da kullanılmaktadır. Biomas üretimi ve enerji amaçlı tesislerde, hızlı büyümesi, sürgün verme kapasitesinin yüksek olması ve vejetatif olarak kolay üretilmesi gibi karakteristikleri yönünden enerji plantasyonları tesisine uygun tür olarak görülmektedir. (Tunçtaner, 1990).

Salix türleri, sepetçilik üretimi gibi etnobotanik uygulamalardaki rolleri nedeniyle birçok geleneksel kullanıma sahiptir (Arıhan ve Güvenç, 2011).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tunçtaner (1990), çeşitli söğüt klonlarının genetik varyasyonları ve Türkiye'nin değişik yörelerine adaptasyonları üzerine araştırmalar, başlıklı çalışmasında deneme alanlarındaki ekolojik şartlar arasındaki farklılıkların klonların büyümesi üzerine etkili olmuştur. Söğüt türlerinde çeşitli amaçlara yönelik yaptığı seleksiyon çalışmasının sonucunda ülkemizin odun hammaddesi açığının kapanmasında söğütlerin önemli bir işlev yapacağını, klonların gövde formu düzeldikçe çap, boy ve hacim değerlerinin yükseldiğini, aynı zamanda birçok söğüt klonunun hayvan yemi olarak önemli bir üretim kaynağı oluşturacağını belirtmiştir.

Li vd. (2001), Söğüt kabuğu ekstraktındaki salisin yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile belirlenmesi çalışmasında söğüt kabuğu ekstraktındaki salisin tayini için bir HPLC usulü tarif edilmiştir. Mobil faz olarak metanol-0.01 mol/L KH₂P04 tamponu (pH 4.01) (15: 85, hacim oranı) ile 5 mikronluk bir kolon (4.6 mm id x 250 mm) olan bir Kromasil C18 üzerinde kromatografik analiz yapıldı. Tespit dalga boyu 265 nm'dir. Salisin, metanol-su (50: 50, hacim oranı) olan örneklerden ekstre edildi ve santrifüjlendi. 10 mikroL süpernatant enjekte edildi. Ortalama geri kazanımlar % 96,1'den % 101,2'ye (n = 5) ve bağıl standart sapma (RSD) % 1,43 olmuştur.

Arıhan (2003), Ankara çevresinde yetişen söğüt (*salix*) türleri üzerinde farmasötik botanik yönünden araştırmalar da Ankara İl sınırları içerisinde yer alan bölgede yetişen *Salix* (Söğüt) türleri üzerinde farmasötik botanik yönünden araştırmalar yapılmıştır. İçerdikleri salisin nedeniyle eczacılık açısından değerli olduğu kadar ekonomik ve ekolojik açılarından da önemli olan *Salix* türleri ile ilgili bilgilerin derlenmesi bu çalışmanın temel amacını teşkil etmiş ve elde edilen verilerle floraya katkı sağlanmaya çalışılmıştır. *Salix* türlerinin geçmişte özellikle romatizmal hastalıklarda genel ağrı kesici olarak kullanılması nedeniyle her türün dişi ve erkek bireylerinde, yaprak ve gövde için ayrı ayrı salisin miktar tayinleri yapılmıştır. Ankara Bölgesi'nde yetişen söğüt türlerini kapsayan bu çalışma sonucunda 2 söğüt türü Ankara ili için yeni kayıt olarak eklenmiştir. HPLC (yüksek basınç sıvı kromatografisi) çalışmasının sonucunda drog olarak kullanılan dal kabukları ve yapraklarında salisin içeriği çoğunlukla

Subgenus *Salix*'te dişilerde, Subgenus *Vetrix*'te ise erkeklerde daha yüksek olarak bulunmuştur. Subgenus *Vetrix*'in salisin içeriğinin ortalama olarak Subgenus *Salix*'e göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Serdar (2003), Türkiye'de doğal olarak yetişen *salicaceae* familyası taksonlarının ekolojik odun anatomisi, konulu çalışmayı gerçekleştirmiştir. Çalışmasında öz ışığında perforasyon (*S. triandra* subsp *triandra*, *S. Triandra* subsp *bornmuelleri*, *S. amplexicaulis*, *S. rizeensis*), bazı trake hücrelerinde skalariform perforasyon tablası (*S. pentandroides*), bazı trake ve libriform liflerde helikal kalınlaşma (*S. pentandroides*), bazı trake-trake geçitlerinde örtü oluşumu (*S. pentandroides*) bazı kenarlı geçitlerde torus oluşumu (*S. pentandroides*), bazı odunlarda vasküler trakeitlerin varlığı (*S. pentandroides*), paratrakeal ve apotrakeal-dağınık boyuna paransım (*S. wilhelmsiana*, *Salix* spp.), üniseri ve biseri heteroselüler heterojen TIP II B özışını (*S. elaeagnos*), homoselüler homojen TIP III özışınları (*S. alba*, *S. amplexicaulis*, *S. spp*) ve *Salix* taksonlarının çap hangi kalınlıkta olursa olsun çoğunda özden çevreye kadar varan özlüklerinin neden olduğu yalancı özışını ve çok geniş mültiseri özışınları şeklindedir.

Qizhen Du (2004), Yüksek hızda karşı akımlı kromatografi ayırma tarafından *Salix alba* kabuğundan 3 flavonoidlerin hazırlanması çalışmasında *Salix alba* kabuğu ekstresinin ana flavonoidler (*Salicaceae*) yüksek hızlı karşı akım kromatografisi kullanılarak preparatif ölçekte ayrıldı. Her bir ayırım yönteminde, 1.0g ham ekstre saf eriodictyol oluşturmak için 5,7-dihidroksi kromen-4-1 (29.5 mg) ve sırasıyla, naringenin (50 mg), su-metanol-etil asetat-n-hekzan uygulanmıştır. İki fazlı bir solvent sistemi kullanıldı. Üç flavonoidlerin kimyasal yapıları ile açıklandı.

Qizhen Du vd. (2004), *Salix alba* kabuğundan biyoaktif bileşenleri ile salisin türevleri romatizmal ateş ve subakut bakteriyel endokardit tedavisi için bilinmektedir. Ayrıca, tüm *Salix* türlerinin kabuğunda yüksek flavonoid içeriği vardır. Yüksek hızlı ters akım kromatografisi (high-speed counter current chromatography, HSCCC) ile ayrılarak beyaz söğüt ağacından üç flavonoidin hazırlanması açıklanmaktadır. HSCCC, iki karışmayan sıvı çözücü fazı arasındaki analitlerin hızlı bir şekilde ayrılmasına dayanan tamamen sıvı bir kromatografik sistemdir. Bu polifenollerin ayrılması sırasında

sıklıkla meydana gelen geri dönüşümsüz adsorpsiyon ve artefakt oluşumunu ortadan kaldırır. İki flavanonol ve bir kromenon bileşenin kimyasal yapıları, elektrosprey iyonizasyon kütle spektroskopisi (ESI-MS) ve nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi ile açıklanmıştır. Araştırma materyali olan *Salix alba* kabuğunun 608 ° C'de % 80 etanol ekstraksiyonu olarak hazırlanmış ham etanolik bir özütüdür. 50 ° C'de indirgenmiş basınç altında buharlaştırıldı ve konsantre edilen çözelti, 60 ° C'de püskürtülerek kurutuldu. Toz özü (50 g) 1000 ml su içinde çözülmüş ve iki kez bir izovolümetrik etil asetat ile ekstre edilmiştir. Organik fazlar birleştirildi, 400C düşük basınç altında buharlaştırıldı ve karışım elde edilmiştir. Dondurarak kurutma 11,6 g flavonoid karışımı verdi. Doğrudan HSCCC ayırışmasına gönderildi. Bu çalışma, *Salix alba*'nın farmakolojik etkilerinin değerlendirilmesi için mevcut olan *Salix alba* kabuğundan 5,7-dihidroksikromen-4-on ve naringenin hazırlama etkin bir yöntem sunmaktadır. *Salix alba* kabuğunun zenginleştirilmiş flavonoid ham ekstraktının bu tek aşamalı HSCCC ayırımı, biyoaktif bileşenleri daha büyük miktarlarda izole etmek için bu tekniğin yüksek yeteneklerini açıkça göstermektedir.

Özeker (2005), bitkisel hormon olarak da kabul edilen salisilik asit, fenolik maddelerin bir grubunu oluşturmaktadır. Bitkilerin farklı organ ve dokuları üzerinde yapılan araştırmaların sonucunda, salisilik asidin bitkilerde her zaman ve her yerde bulunabildiği ortaya çıkarılmıştır. Salisilik asit ve onun analogu olan aspirinin en bilinen etkisi, etilen biyosentezini engellemek ve yaşlanmayı geciktirmektir. Ayrıca, salisilik asit termojenik ve koku üreten bitkilerin çiçeklenmesinde de düzenleyici bir role sahiptir. Salisilik asidin bitki büyümesi üzerindeki rolü, yetiştiricilik açısından bazı pratik uygulamaların gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bunlardan başka, bitkilerde dışsal salisilik asit uygulamaları, patojen bağıntılı proteinlerin sentezini uyararak, hastalıklara karşı direncin oluşumunu sağlamaktadır.

Küçüköksel (2010), Türkiye'de doğal olarak yetişen keçi söğüdü (*Salix Caprea* L.) taksonu üzerinde dış morfolojik ve iç morfolojik incelemeler yapılmış, araştırma materyalleri Karadeniz Bölgesi (Bartın) ile İç Anadolu Bölgesi (Kızılcahamam)'nden alınmıştır. Keçi söğüdünün dış morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla toplam 20 örnek ağaçtan yararlanılmıştır. Odunun anatomik özelliklerini belirleyebilmek için ise 8 örnek ağaç alınmıştır. Birim alandaki trahe sayıları Bartın için ortalama 124,78 mm²

iken Kızılcahamam için ortalama 143,50 mm² olarak tespit edilmiştir. Her iki bölge için trahe hücre çapları ve 1 mm²'deki trahe hücre sayısı temelinde hesaplanan 'kseromorfi' oranları, bu türün Kızılcahamam (13,80) ekolojik koşullarında Bartın'a (10,77) göre nispeten daha kseromorf bir oduna sahip olduğunu göstermiştir. Öz ışınlarının hücre sayısı olarak ortalama yüksekliği ise, Bartın için ortalama 12,68, Kızılcahamam için ortalama 12,49 olarak bulunmuştur.

Agnolet vd. (2012), söğüt kabuğu ürünlerinin kapsamlı bir analizini yapmış ve ticari söğüt kabuğu ekstraktlarında 16 bileşiği tanımlamıştır. Salisin ve salisin türevlerine ek olarak, kateşin, amelopsin, taksololin, 7-0-metiltaksifolin-3'-O-glukozit ve 7-0-metiltaksifolin tanımlanmıştır. Kateşin ve amelopsin gibi bileşiklerin, yüksek antioksidan ve serbest radikal süpürücü aktiviteye sahip oldukları bilinmektedir. Uzun kullanım geçmişine rağmen, anekdot gözlemlerini teyit eden nispeten az sayıda insan ve hayvan çalışması yayınlanmıştır. Kronik alt sırt ve eklem ağrısı ve osteoartritte söğüt kabuğu ekstraktlarının kullanımını destekleyen az sayıda klinik çalışma yapılmıştır. Söğüt kabuğu özleri ayrıca, anti-enflamatuar ve analjezik aktiviteler nedeniyle spor performansında ve kilo verme ürünlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, bir dizi in vitro çalışma, söğüt kabuğu ekstraktlarının ve bunlardan izole edilen fraksiyonların mekanizmalarını değerlendirmiştir. Sonuç olarak, söğüt kabuğu ekstresinin anti-inflamatuar ve analjezik aktiviteleri hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir.

Acar (2014), Söğüt (*Salix alba*) ekstraktı mordanlı pamuk, yün elyaf ve ahşap numunelerinin sarıkız çayı otu (*Sideritis trojana ehrend*) ile boyanma özelliklerinin incelenmesinde; sarıkız çayı otunun (*Sideritis trojana ehrend*) tekstil boyamacılığında kullanılabilirliği incelendi. Bu amaçla, pamuk, yün kumaş ve çam ahşap numuneler söğüt dallarından elde edilen ekstraktta 24 saat bekletildi. Çalışmada, yüksek haslık değerlerine sahip boyamalar elde edilirken, yün kumaşların renk şiddetlerinin, pamuk kumaşlardan daha yüksek olduğu tespit edildi. Söğüt ekstraktında bekletilmiş yün ve pamuk kumaşların söğüt ekstraktında bekletilmemiş kumaşlardan daha parlak ve canlı renklere sahip olduğu görülmüştür. Sarıkız otunun özellikle yün ve pamuk kumaşı başta olmak üzere, çam ahşap numunelerini boyamak için de uygun bir doğal boyarmadde kaynağı olduğu belirlendi.

Enayat vd. (2014), *Salix aegyptiaca* kabuğundan elde edilen etanolik özütün ve onun fraksiyonlarının antioksidan özelliğinin ve antikarsinojenik etkilerinin incelenmesi çalışmasında *Salix aegyptiaca* kabuğundan elde edilen etanolik özütün (EEB) ve onun fraksiyonlarının antioksidan özelliğinin ve MAPK yolağıyla antikarsinojenik etkilerinin kolon kanserinde incelenmesidir. EEB, etil asetat ve su fazı fraksiyonları kanser hücrelerinin çoğalmasını azaltmıştır. EEB ve onun fraksiyonları tamamlayıcı ve alternatif tıpta güçlü bir antioksidan ve antikarsinojenik ajan olarak kullanılabilir.

Mohd Shara ve Sidney J. Stohs (2015), Beyaz söğüt kabuğu özütü, *Salix alba*'nın beyaz kabuğundan salisik içeriği standartlaştırılmış bir özdür. Tarihsel olarak söğüt kabuğu, başta Mısır, Yunanistan ve Çin, Avrupa, Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Karayipler olmak üzere Akdeniz bölgesinde 2000 yıldan beri kullanılmaktadır. Ağrı ve ateş tedavisi için söğüt kabuğu ekstraktı kullanımı 1763 yılında İngiltere'de bildirilmiştir. Beyaz söğüt kabuğu özü, ağrı, iltihap veya eklem veya diz ağrısı, sırt ağrısı, osteoartrit, baş ağrısı, adet krampları, tendinit, ateş gibi grip semptomları ve genelleştirilmiş ağrı gibi ateşle ilişkili durumlar için yaygın olarak kullanılır. Salisilin ilgili bileşenlerine ek olarak, çeşitli polifenolikler ve flavonoidler de mevcuttur.

Jinze Dou (2016), Söğüt biyokütle değerlenmesini tamamlamaya yönelik dört söğüt melezinin iç kabuğu morfolojisi ve kimyasal bileşimi analiz edilmiştir. Kabuk, ağaç türlerine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak gövdenin % 10–20'sini oluşturur. Kabuk, iç kabuk ve dış kabuktan oluşur. İç kabuk, kalın duvarlı sklerenkima liflerinin yüksek oranda ayrılmış demetler halinde bulunmaktadır. Söğüt odun lifleri ile karşılaştırıldığında, sklerenkima lifleri daha uzun, çok dar bir lümeneye sahip ve duvarları sekiz ayrı tabakadan oluşmaktadır. *Salix viminalis* ahşabı kullanılarak yapılan çalışmaların sonuçları karşılaştırıldığında, bu türdeki holoselüloz içeriği (%63.7), çalışılan dört söğüt melezimizle (%)60.2-60.6 aynı aralıktadır. Lignine karşı polisakkarit oranı, iç kabuk ve odun benzer olmasına rağmen polisakkarit bileşimleri farklıdır. Glikoz ve ksiloz ahşap ana monomerler iken, iç kabuğu aynı zamanda yüksek arabinoz ve galaktoz içerir. Yüksek pektin içeriğinin belirtisi iç kabukta daha fazla ramnoz bulunmasıdır.

3. ODUN VE KABUĞUN KİMYASAL YAPISI

Hücre çeperinin temel bileşenleri selüloz, hemiselüloz ve lignindir. Bileşenler büyük molekülü, yapısal olarak kompleks ve güçlkle analiz edilebilen bileşiklerdir. Ağaç türlerinin kimyasal bileşimi o türe ait belirli karakteristik özellikleri açıklamaya yardımcı olur. Bir türün kimyasal bileşimi iklim şartlarına, ağaçtan alınan örneğin hangi kısmına ait olduğuna, ağacın yetiştirme ortamına gibi birçok nedene bağlı olarak farklılık göstermektedir (Gindl ve Teischinger, 2003).

Hücre çeperi içerisinde, çeperin ince yapısını oluşturan polimerler bulunmaktadır. Her odunda bulunan bu bileşenler, odunun kimyasal yapısını, hücre çeperinin ana bileşenleri olan selüloz, hemiselülozlar ve lignin oluşturmaktadır (Papadopoulos, 2005).

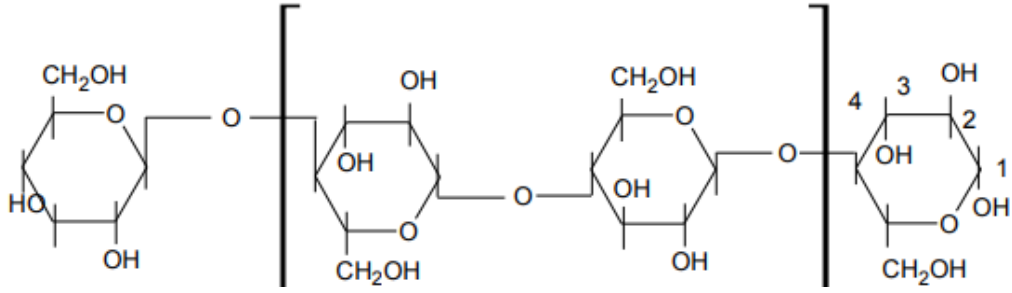
Selüloz miktarı, ağaç türleri arasında fazla değişim göstermezken, hemiselülozlar ve ligninin kimyasal yapısı ve oranları, yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunları arasında farklılık göstermektedir. İğne yapraklı ağaçların öz odunu diri odununa oranla, daha fazla miktarda ekstraktif madde, daha az miktarda lignin ve selüloz içerir. Yapraklı ağaçlarda ise bu fark genellikle çok azdır. Selüloz miktarı yaz odununda, ilkbahar odununa oranla daha fazladır, lignin miktarı daha düşüktür. Bunun nedeni, yaz odununda selüloz oranı fazla olan hücre çeperinin daha kalın ve lignin miktarı fazla olan orta lamelin daha ince olması ile açıklanabilir (Fengel ve Wegener, 1984).

Kabuk, odundan farklı olarak mantar 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).

Suberin hidroksi mono karboksilik ve dihidroksilik alifatik asitlerden meydana gelmektedir. Suberin bütün ağaçlarda bulunmakla birlikte en fazla Huş (*Betula sp.*) ve mantar meşesi (*Quercus Suber*) 'nin kabuklarında bulunmaktadır (Hafizoğlu, 1982).

3.1. Selüloz

Selüloz, hücre çeperinin asıl bileşeni olarak iğne yapraklı ve yaprakları ağaçlarının odunlarının yarısını oluşturur. Lineer yapıda olan bir polimerdir. Zincir biçimindeki moleküllerden oluşmaktadır. Selüloz molekülünün yapı taşları glukoz anhidrit birimlerinden oluşur ve birimler birbirlerine 1,4-β- glikozidik bağlarla birleşmiştir. Bir selüloz molekülünde ortalama 10.000 glukoz birimi bulunur. Doğal selüloz molekülünde yapı taşlarının sayısı (polimerleşme derecesi=DP) 20 000'e kadar ulaşmakta ve doğal selülozun molekül ağırlığı 150 000 'i aşmaktadır. Bir anhidroglikoz biriminin uzunluğu 5,15 Å dur. Doğal selülozun molekül uzunluğu 5 mikronu geçmektedir (Hafizoğlu, 1982). Şekil 1.2'de selülozun moleküler yapısı verilmiştir.



Şekil 3.1. Selülozun moleküler yapısı (URL3)

Selüloz molekülleri demetler halinde birbirleriyle birleşmiş olup en küçük demet elementer fibrildir. Elementer fibriller bir araya gelerek mikrofibrilleri, Mikrofibriller, fibrilleri, fibriller ise lamelleri oluşturur. Selüloz moleküllerinin düzensiz olarak sıralandığı amorf bölgeler ve birbirine paralel olacak biçimde fibrillerin düzgün sıralandığı kristalin bölgeler bulunmaktadır (Kırcı, 2000).

Selüloz, organik çözücülerde ve suda çözünmeyip konsantre asitlerde çözünür. Asitlerdeki çözünürlük selüloz zincirlerinde hidrolik bir bağ ayrılmasına yol açar. Selülozun konsantre asitlerle muamelesi esnasında esterler veya diğer bileşikler gibi türevlerine dönüşürler.

Kabuk selülozu, yapısı ve polimerizasyon derecesi bakımından ksilem selülozuna oldukça benzemektedir. Odundan selülozun eldesin de kullanılan yöntemler, kabuktan selülozun eldesin de uygulandığında yeterli gelmemektedir. Ancak, kabuktaki ekstraktif maddelerin yüksek oluşu ve bazı türlerde yüksek oranda suberin bulunması selülozun saflaştırılması için oldukça güç reaksiyon koşulları gerektirmektedir. Selüloz, homopolisakkaritlere girerken, hemiselülozlar heteropolisakkaritlerden oluşmaktadır (Hafızoğlu, 1982).

Selüloz, bakterilerden, kamçılılar, ağaçlardan ve deniz otları gibi az gelişmiş organizmalara kadar tüm bitkilerde belirlenmiştir. Bitkilerdeki selüloz yüzdesi, kaynağa bağlı olarak değişir (Fengel and Wegener, 1984).

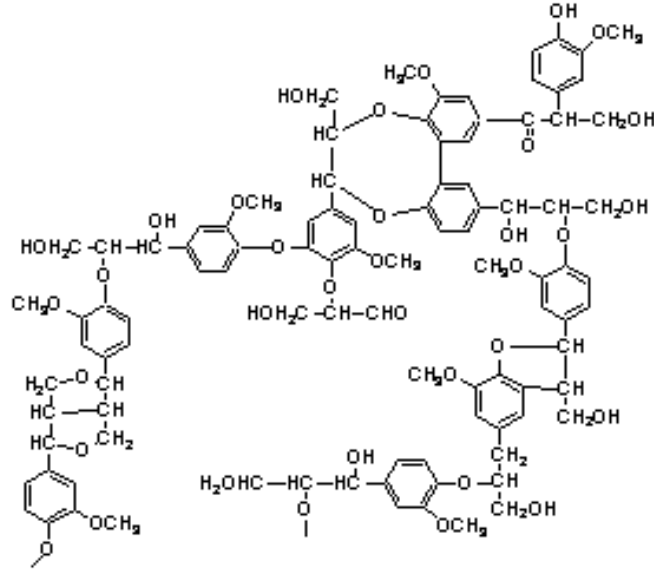
3.2. Hemiselülozlar

Hemiselülozlar, selüloz dışında odunda ve diğer bitkilerde bulunan polisakkaritler polyozlar veya hemiselülozlar olarak adlandırılırlar. Hemiselülozların, neredeyse tamamı odundaki glukoz, mannoz, galaktoz, ksiloz, arabinoz, 4- o-metil glukuronik asit ve galakturonik asit birimlerinden sentezlenen polisakkaritlerin karışımlarıdır (Rowell, 1983).

Hemiselülozlar karmaşık bir karbonhidrat polimerlerdir ve odun kuru ağırlığının yaklaşık olarak %25-30'unu oluştururlar. Yapraklı ağaç odunlarındaki hemiselülozların esas bileşeni glukuronaksilan'dır. İğne yapraklı ağaçlarda ise glukomannan hemiselülozlarda baskın kısmı oluşturmaktadır (Baeza ve Freer, 2000).

3.3. Lignin

Lignin, yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlar gibi gelişmiş bitkilerin dokularının karakteristik bir kimyasal ve morfolojik bileşenidir. Mekanik dayanıklılığı ve sıvı taşımakla görevli, damarlı dokularda bulunur. Mantarlar ve algler gibi az gelişmiş bitkiler lignin içermezler (Fengel ve Wegener 1984; Santos Abreu vd. 1999). Şekil 1.3'de ligninin moleküler yapısı görülmektedir.



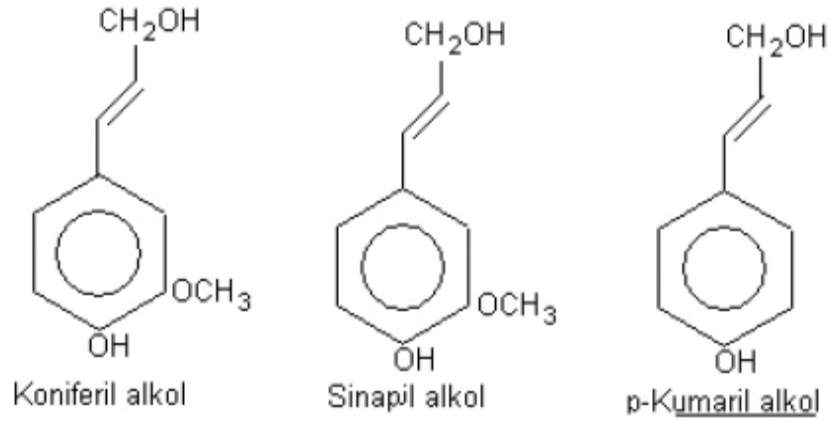
Şekil 3.2. Ligninin moleküler yapısı (Dönmez, 2010)

Bitkilerin yüksek yapılar oluşturma özelliği ligninin hücre çeperine girmesiyle oluşmaktadır. Lignin, amorf bir madde olup, hücre çeperini odunlaştıran elemandır (Merev, 2003).

Lignin, hidrofil karakterde olan selüloz ve hemiselülozun aksine hidrofob özellikte olup odunun su almasını sınırlandırır. Yoğunluğu $1,37 \text{ g/cm}^3$ olan lignin, ısıtıldığı zaman 135°C 'nin üzerinde yumuşamaya başlar (Kırcı, 2000).

Lignin, aromatik olan yüksek bir polimerdir. Asitlere hidrolize karşı son derece dirençlidir. Lignin ağacın karbonhidrat olmayan bileşiğidir. Ağaçtaki polisakkaritler, basit şekerler vermek üzere hidrolize uğradıklarında ligninin büyük bir kısmı çözünmeden kalır (Alemdaroğlu, 1998)

Ligninin kimyasal yapısı benzen halkasına yandan üç karbon atomu zinciri ile bağlanmış fenil propan birimlerinin belirli bir kurala bağlı olmaksızın hidroksi- ve metoksi-, şeklinde birbirleri ile rasgele bağlanması sonucu meydana gelmiştir. Lignin yapısında p-kumaril alkol, koniferil alkol ve sinapil alkol bulunmaktadır. Şekil 1.4'te ligninin yapı taşları gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Ligninin yapı taşları(URL3)

Odun türleri içerisinde lignin miktarı %20 ile %40 arasında değişim göstermektedir. İğne yapraklı ağaç odunlarında daha fazla lignin bulunmakta olup değişik bitkilerde lignin miktarı çok farklıdır.

Bir ağacın kabuğu, kökleri ve ağaç salgısında bulunan ekstraktif madde miktarı genellikle odunda bulunandan çok daha fazladır. Bir ağacın odunu boyunca ekstraktiflerin dağılımında büyük ölçüde bir çeşitlilik olup odunun ince yapısı içinde de ekstraktif madde bakımından çeşitlilik vardır. Fenolik maddeler öz odunda depolanır. Depolanmış materyal miktarı ağacın yüksekliği boyunca ve dallar ile gövde arasında çeşitlilik gösterir. Yağlar, özışını paranzim hücrelerinde bulunur. Buna karşın, reçine asitleri, epitel hücrelerinde saklıdır ve reçine kanallarını doldurma eğilimindedirler. Ağacın öz suyunda çözünebilen bileşenler canlı ağacın diri odununda bulunur ve odunun kapılar boşluklarında depolanırlar. Odun kurutulduğunda ise yüzeye çıkarlar (Fengel ve Wegener 1984; Sjöström 1993).

3.4. Odunda ve Kabukta Bulunan Ekstraktif Maddeler

Odun ve kabukta bulunan ekstraktif maddeler, lipofilik ve hidrofilik ekstraktifler olmak üzere genel olarak iki sınıfta incelenir.

3.4.1. Hidrofilik ekstraktifler

Hidrofilik ekstraktif maddeler, polar nötral çözücülerde çözünebilen bileşik sınıflarını ekstraksiyona tabi tutularak odundan çoğunlukla fenolik bileşikler çözünür. Soğuk veya ılık suyla ekstraksiyonda buna karşın küçük moleküllü karbonhidratlar, siklozlar, siklitoller, glukozitler, küçük moleküllü karboksilli asitler ve inorganik maddeler çözünür. Renk, dayanıklılık ve selüloz üretimine uygunluk gibi birçok odun özelliği fenolik bileşiklere dayanmaktadır. Fenoller genellikle glukozitler biçiminde görülür. Glukozitler düzenli olarak suda çözünür. Lignanlar fenollerin içinde bir büyük grup oluşturur. Lignanlar iki fenil propan biriminin C-β-C bağıyla birleşmesi sonucu meydana gelen dimerler olarak düşünülmektedir. Bir diğer önemli grup stilbenlerdir. Bu grubun en tanınmış bileşenleri pinosilvinle onun metil esterleri (pinosilvin monometil eter ve pinosilvin dimetil eter)'dir. Bir başka fenolik grup ise flavanoitler çok geniş bir grup olup genel yapıları C6 –C3 –C6 biçimindedir. Suda çözünen ekstraktifler genellikle küçük moleküllü karbonhidratları, glukozitleri vb. içerirler (Kayahan, 2003).

Yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların paransim hücrelerindeki lipofilik maddelerin önemli bir kısmını yağ asitleri meydana getirir. Odun bulunan yağ asitleri uzun zincirli, alifatik, monokarboksilli asitlerdir. Zincir uzunluğu 10 C atomu ile 20 C atomu arasında değişir. Odun ekstraktiflerinde bulunan yağ asitlerinin çoğu gliserin ile esterleşmiş halde bulunur. İğne yapraklı ve yapraklı ağaç odunlarında 30 dan fazla yağ asidi belirlenmiştir. Bunlar doymuş yağ asitleri ve doymamış yağ asitleri olarak iki gruba ayrılır. Doymamış yağ asitleri içerisinde monoeik (tek çifte bağ), dienik (iki çifte bağ) ve trienik (üç çifte bağ) türevleri bulunmaktadır (Kayahan, 2003). Aşağıdaki Çizelge 1.3'de bazı doymuş ve doymamış yağ asitleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Bazı doymuş ve doymamış yağ asitleri

Doymuş yağ asitleri		
Adı	Kapalı formülü	Kısa formülü
Laurik Asit	C ₁₁ H ₂₃ COOH	12: 00
Miristik Asit	C ₁₃ H ₂₇ COOH	14: 00
Palmitik Asit	C ₁₅ H ₃₁ COOH	16: 00
Stearik Asit	C ₁₇ H ₃₅ COOH	18: 00
Arakinik Asit	C ₁₉ H ₃₉ COOH	20: 00
Behenik Asit	C ₂₁ H ₄₃ COOH	22: 00
Lignoserik Asit	C ₂₃ H ₄₇ COOH	24: 00
Doymamış yağ asitleri		
Palmitoleik Asit	C ₁₅ H ₂₉ COOH,Δ ⁹	16: 1 ⁹
Oleik Asit	C ₁₇ H ₃₃ COOH,Δ ⁹	18: 1 ⁹
Linoleik Asit	C ₁₇ H ₃₁ COOH,Δ ^{9,12}	18: 2 ^{9,12}
Linolenik Asit	C ₁₇ H ₂₉ COOH,Δ ^{9,12,15}	18: 3 ^{9,12,15}
Pinolenik asit	C ₁₇ H ₂₉ COOH,Δ ^{5,9,12}	18: 3 ^{5,9,12}
Eleostearik Asit	C ₁₇ H ₂₉ COOH,Δ ^{9,11,13}	18: 3 ^{9,11,13}

Yağlar yüksek karbonlu yağ asitlerinin gliserin ile esteri olarak tanımlanır. Mumlar (vaks) bu yağ asitlerinin yüksek karbon sayılı alkoller ile esterleri olarak tanımlanır. Yağ asitleri çoğunlukla odunda esterleri biçiminde, gliseritler halinde bulunur. Gliseritler yağ asitlerinin gliserinle meydana getirdiği esterlerdir. Mumları gliseritlerden ayıran en önemli özellik yapılarında tek değerli, yüksek yapılı alkoller ile yüksek yapılı yağ asitlerinin esterlerini içermeleridir. Steroller, steran halkası içeren bileşiklerdir. Steroller radikal gruplarındaki farklılıklar nedeniyle çeşitlilik gösterir. Doğada serbest veya esterleşmiş halde bulunurlar. Odunda bulunan ekstraktifler arasında steroller, genellikle 27-29 karbon atomu taşırlar (Kayahan, 2003).

Doğal olarak bulunan steroller, C3 pozisyonunda, β-konfigürasyonlu bir hidroksil (OH) grubu taşımaktadırlar. Yağ asitleri çoğunlukla odunda esterleri biçiminde gliseritler halinde bulunurlar. Oluşan gliseritler arasında ise trigliseritler, mono- ve digliseritlere oranla daha fazla miktarda bulunurlar. Trigiliseritlerin daha yaygın olduğu

gliserit grubu kolaylıkla hidroliz olurken vakslar daha stabil olarak görülmektedir (Hafizoğlu 1984; Kayahan 2003).

Sıvı ve katı yağların tamamına yakını, farklı uzunluk ve yapılarında olan yağ asitleri (R-COOH) ile bir alkol yapısında olan gliserinin [C₃H₅(OH)₃] reaksiyona girdiği ve trigliseritler olarak adlandırılan kökler yağların yapıtaşlarıdır. Yağların yapısında yer alan yağ asitleri, pek azının dışında hemen hepsi tek karboksil grubu içerir, bir alkil (R-) ve bir karboksil (-COOH) grubundan oluşmuştur. Yağ asidi moleküllerinde radikali oluşturan karbon zinciri apolar ya da hidrofobik bir karakterde olup, yağ asitlerinin veya esterlerinin suda çözünürlüklerini birinci derecede belirlemekte ve yağ asitlerinin sınıflandırılmaları da yine bu radikaller arasındaki farklılıklara göre yapılmaktadır. Yağ asitlerinde radikali oluşturan zincirdeki karbon atomları zikzaklı bir yapı gösterir (Kayahan, 2003).

Doğada bulunan yağ asitlerinin farklı yapılarına karşın, belirli gruplar halinde incelendiğinde, kendi aralarında homolog seriler oluşturdukları görülür. Zincir yapısı dallanma göstermeyen ya da düz zincirli yağ asitleri şeklinde adlandırılan çeşitler yapılarında çift sayıda karbon atomu içerirlerken, zincir yapısı dallanma gösteren izo-yağ asitlerinin içerdiği karbon atomu sayısı çift ya da tek sayıda olabilmektedir (Kayahan, 2003).

3.4.2. Lipofilik ekstraktifler

Lipofilik ekstraktif maddeler; apolar nötral çözücülerde çözünebilen bileşik sınıflarını içermektedir. Lipofilik ekstraktifler, yağ asitleri, reçine asitleri, vakslar, alkoller, terpenler, steroller, sterol esterler ve gliseritlerden oluşmaktadır (Sjöström, 1993). Lipofilik ekstrakt içerisinde yer alan yağlar ve vakslar alkali ile sabunlaştırma işlemi sonunda yağ asitlerinin metal tuzları halinde suda çözünür duruma gelirler. Odununun lipofilik bileşenleri, çoğunlukla özışınların paransim hücrelerinde bulunmaktadır.

3.5. Suberin

Suberin, hemen hemen çoğu sebzelerde ve bitkilerde değişen oranlarda bulunmaktadır. Coğunlukla normal ve yaralanmış dış dokuların hücre çeperlerinde bulunmaktadır. Buradaki rolü bitki ile çevre arasında koruyucu bir bariyer olarak görev yapmaktır (Kolattukudy 2001; Bernards 2002). Ağaçlarda ve boylu bitkilerde ise suberin, karakteristik bir pullu yapı içerisinde düzenlenmiştir. Ağaçlarda, dış kabuğun ana bileşenlerinden biridir. Suberinin alifatik yapıdaki bileşenlerinin arasında ana bileşenler ω -hidroksi yağ asitleri, α - ω -dikarboksilik asitler ve homolog yapıda orta zincirli, dihidroksi veya epoksi türevleridir. Aromatik yapılar çeşitli fenolik kısımların yer değiştirmesi yoluyla görülrler. Suberinin monomer ünitesi birçok tür için iyi bilinmesine rağmen detaylı makromoleküler yapısı ve diğer hücre çeperi biopolimerleri ile olan ilişkisi hala tam anlamıyla anlaşılmış değildir (Borg-Olivier ve Monties 1993; Baernards vd. 1995; Lapierre vd. 1996; Pascoal Neto vd. 1996; Bernards 1998; Lopes vd. 1998; Bernards ve Razem 2001; Gandini vd. 2006).

Suberin, alifatik veya aromatik yapıda olabilen, çapraz bağlı doğal bir polimerdir. Suberinin makromoleküler yapısı, hücre çeperindeki yeri, kimyasal olarak yapılarındaki bağlantılar, ester yıkılmaları boyunca depolimerizasyonu ve bu yapının ardından gelen monomerik fragmentlerin kalitatif ve kantitatif yapısı günümüzde hala tartışılmaktadır (Gandini vd. 2006).

Suberin monomerlerinin uzun zincirlerinde karboksil ve hidroksil grupların dallanmış hidroksi ve epoksi kısımlarının mevcudiyeti suberini özellikle polimerler için inşa blokları olarak uygun kılmaktadır. Suberin içeren alt tabakaların analizi ilk olarak düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin çözücü ekstraksiyonuna tabi tutulur. Ardından, yapı içerisindeki çeşitli ester bağlarının kalitatif ve kantitatif karakterizasyonu ve sonraki fragmentlerin bölünmesiyle devam eder. Suberize olmuş bitki dokularında gerçek suberin miktarını ve içeriğini pratik olarak tahmin etmek mümkün değildir. Bunun sebebi, suberinin kompleks makromoleküler yapısı ve lignin ile suberinin aromatik yapılarındaki benzerlikten kaynaklanmaktadır (Kolattukudy 1980; Kolattukudy ve Espelie 1989; Bernards 1998; Kolattukudy 2001; Bernards 2002).

Endüstriyel bakımdan önemli yapraklı ağaç türlerinde suberin miktarı ekstraktiflerden arındırılmış dış kabuğun ağırlık olarak %20-50'sini oluşturmaktadır. Suberinin dış kabuktaki bileşimi ve miktarı ağaç türüne ve kullanılan izolasyon metoduna göre oldukça farklılık göstermektedir.

Suberin her ne kadar sebze alanında her yerde bulunsa da, meşe mantarı (*Quercus suber* L.) ve huş ağacı (*Betula pendula* Roth) dış kabuklarında özellikle bol miktarda bulunmaktadır. Bu iki kaynaktan elde edilen suberin depolimerizasyon karışımlarının monomerik bileşimleri kalitatif olarak benzerdir. Her bir monomerin nispi bolluğu bakımından önemli ölçüde farklıdır. Portekiz'deki mantar tıpa endüstrisi ve İskandinav ülkelerindeki huş ağacı posa değirmenleri, önemli ölçüde suberin zengini kalıntıların miktarları olan tortu üretmektedir. Yani, 40.000 ton / yıl mantar tortusu iken, tek bir kağıt hamuru işleme tesisi, 28.000 ton / yıl alt-zengin kalıntılar üretebilir (Paula vd, 2008).

Suberin monomerlerinin endüstriyel kaynak olarak kullanılması ile ilgili başka bir örnek ise Akdeniz ülkelerindeki mantar sanayidir (Silva vd. 2005). *Quercus suber*'in dış kabuğu olan mantar, tutucular (şarap ve fıçı mantarları), toplayıcılar ile termal ve akustik izolasyon için kullanılan kompozitler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Suberinlerde gliserolün kantitatif tayinleri nispeten azdır, fakat tüm suberin monomerlerinin % 5-20'si değerleri ölçülmüştür (Graça ve Pereira, 2000). Suberin depolimerizasyonların ana bileşeni, serbest bırakılan tüm monomerlerin kütlelerinde tipik olarak % 80-90'ı temsil eden uzun zincirli alifatik asitlerdir. Suberin depolimerleştiğinde gliserolün de ortaya çıktığı görülmüştür. Suberin analizini alifatik asitlere odaklamışlardır (Graça, 2015).

Suberin doğal yapısının kimyasal reaksiyonlar yardımıyla monomer bileşenlerinin analizi ve doğal materyalin detaylı kimyasal karakterizasyonu bileşenleri için uygulamaların geliştirilmesinde temel bir adımdır. Temel olarak çözünmeyen üç boyutlu polyester ağında en degradatif teknikler hidroliz, trans-esterifikasyon olarak adlandırılan basit ester bozunmalarına bağlıdır. Suberin monomerlerinin elde edilmesinde kullanılan yöntemlerden bir tanesi alkali metanoliz ile esterlerin

bozundurulmasıdır (Ekman ve Eckerman 1985; Pereira 1988; Graça ve Pereira 1997; Graça ve Pereira 1999; Graça ve Pereira 2000; Graça ve Pereira 2000a; Graça ve Pereira 2000b; Lopes vd. 2000).



4. MATERYAL VE YÖNTEM

Söğüt (*Salix alba* L.), içerisinde bulunduğumuz Göller Bölgesi'nde önemli miktarda yayılış göstermekte olup bu bakımdan çalışma materyali olarak tercih edilmiştir.

4.1. Materyal

Ağaç kesilmeden önce yönü belirlenmiştir. Ağaç kesildikten sonra belirlenen yön ve bölgeden, TAPPI T 257 cm-02 standardına göre, yerden 0,50m yükseklikten, gövdenin göğüs yüksekliğinden (1.30m) ve dallanmanın başladığı noktadan 5 cm kalınlıkta teker şeklinde 3 ayrı kesit çıkarılmıştır. Bu sayede örneklemede ağacın tamamını temsil etmesi amaçlanmıştır. Kesitleri belirlenerek alınan odun ve kabuk örnekleri bez torbalara konularak vakit kaybedilmeden laboratuvara getirilmiştir. Odun ve kabuk ayrılarak derin dondurucularda muhafaza altına alınmıştır. Çizelge 4.1 'de alınan örneğin bulunduğu yere ait bilgiler verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağacın bulunduğu bölge

Bölge	Göller Bölgesi
Yaş	23
Rakım	1420
Çap	52cm
Boy	15m
Bakı	Kuzey

4.1.1. Odun ve kabuk örneklerinin kimyasal analizlere hazırlanması

Söğüt ağacının ana bileşenlerinin ve çözünürlük deneylerinin tayini için 5 cm'lik disk şeklinde alınan kesitlerden, alt ve üst kısmından 1 cm'lik kısımları kesilerek ağacı kesmekte kullanılan testereye sürülen gazyağının giderilmesi amaçlanmıştır. Odun ve kabuk örnekleri yaklaşık kibrit çöpü büyüklüğüne kadar keskin bıçak yardımıyla küçük parçalara ayrılmış ve ayrı ayrı yongalanmıştır. Yeterli miktarda odun ve kabuk örnekleri alınarak derin dondurucuda analizler yapılana kadar muhafaza altına alınmıştır. Odun ve kabuk örnekleri donduruculu kurutucuda (freeze dryer) bir gün

süre ile kurumaya bırakılmıştır. Örnekler TAPPI TII-M45 standartına göre Wiley tipi değirmende 1mm.'den küçük parçalara kadar öğütülmüştür. Şekil 4.1'de söğüt odun ve kabuk örnekleri gösterilmiştir. Şekil 4.2'de örnekleri öğütmekte kullanılan wiley değirmeni ve kurutmak için kullanılan freeze dryer gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Söğüt odun ve kabuk örnekleri (Salman, 2017)



Şekil 4.2. Örnekleri öğütmekte kullanılan wiley değirmeni ve kurutmak için kullanılan freeze dryer (Salman, 2017)

Odun ve kabuk örneklerinin rutubetinin değişmemesi amacıyla ağız kilitli plastik torbalara konarak muhafaza altına alınmıştır. Hücre çeperi ana bileşenleri ve çözünürlük deneyleri 3 tekrar, kromatografik analizlerde ise uygun konsantrasyon tespit edildikten sonra tek bir enjeksiyon yapılmıştır.

4.1.2. Rutubet tayini

Odun ve kabuk örneklerine uygulanan, holoselüloz, α -selüloz ve lignin gibi hücre çeperi ana bileşenleri ve %1'lik NaOH çözünürlüğünü belirlemek amacıyla, örneklerin içerdiği rutubet miktarları belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalarda kullanılan odun ve kabuk örneklerinin rutubet tayini, deneye başlanmadan önce yapılmıştır. Rutubet tayinlerinde, kullanılan materyalin asli bileşenler ve çözünürlük deneylerinde 1 mm'den küçük örnekler kullanılmıştır.

Sabit tartıma getirilen krozelere konan 2g örnek hassas terazide tartımı yapılarak ilk ağırlıkları (M_r) belirlenmiş ve $103\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki etüve konan örnek tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan örnekler desikatörde soğutulmuş ve hassas terazide tartılarak tam kuru ağırlıkları (M_0) belirlenmiştir. Örneklerin içerdikleri % rutubet miktarları eşitlik 4.1'den faydalanılarak hesaplanmıştır.

$$r = \frac{(M_r - M_0)}{M_0} \times 100 \quad (4.1)$$

r: Örneğin rutubeti (%)

M_r : Örneğin rutubetli haldeki ağırlığı (g)

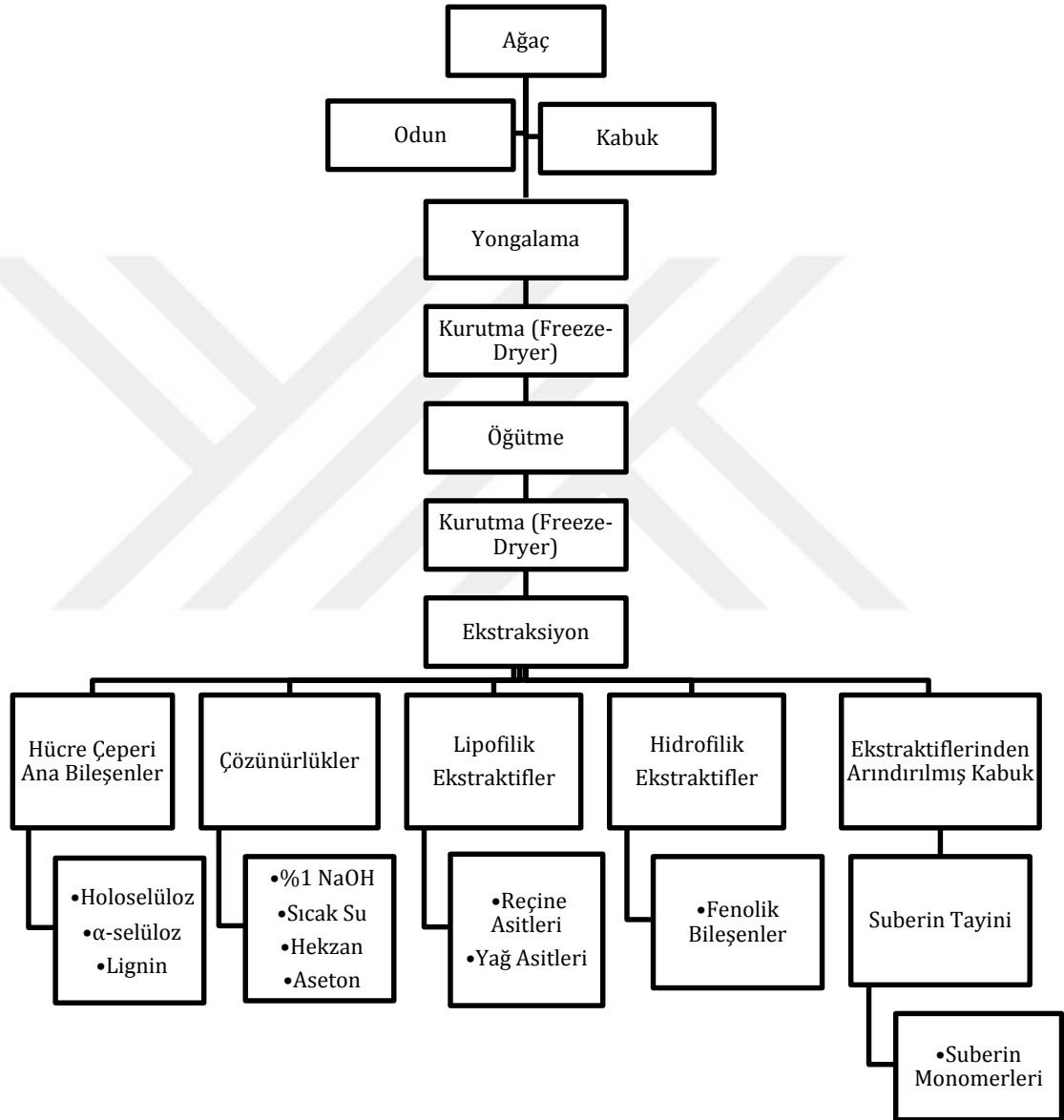
M_0 : Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı (g)

4.2. Yöntem

Hücre çeperi ana bileşenleri ve yan bileşenlerini belirlemek için kimyasal analizler yapılmıştır.

4.2.1. Hücre çeperi ana bileşenlerinin belirlenmesi

Odun ve kabuk örneklerinde hücre çeperi ana bileşenleri olan holoselüloz, α -selüloz ve lignin miktarını belirlemek amacıyla aşağıdaki yöntemlere göre analizler gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.2’ de uygulanan deneyler ve akış planı verilmiştir.



Şekil 4.3. Uygulanan deneyler ve akış planı

4.2.2. Holoselüloz tayini

Holoselüloz oranının belirlenmesinde Wise ve John tarafından geliştirilen klorit yöntemi uygulanmıştır. Holoselüloz tayininde ekstraktif maddeleri uzaklaştırılmış 2,5

g hava kurusu örnek, 80 ml. saf su, 0,75 g NaClO₂ ve 5 damla buzlu asetik asitle birlikte 250 ml'lik bir erlenmayere konularak bir saat süre ile 78-80°C'deki su banyosunda tutulmuştur. Örnek konulan erlenmayerin ağzı ters çevrilmiş daha küçük bir erlenmayerle kapatılmıştır. Her bir saatte yeniden 0,75 g NaClO₂ ve 5 damla (0,25ml.) buzlu asetik asit ilave edilmiş olup bu işlem üç kez tekrarlanmıştır.

Deney esnasında asetik asit ortamın pH'ını 4 civarında tutup ClO₂ lignini oksitleyerek klorolignin halinde çözerek karbonhidratlardan ayırmaktadır (Eroğlu, 1990).

Holoselüloz miktarı deney sonrası tam kuru ağırlığın, tam kuru örnek ağırlığına oranlamasıyla hesaplanmıştır.

4.2.3. α- selüloz tayini

Selülozu oluşturan (α) alfa, (β) beta ve (γ) gamma kısımları içinde alkaliye en dayanıklı olan kısım α-selüloz'dur. Kullanılan bütün yöntemlerde α-selüloz alkalide çözünürlük yöntemleriyle elde edilmektedir (Hafizoğlu, 1982).

Bu çalışmada % 17,5'lik NaOH (20 °C) muamelesine dayanan alkali yöntemi kullanılmıştır. % 17,5'lik NaOH'te çözünmeyen kısım α-selüloz, çözünen kısmın nötrleştirilmesinde çökelen kısım β-selüloz ve çökeltmeyen kısım da γ-selüloz olarak bilinmektedir (Hafizoğlu, 1982).

% 17,5'lik NaOH yönteminde, 2 g holoselüloz örneği alınarak 250 ml'lik beher içerisine konmuştur. Daha sonra üzerine % 17,5'lik NaOH çözeltisinden 10 ml ilave edilmiş ve beher 20 C°'ye ayarlanmış bir su banyosuna yerleştirilmiştir. Cam bagetle karıştırılarak örneklerin hepsinin NaOH ile ıslatılması sağlanmıştır. İlk % 17,5'lik NaOH ilavesinden 5 dak. sonra 5 ml daha NaOH çözeltisi ilave edilmiş ve örnek iyice karıştırılmıştır. Bu işlem 5'er dak ara ile 3 kez tekrarlanmıştır. Karışım 20 °C'de 30 dakika bekletildikten sonra üzerine 33 ml destile su ilave edilerek alkali konsantrasyonu % 8,3'e indirilmiş ve 1 saat bekletilmiştir. Süre sonunda örnek orta geçirgenlikteki darası alınmış bir krozedden süzülerek önce 20 °C'deki % 8,3'lük 100 ml NaOH ile ve ardından da 20 °C'deki destile su ile iyice yıkanmıştır. Daha sonra

oda sıcaklığındaki % 10'luk 15 ml asetik asit krozeye dökülerek 3 dak. bekletilmiştir. Süre bitiminde örnek 20 °C'deki destile su ile asitten arınana kadar yıkanmıştır. Son olarak örnek 250 ml destile su ile vakum açılıp kapatılmak suretiyle yıkanmıştır. İşlemlerin ardından örnek 103±2 °C'de kurutularak tartılmış ve α-selüloz eşitlik 4.2' ye göre hesaplanmıştır (Rowell vd. 2005).

$$(\%)\alpha\text{-selüloz} = \frac{[(A/B) \times 100] \times \% \text{Holoselüloz}}{100} \quad (4.2)$$

A: Deney sonrası tam kuru örnek ağırlığı (g)

B: Deney öncesi tam kuru örnek ağırlığı (g)

4.2.4. Lignin tayini

Lignin; odun bünyesinde % 15-35 oranında bulunan koyu renkli amorf, metoksil gurubu ile karakterize edilen ve karmaşık bir yapıya sahip fenolik bir maddedir. Odun değişik asitlerle muamele edildiğinde asli bileşiklerinden olan karbohidratlar hidroliz olarak çözünür. Geriye asitlere karşı dayanıklılığından dolayı çözünmeyen lignin bileşimi kalır. Bitkisel maddelerdeki lignin oranının tayini için birçok yöntem kullanılmasına rağmen en çok tercih edileni "Klason Lignini" yöntemidir. Bu yöntemde sülfürik asit (H₂SO₄) karbohidratları hidroliz ederek çözer ve aside dayanıklı olan lignin kalıntı olarak elde edilir (Hafizoğlu, 1982).

Lignin miktarının belirlenmesinde TAPPI T 222 om-02 standart metodundan yararlanılmıştır. Bu metoda göre, ekstraktiflerden arındırılmış 1 g örnek 50 ml'lik bir behere konularak üzerine % 72'lik H₂SO₄'den 15 ml. ilave edilmiş ve 12-15°C sıcaklıkta 2 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda beher içerisindeki karışım 1000 lt'lik balona aktarılmış ve asit konsantrasyonu % 3 olacak şekilde balondaki sıvı miktarı 560 ml. olana kadar destile su ile seyreltilmiştir. Daha sonra bu karışım bir soğutucu altında 4 saat süre ile kaynatılmıştır. Bu işlemden sonra kalıntı krozeden süzülerek sıcak saf su ile yıkanmış ve elde edilen kalıntı 103±20C'de etüv içerisinde kurutulmuştur. Sonrasında desikatörde soğutulup tartılan kroze başlangıçta kullanılan örnek ağırlığına oranla hesaplanmıştır.

4.3. Hücre çeperi yan bileşenlerinin belirlenmesi

Odun ve kabuk örneklerinde hücre çeperi yan bileşenleri olan sıcak su çözünürlüğü, %1'lik NaOH çözünürlüğü, hekzan, aseton: su (95: 5, v: v) gibi organik çözücüler ve yağ asidi tayinini belirlemek amacıyla aşağıdaki yöntemlere göre analizler gerçekleştirilmiştir. Organik çözücüler ve sıcak su çözünürlüğü sonrasında elde edilen değerler gravimetrik yöntemle göre mg/g olarak tespit edilirken, % 1'lik NaOH çözünürlüğünde % çözünen madde miktarı olarak hesaplanmıştır.

4.3.1. Sıcak su çözünürlüğü

Sıcak suda çözünürlük deneyi için önceden rutubeti belirlenmiş yaklaşık 2 g hava kurusu örnek 200 ml'lik erlenmayere konularak 100 ml destile su ilave edilmiştir. Erlenmayer geri dönüşümlü bir soğutucu altında 100°C'de 3 saat süre ile su banyosunda kaynatılmıştır. Örnekler 103±2°C'de tam kuru ağırlığı belirlenmiş krozedeki kalıntılar sıcak su ile yıkanarak değişmez ağırlığa gelinceye kadar 103±2°C etüv içerisinde kurutulmuştur. Örnekler kurutulduktan sonra desikatöre alınarak soğutulup tartılmıştır. Çözünen madde miktarı tam kuru örnek ağırlığına oranla % olarak hesaplanmıştır.

4.3.2. % 1 NaOH çözünürlüğü

TAPPI T 212 om 02 standardına göre 2 g örnek 200 ml'lik bir erlenmayere konularak üzerine %1'lik NaOH çözeltisinden 100 ml. ilave edilmiştir. Erlenmayerin ağzı küçük bir erlenmayerle kapatılıp 100°C'deki su banyosuna konulmuş ve bir saat süre ile su banyosunda bekletilmiştir. Erlenmayer belli aralıklarla karıştırılmış ve bu sürenin sonunda erlenmayerdeki kalıntı darası alınmış bir cam kroze yardımıyla süzümüştür. Daha sonra %10'luk 50 ml asetik asit ve sıcak su ile yıkanan örnekler 103±2°C'de kurutulmuş ve desikatörde soğutularak tartılmıştır. Çözünen madde miktarı başlangıçtaki kuru ağırlığa oranla % olarak hesaplanmıştır.

4.3.3. Organik çözücülerle (Hekzan, Aseton: Su) ekstraksiyonu

Odun ve kabuk örneklerinde; hekzan, aseton: su gibi organik çözücüler, sıcak su ve %1'lik NaOH çözünürlüğü değerleri aşağıdaki yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Organik çözücülerde edilen değerler gravimetrik yöntemle göre mg/g olarak hesaplanmıştır.

Lipofilik ve hidrofilik bileşenleri tespit etmek amacıyla odun ve kabuk örnekleri hekzan ve aseton: su gibi organik çözücülerle ekstrakte edilmiştir. Bu sayede toplam lipofilik ve hidrofilik madde miktarı belirlenmiştir. Bu işlem için odun ve kabuk örneklerinden kartuş içerisine yaklaşık 10 g örnek tartılarak 250 ml'lik cam balona 180 ml çözücü olarak hekzan ya da aseton: su ilave edilerek ayrı ayrı muamele edilmiştir. Böylece soxhlet cihazında 12 saat boyunca ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada örnekler hekzan ile ekstraksiyona tabi turulduktan sonra deney sonrasında saf selüloz kartuş içerisindeki örnekler muhafaza edilerek aseton: su ekstraksiyonunda kullanılmıştır. Böylece örnekler içerisindeki ekstraktif maddeler alınmıştır. Balonda toplanan lipofilik ve hidrofilik ekstraktifler 100 ml içerisinden deney tüplerine 10 ml alındı, azot evaporatöründe çözücü uzaklaştırılarak ne kadar madde çözüldüğü hesaplanmıştır.

Soxhlet ekstraksiyon yöntemini uygulayabilmek için katı materyal kurutulur, küçük parçalara ayrılır ve bu katı parçacıklar selülozdan yapılmış olan ekstraksiyon kartuşuna doldurulur. Bu kartuşta ekstraksiyon kolunun içine yerleştirilir. Cam balona solvent olarak kullanılacak kimyasal madde konulur ve ısıtıcı yardımıyla bu maddenin buharlaşması sağlanır. Buharlaşan çözücü ekstraksiyon kolundan geçerek geri soğutucuya ulaşır. Geri soğutucuda yoğunlaşan çözücü tekrar ekstraksiyon koluna gelerek kartuş içerisinde bulunan maddeyi çözer ve cam balona geri döner. Bu işlem sürekli tekrarlanarak ekstraksiyon tamamlanmış olur. Şekil 3.3' de Soxhlet ekstraksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Soxhlet ekstraksiyonu (Salman, 2017)

Gravimetik analiz sonrası 100 ml'lik şişelerde +4°C sıcaklıkta bekletilen 40 ml. hekzan ve aseton: su karışımının analitik analizi için ekstraktlar herhangi bir ön işleme tabi tutulmamıştır. Bu bağlamda, 0,25 ml. ekstrakt ve 2 ml. internal standart (ISTD) (heneicosanoic asit (21: 0 asit) ve betulinol karışımı) 15 ml.'lik test tüplerinde karıştırılmış ve su banyosunda azot gazı altında çözücülerin buharlaşması sağlanmıştır. Sonrasında test tüpleri silindendirilmek üzere +4 °C'de saklanmıştır.

4.3.4. Yağ asidi tayini

Yağ asitlerini gaz kromatografik analizinin yapılabilmesi için metil esteri gibi türevlerine dönüştürülmesi gerekir. Döner buharlaştırıcıda hekzan uzaklaştırıldıktan sonra 100 mg söğüt kabuk ekstraktı alınıp % 0,5 Sodyum Metoksit (80: 20) (Methanol: İzooktan) içeren türevlendirici içinde 24 saat oda sıcaklığında bekletilip üzerine 1 mL isoocetan eklenir, sonra vortekslenir üst fazın ayrılması beklenir, üst fazdan 1 µL GC-FID(Alev İyonyonizasyon Dedektörü)'ye enjekte edilir. Yağ asidi metil ester analizlerinde, tüm yağ bileşenini ihtiva eden 37'lik standart karışım, SDÜ Yenilikçi

Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan GC-FID cihazına enjekte edilerek yağ asidi miktar ve bileşenlerini belirlenmiştir.

4.3.5. GC-MS (Gaz Kromatografisi - Kütle Spektrometresi) analiz koşulları

Lipofilik, hidrofilik maddeleri ve suberin monomerlerini tayin etmek amacıyla aynı kromatografi cihazları ve aynı koşullar kullanılmıştır. Odun ve kabuk örneklerinde hekzan ve aseton: su ekstraktlarında ve suberin tayininde yararlanılan GC-MS cihazına ilişkin analiz şartları aşağıda verilmiştir.

Cihaz : Shimadzu GCMS-QP 2010 Plus

Kolon : Restek 5 ms 30 m. 0,25 iç çapı ve 0,25 µm film kalınlığında

Taşıyıcı Gaz : Helyum 1 ml/dak.

Split oranı : 1: 10

Enjektör Bloğu Sıcaklığı : 260 °C

Sıcaklık Programı : 100 °C'de 1 dakika bekleyerek 5 °C/dakika artarak 320 °C'ye kadar

4.3.6. GC-FID analiz koşulları

Silillendirme işleminden sonra viallere aktarılan ekstraktlar, öncelikle bileşenlerin kalitatif tespiti için GC-MS'de analiz edilmiştir. Sonrasında ise kantitatif olarak analiz edebilmek amacıyla GC-FID cihazından yararlanılmıştır. Örneklerin analizinde kullanılan GC cihazının analiz koşulları aşağıda verilmiştir.

GC-FID cihazı çalışma koşulları

Cihaz : Perkin Elmer Auto System XL

Dedektör	: Flame Ionisation
Mobil Faz	: Hidrojen (40 ml/dak.), kuru hava, (400 ml/dak.)
Kolon	: Restek 5 ms 30 m. 0,25 iç çapı ve 0,25 µm film kalınlığında
Taşıyıcı gaz	: Helyum 1 ml/dak.
Enjektör bloğu sıcaklığı	: 260 °C
Sıcaklık Programı	: 100 °C'de 1 dakika bekleyerek 5 °C/dakika artarak 320 °C'ye kadar

4.4. Suberin monomerlerinin analizi

Standart olarak kullanılmak üzere bir balon jöje içerisine yaklaşık 0,5 g kolesterol konmuş ve asetonla 50 ml.'ye tamamlanmıştır. Daha sonra, hazırlanan kolesterol karışımından 1 ml. alınarak 50 ml.'lik test tüpüne aktarılmış ve su banyosunda azot gazı altında asetonun buharlaştırılması sağlanmıştır. Sonrasında aynı test tüpüne 100 mg. öğütülmüş ve ekstraktiflerinden arındırılmış tam kuru haldeki kabuk unu ilave edilmiştir. Kabuk unlarının üzerine 0,5 M alkollü KOH (%90'lık etil alkol) çözeltisinden 10 ml ilave edilmiş ve 70 °C'lik etüvde sık aralıklarla karıştırılarak 1,5 saat bekletilmiştir. Hidroliz tamamlandıktan sonra katı kısmın çökmesi beklenmiş ve sıvı kısımdan 1 ml alınarak 15 ml.'lik test tüpüne aktarılmıştır. 1 ml. destile su ilave edilerek karıştırılan test tüpüne 2-3 damla bromkresol yeşili ilave edilmiş ve rengin mavi olması sağlanmıştır. Sonrasında 2-3 damla 0,25 M H₂SO₄ ilave edilen ekstraktta rengin sarı olması beklenmiş ve bu sayede pH'ın 3-3,5 dolaylarında olması sağlanmıştır. Daha sonra 2 ml MTBE (methyl tert buthyl eter) ilave edilen test tüpü sıkı bir şekilde karıştırılmış ve üstte toplanan MTBE fazı ayrı bir test tüpüne aktarılmıştır. Aynı işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Su banyosunda azot gazı altında buharlaştırılan MTBE fazı silillendirilmek üzere muhafaza altına alınmıştır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Akdeniz Bölgesi'nde bulunan Burdur yöresinden temin edilen söğüt (*Salix alba* L.) ağacı odun ve kabuk olarak ayrılarak kimyasal analizler için hazırlanmıştır.

5.1. Kimyasal Bulgular

Odun ve kabuk örneklerinde ilk olarak ana bileşenler olan holoselüloz, α -selüloz ve lignin deneyleri yapılmıştır. Çözünürlük deneyleriyle, gravimetrik olarak hücre çeperi yan bileşenleri kantitatif olarak tespit edilmiştir. Hekzan ve aseton: su ekstraktları GC-MS ve GC-FID'da analiz edilerek ekstraktif madde ve miktarları belirlenmiştir. Ekstraktiflerden arındırılmış kabuk örneğinde suberin monomerlerinin yapısı ve miktarı incelenmiştir. İnceleme sonuçlarına dair bulgular aşağıda ayrı ayrı ele alınmıştır.

5.1.1. Holoselüloz tayinine ait bulgular

Söğüt odun ve kabuk örneklerinde 3'er adet holoselüloz tayini yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Söğüt odun ve kabuk holoselüloz tayini sonuçları

Deney No	Odun	Kabuk
1	82,10	70,91
2	81,71	69,21
3	81,32	69,92
Ortalama(%)	81,70	70,18

5.1.2. α -Selüloz tayinine ait bulgular

Söğüt odun ve kabuk örneklerinde 3'er adet α -selüloz tayini yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Söğüt odun ve kabuk α -selüloz tayini sonuçları

Deney No	Odun	Kabuk
1	49,05	39,78
2	48,21	40,71
3	48,02	40,48
Ortalama(%)	48,42	40,32

5.1.3. Lignin tayinine ait bulgular

Söğüt odun ve kabuk örneklerinde 3'er adet lignin tayini yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 5.3' de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Söğüt odun ve kabuk lignin tayini sonuçları

Deney No	Odun	Kabuk
1	24,28	34,29
2	23,72	33,36
3	24,05	33,79
Ortalama(%)	24,01	33,81

5.1.4. Sıcak su çözünürlüğüne ait bulgular

Söğüt odun ve kabuk örneklerinde 3'er adet sıcak su çözünürlüğü deneyi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Söğüt odun ve kabuk sıcak su çözünürlüğü deneyi sonuçları

Deney No	Odun	Kabuk
1	3,90	22,55
2	4,15	20,87
3	4,22	21,13
Ortalama(%)	4,09	21,51

5.1.5. %1'lik NaOH çözünürlüğüne ait bulgular

Söğüt odun ve kabuk örneklerinde 3'er adet %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 5.5' de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Söğüt odun ve kabuk %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyi sonuçları

Deney No	Odun	Kabuk
1	14,54	44,45
2	13,72	42,82
3	13,39	43,19
Ortalama(%)	13,88	43,48

5.1.6. Hekzan çözünürlüğüne ait bulgular

Söğüt odun ve kabuk örneklerinde 3'er adet hekzan çözünürlüğü deneyi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Söğüt odun ve kabuk hekzan çözünürlüğü deneyi sonuçları

Deney No	Odun	Kabuk
1	8,49	10,04
2	8,21	11,26
3	8,03	10,63
Ortalama(mg/g)	8,24	10,64

5.1.7. Aseton: su çözünürlüğüne ait bulgular

Söğüt odun ve kabuk örneklerinde 3'er adet aseton çözünürlüğü deneyi yapılmış ve sonuçlar aşağıdaki çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Söğüt odun ve kabuk aseton çözünürlüğü deneyi sonuçları

Deney No	Odun	Kabuk
1	31,77	31,66
2	30,89	30,42
3	31,13	30,09
Ortalama(mg/g)	31,26	30,72

5.1.8. GC-MS ve GC-FID analizlerine ait bulgular

Söğüt (*Salix alba* L.) de meydana gelen kimyasal değişimleri incelemek amacıyla genel kimyasal analizlerinin yanısıra analitik yöntemlerden de yararlanılmıştır. Odun ve kabuk örneklerine ait hekzan, aseton: su ekstraktları kullanılmıştır. Lipofilik bileşikler için hekzan, hidrofilik bileşikler için aseton: su karışımı kullanılmıştır. Söğüt kabuk örneklerinde yağ asidi tayini de yapılmış olup, ekstraktif maddelerden arındırılmış kabuk örnekleri üzerinde suberin monomerlerinin madde miktarı ve bileşimlerini belirlemek amacıyla alkali hidroliz yapılmıştır. GC-MS ve GC-FID da analiz edilmiştir.

5.1.9. Hidrofilik ekstraktlara ait bulgular

Odun ve kabuk örnekleri hekzan ile ekstrakte edildikten sonra aseton: su karışımı ile tekrar ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Belirli bir ekstrakt (0.5-2.5 ml) bir deney tüpüne alınmış ve 2 ml MTBE ilave edilerek azot gazı altında buharlaştırılmıştır. 15 ml'lik test tüplerine önceden başka bir tüpün içerisinde hazırlanmış olan pyridine: BSTFA (N,O-bis (trimetil silil) triflorostamit): TMCS (Trimetil Klorasilan) karışımından 175 µL eklemiş ve vorteks cihazında karıştırılmıştır. Sonrasında 15 dakika aralıklarla karıştırılarak 1 saat süre ile 70°C'de ki sıcaklıktaki etüvde bekletilerek ekstraktların sililendirilmesi sağlanmıştır. Sililendirilen örneklerde hidrofilik bileşenler tespit edilmiştir. Çizelge 5.8'de Odun ve kabuk örneklerinin aseton: su ekstraksiyonu sonrası elde edilen hidrofilik bileşenleri verilmiştir.

Çizelge 5.8. Aseton ekstraktı kromatografik analiz sonucu elde edilen bileşenler ve miktarı (%)

Bileşen	Odun	Kabuk
Itaconic Acid	0,80	
Ribonic Acid	2,26	
Benzenepropanoic Acid	2,60	
2-Keto-d-gluconic Acid	7,15	
3,4-Dihydroxymadelic Acid		0,44
2-methyl-4-keto-pentan-2-ol	17,00	6.26
D-Glucitol	2,52	4.49
D-Glucitol		0.52
N,N-diethylacetamide	3,26	0.52
N-Ethylacetamide	6,42	0.93
.alpha.-D-Glucopyranoside	2,28	
Sucrose		32.24
D-Fructose,	2,93	18,52
D-Mannopyranose	8,67	11.04
Glucose	8,12	0.65
D-Galactose		0.68
D-Turanose		1.12
Melibiose,		0.52
Acrylsaeure, 2,3-		0.72
α-d-glucoopyranoside		0.55
Silane, [[2-[3,4- 3,4-dihydro-2H-1-benzopyran-		4.55

Söğüt odun ve kabuk aseton ekstraksiyonunda en fazla odunda, 2-methyl-4-keto-pentan-2-ol, kabukta sucrose bulunmuştur.

5.1.10. Lipofilik ekstraktiflere ait bulgular

Hekzan ekstraksiyonu sonrasında sililendirme işlemi uygulanıp viallere alınan odun ve kabuk örnekleri GC-MS ve GC-FID' a gönderilerek analiz edilmiştir. Çizelge 5.9' da odun ve kabuk lipofilik bileşikleri verilmiştir.

Çizelge 5.9. Hekzan ekstraktı kromatografik analiz sonucu elde edilen bileşenler ve miktarı (%)

Bileşenler	Odun	Kabuk
Oxalic acid	4,37	5,39
Palmitic Acid	15,23	11,39
Linoleic Acid	25,89	11,68
Oelic Acid	10,65	
α -Linolenic Acid		3,48
Tri-tms-4-aminobutyric acid	3,76	
Arsenous acid	1,22	
Acetic acid diethylamide	10,35	17,21
N-Ethylacetamide	21,95	32,94
Silicone grease, Siliconfett	1,94	
Cyclobutan	4,63	
2,4,4-Trimethyl-1-hexene		1,84
3,5,5-Trimethyl-2-hexene		2,62
Heptane		1,75
Glycine		3,07
(E)-(2S,3S)2,3-bis[(methoxymethyl)oxy]-5-(4-methoxyphenyl)pent-4-enol		4,62

Hekzan ekstraksiyonunda söğüt odunda linoleic acid, kabukta N-Ethylacetamide en fazla olarak bulunmuştur.

5.1.11. Yağ asidine ait bulgular

Yağ asidi tayinin söğüt kabukta belirlenmiştir. Çizelge 5.10'da yağ asidi bileşenleri gösterilmiştir. Toplamda 10 yağ asidi tespit edilmiştir. Linoleic acid en fazla miktardadır. Çizelge 5.10'da söğüt kabuk yağ asidi bilşenleri (mg/g) verilmiştir.

Çizelge 5.10. Söğüt kabuk yağ asidi bilşenleri (mg/g)

Bileşen	Kısaltma	Kabuk
Pentadecanoic acid	Acid: 15: 0	0,70
10-pentadecenoic acid	Acid: 10-15: 1	0,21
Hexadecanoic acid	Acid: 16: 00	19,19
Heptadecanoic acid	Acid: 17: 00	0,35
Octadecanoic acid	Acid: 18: 00	7,80
9-octadecenoic acid	Acid: 9- 18: 1	3,44
9,12-octadecadienoic acid	Acid: 9, 12, 18: 2	55,71
9,12,15-octadecatrienoic acid	Acid: 9, 12, 15-18: 3	9,59
8,11,14-Eicosatrienoic acid	Acid: 8, 11, 14-20: 3	1,73
5,8,11,14,17-Eicosapentanoic acid	Acid: 5, 8, 11, 14, 17-20: 5	1,27

Supelco tarafından geliştirilen 37'li yağ asidi karışımına göre söğüt kabuklarında mevcut olan yağ asitleri miktarı belirlenmiştir.

5.1.12. Suberin monomerlerine ait bulgular

Ekstraktiflerden arındırılmış dış kabuk örneklerinde alkali hidroliz yöntemine göre suberin monomerlerinin yapısı ve miktarı belirlenmiştir. Çizelge 5.11'de suberin monomerlerine ait bulgular gösterilmiştir.

Çizelge 5.11. Söğüt kabuk suberin monomerlerine ait bulgular

Bileşenler	Kabuk
Palmitik Acid	0,462
Stearic Acid	1,027
Araşidik Acid	1,986
1,4-Dihydroxy-4: 0 Acid	2,486
1,16-Dioic-16: 0 Acid	4,179
1,18-Dioic-18: 1 Acid	11,939
1,18-Dioic-18: 0 Acid	1,113
18-Hydroxy-18: 1 Acid	16,783
18-Hydroxy-18: 0 Acid	1,977
9,18-Dihydroxy-18: 1 Acid	0,670
2-Hydroxyethanoic Acid	2,250
α -Hydroxy-N-Butyricacid	0,520
Dimethylmalonic Acid	0,845
Para-Hydroxybenzoic-Acid	0,810
2-Methyl-4-Keto-Pentan-2-Ol	6,667
1-Tetradekanol	0,138
1-Octadecanol	0,478
1-İcosanol	0,209
Glycerol	0,639
Butane	0,897
1-Hexene	4,051
Heptadecane	0,879
N-Heptacosane	1,117
Pentacosane	3,226
Eicosane	0,685
Catechin	0,206
Sitosterol	0,423
Ferulic Acid	0,395

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eroğlu ve usta (1989), *Salix alba*'nın holoselüloz miktarı %78.1, selüloz miktarı %53.5, lignin miktarı %21.6, %1'lik NaOH çözünürlüğünü %21.5, sıcak su çözünürlüğü %7.4 olarak tespit etmiştir.

Hafizoğlu (1982), *Salix* türlerinin selüloz miktarı %42.91, pentozanların miktarı %23.31, lignin miktarı %24.70, kül miktarını %0.83 olarak belirtmiştir.

Alkan (2004), Türkiye'nin önemli yapraklı ve ibre yapraklı ağaç odunlarının mikrofotografik yönden incelenmesi çalışmasında *Salix alba* L. odununun kimyasal analizinde holoselülozu %74.69, selülozu %51, lignini %20.58, sıcak su çözünürlüğünü %8.96, %1'lik NaOH çözünürlüğünü 22.34 olarak tespit etmiştir.

Alkan (2004), *salix babylonica* odununun holoselüloz miktarı %75.68, selüloz miktarı %51.72, lignin miktarı %17.91, sıcak su çözünürlüğü %7.53, %1'lik NaOH çözünürlüğü %21.9 olarak belirtmiştir.

Yapılan kimyasal analizlerde söğüt odun ve kabukta bulunan sonuçlar çizelge 6.1' de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Söğüt odun ve kabuk analiz sonuçları

Bileşen	Söğüt Odun	Söğüt Kabuk
Holoselüloz (%)	81,70	70,18
α -selüloz(%)	48,42	40,32
Lignin(%)	24,01	33,81
Sıcak su çözünürlüğü(%)	4,09	21,51
%1'likNaOH çözünürlüğü(%)	13,88	43,48
Hekzan çözünürlüğü(mg/g)	8,24	10,64
Aseton çözünürlüğü(mg/g)	31,26	30,72

Hekzan ekstraksiyonu analizinde odunda linoleic acid %25.89 bulunurken, kabukta N-Ethylacetamide %32.94 olarak tespit edilmiştir.

Aseton ekstraksiyonu analizinde odunda 2-methyl-4-keto-pentan-2-ol %17.00 bulunurken, kabukta sucrose %32.24 olarak tespit edilmiştir.

Yağ asidi tayininde en fazla bulunan bileşik 9,12-octadecadienoic acid olup %55.71'dir. 18 ve 16 C sayılı bileşikler miktar olarak daha fazladır.

Gandini vd. 2006, Meşe mantarının (*Quercus suber* L.) kimyasal bileşimi ve buna karşılık gelen endüstriyel kalıntıların ve huş ağacının (*Betula pendula* L.) dış kabuklarının karşılaştırılması. Mantar meşe örneklerinde suberin içeriği mantarın yaklaşık% 30'unu, endüstriyel mantar tozunun% 11'ini ve huş ağacı dış kabuğunun% 45'ini oluşturmuştur. Suberin monomerik bileşimin analizi, C18 ve C22a-hidroksfatlık asitlerin (orta zincir epoks ve dihidroksi türevleri dahil) ve ardından a, a-dikarboksilik asitlerin takip ettiği, her iki alt maddede ana bileşenlerin 9,10-epoksi- Ana bileşenler olarak 18 hidroksioktadekanoik, 18-hidroksiodetadek-9-enoik, 9,10,18-trihidroksiomatadekanoik ve oktades-9-enoik asitler. Suberin numunelerindeki bu asitlerin nispi miktarlarındaki farklılıklar ve farklı endüstriyel yan ürünlerin potansiyel sömürüsüne etkisi tartışılmıştır.

Şen vd., 2010, *Quercus cerris*, Doğu Avrupa ve Minor Asya'daki önemli bir meşe türü olup, ritidomunda önemli miktarda mantar dokuları bulunan kalın bir kabuğa sahiptir. *Q. cerris* var ritidomunda mantar ve serpiştirilmiş floemik dokuların kimyasal bileşimi. Türkiye'den olgun ağaçlardan elde edilen serris, toplayıcı bileşim, suberin monomer bileşimi, polar olmayan ekstraksiyon bileşimi, element analizi ve kül kompozisyonu açısından incelenmiştir. *S. cerris* mantarı% 2.6 kül,% 16.7 ekstrakt,% 28.5 suberin (yağlı monomerler) ve% 28,1 lignin içerir. Selülozik olmayan monosakkarit kompozisyonu, ksilozun (toplam nötr şekerlerin% 27.8'i) arabinoz ve galaktoz (% 11.5 ve% 7.9) ile baskın olduğunu gösterir. Suberin, esas olarak, tüm uzun zincirli monomerlerin% 90'ını temsil eden uzun zincirli P-hidroksiasitler tarafından oluşturulmaktadır ve C20 ve C18'de C16 ve C18'de alkanoik asitler ve C20, C22'deki alkanoik asitleri içerir.

Dönmez 2010, Ekstraktiflerden arındırılmış dış kabuk örneklerinde yapılan suberin tayininde, alkanoller, alkanolic (düz zincirli) asitler, dioic ve hidroksi asitler gibi gruplar tespit edilmiştir. Suberin monomerleri arasında tespit edilen bu bileşenler arasında dioic ve hidriksi asitler miktar olarak en fazla tespit edilen grubu oluşturmaktadır. Bu grup içerisinde hidroksi asitlerde 18-hidroksi-18: 1 asit en fazla bulunan (4,485-10,739 mg/g) bileşendir. Ayrıca, 1,18-dioic-18: 1 asidin ise en fazla bulunan (2,590-5,358 mg/g) dioic asit olduğu tespit edilmiştir. Alkanolic asitlerde ise asit 22: 0 (docosanoic asit) (1,642-2,689 mg/g) ve asit 24: 0 (tetracosanoic asit) (0,523-1,343 mg/g) miktar olarak en fazla bulunan bileşenlerdir. Yükselti arttıkça suberin monomerlerinin artacağı düşünülmesine karşın, çalışma sonucunda bariz bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada söğütün kimyasal yapısı üzerine çalışmalar yapılmış ve bileşenleri araştırılmıştır. Söğüt üzerine yapılan kimyasal çalışmalar fazla olmayıp, yapılan bu çalışma ile kimyasal yapı açığa çıkarılarak bir literatür oluşturulmaya çalışılmış, söğüt odunun ve kabuğun çeşitli kullanım alanlarda belirlenmesinde bir kaynak oluşturulmuştur.

Geniş bir kullanım alanına sahip olan söğüt odunu mobilya, kontrplak, ahşap masa, sehpa ve sandalye ayağı, kağıt gibi birçok alanda değerlendirilmektedir.

Kabuk hammaddesi ülkemizde genelde enerji kaynağı, yakacak olarak, mantar tıpası, ısı yalıtımı gibi alanlarda değerlendirilmektedir. Kabukta suberin miktarı ve fenolik bileşenler daha yüksek orandadır.

Söğüt ağacı park ve bahçelerde önemli bir peyzaj ağacı olarak değerlendirilirken endüstriyel anlamda gerek odunu gerekse kabuğunun çok fazla kullanım alanı bulunmamaktadır.

Endüstriyel anlamda atıl halde bulunan ağaç kabukları için söğüt kabuğu ele alınarak farklı endüstri kollarında değerlendirilip değerlendirilmeyeceğine ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmesi literatüre katkı sağlayacaktır.

Aseton ekstraktı analizinde kabukta bulunan sucrose, şeker kamışı ve şeker pancarının kullanım alanlarına ek olarak yiyecek ve tatlandırıcı da kullanılabilir. Ayrıca sucrose deterjanlarda kimyasal bir ara madde olarak kullanılmaktadır.

9,12-octadecadienoic acid bitkisel ve hayvansal yağların çoğunda bulunduğu için tüketilen yağ asitlerinden biridir. Gıda maddelerinde ve hayvansal yemlerde bulunmaktadır. Yağ asidi analizinde söğüt kabukta %55.71 oranında bulunması kabuğun değerlendirilmesi alanında katkı sağlayacaktır.

Söğüt ağacı odun ve kabuklarının kimyasal yapısı ile ilgili detaylı çalışma bugüne kadar az rastlanılmıştır. Özellikle ekstraktif madde kompozisyonu açısından geniş bir bilgi boşluğu mevcuttur. Bu çalışmayla söğüt odun ve kabuklarının kimyasal yapısı belirlenerek literatüre önemli bir katkı sağlanması hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- Acar, N., 2014. Söğüt (*Salix alba*) Ekstraktı Mordanlı Pamuk, Yün Elyaf ve Ahşap Numunelerinin Sarıkız Çayı Otu (*Sideritis trojana ehrend*) İle Boyanma Özelliklerinin İncelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Ager, A., Ronnberg, A. C., Thorsen, J., Siren, G., 1986. Genetic Improvement of Willows for Energy Forestry in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Ecology and Environmental Research, Section of Energy Forestry, Uppsala, 47p.
- Agnolet, S., Weise, S., Verpoorte, R., Staerk, D., 2012. Comprehensive analysis of Commercial Willow Bark Extracts by New Technology platform: Combined use of Metabolomics, High-Performance liquid Chromatography-Solid-Phase Extraction-Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and High-Resolution Radical Scavenging assay. J Chromatog A 1262: 130–137.
- Alemdaroğlu, T. 1998. Ağaç Kimyası, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Alkan, Ç., 2004. Türkiye'nin Önemli Yağrıklı ve İbre Yapraklı Ağaç Odunlarının Mikrografik Yönden İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak 92 s.
- Argus, G.W. 2010. *Salix* L. in: Flora of North America Editorial Committee (eds.) Flora of North America North of Mexico 7. Oxford University Press, New York and Oxford, pp. 4–157.
- Argus, G.W., 1997. Infrageneric classification of *Salix* L. (*Salicaceae*) in the New World. Systematic Botany Monographs 52.
- Arıhan, O. 2003. Ankara Çevresinde Yetişen *Salix* L. (Söğüt) Türleri Üzerinde Farmasötik Botanik Yönünden Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Farmasötik Botanik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Ankara.
- Arıhan, O., Güvenç, A., 2011. Ankara İlinde Yetişen Söğüt (*Salix* L.) Türlerinin (*Salicaceae*) Gövde Anatomilerinin Özellikleri. Turkish Journal of Botany 35: 535–551.
- Avcı, M., 1999. Türkiye'nin Doğal Söğütleri Ve Coğrafi Dağılımları. İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi 7.
- Balaban, M., 1997. Önemli Yerli Ardıç (*Juniperus ssp.*) Türleri Odunlarının Kimyasal Özellikleri. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 151 s.

- Baytop, T., 1984. Türkiye’ de Bitkilerle Tedavi (Geçmişte ve Bugün). İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3255, Eczacılık Fakültesi No: 40, 1984; 93, 167, 169, 195, 275, 327-330, 357, 382, 420.
- Bernards, M.A., 1998. The Macromolecular Aromatic Domain In Suberized Tissue: A Changing Paradigm. *Phytochemistry*, 47(6): 915-933.
- Bernards, M.A., 2002. Demystifying Suberin. *Canadian Journal of Botany*, 80: 227-240.
- Bernards, M.A., Lopes, M.L., Zajicek, J., Lewis, N.G., 1995. Hydrocinnamic Acid-Derived Polymers Constitute the Polyaromatic Domain of Suberin. *Journal of Biological Chemistry*, 270(13): 7382-7386
- Bernards, M.A., Razem, F.A., 2001. The poly(phenolic) Domain of Potato Suberin: a Nonlignin Cell Wall Bio-Polymer. *Phytochemistry*, 57(7): 1115-1122.
- Borg-Olivier, O., Monties, B., 1993. Lignin, Suberin, Phenolic Acids and Tyramine In the Suberized, Wound-Induced Potato Periderm. *Phytochemistry*, 32: 601-606.
- Bozkurt, A.Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 3998, Fakülte Yayın No: 445, 372, İstanbul.
- Browning, B.L., 1967. *Methods of Wood Chemistry*. Vol: 1, Interscience Publishers, New York, London, Sydney.
- Çağlar, Y., 2003. Dendroloji (Ağaçbilim) ve Orman Ekolojisi "OKULU" Ders Notları. Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği Yayın No: 13, ISBN: 975-97075-5-1, Ankara, 90 s.
- Davis, P. H., 1982: *Flora of Turkey*. Volume Seven. Edinburgh University Press.
- Dou J.; Galvis L.; Holopainen-Mantila U.; Reza M.; Tamminen T.; Vuorinen T., 2016. Morphology and overall chemical characterization of willow (*Salix sp.*) inner bark and wood: towards controlled deconstruction of willow biomass. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. DOI: 10.1021/acssuschemeng.6b00641.
- Dönmez, İ.E., 2010. Yükselti Farkına Göre Sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) Anatomik ve Kimyasal Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 163s, Bartın.
- Dönmez, İ.E., Hemming, J., Wilför, S., 2016. Bark Extractives and Suberin Monomers From *Arbutus andrachne* and *Platanus orientalis*. “Bark extractives & Suberin,” *BioResources*, 11(1), 2809-2819.
- Du Q.; Jerz G.; Winterhalter P., 2004. Preparation of Three Flavonoids From the Bark of *Salix alba* by High-Speed Countercurrent Chromatographic Separation.

Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies, 27: 20, 3257-3264, DOI: 10.1081/JLC-200034917.

- Ekman, R., Eckerman, C., 1985. Aliphatic Carboxylic Acids From Suberin In Birch Outer Bark By Hydrolysis, Methanolysis and Alkali Fusion. *Paperi ja puu*, 67(4): 255-273.
- Enayat, S., Banerjee, S., 2014. The Ethanolic Extract of Bark from *Salix aegyptiaca* L . Inhibits the Metastatic Potential and Epithelial to Mesenchymal Transition of Colon Cancer Cell Lines. *Nutrition and Cancer* 66(6): 999-1008 · August 2014 with 86 Reads. DOI: 10.1080/01635581.2014.936949
- Ericsson, T., 1984. Nutrient Cycling in Willow. International Energy Agency / ENFOR, Joint Report, Canadian Forestry Service, 32 p.
- Eroğlu, H., 1990. O₂-NaOH Yöntemi ile Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması, Doçentlik Tezi, K.T.Ü. Trabzon.
- Eroğlu, H., Usta, M., 1989. Investigations on Utilisation Possibilities of White Willow (*Salix alba* L.) Wood in Pulp and Paper Industry, *Journal of Agriculture and Forestry of TUBITAK*, 13(2): 235-245.
- Fengel, D., Wegener, G., 1984. *Wood: Chemistry, Ultrastructure and Reactions*, de Gruyter, Berlin, s. 268-295.
- Gandini, A., Pascoal, N.C., Silvestre ,A.J.D.,2006. Suberin: A Promising Renewable Resource for Novel Macromolecular Materials. *Progress in Polymer Science*, 31: 878-892.
- Gindl, W., Teischinger, A., 2003. Comparison of the TL-shear Strength of Normal and Compression Wood of European larch. *Holzforschung*, 57: 421-426.
- Graça, J., 2015. Suberin: The Biopolyester at The Frontier of Plants. *Frontiers of Chemistry*. 3: 62. doi: 10.3389/fchem.2015.00062
- Graça, J., Pereira, H., 1997. Cork Suberin: A Glyceryl Based Polyester. *Holzforschung*, 51(3): 225-234.
- Graça, J., Pereira, H., 1999. Glyceryl-acyl and Aryl-Acyl Dimers in Pseudotsuga Menziesii Bark Suberin. *Holzforschung*, 53(4): 397-402.
- Graça, J., Pereira, H., 2000. Diglycerolalkendioates in Suberin: Building Units of Apoly(acylglycerol) Polyester. *Biomacromolecules*, 1(4): 519-522.
- Graça, J., Pereira, H., 2000. Methanolysis of Bark Suberins: Analysis of Glycerol and Acid Monomers. *Phytochemical Analysis*, 11(1): 45-51.
- Graça, J., Pereira, H., 2000a. Diglycerolalkendioates in Suberin: Building Units of a Poly(acylglycerol) Polyester. *Biomacromolecules*, 1(4): 519-522.

- Graça, J., Pereira, H., 2000b. Suberin Structure in Potato Periderm: Glycerol, Long-chain Monomers and Glyceryl and Feruloyl Dimers. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48(11): 5476-5483.
- Güvenç, A., 2003. Ankara Çevresinde Yetişen *Salix* L. (Söğüt) Türleri Üzerinde Farmasötik Botanik Yönünden Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: 2001-08-03-033. Ankara.
- Hafızoğlu, H., 1982. Orman Ürünleri Kimyası, Cilt 1 Odun Kimyası. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 52, Trabzon, 245 s.
- Kayahan, M., 2003. Yağ Kimyası, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayınları, ODTÜ Yayıncılık, ISBN: 975-7064-76-9, Ankara 220 s.
- Kırcı, H., 2000. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 63, Trabzon 274 s.
- Kolattukudy, P. E., 2001. Polyesters in Higher Plants. Ed.: Babel W; Steinbüchel A, *Advanced in Biochemical Engineering/Biotechnology, Biopolyesters*. Vol.71. Berlin, Heidelberg; Springer; s.1-49.
- Kolattukudy, P. E., Espelie, K. E., 1989. Chemistry Biochemistry and Function of Suberin and Associated Waxess. Ed.: Rowe J *Natural Products of Woody Plants. Chemical Extraneous to the Lignocellulosic Cell Wall*. Berlin, Heidelberg; Springer, s. 67-304.
- Kolattukudy, P.E., 1980. Bio-polyester Membrans of Plants: Cutin and Suberin. *Science*, 208(4447): 990-1000.
- Küçüköksel, S., 2010. Türkiye’de Doğal Olarak Yetişen Keçi Söğüdü (*Salix Caprea* L.) Taksonu Üzerinde Dış Morfolojik ve İç Morfolojik İncelemeler Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Bartın.
- Lapierre, C. Pollet, B., Negrel, J., 1996. The Phenolic Domain of Potato Suberin: Structural Comparison With Lignins. *Phytochemistry*, 42(4): 949-953.
- Li, L.S., Huang, W.D., He, S., Ye, S., 2001. Determination of Salicin in Extract of Willow Bark by High Performance Liquid Chromatography. *Se Pu*. Eylül; 19 (5): 446-8.
- Lopes, M. Pascoal, N.C., Evtuguin ,D., Silvestre, A.J.D., Gil,A., Cordeiro, N., Gandini, A., 1998. Products of Permanganate Oxidation of Cork, Desuberized Cork, Suberin and Lignin From *Quercus suber* L. *Holzforchung*, 52(2): 146-148.
- Merev, N.,2003. Odun Anatomisi, K.T.Ü. Orman Fakültesi Genel yayın No: 209, Fakülte Yayın No: 31, Trabzon.

- Odabaşı, T., Bozkuş, H.F., Çalışkan, A., 2004. Silvikültür Tekniği. İ.Ü. Genel Yayın No: 4459, Orman Fakültesi Yayın No: 475, İstanbul, 314 s.
- Özeker, E., 2005. Salisilik Asit ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(1): 213-223.
- Papadopoulos, A.N., 2005. An Investigation of the Cell Wall Ultrastructure of The Sapwood of ten Greek Wood Species by Means of Chemical Modification. Technological Educational Institute of Drama, Department of Forestry and Management of Natural Environment. Drama, Greece. DOI 10.1007/s00107-005-0038-z.
- Pascoal, N.C., Cordeiro, N., Seca, A., Domingues, F., Gandini, A., Robert, D., 1996. Isolation and Characterization of a Lignin-Polymer of the Cork of *Quercus suber* L. Hozlforschung, 50(6): 563-568.
- Paula, C.R.O.P., Andreia, F.S., Armando, J.D.S., Carlos, P. N., Alessandro, G., Christer, E., Bjarne, H., 2008. *Quercus suber* and *Betula pentula* outer Barks as Renewable Sources of Oleochemicals: A comparative Study. Industrial Crops and Products 29 (2009)126–132.
- Pereira, H., 1988. Chemical Composition and Variability of Cork From *Quercus suber*. Wood Science and Technology, 22: 211-218.
- Raskin, I., 1995. Salicylic Acid. In: Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Davies (ed.), Kluwer Acad. Pub., London., 188-205 p.
- Rowell, R.M., Pettersen, R., Han, J. S., Rowell, J. S., Tshabalala, M. A., 2005. Handwork of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press, 487 s.
- Rushforth, K., 2002. Photo-Guide des Arbres D'Europe. Delachaux et Niestlè, Paris, 1328 p.
- Santos, A. H., Nascimento, A.M., Maria, M. A., 1999. Lignin Structure and Wood Properties. Wood Fiber Science, 31: 426-433.
- Serdar, B., 2003. Türkiye'de Doğal Olarak Yetişen *Salicaceae* Familyası Taksonlarının Ekolojik Odun Anatomisi. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 136 s.
- Shara M.; Stohs S J. 2015. Efficacy and Safety of White Willow Bark (*Salix alba*) Extracts Wiley Online Library DOI: 10.1002/ptr.5377.
- Silva, S. P., Sabina, M. A., Fernandes, E. M., Correlo, V. M., Boesel, L. F., Reis, R. L., 2005. Cork: Properties, Capabilities and Applications. Int. Mater. 50(6),1-21.
- Sjöström, E., 1993. Wood Chemistry Fundamentals and Applications, 2nd Edition, Academic Pres Inc, San Diego, California, USA, 293 s.

Şen, A.; Miranda, I.; Santos, S.; Graca, J.; Pereira, H., 2010. The chemical Composition of Cork and Phloem in the Rhytidome of *Quercus cerris* bark. *Industrial Crops Products*, 31 (2), 417–422.

TAPPI Standarts 1992. Offical Test Methods Association of the Pulp and Paper Industry, USA.

TAPPI T 212 om–02. One Percent Sodium Hydroxide Solubility of Wood and Pulp

TAPPI T 257 cm–02. Preparation of Wood for Chemical Analysis

Tunçtaner, K., 1990. Çeşitli Söğüt Klonlarının Genetik Varyasyonları ve Türkiye'nin Değişik Yörelere Adaptasyonları Üzerine Araştırmalar. Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 150 (1990-2), Yenilik Basımevi, İstanbul, s. 13-15.

URL1: https://www.researchgate.net/publication/299471286_Salix_alba_in_Europe_distribution_habitat_usage_and_threats. (Erişim tarihi: 13.03.2017)

URL2: <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2013/10/aspirin.pdf>. (Erişim tarihi: 20.02.2017)

URL3: <http://www.ormantik.com/wp-content/uploads/2016/04/Odun-Kimyas%C4%B1-ENSON.pdf>. (Erişim tarihi: 16.11.2018)

Wells, J.C.D., 2003. Poppy Juice and Willow Bark: Advances in Their Use for the 21st Century. The Pain Web for Health Professionals. <http://www.thepainweb.com>

Wise, L.E., ve John, E.C., 1952. Wood Chemistry. 2nd Edition Vol 1-2, Reinhold Publication Co, New York, U.S.A, 1330s.

Yaltrık, F., 1993. Dendroloji Ders Kitabı I Gymnospermae (Açık Tohumlular), İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3443, O.F. Yayın No: 386, İstanbul 320s.

Yaltrık, F., Efe, A. 1994. Dendroloji Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 3836/431, İstanbul, 382s.

Zakis, G. F., 1994. Functional Analysis of Lignins and Their Derivatives. TAPPI Press, Atlanta, USA 94s.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halime SALMAN
Doğum Yeri ve Yılı : Gölhisar, 1989
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : halime_salman@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Çavdır Söğüt Anadolu Lisesi, BURDUR
Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, ISPARTA

Yayınlar

Dönmez, İ.E., Salman, H., 2017. Yaban Mersini(*Myrtus communis* L.) Yaprak ve Meyvelerinin Uçucu Bileşenleri. Turkish Journal of Forestry, 18(4): 328- 332.

Salman, H., Dönmez, İ.E., 2017. Investigations on Chemical Composition of Willow Bark (*Salix alba* L.). International Symposium on New Horizons in Forestry. 18-20 Ekim, Isparta.