

T.C.
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ORMAN ÜRÜNLERİ KİMYASI VE TEKNOLOJİSİ BİLİM DALI

CAMİYANI KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*)
ODUNU, İBRESİ VE KOZALAĞININ ANATOMİK, FİZİKSEL VE
FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

Emrah ŞAHİN

2008

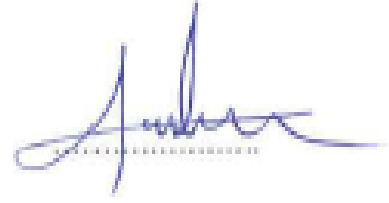
DANIŞMAN
Doç. Dr. İbrahim TÜMEN

BARTIN-2014

KABUL VE ONAY

Emrah ŞAHİN tarafından hazırlanan "CAMİYANI KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallastana* var. *pallastana*) ODUNU, İBRESİ VE KOZALAĞININ ANATOMİK, FİZİKSEL VE FITOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ" başlıklı bu çalışma, 16.10.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. İbrahim TÜMEN (Danışman)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER



Üye : Doç. Dr. Barbaros YAMAN



Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../... tarih ve ... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Doç. Dr. Selma ÇELİKAY

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç.Dr. İbrahim TÜMEN danışmanlığında hazırlamış olduğum " CAMİYANI KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ODUNU, İBRESİ VE KOZALAĞININ ANATOMİK, FİZİKSEL VE FİTOKİMYAL ÖZELLİKLERİ " adlı Yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

... / ... / 2014

Emrah ŞAHİN

ÖN SÖZ

“Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Odunu, İbresi ve Kozalağının Anatomik, Fiziksel ve Fitokimyasal Özellikleri” isimli bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun tespitinde ve laboratuvar çalışmalarında, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım sayın hocam Doç.Dr. İbrahim TÜMEN’e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tez savunmamda jüri üyesi olma nezaketini gösteren ve çalışma ile ilgili araştırmalarımnda bilimsel yaklaşımlarından ve önerilerinden faydalandığım değerli sayın hocam Doç.Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ’ye teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Anatomi çalışmalarımnda fikir ve yardımlarımı aldığım sayın hocam Doç. Dr. Barbaros YAMAN’a, tez çalışmamda bana yardımcı olan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER ve Yrd. Doç. Dr. Saadettin Murat ONAT’a teşekkür etmek istiyorum.

Tez çalışmam süresince çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen ve destek veren sayın Arş. Gör. Esra GÜNER’e ve Orman Endüstri Mühendisi Ufuk ÖZGÜL’e şükranlarımı sunarım.

Tüm öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmada “Camiyanı Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Odunu, İbresi ve Kozalağının Anatomik, Fiziksel ve Fitokimyasal Özellikleri” konulu tez çalışmamdaki desteklerinden dolayı Bartın Üniversitesi’ne teşekkür ederim.

Emrah ŞAHİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CAMİYANI KARAÇAMI (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ODUNU, İBRESİ VE KOZALAĞININ ANATOMİK, FİZİKSEL VE FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Emrah ŞAHİN

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim TÜMEN

Bartın 2014, Sayfa: xvii+104

Bu çalışmada, Türkiye’de Yenice yöresinde doğal olarak yetişen ve endemik bir tür olan Camiyani karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ağaçlarından elde edilen örnekler kullanılmıştır. Öz odunun, diri odunundan daha geniş olması nedeniyle Orman Endüstrisinde tercih edilmektedir. Bunun nedeni öz odununa ait rengin zamanla koyulaşması ve ahşap malzemeye estetik değer vermesidir. Bu çalışmada Camiyani karaçamının bazı anatomik, fiziksel ve fitokimyasal özellikleri belirlenmiştir.

Pinus nigra Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* odununun, tam kuru özgül kütle değeri 0,54 g/cm³, hava kurusu özgül kütle değeri 0,57 g/cm³, hücre duvarı maddesi %36,19 ve hava boşluğu oranı %63,81 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada yapılan kimyasal özelliklerine ait sonuçlarda ise *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* öz odununda holoselüloz oranı %74,78, alfa selüloz oranı %52,03, lignin oranı %28,43, soğuk su çözünürlüğü %1,04, sıcak su çözünürlüğü %3,83, %1’lik NaOH çözünürlüğü %13,20 ve alkol kullanılarak yapılan ekstraksiyon sonucunda ekstraktif madde miktarı %4,17 bulunmuştur. Bulunan bu değerler bazı iğne yapraklı ağaç türleri ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada, Camiyanı karaçamının kozalak, ibre ve odununun hidrodistilasyon ile elde edilen uçucu yağlarının verimi ve kimyasal bileşenleri araştırılmıştır. Aynı zamanda Camiyanı karaçamının kozalak, ibre ve odununun hekzan ekstraksiyonu ile elde edilen lipofilik madde miktarı ve bileşenleri de araştırılmıştır.

Uçucu yağ verimleri (w/w), kozalakta %0,27, ibrede %0,44 ve odunda %0,14 olarak bulunmuştur. Bazı ana bileşenler olarak tricylene, α -terpineol, γ -terpinene, α -thujen, Δ^3 -karen, α -terpinen, β -pinene, α -pinen ve limonen bulunmuştur.

Camiyanı karaçamın hekzan ekstraksiyonu sonucu elde edilen lipofilik madde miktarı, kozalakta %5,90, ibrede %5,94 ve odunda %8,49 olarak bulunmuştur. Bazı ana bileşenler olarak myristic asit, palmitic asit, linoleic asit, oleic asit, stearic asit, nerolidol ve rimuene bulunmuştur.

Sonuç olarak; Camiyanı karaçamı diğer karaçamlar karşılaştırılmış anatomik, fiziksel ve fitokimyasal özellikleri bakımından farklı bulunmamıştır. Geniş öz odununa sahip olmasından dolayı orman endüstride tercih edilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Camiyanı karaçamı, *Pinus nigra* Arn., Öz odunu, Kimyasal özellikleri.

Bilim Kodu

502.06.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ANATOMICAL, CHEMICAL AND PHYTO-CHEMICAL PROPERTIES OF CAMIYANI CRIMEAN PINE (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) WOOD, NEEDLE AND CONE

Emrah ŞAHİN

Bartın University

Graduate School of Applied Sciences

Forest Industry Engineering

Department of Chemistry and Technology of Forest Products

Thesis Advisor: Doç.Dr. İbrahim TÜMEN

Bartın 2014, Pp: xvii+104

In this study samples obtained from Camiyanı crimean pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) trees being endemic and growing naturally in Yenice region. It is preferred because its heartwood is larger than its softwood. The reason for this that heartwood is getting darker by time and this is adding aesthetic value to the material. In this study, some chemical, physical and phyto-chemical properties of Camiyanı pine were determined.

Oven dry density of Crimean pine was determined as 0,54 g/cm³ air dry density was found as 0,57 g/cm³, cell wall material as 36,19%, void volume ratio as 63,81%.

In this study, the results of the analysis of chemical properties of Camiyanı pine were as; for heartwood the holocellulose ratio was found as 74,78%, alpha cellulose ratio was 52,03%, lignin ratio was 28,43%, cold-water solubility was 1,04%, hot water solubility was 3,83%, 1% NaOH solubility was 13,20% and the amount of extractives using the alcohol extraction was found as 4,17%. These values were compared with some coniferous tree species.

In this study, essential oil yield and chemical composition of Camiyani black pine cones, needles and wood was investigated by using hydrodistillation method. Moreover lyphophylic elements amouts and composition was determined after hexane extraction.

It was found that the essential oil yield for cones was 0,27%, for needles it was 0,44% and for wood it was 0,14%. Important main constitnenst were tricylene, α -terpineol, γ -terpinene, α -thujen, Δ^3 -karen, α -terpinen, β -pinene, α -pinen and limonen.

Lyphophylic material amount found after hexane exdraction for cones it was 5,90%, for needles it was 5,94% and for wood it was 8,49%. Some of the main constituents found were as myrietic acid, palmitic acid, linoleic acid, stearic acid, nerolidol and rimuene.

As a result; Camiyani pine were compared with other Crimean pine in terms of anatomical physical and chemical properties and no significant differences were found. Due to its wide heartwood, its wood is preferred in forest industry

Key Words

Camiyani pine, *Pinus nigra* Arn., Heartwood, Chemical properties.

Science Code

502.06.01

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
BEYANNAME.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xv
BİRİNCİ BÖLÜM GENEL BİLGİLER	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	3
1.3 Karaçamın (<i>Pinus nigra</i> Arn.) Genel Özellikleri.....	3
1.3.1 Botanik Özellikleri	4
1.3.2 Makroskopik Özellikleri.....	8
1.3.3 Mikroskopik Özellikleri	9
1.4 Odunun Kimyasal Yapısı	9
1.4.1 Odunun Hücre Çeperi Bileşenleri	11
1.4.1.1 Selüloz	12
1.4.1.2 Hemiselülozlar	14
1.4.1.3 Lignin.....	17
1.4.2 Odunda ve Kabukta Bulunan Ekstraktif Maddeler	19
1.4.2.1 Lipofilik Bileşenler	21
1.5 Uçucu Yağların Özellikleri ve Elde Etme Yöntemleri	27
1.5.1 Uçucu Yağların Özellikleri.....	28
1.5.2 Uçucu Yağların Üretim Yöntemleri	30

	<u>Sayfa</u>
1.5.2.1 Destilasyon	31
1.5.2.2 Mekanik Yöntem (Presleme)	32
1.5.2.3 Ekstraksiyon Yoluyla Uçucu Yağ Eldesi	33
1.5.3 Uçucu Yağların Analizi	33
1.6 Karaçam Odununun Kullanı Alanları	33
1.7 Odun Dışı Orman Ürünlerinin Tanımı	34
1.7.1 Odun Dışı Bitkisel Ürünlerden Faydalanma Şekilleri	35
1.7.2.1 Tıbbi ve Aromatik Bitkiler	35
1.7.2.2 Dekoratif ve Süs Bitkileri	36
1.8 Literatür Özeti	37
İKİNCİ BÖLÜM MATERYAL METOT	41
2.1 Materyal	41
2.2 Anatomik Özellikleri	41
2.3 Fiziksel Özellikleri	42
2.3.1 Özgül Kütle	42
2.3.1.1 Hava Kuru Özgül Kütle	42
2.3.1.2 Tam Kuru Özgül Kütle	43
2.3.2 Hücre Duvarı Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı	43
2.4 Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi	44
2.4.1 Kimyasal Analizler İçin Örneklerin Hazırlanması	44
2.4.2 Rutubet Tayini	45
2.4.3 Hücre Çeperi Ana Bileşenleri	45
2.4.3.1 Holoselüloz Tayini	45
2.4.3.2 α - Selüloz Tayini	46

	<u>Sayfa</u>
2.4.3.3 Lignin Tayini	47
2.4.4 Çözünürlük Deneylei	48
2.4.4.1 Sıcak Su Çözünürlüğü	48
2.4.4.2 Soğuk Su Çözünürlüğü	48
2.4.4.3 %1'lik NaOH Çözünürlüğü	48
2.4.4.4 Alkol Çözünürlüğü	49
2.4.5 Verilerin Değerlendirilmesi.....	49
2.4.6 Uçucu Bileşenler İçin Kimyasal Yöntemler	49
2.4.6.1 Hidrodistilasyon.....	49
2.4.6.2 Gaz Kromatografik Analizleri (GC)	50
2.4.6.3 Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS)	51
2.4.7 Lipofilik Ekstraktif Analizleri	52
2.4.7.1 Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS)	54
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM BULGULAR.....	56
3.1 Anatomik Özellikleri.....	56
3.2 Fiziksel Özellikleri.....	57
3.2.1 Özgül Kütle	57
3.2.1.1 Hava Kuruşu Özgül Kütle	58
3.2.1.2 Tam Kuru Özgül Kütle	59
3.2.2 Hücre Duvarı Maddesi ve Hava Boşluğu Oranları.....	60
3.3 Kimyasal Özellikleri	62
3.3.1 Rutubet Miktarı	62
3.3.2 Kimyasal Analizlere Ait Bulgular	62
3.3.3 Uçucu Bileşenlere Ait Bulgular.....	63

	<u>Sayfa</u>
3.3.3.1 Uçucu Yağ Verimleri.....	63
3.3.3.2 Uçucu Yağ Bileşenleri.....	64
3.3.4 Lipofilik Ekstraktif Analizi	74
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	77
4.1 Anatomik Özellikleri.....	77
4.2 Fiziksel Özellikler	77
4.2.1 Özgül Kütle	77
4.2.2 Hücre Duvarı Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı.....	78
4.3 Kimyasal Özellikleri	79
4.4 Uçucu Bileşenlere Ait Sonuçlar	82
4.5 Lipofilik Ekstraktiflere Ait Sonuçlar	93
4.6 Öneriler	96
KAYNAKLAR.....	97
ÖZ GEÇMİŞ.....	104

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa No
1. Karaçam ağacının dişi çiçekleri.....	5
2. Karaçam ağaçına ait olgun kozalakları.....	6
3. Karaçamın dünyadaki yayılışı.	6
4. Karaçamın Türkiye'deki yayılışı	7
5. Camiyanı karaçamı öz odunu görünümü	8
6. Kimyasal odun bileşenlerinin genel şeması.	10
7. Odunun hücre çeperinin ince yapısı	11
8. Selüloz molekülünün indirgen ve indirgen olmayan uç grupları.....	13
9. İğne yapraklı ağaç odunu mannanının açık formülü	16
10. İğne yapraklı ağaç odunu ksilanının açık formülü	16
11. Ligninin moleküler yapısı.	17
12. İzoprenin molekül yapısı	23
13. Çeşitli terpenlerin temel yapıları	24
14. Geranialin kimyasal yapısı	24
15. Monosiklik monoterpenlerin yapısı.....	25
16. Bazı monoterpenlerin yapıları.	25
17. Bazı sert odunlardan izole edilen seskiterpenler	26
18. Genel reçine asitleri	26
19. İğne yapraklı ağaçların yaprak ve meyvelerinde görülen bazı diterpenler.	27
20. Bazı triterpenlerin molekül yapıları.....	27
21. Günümüzde uygulanan şekliyle buhar destilasyonu.....	30
22. Uçucu yağ eldesinde kullanılan su destilasyonu düzeneği.	31
23. Uçucu yağ eldesinde kullanılan su-buhar destilasyonu düzeneği.....	32
24. Uçucu yağ deneylerinde kullanılan Clevenger aparatı.	50
25. Soxhlet cihazında heksan deneyi yapımı.	53
26. Eter uzaklaştırma.	54
27. Camiyanı karaçamı odununun enine kesitinde ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş yerinde oluşan reçine kanalları.	56
28. Reçine kanalı etrafındaki epitel hücre oluşumu.	57
29. Hava kurusu özgül kütle varyasyon grafiği.	58
30. Tam kuru özgül kütle varyasyon grafiği.	60

Şekil	Sayfa
No	No
31. Hücre duvarı maddesi varyasyon grafiği.	61
32. Hava boşluğu oranı varyasyon grafiği.	61
33. Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odunun gravimetrik yöntemine göre % (w/w) uçucu yağ verimlerinin karşılaştırılmalı grafiği.	64
34. Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odunun volumetrik yöntemine göre % (ml/100 gr) uçucu yağ verimlerinin karşılaştırılmalı grafiği.	64
35. Camiyanı karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) kozalak uçucu yağına ait MS Kromatogramı.	67
36. Camiyanı karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) ibresinin uçucu yağına ait MS Kromatogramı.	69
37. Camiyanı karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) odun örneğinin uçucu yağına ait MS Kromatogramı.	72
38. Bazı uçucu bileşenlerin kimyasal yapıları gösterilmektedir.	73
39. Camiyanı karaçamı türüne ait lipofilik madde miktarı (%).	74
40. Camiyanı karaçamı kozalak uçucu yağ verimi karşılaştırılması (%).	83
41. <i>Pinus nigra</i> subsp <i>laricio</i> ibreleri uçucu yağ ana bileşenleri karşılaştırılması.	91

TABLULAR LİSTESİ

Tablo No	Sayfa No
1. İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda bulunan şekerlerin ağırlık oranları (%)	15
2. Ligninde en fazla görülen bağ tipleri	18
3. Farklı çözücülerde çözünebilen ekstraktif maddelerin içerdikleri genel bileşik sınıfları.....	20
4. Odunda bulunan önemli yağ asitleri	22
5. İzopren birimi sayısına göre terpenlerin sınıflandırılması.....	23
6. Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.	44
7. Camiyanı karaçamı odununun hava kurusu özgül kütle değerleri	58
8. Camiyanı karaçamı odununun tam kuru özgül kütle değerleri (g/cm^3).....	59
9. Camiyanı karaçamı odununun hücre çeperi ve hava boşluğu oranları.	60
10. Camiyanı karaçamı türünün rutubet değerleri (%).	62
11. Kimyasal analiz sonuçları.	62
12. Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odun örneklerinin uçucu yağ verimleri (%).	63
13. Camiyanı karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) kozalağına ait uçucu yağ bileşenleri (%).	65
14. Camiyanı karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) ibresine ait uçucu yağ bileşenleri (%).	67
15. Camiyanı karaçamı (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) odununa ait uçucu yağ bileşenleri (%).	70
16. Camiyanı karaçamı türüne ait heksan ekstraksiyonunda elde edilen lipo filik madde miktarı	74
17. Camiyanı karaçamın (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) kozalak örneğine ait lipo filik bileşenleri.	75
18. Camiyanı karaçamın (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) odun örneğine ait lipo filik bileşenleri.	765
19. Camiyanı karaçamın (<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i>) ibre örneğine ait lipo filik bileşenleri.	756
20. Bazı çam türlerine ait özgül kütle değerleri (g/cm^3).....	78
21. Bazı çam türlerine ait hücre duvarı maddesi ve hava boşluğu oranı.	79
22. Bazı çam türlerine ait kimyasal analiz sonuçları (%).	80

Tablo	Sayfa
No	No
23. Camiyanı karaçamı odunu değerlerin karaçam, sarıçam ve kızılçam odunu kimyasal analiz sonuçları ile karşılaştırılması (%).	81
24. <i>Pinus L.</i> türlerin diri odun ve öz odun kısımlarına ait kimyasal analiz sonuçları (%).	82
25. Bazı çam türleri ile Camiyanı karaçamı türünün kozalak, ibre ve odun uçucu yağ veriminin karşılaştırılması (%).	84
26. <i>Pinus L.</i> türlerinin kozalak uçucu bileşenlerinin miktarının karşılaştırılması (%).	85
27. <i>Pinus L.</i> türlerinin ibre uçucu ana bileşenlerin miktarlarının karşılaştırılması (%).	87
28. <i>Pinus nigra</i> türlerinin ibre örneğinin uçucu ana bileşenleri (%).	88
29. <i>Pinus nigra</i> Arn. ibre uçucu bileşenlerinin miktarlarının karşılaştırılması (%).	90
30. Camiyanı karaçamı ve sarıçam türlerinin odun örneklerinin uçucu bileşenlerin miktarlarının karşılaştırılması (%).	92
31. <i>Pinus L.</i> türlerinin odun örneklerinin monoterpen uçucu bileşenlerin miktarlarının karşılaştırılması (%).	93
32. <i>Pinus L.</i> türlerinin kozalaklarının ana lipofilik bileşenleri (%).	94
33. <i>Pinus L.</i> türlerinin odun lipofilik bileşenleri miktarlarının karşılaştırılması (%).	95

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

r	: Rutubet
α	: Alfa
β	: Beta
γ	: Gamma
μ	: Mikron
N	: Numune Sayısı
X	: Aritmetik Ortalama
$\pm S$: Standart Sapma
R	: Değişim Aralığı
V	: Varyasyon Katsayısı
p₁₂	: Hava kurusu özgül kütle
p₀	: Tam kuru özgül kütle
V_ç	: Hücre duvarı
b	: Hava boşluğu oranı

KISALTMALAR

GC	: Gaz Kromatografisi
MS	: Kütle Spektrometresi
n.i	: Non Identified
TAPPI	: Technical Association of Pulp and Paper Industry
TS	: Türk Standartları

BÖLÜM I

GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

Ağaç malzeme, canlıların hayatlarını devam ettirebilmesi için gerekli en eski malzemelerdendir. Günümüzde artan nüfus ile birlikte dünyadaki ekonomik, sosyal, kültürel ve teknolojik gelişmelerin ülkemizde de görülmeye başlamasıyla birlikte yenilenebilir kaynaklardan olan ağaç malzemenin tüketimi hızla artmaktadır. Çağdaş anlamda ağaç malzemenin fayda sağlama, ağaç malzemenin gelişimini ve fonksiyonlarını engellemeksizin tüm bileşenlerini tanımaya ve bunlardan yararlanarak en yüksek verimde kullanmak için odunun karakteristik özellikleri hakkında bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Dünya orman alanı; 2000 yılına ait yapılan çalışma verilerine göre 3,86 milyar hektar alan bulunmuştur. Ormanların kıtalar arası dağılımında %27 payla Avrupa önde gelmektedir. Avrupa'yı sırasıyla %22,7 ile Güney Amerika, %16,9 ile Afrika, %14,2 ile Kuzey ve Orta Amerika, %14,1 ile Asya ve %5,2 ile Okyanusya takip etmektedir. Ancak, odun hammaddesine olan yoğun talep sonucu oluşan plansız ve programsız üretimler sonucu ormanlar yok olma noktasına gelmektedir. 1960 yılından beri gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık olarak 450 milyon hektar orman alanı yok olmakla birlikte buna karşılık Dünya nüfusu %2 oranında artış göstermiştir (Person ve Klaus, 1997).

Ülkemiz, ağaç türleri bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Ülkemizde kısa mesafelerdeki iklim ve toprak çeşitliliği fazlalığı nedeniyle zengin bir flora ve ekonomik değere sahip çok sayıda ağaç türleri bulunmaktadır. Ülkemizin orman alanı, 1999 yılı verilerine göre toplam 20.763.247 hektar alandır. Bu alan ülke yüzölçümünün %26,6'lık kısmını oluşturmaktadır. Sahip olduğumuz orman alanının %48,3'ü normal koru ve normal baltalık, %51,7'si ise çok bozuk koru ve çok bozuk baltalık ormanlardır. Türkiye'nin verimli ormanlarının çoğu; Kuzey yarım kürede bulunan ormanların özelliklerine sahip olup, aynı zamanda hem iğne yapraklı ağaç türlerini hem de geniş yapraklı ağaç türlerini bünyesinde barındırmaktadırlar. Ormanlarımızın %53,9 oranında iğne yapraklı ağaç türleri tarafından meydana gelmektedir. Bu ormanlarda bulunan yaygın türler; kızılçam, karaçam ve göknar'dır. İğne

yapraklı türler içerisinde özellikle kızılçam (4.191.460 ha) ve karaçam (3.328.731 ha) en geniş yayılış alanına sahip olan türlerimizin en önde gelenidir. Doğu ladini, sarıçam, toros sediri, ardıç, fıstık çamı, servi ve halep çamı gibi iğne yapraklı türler ise kızılçam ve karaçama kıyasla daha küçük alanlarda yayılış yapmaktadır. Yapraklı tür kapladığı alan ise 1.5 milyon hektar alandır. Bu alanların üçte biri verimsiz alanları oluşturmaktadır. Yapraklı ağaç ormanlarındaki türlerin en yaygın olanı kayın ve meşe'dir. Ülkemiz, tür bakımından zengin olmasına karşın ormanlarımızdan elde edilen verimlilik çok düşük seviyededir (Yaltırık, 1988).

Karaçam türünün ilk bilimsel tanımlamasını 1785 yılında Avustralya'lı botanikçi Arnold yapmıştır. Arnold bu ağacı *Pinus nigra* olarak isimlendirmiştir. Karaçam ağacı birçok isimle tanınmakta, bilinmekte, adlandırılmakta ve sistematığının devamlı değişmesi bu türün varyabilitesinin çeşitli olmasıyla ilgilidir (Gündüz, 1999).

Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) ülkemizde doğal olarak yetişen çam türleri arasında en yaygın yayılışa sahip ve ekonomik açıdan da en önemli türlerimizin başında gelmektedir. Karaçam, kurak ve verimsiz sahaları yeniden ormanlaştırma çalışmalarında en fazla kullanılan ve tercih edilen çam türlerimizden biridir.

Alptekin (1986), Anadolu karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) varyete *şeneriana*, varyete *pyramidata* ve varyete *pallasiana* alt türlerinin bulunduğunu belirtmiştir. Elekdağ, Dursunbey, Kastamonu, Tosya, Daday, Araç, Tavşanlı, Aladağ ve Yenice yörelerinde en iyi yetişmesini yapmaktadır. Orman Endüstrisi alanında kullanılmasının önemli nedenlerinden birisi, bu yörelerde düzgün, budaksız gövde yapması yanında kolay işlenmesi, soyma veya kesme kaplama üretimine uygunluğu sebebi ile daha çok tercih edilmektedir.

Yenice yöresinde yetişen Camıyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kalın çap ve budaksız düzgün gövde yapısının yanında enine kesitte büyük oranda yer alan öz odunu nedeniyle diğer karaçam türlerinden farklılık göstermektedir.

Berkel'e (1970) göre, karaçam odununda öz odunu çapının gövde çapına oranı yaklaşık olarak %50 belirtilmiştir. Yenice Bölgesinde yetişen karaçam türünde bu oran araştırmalar sonucu %50'den daha fazla olduğu bulunmuştur. Yenice Bölgesinde yetişen karaçam türü

(*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ülkemizde “Camiyanı karaçamı” olarak adlandırılmıştır. Adını, üretiminin satış öncesi bekletildiği Camiyanı tomruk deposundan almıştır.

Toplam 30.000 hektarlık bir alanda yayılış gösteren Camiyanı karaçamı ağırlıklı olarak Camiyanı, Bakraz, Sarıot, Yaylacık ve Yenice bölgelerinde yetişmektedir. Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) dağların güney bakısında yetişmekte bu ağaç türü saf meşcerelerini sırt ve yamaçlarda oluşturmaktadır. Diğer bölgelerde kayın ve meşe baskısı altında yayılış göstermektedir. Ortalama olarak 866 m yükseklikte yetişmektedir. Taşlık-kalkerli, killi-kumlu topraklarda yetişen ve 1970’li yıllara kadar yoğun bir şekilde kesilen Camiyanı karaçamı, 1986’dan sonra türü yok olma tehlikesine girmesinden dolayı koruma altına alınmıştır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Türkiye’de Karabük ile Yenice ilçesinde doğal olarak yetişmekte olan Camiyanı karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kozalak, ibre ve odun örneklerinin anatomik, fiziksel ve fitokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Literatürde özellikle fitokimyasal yapısına dönük oldukça az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu ağaç türünün özellikle öz odunu daha çok ekstraktif maddeler içermektedir. Bu ekstraktiflerin detaylı olarak incelenmesi içerdiği uçucu bileşenler ve yağ asitlerinin aydınlatılması bu çalışmanın amacıdır. Literatürde özellikle fitokimyasal özelliklerine dönük az sayıda çalışma olması bu çalışmanın önemini ortaya koymaktadır.

1.3 Karaçamın (*Pinus nigra* Arn.) Genel Özellikleri

Ülkemiz, dünya üzerindeki konumu nedeniyle çok çeşitli bitki türüne sahiptir. Bu bitki türleri içerisinde üstün genetik özellikler gösteren popülasyonlar vardır. Ülkemizdeki karaçam türleri; hacim verimi, boy artımı, çap artımı, odun kalitesi, tohum verimi ve kimyasal yapısının üstün özelliklerine sahip olmaktadır. Karaçam türü dünya üzerinde oldukça geniş bir yayılışa sahip olan türlerin başında gelmektedir. Karaçam, farklı ülkelerde birçok araştırmaya konu olmuş bir tür olmasının yanında, uzun zamandan beri botanikçileri meşgul eden ve sistematigi üzerinde bazı tartışmaların bulunduğu bir türdür.

Son yıllarda en çok kullanılan ve geçerli olan sınıflandırmaya göre karaçam beş alt türe ayrılmaktadır (Alptekin, 1986; Yaltrık, 1988; Anşin ve Özkan, 1993).

Bu alttürler ve yayılışları aşağıda belirtilmiştir;

a. *Pinus nigra* Arn. subsp. *nigra*: Avusturya karaçamı, Avusturya'dan Orta İtalya'ya kadar uzanır; Yunanistan ve Yugoslavya'da doğal olarak yetişir.

b. *Pinus nigra* Arn. subsp. *larico* (Poiret) Maire: Korsika karaçamı, Güney İtalya, Korsika ve Sicilya'da yayılış yapar.

c. *Pinus nigra* Arn. subsp. *dalmatica* (Vis.) Franco: Dalmaçya karaçamı, Yugoslavya'nın kuzeybatı sahilleri ve adalarında yayılış yapar.

d. *Pinus nigra* Arn. subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco: Pirene karaçamı, Orta ve Güney İspanya ile Pirene dağlarında yayılış yapar.

e. *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe: Anadolu karaçamı, Balkanlar, Güney Karpatlar, Kırım, Türkiye, Kıbrıs ve Suriye'de yayılış yapar.

1.3.1 Botanik Özellikleri

Genellikle 30-50 metre arasında boya ve 1 metre gövde çapına ulaşabilen birinci sınıf orman ağacıdır. Tepe tacı görünümü genç ağaçlarda konik, yaşlı bireylerde tepe geniş ve dağınık görünümlüdür.

Ağacın kabuğu olgunlaşma döneminde grimsi, yeşilimsi-siyah renkte olmaktadır. Ağaç olgunluk döneminden sonra kabuğu kalınlaşır ve derin çatlaklı hale gelir.

Tomurcukları bol reçineli uçları sivri olmakta ve kaideleri geniştir. Tomurcukların bu yapısı karaçamlar için karakteristiktir. Tomurcuk pullarının kenarları kirpiklidir ve tomurcuklar bünyesinde bol reçine içermektedir. İkili iğne yaprakları olup iğne yapraklar koyu yeşil ve serttir, sürgün uçlarında bulunan iğne yaprakları ise "çanak" görünümünde bir boşluk oluştururlar. İğne yaprakların kenarları ince dişli, uç kısımları sert ve iğne gibi

batıcı bir yapıya sahiptir. İğne yaprakları 8-14 cm boyunda ve 0,15-0,20 cm çapındadır. Yaprak kopartılıp ezildiğinde reçine kokusu salar.

Karaçam'da çiçekler diğer çam türlerindeki gibi bir cinsli bir evcikliktir. Dişi çiçekler genellikle subterminal olarak ve uzun bir eksen üzerinde sarmal şekilde dizilmiştir. Bir dişi çiçek; dış pul (brahte), iç pul (karpel veya tohum yaprağı) ve üzerinde de iki tane tohum tomurcuğu taşır. Karaçamın dişi çiçekleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Kozalak daha çiçek safhasında iken dış pul dışarıdan görülmektedir. Sonradan iç pul gelişir, deri gibi sertleşir veya odunlaşır, dış pul görülmez. Erkek çiçekler ilkbahar sonları yaz başlarında genç sürgünlerin dip taraflarında, pula değişmiş olan yaprakların koltuğunda yer almaktadırlar. Bol sayıdaki münferit çiçekler bir araya gelerek sarı veya kırmızı renkte erkek çiçek kurullarını oluştururlar. Erkek çiçek kozalakçığının bir eksen üzerine sarmal olarak dizilmiş çok sayıda etamini vardır. Etamin pulları sarı, portakal sarısı veya kırmızı renktedir (Kayacık, 1959; Mirov, 1967; Yaltırık, 1988).



Şekil 1: Karaçam ağacının dişi çiçekleri (Ertekin, 2006).

Karaçamın kozalakları simetrik olup, kozalak sapı kısadır. Kozalakların boyları 3,5-10 cm, 2,5 cm genişliğinde olmaktadır. Karaçam kozalakları genel olarak iki yılda olgunlaşır. Ağaçlar çoğunlukla iki yılda bir bol kozalak verirler. Karaçam kozalakları Şekil 2'de gösterilmiştir (Kayacık, 1959).



Şekil 2: Karaçam ağaçına ait olgun kozalakları (Ertekin, 2006).

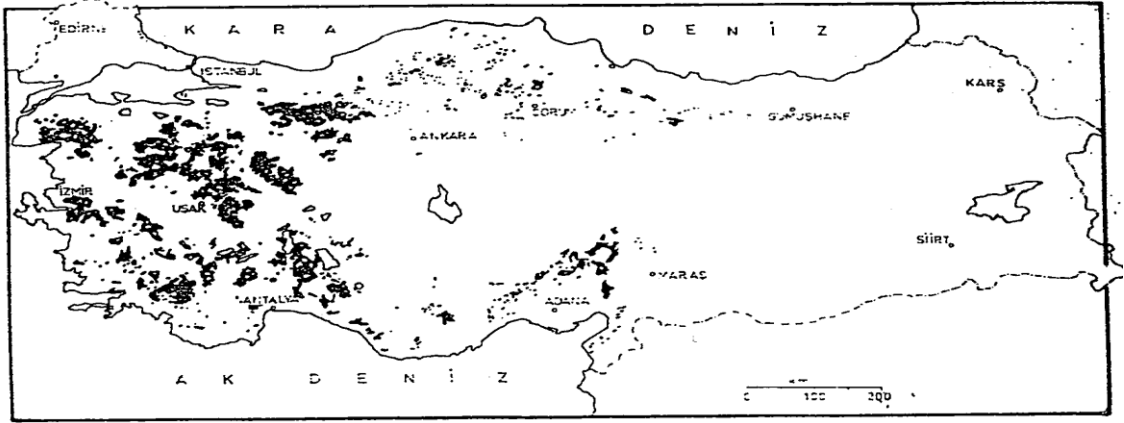
Karaçam türü doğal olarak yayılış alanı Türkiye, Trakya, Kırım, Balkanlar ile Güney Karpatlar'da yayılış yapmaktadır. Karaçamın dünyadaki yayılışı Şekil 3'de, Türkiye'deki yayılışı Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 3: Karaçamın dünyadaki yayılışı (Gündüz, 1999).

Karaçam genellikle *Q. pubescens*, *Pirus eleagnifolia*, *Cistus laurifolius* gibi türlerle karışık meşcereler oluşturmaktadır. Bugün İç Anadolu'da çeşitli yörelerde yayılan *Q. pubescens*, *Pirus eleagnifolia*, *Cistus laurifolius* gibi türlerin bulunması, bu yörelerde daha önce karaçamın bulunduğu bir kanıttır, ancak zamanla tahrip edilmiştir.

Çünkü bu bitkiler, karaçama eşlik eden refakatçi bitkilerdir. Ayrıca, günümüzde İç Anadolu'nun çeşitli bölgelerinde bulunan birçok tarihsel yapıtın ahşap malzemelerinin anatomik incelemelerinde bu yapıtlarda genellikle karaçam odununun kullanıldığı görülmüştür.



Şekil 4: Karaçamın Türkiye'deki yayılışı (Gündüz, 1999).

Karaçamın yetişmesinde elverişli topraklar deniz kenarına yakın saf kum topraklar, ağır balçık topraklar ve anataşı kalker olan kireççe zengin topraklarda iyi yetiştirirler. Denizden esen kuvvetli rüzgârlara karşı koyabilirler ve rüzgâr perdesi işlevi görürler.

Camiyanı karaçamı popülasyonu, Karabük-Yenice İşletme Müdürlüğü'nün; Camiyanı, Bakraz, Sariot ve Yaylacık bölgelerinde toplam 30.000 hektarlık alanda yayılış yapmaktadır. Bu popülasyon genellikle, dağların güney bakışında yetişmekte ve saf meşcerelerini sırt ve yamaçlarda oluşturmaktadır. Ortalama olarak 866 m yükseklikte ve taşlı-kalkerli, killi-kumlu topraklarda yetişmektedir. Bu yetiştirme muhiti ırkının en belirgin ve onu değerli kılan önemli özellikleri; öz odununun, odun kesit yüzeyinin tamamına yakın bir kısmını kaplaması ve zamanla daha koyu bir renk alıp reçineyi dışarı vermemesidir.

Erten ve Sözen (1994), meşe kadar değerli olan bu meşcerenin odununun m³ fiyatı, öz odun/diri odun oranı yarı yarıya olan karaçamlara göre en az 3-5 kat daha fazladır. 30-40 yıl öncesine kadar Camiyanı karaçamı meşcereleri oldukça kaliteli meşcereler halindeyken düzensiz, amaçsız ve kaçak kesimler sonucunda yapısı bozulmuş, işletme amacı belli olmayan meşcereler haline dönüşmüşlerdir. Bir yandan kaçak kesimler bir yandan da doğal sebeplerden ötürü her geçen gün Camiyanı karaçamının yayılış alanı daralmakta ve genetik çeşitlilik önemli derecede azalmaktadır. Doğanın yüzyıllar boyunca selekte ettiği popülasyonların yok olmasını engellemek ve dolayısıyla doğanın bizlere sunmuş olduğu genetik çeşitliliğin gelecek kuşaklara aktarılmasını sağlamak amacıyla, varlığı tehlikeye düşen bu kıymetli gen kaynağının bulunduğu bölge Orman Genel Müdürlüğü tarafından gen koruma ormanı olarak ayrılmıştır.

1.3.2 Makroskopik Özellikleri

Karaçamın diri odunu kırmızımsı beyaz ve sarımsı renktedir, öz odunu koyu kahverengi renktedir. Diri odunu genç ağaçlarda geniş ve yaşlı ağaçlarda dardır (Göker, 1977). Şekil 5’de Camiyanı karaçamı enine kesitinde öz odunu oluşumu görülmektedir. Odunu sarıçam ile kıyaslandığında sarıçama göre daha koyu renkte ve reçine bakımından daha zengindir (Berkel, 1970).

Radyal kesitte öz ışınlar görülmeyecek kadar belirsizdir. Teğet kesitte kahverengi şeritlere sahiptir. Karaçamda reçine kanalları aktif olup reçine ile öz odundakiler ise reçine ve tylosoid denilen zarcıklar ile tıkalı bulunmaktadır. (Göker, 1977).

Dursunbey ve Elekdağ karaçamlarında, öz odunu oluşumunun ağaç yaşına paralel olarak artmaktadır. Diğer taraftan, öz odunu 40-50 yaşlarından itibaren oluştuğunu ve öz odun-diri odun içerisinde bulunan yıllık halka sayılarının 340 yaşında eşitlendiğini, bu yaştan itibaren öz odunu içerisindeki yıllık halka sayısının diri odundan fazla olduğunu belirlenmiştir (Göker, 1977).



Şekil 5: Camiyanı karaçamı öz odunu görünümü (Gündüz, 1999).

1.3.3 Mikroskopik Özellikleri

Pinus nigra Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* ilkbahar odunu traheid hücreleri kare şeklinde ve köşeleri belirgindir. Yaz odununu traheid hücreleri ise yuvarlak, oval ve dikdörtgen şekillerde olabilmektedir. Boyuna reçine kanalları çoğunlukla yaz odunu içerisinde yer alır. Boyuna reçine kanallarını çevreleyen epitel hücreleri ince çepmelidir. Reçine kanalları yıllık halka içerisinde genellikle teker teker dağılmış haldedir.

Pinus nigra Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*'da öz ışınları, öz ışını traheidi ve öz ışını paranzim hücrelerinden meydana gelmekte olup, öz ışını traheidleri öz ışını paranzim hücrelerinin alt ve üst kenarlarında 1-3 sıralı olarak yer almaktadır. Boyuna traheidler ile öz ışını paranzim hücrelerinin karşılaşma yerinde geçitler pencere tipindedir. Karşılaşma yerindeki geçitler çoğunlukla bir, nadiren üç adettir (Yılgör, 1999).

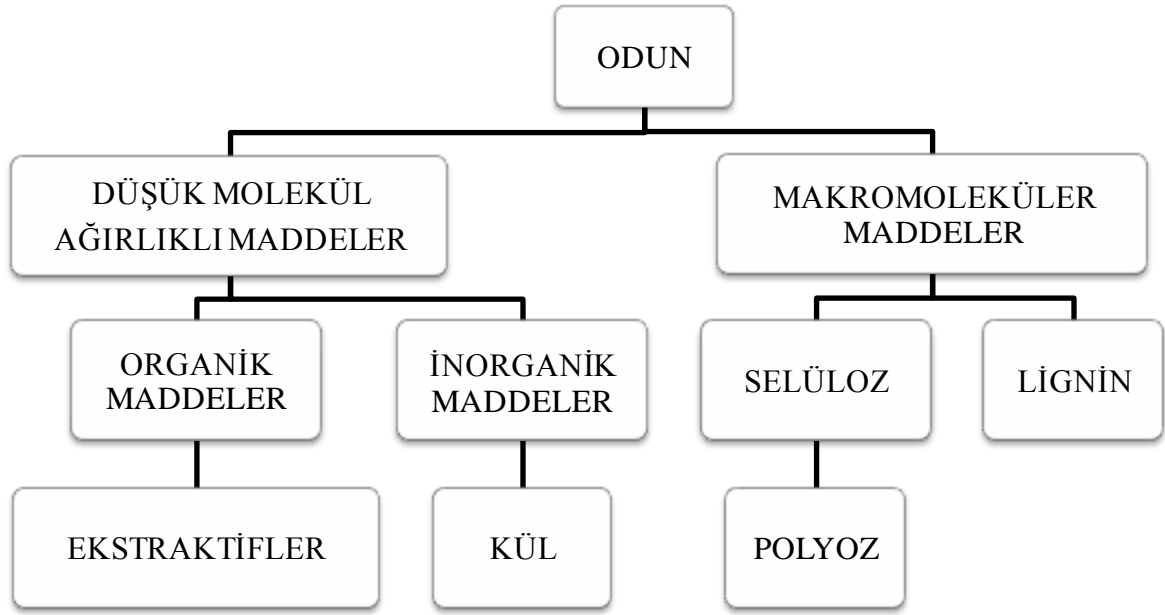
Geniş pencere şeklindeki geçitlerin açıklıkları ortalama 26 µm çaptadır. Radyal kesitte ilkbahar odununda kenarlı geçitlerin çapı ortalama 22 µm, yaz odunu kenarlı geçitlerinin çapları ortalama 9,55 µm'dir. Enine kesitte boyuna reçine kanallarının çapları ortalama 124 µm, 1 mm²'deki traheid sayısı ortalama 998 adettir. Teğet kesitte 1cm²'ye giren yatay reçine kanallarının sayısı ortalama 56 adet, tek sıralı öz ışınlarının yüksekliği maksimum 460µm, 1 mm'de özışını sayısı 21,1, mm²'deki öz ışını hücre sayısı 188 adettir. Traheid uzunlukları ortalama 4.200 µm, traheid genişliği ortalama 48 µm, hücre çeper kalınlığı ortalama 9µm çaptadır (Göker, 1977).

Öz ışını traheidlerinin lümene bakan çeperleri dişlidir. Bu dişlilik sarıçamdakinden daha kabadır. Reçine kanalları genellikle iğimsi öz ışınlarının ortasında bulunmaktadır.

1.4 Odunun Kimyasal Yapısı

Odunun kimyasal bileşimi karmaşık bir yapıya sahiptir. Odunsu doku, anatomik yapısı nedeniyle düzenli bir dağılım göstermeyen ve basit fiziksel karışımlar şeklinde bulunmayan kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır. Odun yüksek molekül ağırlığına sahip maddelerden oluşması nedeniyle, odun materyali; iç içe nüfuz eden yüksek polimerler sistemi olarak da adlandırılır (Hafizoğlu, 1982).

Odunun kimyasal yapısını, hücre çeperinin ana bileşenleri olan selüloz, hemiselülozlar ve lignin oluşturmaktadır. Şekil 6'da odunun kimyasal bileşenlerinin genel bir şeması gösterilmektedir. Bu bileşenler her odunda bulunmaktadır. Bu bileşenlerin dışında odunda ekstraktif maddeler olarak adlandırılan düşük molekül ağırlığa sahip bileşenlerde bulunmaktadır. Selüloz miktarı, ağaç türleri arasında fazlaca değişme göstermezken, hemiselüloz ve ligninin kimyasal yapısı ve oranları, sert odun ve yumuşak odunlar arasında farklılık göstermektedir (Fengel ve Wegener 1984).



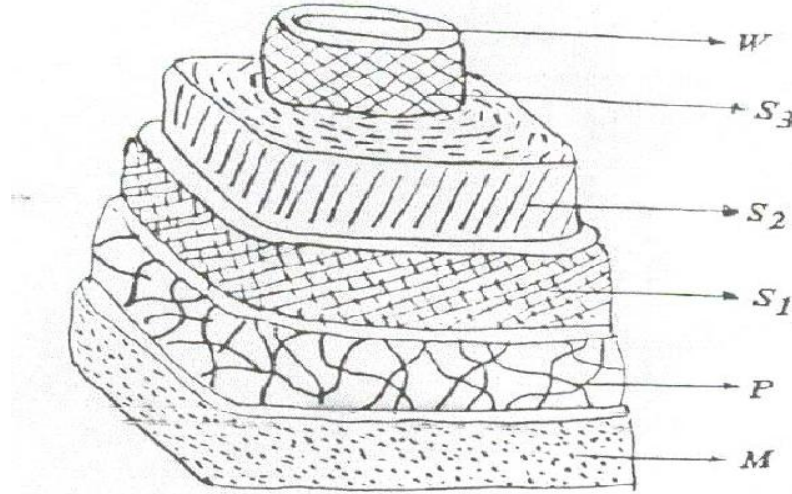
Şekil 6: Kimyasal odun bileşenlerinin genel şeması (Fengel ve Wegener, 1984).

Ayrıca ağaç malzeme içerisinde kimyasal bileşim bakımından farklılıklar görülebilir. Bu farklılıklar, öz odunu ve diri odunu, yaz odunu ve ilkbahar odunu gibi farklı kısımların da görülür. İğne yapraklı ağaçların öz odunu diri odununa oranla, daha fazla miktarda ekstraktif madde, daha az miktarda lignin ve selüloz içermektedir. Yapraklı ağaçlarda bu fark çok azdır. Selüloz miktarı ağaçların yaz odununda, ilkbahar odununa oranla daha fazladır fakat lignin miktarı düşüktür. Bunun nedeni, yaz odununda selüloz oranı fazla olan hücre çeperinin daha kalın ve lignin miktarı fazla olan orta lamelin daha ince olmasıdır (Fengel ve Wegener 1984).

1.4.1 Odunun Hücre Çeperi Bileşenleri

Odunun elementsel bileşimi; karbon, hidrojen, oksijen bunların yanında çok az miktarda kalsiyum, magnezyum, potasyum, azot gibi odunun külü içerisinde bulunan elementlerden oluşur. Odunun kuru ağırlığının %40-50'sini karbon, %6'sını hidrojen, %44-45'ini oksijen ile %0,1-1 oranında azot bulunmaktadır (Hafizoğlu, 1982; Bostancı, 1987).

Odunun hücre çeperi, katmanlardan meydana gelir. Bu katmanlar, fiziki ve kimyasal bileşimleri bakımından değişiklik göstermektedir. Bu değişikliklerden en belirginini; fiziki farklılıklardan kaynaklanan mikrofibrillerin yöneliştir. Mikrofibriller hücre çeperinin ayrışik katmanlarında ya düzensiz ya da paralel yönde seyretmektedir. Mikrofibrillerin paralel yönde seyredenleri ince tabakaları oluşturur. Bu katmanlara lamel denir. Mikrofibrillerin hücre eksenine yaptığı açıya fibril açısı denir. Hücre çeperinin yapısı Şekil 7'de gösterilmektedir (Hafizoğlu, 1982).



Şekil 7: Odunun hücre çeperinin ince yapısı (Hafizoğlu, 1982).

Odunsu doku içerisindeki hücreler, primer çeperlerinin dışında kalan interselüler madde ile bağlanmış olan biçimsiz yapıdaki bu maddeye “orta lamel (M)” denir. Orta lamel, hücre bölünmesi sırasında stoplazmanın meydana getirdiği bir katmandır. Orta lamel tabakası hücre çeperinin diğer üç tabakasına göre en fazla lignin maddesi içermektedir. Selüloz maddesi azdır. Orta lamelin selüloz miktarı odunun, %10'luk kısmını oluşturmaktadır (Merev, 2003).

Hücre çeperinin en dış ve en ince tabakası Primer çeper (P)'dir. Primer çeper fibril ağından meydana gelmektedir. Bu tabakanın selüloz oranı %12'nin altındadır. Orta lamel ve primer çeper çok ince tabakalar olup birbirinden ayıramamaktadır. Bu nedenle bu iki tabakaya birleşik tabaka denir. Birleşik tabaka %55 lignin, %29 hemiselüloz ve %16 oranında selüloz içerir (Kırcı, 2003).

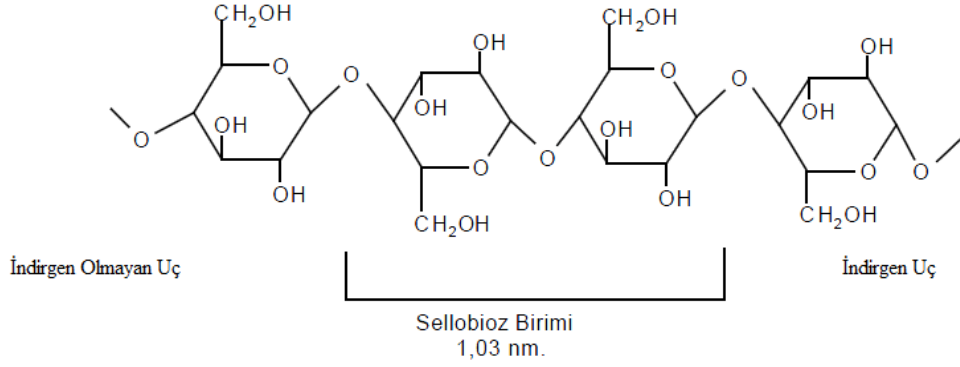
Sekonder çeper hücre çeperinde %90'dan fazla ve büyük oranda mikrofibrillerden oluşur. Sekonder çeperin tabakalarını mikrofibrillerin uzanış yönü birbirinden ayırmaktadır. Genellikle, İYA odunlarının sekonder çeperindeki lignin oranı %24, YA odunlarında ise %27'dir.

1.4.1.1 Selüloz

Hücre çeperi asıl bileşeni selülozdür. İYA ve YA odunlarının yaklaşık yarısını oluşturur. Selüloz molekülünün yapı taşı olan anhidroglikoz üniteleri birbirine 1-4-β-D glikozidik bağlanma ile meydana gelirler.

Selüloz ağaçların temel yapıtaşı olup, makromoleküler iskelet yapısıyla bütün bitkisel hücrelerden elde edilebilen doğal üründür. Odunun ağırlıkça %40'ı selüloz meydana gelmektedir. Doğada saf halde ve tek başına bulunmaz, genellikle bitki hücre çeperinde yer alan diğer bileşenlerle birlikte bulunur. Bu selülozun doğal ortamda parçalanmasını etkilemektedir.

Selüloz, D-glukoz yapı elemanlarından meydana gelen lineer bir polimerdir. Selüloz lifsel yapının iskeletini meydana getirmektedir. Selüloz; tekstil, kağıt, lif levha, yonga levha vb. endüstrilerin hammaddesini oluşturur. Lif levha ve kağıt üretiminde kullanılan selüloz maddesi içeren bitkilerin ise %40-60'ı selülozdan oluşur. Selüloz, iki glukoz molekülünden bir mol su çıkması ve zincire eklenmiş her bir glukoz ünitesinin 180° dönerek oksijen köprüsü ile birbirine bağlanması meydana gelir. Selüloz molekülünün açık formülü Şekil 8'de gösterilmiştir (Hafizoğlu, 1982).



Şekil 8: Selüloz molekülünün indirgen ve indirgen olmayan uç grupları (Hafizoğlu, 1982).

Selüloz zincirindeki $(C_6H_{10}O_5)_n$ anhidroglukoz birimi sayısının ortalama miktarına polimerizasyon derecesi (DP) denir. Gerçek odun selülozunun polimerizasyon derecesi (DP) 10000 civarındadır. Moleküller arası ve moleküller içi hidrojen bağı oluşturmaya kuvvetli eğilime sahip olmaları nedeniyle selüloz molekülleri mikrofibriller oluşturmak üzere bir araya gelirler. Bu mikrofibriller hayli düzenli (kristal) ve daha az düzenli (amorf) bölgeler meydana getirirler. Bu bölgeler birleşerek selülozu meydana getirirler (Hafizoğlu, 1982).

Selüloz, organik çözücülerde ve suda çözünmemektedir. Selüloz kimyasal maddeler ile muamele edildiğinde; selülozun moleküller arası çekim bağlarında zayıflama görülür. Selülozun molekül yapısında önce bir şişme olur. Şişmiş selüloz sıcaklık ile çözülmeye daha uygundur. Şişme olayının oluşması için genelde sodyum hidroksit (NaOH) çözeltileri kullanılmaktadır. Yoğunlaşma arttıkça şişme de artış gösterir. Sıcaklık miktarına bağlı olarak maksimum şişme $25^{\circ}C$ ve %8,5-12 NaOH konsantrasyonunda oluşur (Bostancı, 1987).

Selülozun izolasyonu, hücre çeperi içinde selülozla birlikte bulunan maddeler tarafından güçlü bir şekilde etkilenir. Yağlar, vakslar, proteinler ve pektin gibi bileşikler, organik çözücüler ve seyreltik alkali ile ekstraksiyon sonucu kolayca ayrışa bilmektedir. Odundaki hemiselülozlar ve lignin, selüloza sadece eşlik etmez, selüloz bu maddeler ile birleşmiş olarakta bulunur. Bu nedenle ayırma işleminde kimyasal uygulamalar gerekmektedir. Selülozu izole etmek veya belirlemek için başlıca üç tip metod vardır: birincisi; polyozların büyük kısmının ve kalıntı ligninin holoselülozdan ayrılması metodudur, ikincisi; saflaştırma prosedürlerini içeren selülozun odundan direkt olarak izolasyonu metodudur ve

üçüncüsü ise α selüloz, holoselüloz veya odunun tam hidrolizi ve ardından ortaya çıkan şekerlerin belirlenmesi ile selüloz içeriğinin belirlenmesi metodudur. Bu metodlarının hepsinde selüloz saf bir şekilde elde edilemez, fakat genellikle alfa selüloz (α selüloz) adı verilen bir selüloz bulunabilir. Bu terim ilk kez Cross ve Bevan (1912) tarafından, %17.5'lük NaOH çözeltisinde çözünmeyen odun selülozunu belirtmek için kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen son ürün çok kısa molekül zincirlerine sahiptir (Fengel ve Wegener, 1984).

1.4.1.2 Hemiselülozlar

Odunun hücre çeperinin yapısında mevcut olan selülozun haricinde alkalilerde kolaylıkla çözünebilen karbonhidratlara genel olarak hemiselüloz ya da polyoz olarak isimlendirilmektedir. Bunlar değişik yapıda polisakkaritlerden meydana gelmektedir. Hemiselüloz terimi ilk defa 1891 yılında Shulze tarafından kullanılmıştır. Selüloza oranla kolay hidroliz olan hücre çeperi polisakkaritlerini anlatmak için kullanılmıştır (Balaban, 1997).

Hemiselülozların sınıflandırılmaları genelde molekül yapılarında en fazla bulunan monomer şeker birimlerine göre yapılmaktadır. Bu kurala uygun olarak hemiselülozlar; ksilanlar, mananlar ve galaktanlar şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Hemiselüloz molekül ağırlığı 4.000-15.000 arasında olan ve DP'si 25-200 arasında olan bir hetero polisakkarittir. Hemiselüloz odunun hücre çeperindeki lignin maddesinin ayrılması ile geriye kalan holoselülozun 1/3'ünü oluşturur.

İğne yapraklı ağaç odunlarının yüksek oranda mannoz birimlerinden oluşmaktadır. İğne yapraklı ağaç odunları, yapraklı ağaç odunlarına göre daha fazla galaktoz birimleri içermektedir. Yapraklı ağaç odunları, iğne yapraklı ağaç odunlarından daha fazla ksiloz ve daha fazla asetil grupları içermektedir (Fengel ve Wegener, 1984).

Hemiselülozlar, odundaki glikoz, mannoz, galaktoz, ksiloz, arabinoz, 4-o-metil glukuronik asit ve galakturonik asit birimlerinden sentezlenen polisakkaritlerin karışımlarıdır (Rowell, 1983). Tablo 1'de iğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda bulunan şekerlerin ağırlık oranları % olarak gösterilmiştir.

Tablo 1: İğne yapraklı ve yapraklı ağaçlarda bulunan şekerlerin ağırlık oranları (%) (Hafizoğlu, 1982).

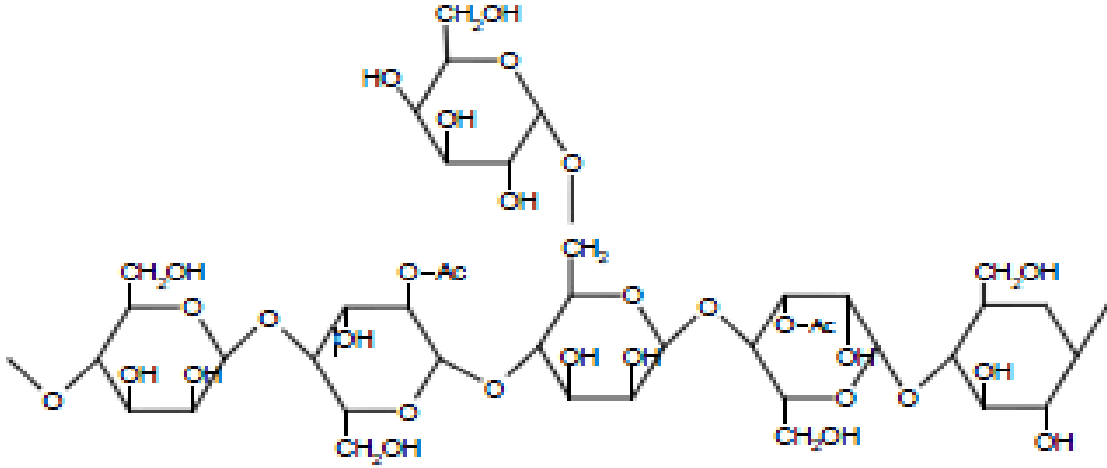
Şeker	İğne Yapraklı Ağaç (%)	Yapraklı Ağaç (%)
D-Glukoza	61–65	53–73
D-Mannoz	7–16	0,4–4
D-Galaktoz	6–17	1–4
D-Ksiloz	9–13	20–39
L-Arabinoz	<3,5	≤1,0
L-Rhamnoz	≤1,0	*
L-Fukoz	*	
3-0-Metil-L-Rhamnoz	*	
4-0-Metil-D-Glukuronik asit	*	*
D-Glukuronik asit		*

(*) çok az miktarda bulunan şekerleri göstermektedir.

Hemiselülozlar amorf bir yapıdadır. Hemiselülozlar hücre çeperi yapısında bulunan fibriller ve mikrofibriller arasındaki boşluklara yerleşerek yapıyı sağlamlaştırmaktadır. Hemiselülozların bir kısmı hücre yapısı içerisinde selüloza, bir kısmı da lignine sıkıca bağlanmış durumda bulunurlar. Hemiselüloz ile selüloz arasında herhangi bir kimyasal bağ bulunmadığı ancak birbirlerine hidrojen ve Van der Waals bağlarıyla bağlandıkları bilinir. Hemiselüloz moleküllerinin bir kısmı lignine kimyasal bağlarla bağlanmışır (Kırcı, 2003).

İğne Yapraklı Ağaç Odunu Mannanları:

İğne yapraklı ağaç odunları %12–18 civarında bulunan galakto glukomannan türü hemiselülozla karakterize edilmektedir. Bu mannan yapraklı ağaçlarda rastlanan glukomannana göre biraz daha komplike bir yapı gösterir. Çünkü burada ki mannan zincirlerine galaktoz yan grupları bağlanmakta, ana zincirde yer yer asetil grupları bulunmaktadır. Ana zinciri oluşturan glukoz ve mannoz birimleri β (1→4) glikozidik bağla bağlanır. Asetil grupları mannoz birimleri C₂ atomuna bazen de C₃ atomuna bağlı bulunmaktadır. Galaktoz kalıntıları ise α (1→6) glikozidik bağlanma tarzında mannoz-glukoz ana zincirine bağlanmaktadır. Şekil 9’da galakto glukomannan formülünün basite indirgenmiş ve açık şekli görülmektedir (Uçar, 1980).

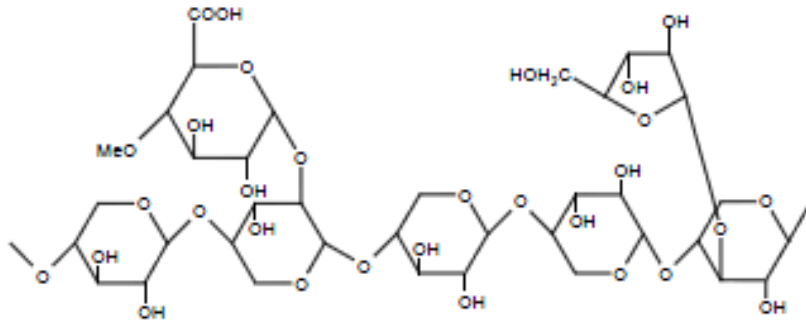


Şekil 9: İğne yapraklı ağaç odunu mannanının açık formülü (Fengel ve Wegener, 1984).

İğne yapraklı ağaç odunlarında bulunan mannanın asıl zinciri 150 civarında heksoz birimi içermektedir. Bu zincirler 1-2 defa dallanmış durumdadırlar. Dallanma yerlerinde β (1→6) ile bağlanmaktadır.

İğne Yapraklı Ağaç Odunu Ksilanları:

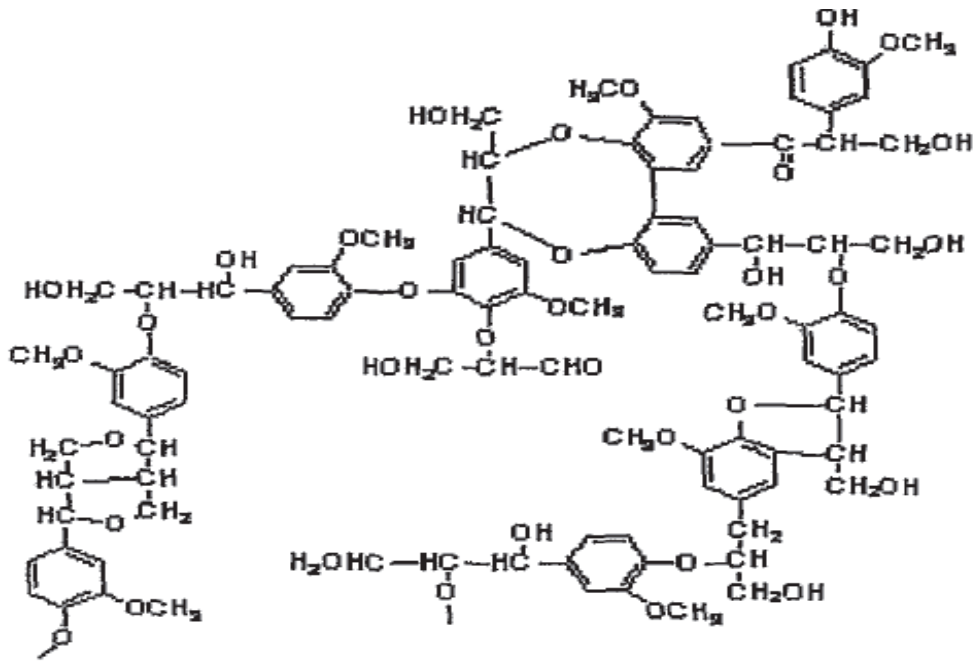
Doğada saf ksilanlere rastlanılmaz. Ana zinciri homopolimer olan ksiloz birimlerinden oluşmuş ksilanlar odunda bulunurlar. Ksilanlar yapraklı ağaçlarda bulunurlar ve onları karakterize ederler. Yapraklı ağaç türlerine göre değişmekle birlikte %20-30 civarında odunda bulunurlar. İğne yapraklı ağaçlarda ise %5-10 civarında bulunurlar (Şekil 10). Ana zincir β -(1→4) glukozidik bağlı ksiloz birimlerinden oluşurken, ana zincire bağlı yan grup olarak α -(1→3) glikozidik bağlarla bağlanmış α -L-Arabinofuranoz ve α -(1→2) glikozidik bağlı metil glukuronik asit birimleri bulunur (Uçar, 1980).



Şekil 10: İğne yapraklı ağaç odunu ksilanının açık formülü (Fengel ve Wegener, 1984).

1.4.1.3 Lignin

Lignin, selülozdan sonra bitki dünyasında en önemli maddedir. Lignin, yapraklı ağaçlar ve iğne yapraklı ağaçlarının bitki dokularının karakteristik bir kimyasal ve morfolojik bileşenidir. Odunun mekaniksel nitelikleri, büyük oranda düzensiz bir polimer olan lignin tarafından olmaktadır. Lignin, odunun ağırlığının %20-30'unu oluşturur, odun hücrelerinin birbirinden ayıran orta lamelde ve sekonder çeperde bulunur. Lignin, bulunduğu hücreleri birbirine yapıştırıp bitkinin bünyesine sağlamlık kazandırır. Şekil 11'de ligninin moleküler yapısı gösterilmiştir (Hafizoğlu, 1982; Eroğlu, 1988).



Şekil 11: Ligninin moleküler yapısı (Hafizoğlu, 1982).

Lignin, amorf bir madde olup, hücre çeperini odunlaştıran maddedir. Bununla birlikte selülozdan yapılmış hücre çeperine biriken lignin; ağaçların büyük boylara ulaşmasını, her türlü mekanik etkiye karşı dayanıklı olmasını ve suyun ağaçların üst kısımlarına çıkmasına yardımcı olan kimyasal bir maddedir.

Hidrofil karakterde olan selüloz ve hemiselülozların aksine hidrofob özellikte olan lignin, odunun su almasını engellemektedir. Bu özelliği nedeni ile sert ve katı bir görünümlüdür. Yoğunluğu 1.37 gr/cm³ lignin, 135°C'nin üzerinde ısıtıldığı zaman yumuşamaya başlar ve termoplastik fenol reçinesi gibi davranır (Kırcı, 2000).

Molekül yapısı nedeni ile feniilpropan ünitelerinden oluşan lignin molekülleri üç boyutlu ekseninde dallanmış ve karmaşık yapılı bir polimer olarak bulunmaktadır. Lignin, yakıldığı zaman hoş bir aromatik koku çıkarır. Ligninin elementer bileşimi %63–64 karbon, %5–6 hidrojen ve %30–32 oksijen olup; karbon oranı selülozdan yüksektir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Lignin, hücreleri birbirine bağlayan, basıncı stabilize eden ve şişmeyi önemli ölçüde önleyen odun maddesidir. Odunun ¼'lük kısmını oluşturur. Lignin miktarı iğne yapraklı ağaç odunlarında %23-33 civarında değişirken bu oran yapraklı ağaç odunlarında %16-25 civarındadır (Uçar, 1980).

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç ligninlerinde az oranda p-kumaril alkol yapıtaşı bulunur. Koniferil alkol, iğne yapraklı ağaç ligninlerinin baskın yapıtaşıdır. Yapraklı ağaç lignini yapıtaşı; hem koniferil alkol hem de sinapil alkoldür. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç ligninlerinde birimler arası görülen bağ tipleri ve oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Ligninde en fazla görülen bağ tipleri (Gullichsen ve Paulapuro, 2000).

Eter Bağları (C-O-C)		Karbon-Karbon Bağları		Esterler	
β -O-4	%40-60	5-5 ve 5-6	%5-20	α -ester	%<5
α -O-4	%5-10	β -5	%5-10	γ -ester	%<5
γ -O-4	%<5	β - β	%<5		
5-O-4	%5-10	β -1	%<5		
γ -O- α	%<5	β -6 ve β -2	%<5		
Gliserol 2-aril eter	%<5				

İğne yapraklı ağaç odunları ve yapraklı ağaç odunlarının ligninleri yapı olarak birbirinden farklıdır. İğne yapraklı ağaç odunu lignini kimyasal sınıflandırma da guayasil sınıfındadır. Bu cins; lignin molekülünün yaklaşık %90'lık kısmını guayasil-propan, %10'luk kısmı ise parahidroksifenilpropan ünitelerinden oluşmaktadır. İğne yapraklı ağaçlarda lignin %24–33 oranında bulunur. Yapraklı ağaç odunlarında bulunan lignin guayasil-siringil lignini olarak adlandırılır. Yapraklı ağaç ligninin molekül ağırlığı, iğne yapraklı ağaç ligninin molekül ağırlığından daha az olup guayasil propan üniteleriyle birlikte siringil-propan ünitelerini de içerir. Lignin oranı %16-24 arasındadır (Hafizoğlu, 1982; Kırcı, 2003).

1.4.2 Odunda ve Kabukta Bulunan Ekstraktif Maddeler

Odunda makromoleküler maddelere ilaveten, daha az miktarlarda, düşük molekül ağırlıklı yapıya sahip kimyasal bileşenler de bulunur. Bu maddeler ekstraktifler olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşikler odun kütlesinin %20-40'ını oluşturmalarına rağmen, odunun kullanılabilirlik kalitesi ve özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilirler. Ekstraktifler, odunun dayanıklılığına, rengine, geçirgenliğine, dış hava koşullarına dayanım ile odunun fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerine etki etmektedir (Hafizoğlu, 1983).

Bütün doğal türlerin öz odunları dayanıklı olmasına rağmen diri odunları biyolojik canlılara karşı hassastırlar. Çünkü diri odun mikroorganizmaların gelişimini engelleyecek olan ekstraktif maddelerden yoksundur. Gerçekte, diri odunun paranzim hücrelerinde bulunan depo maddeleri, özellikle bakteriyel renklenmelerini, mantar renklenmelerini ve odunun çürüklüğe karşı hassasiyetini artırabilir. Aynı türün diri odunu ile öz odunu karşılaştırıldığında, öz odunu daha fazla dayanıklılığını yüksek orandaki uçucu yağlar, tanenler, fenolik maddeler ve toksik maddelerini bulundurmasından kaynaklanmaktadır. Bu maddeler odunda yeterli miktarlarda bulunduğu, zararlı organizmaların saldırısını önleyebilirler veya azaltabilirler (Taylor, 2002).

Ekstraktifler, çoğu kez odunun kullanımı ile ilgili önemli rol üstlenirler ve odunun fiziksel özelliklerini olumlu yönde etkilerler. Örnek olarak, renkli ve uçucu bileşenler, odunun estetik görünümünü sağlarlar. Bazı fenolik bileşikler, böcek ve mantar saldırılarına karşı ağacı koruyarak odunun dayanıklılığını ve sağlamlılığını artırır. Ekstraktifler, odunun kullanımı üzerine bazı olumsuz etkileri de vardır. Örnek olarak, alkoloidler ve bazı diğer fizyolojik olarak aktif bileşenler, sağlık sorunları meydana getirir. Reçine gibi ekstraktif maddeler ise kağıt fabrikaların da özellikle elekler üzerinde birikerek bir tabaka oluşturur ve bu durum, hem eleme işleminin zorlaşmasını hem de son ürünün reçine miktarının belirli miktarda tutulmasını güçleştirmesi sebebiyle bu durum istenmemektedir (Hafizoğlu, 1982).

Ekstraktif bileşenlerin ekstrakte işlemi; belli bir düzende yalnız başına kullanılan çözücüler ile ya da nötral çözücü karışımlar ile yapılan ekstraksiyon işlemiyle yapılır. Bu yöntemde en yaygın olarak kullanılan apolar çözücüler; benzen, petroleteri, dietileter, hegzan,

siklohegzan, diklor, metan ve karbon tetraklorürdür. Polar çözücüler olarak kullanılanlar ise aseton, metanol, etanol ve kloroform'dur. Polar çözücü olarak su da kullanılmaktadır. Bu çözücüler tek başlarına kullanılabildikleri gibi, ekstraksiyon işleminin yöntemine uygun olarak karışım halinde de kullanılırlar. Ama proteinler, inorganik maddeler ve organik asit tuzları, ekstraktif maddeleri ayrıştırabilen bu çözücülerde kısmi olarak çözünebilirler veya hiç çözünmeye bilirlir. Ekstraktiflerin çok farklı bileşimlere sahip olmaları nedeniyle tüm odun türlerine aynen uygulanabilen tek bir ekstraksiyon metodu yoktur. Ekstraktif bileşenlerin değişik çözünürlüklere dayana bilen birçok ekstraksiyon yöntemi vardır. Tablo 3'de farklı çözücülerde çözünebilen ekstraktif maddelerin içerdikleri bileşik sınıfları gösterilmektedir (Tümen, 2005).

Tablo 3: Farklı çözücülerde çözünebilen ekstraktif maddelerin içerdikleri genel bileşik sınıfları (Tümen, 2005).

ÇÖZÜCÜ TİPİ	ÇÖZÜNEN BİLEŞİK SINIFLARI
Apolar Organik Çözücüler	Yağlar, Wakslar, Reçineler, Steroller, Serbest yağ ve reçine asitleri, Terpen ve Terpenoidler, Yağ alkolleri, Hidrokarbonlar
Polar Organik Çözücüler	Tanenler, Boyar maddeler, Flavonoidler, Stilbenler, Diğer fenolik maddeler
Su	Karbonhidradlar, Alkaloidler, Boyar maddeler, Suda çözünebilen polisakkaritler, Tanenler, İnorganik tuzlar, Bazı basit fenolik bileşikler

1.4.2.1 Lipofilik Bileşenler

Lipofilik ekstraktif maddeler, odunun petrol eter ekstraktı, asıl olarak gliserin, yağ alkoleri, steroller, ve terpen alkollerini ile yağ asitlerinin oluşturduğu esterlerden oluşan lipidleri kapsar. Ayrıca, ekstrakta az miktarda hidrokarbonlar ile yağ alkoleri, steroller ve terpen alkollerinin serbest formları da bulunmaktadır. Odunun lipofilik bileşenleri, genellikle özışınların paranzim hücrelerinde mevcuttur (Dönmez, 2005).

Lipofilik ekstrakt içerisinde bulunan yağlar ve vakslar, alkali sabunlaştırma işlemi sonunda yağ asitlerinin metal tuzları halinde, suda çözünür hale gelirler. Lipofilik ekstraktiflerin daha nötral olan bileşenleri, alkali sabunlaştırılmasından herhangi bir değişime uğramazlar. Bu özelliklerden yararlanılarak lipofilik ekstraktif içeren bileşenler, sabunlaşanlar ve sabunlaşmayanlar olmak üzere ayrılmaktadır.

Yapraklı ağaçların ve iğne yapraklı ağaçların paranzim hücrelerindeki lipofilik maddelerin bir kısmını yağ asitleri oluşturur. Odunda bulunan yağ asitleri; uzun zincirli, alifatik ve monokarboksilli asittir. Zincir uzunluğu 10 C atomu ile 26 C atomu değerleri arasındadır. Asitler düz zincirli bulunmaktadır. Tablo 4'de yağ asitleri gösterilmiştir. Yağlar, sabunlaşan grublar içerisinde, yüksek molekül ağırlıklı karboksilli asitlerin gliserol ile meydana getirdiği esterler olarak adlandırılır. Vakslar (mum) ise, yağ asitlerinin yağ alkollerini, steroller veya terpen alkollerle esterleşmesi durumunda elde edilmektedir (Dönmez, 2005).

Yağlar ve vakslar, odundan dietil eter, petrol eteri, hegzan gibi apolar organik çözücüler ile ekstrakte yapılabilmektedir. Elde edilen ekstraktın bileşiminde, yağlar ve vaksların dışında, serbest yağ asitleri, yağ alkollerini, hidrokarbonlar ve steroller gibi sabunlaşmayan bileşik sınıfları da bulunmaktadır. Bununla birlikte odun ekstraktının içinde bulunan yağ asitlerinin birçoğu bağlı durumdadır (Dönmez, 2005).

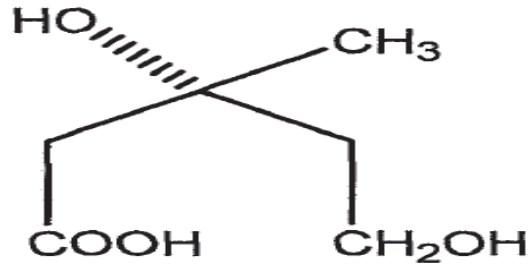
Tablo 4: Odunda bulunan önemli yağ asitleri (Hafizoğlu, 1983).

Asit Türleri	Adı	Kapalı Formülü	Kısa Formülü
Doymuş Asitler	Laurik asit	$C_{11}H_{23}COOH$	12:0
	Miristik asit	$C_{13}H_{27}COOH$	14:0
	Palmitik asit	$C_{15}H_{31}COOH$	16:0
	Stearik asit	$C_{17}H_{35}COOH$	18:0
	Arakinik asit	$C_{19}H_{39}COOH$	20:0
	Behenik asit	$C_{21}H_{43}COOH$	22:0
	Lignoserik asit	$C_{23}H_{47}COOH$	24:0
Doymamış Asitler	Palmitoleik asit	$C_{15}H_{29}COOH, \Delta^9$	16:1 ⁹
	Oleik asit	$C_{17}H_{33}COOH, \Delta^9$	18:1 ⁹
	Linoleik asit	$C_{17}H_{31}COOH, \Delta^{9,12}$	18:2 ^{9,12}
	Linolenik asit	$C_{17}H_{29}COOH, \Delta^{9,12,15}$	18:3 ^{9,12,15}
	Pinolenik asit	$C_{17}H_{29}COOH, \Delta^{5,9,12}$	18:3 ^{5,9,12}
	Eleostearik asit	$C_{17}H_{29}COOH, \Delta^{9,11,13}$	20:3 ^{5,11,14}

Terpenler ve Terpenoidler

Terpenler, hemen hemen tüm bitkilerde bulunan organik madde grubudur. Bitkilerin kokulu maddeleri, su buharı ile uçucu hale gelebilmekte ve bitki ham maddesinden su buharı destilasyonu ile ayrıştırılmaktadır. Bu maddelere uçucu yağlar denilmektedir. Uçucu yağlar genellikle hidrokarbonlar, alkoller, eterler, aldeitler, ketonlar ve laktonları bünyesinde bulundurmaktadır.

Bu bileşiklerin genel özelliği karbon iskeletlerinin izo-C₅ birimlerine bölünebilmesi olaydır. Bu birim izopren veya izopentan birimi olarak bilinmektedir. Terpen terimi geniş anlamda günümüzde hem hidrokarbonları hem de diğer grup bileşenleri içerisine almaktadır. Terpen terimi dar anlamda ise iki izo-C₅ taşıyan bileşiklere verilen ad olarak bilinmektedir. Şekil 12’de izopren biriminin yapısı gösterilmektedir (Hafizoğlu, 1982).



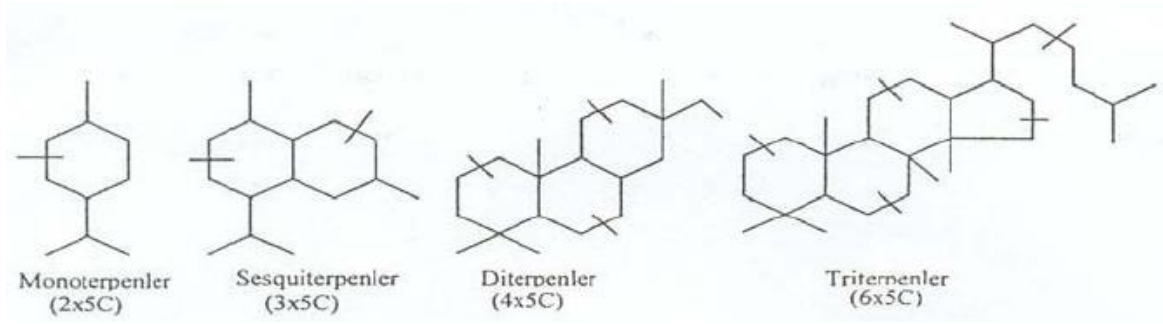
Şekil 12: İzoprenin molekül yapısı (Hafızoğlu, 1982).

Terpenler, kendisini meydana getiren, birbirine bağlı bulunan izopren birimlerinin sayısına göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Bunlar Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5: İzopren birimi sayısına göre terpenlerin sınıflandırılması (Dönmez, 2005).

İsim	İzopren Birimi Sayısı	Molekül Formülü
Hemiterpenler	1	C ₅ H ₈
Monoterpenler	2	C ₁₀ H ₁₆
Seskiterpenler	3	C ₁₅ H ₂₄
Diterpenler	4	C ₂₀ H ₃₂
Sesterpenler	5	C ₂₅ H ₄₀
Triterpenler	6	C ₃₀ H ₄₈
Tetraterpenler	8	C ₄₀ H ₆₄
Politerpenler	N	(C ₅ H ₈) _n

Monoterpenler 2 izopren birimi, seskiterpenler 3 izopren birimi, diterpenler 4 izopren birimi, sesterpenler 5 izopren birimi, triterpenler ise 6 izopren birimi içeren terpenlerdir. İzopren birimi izopren kuralına uygun birbirine bağlanmaktadır. Bu kurala göre; bir izopren biriminin kuyruk kısmı, bir diğerinin baş kısmına bağlı olmaktadır. Bu kural, 5 izopren birime kadar ve 5 izopren birimi içeren terpenler için kesinlikle geçerli olmaktadır. Bununla beraber, birçok triterpenin yapısı, iki seskiterpenin birbirine kuyruk-kuyruk şeklinde bağlanması sonucu meydana gelmiş bir formülle ile açıklanmaktadır. Bazı terpenlerin asıl yapıları, Şekil 13’de gösterilmiştir. Yapısında yalnızca hidrokarbonlar bulunduran terpenlere, terpen veya terpen hidrokarbonlar olarak isimlendirilmektedir. Yapısında oksijen bulunduran terpenlere ise terpenoidler olarak isimlendirilmektedir (Tümen, 2005).

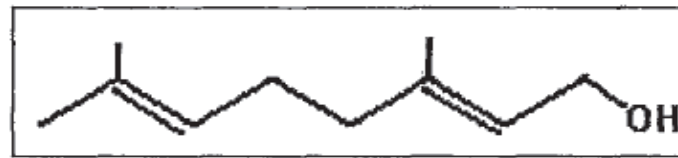


Şekil 13: Çeşitli terpenlerin temel yapıları (Tümen, 2005).

a. Hemiterpenler: Kimyasal olarak izopren yapısına sahiptirler. Doğada izole edilmiş olan birkaç tane hemiterpen mevcuttur. İzopren, kauçuk, terebentin ve diğer terpenlerin bir piroliz ürünü olduğu gibi aynı zamanda izopentanin da bir dehidrojenasyon ürünü olmaktadır. Suni kauçuk üretiminde izoprenin gittikçe artan bir şekilde kullanılmaya başlanması üzerine petrolden izopren eldesi için çeşitli yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır (Hafizoğlu, 1982).

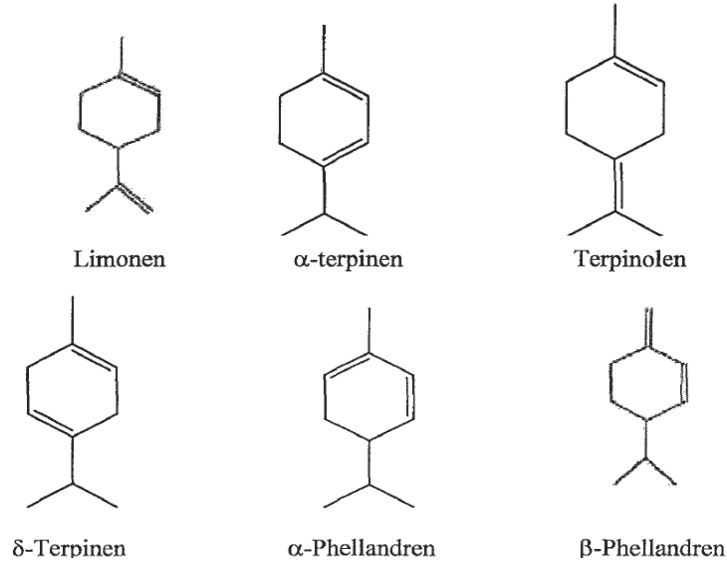
b. Monoterpenler: Hayvanlar ve bitkiler dünyasında çok geniş bir yayılım alanına sahiptir. Gelişmiş bitkilerdeki monoterpenlerin çoğu etkindir. Kapalı formülleri $C_{10}H_{16}$ şeklinde gösterilmektedir. Bazı monoterpenler, tropikal ağaçların oleoresin bileşenleri şeklindedir. Monoterpenler; asiklik monoterpenler, monosiklik monoterpenler ve bisiklik monoterpenler olarak sınıflandırılmaktadır.

1. Asiklik Monoterpenler: Açık zincirli bileşenlerdir ve grubun en önemli bileşenleri Citral a (Geranial) ve Citral b (Neral) olmaktadır. Bu monoterpenler, bazı uçucu yağlar da %80 oranında bulunmaktadır. Geranial ve neral bileşenleri çoğunlukla bir arada bulunup, ürünün çoğunlukla %90'nı geranial ve %10'unu neral oluşturmaktadır. Şekil 14'de asiklik monoterpenlerden geranialin açık formülü gösterilmektedir (Noller, 1965).



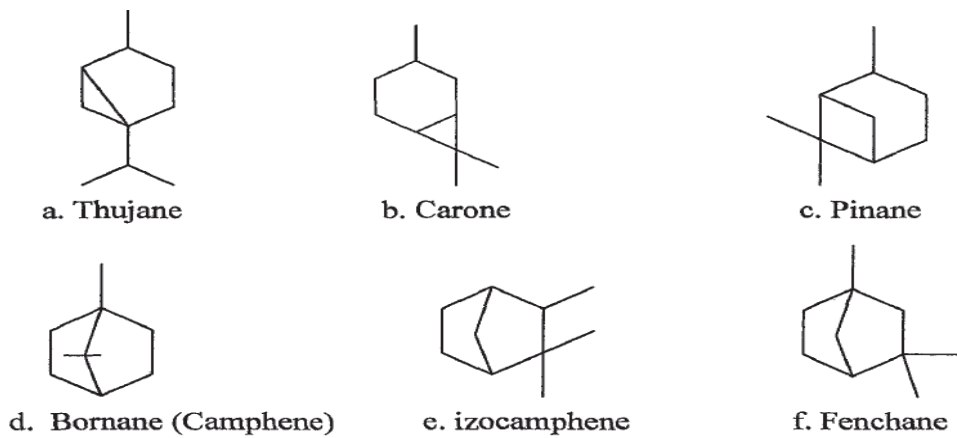
Şekil 14: Geranialin kimyasal yapısı (Noller, 1965).

2. Monosiklik Monoterpenler: Tek halkalı yapıya sahip ve monoterpenlerin çoğu bu grup içinde yer almaktadır. Uçucu yağın ana bileşenleri kapsamındadır. Bir asimetrik karbon atomu bulundurması sebebi ile hem (+) hem de (-) şekilleri vardır. Bu iki şekilleri birlikte bulandıran bileşimler dipenten olarak isimlendirilir. Monosiklik terpenler'in tamamı 1-metil-4-izopropil cycloheksan türevleridir. Şekil 15'de monosiklik monoterpenlerin yapısı gösterilmektedir (Noller, 1965).



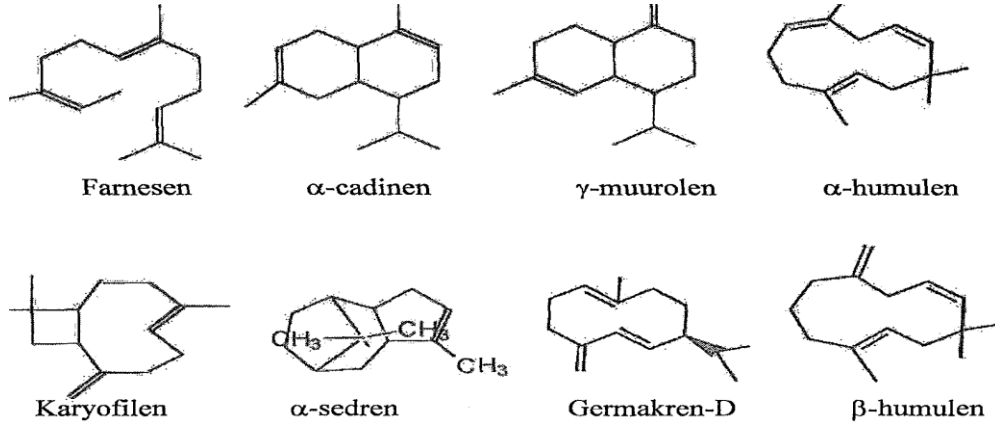
Şekil 15: Monosiklik monoterpenlerin yapısı (Noller, 1965).

3. Bisiklik Monoterpenler: Bisiklik monoterpen grubuna giren bileşenler Şekil 16'da gösterilmektedir (Hafizoğlu, 1982).



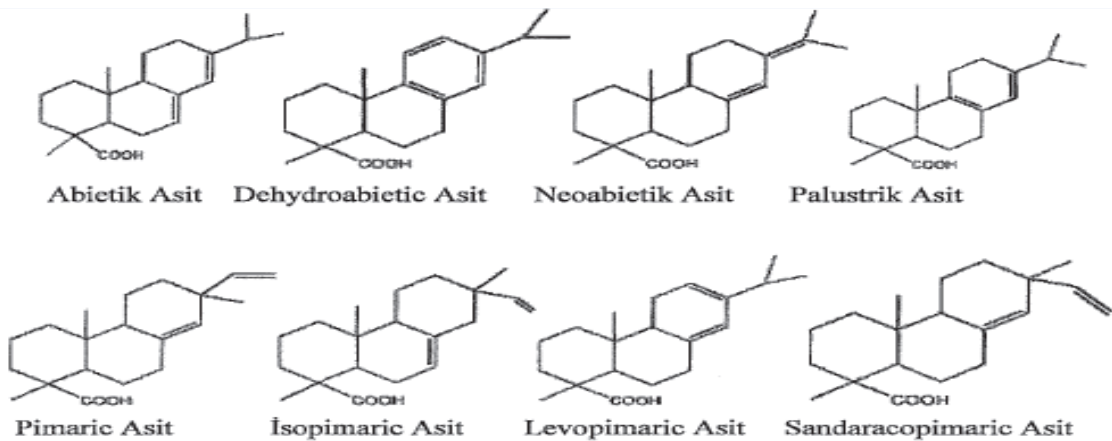
Şekil 16: Bazı monoterpenlerin yapıları (Hafizoğlu, 1982).

c. Seskiterpenler: Kapalı formülleri $C_{15}H_{24}$ ve ılıman bölgelerdeki sert odunların en yaygın bileşenleridir. Seskiterpenler; açık zincirli seskiterpenler, tek halkalı seskiterpenler, iki halkalı seskiterpenler ve üç halkalı seskiterpenler olarak sınıflandırılır. Şekil 17’de bazı seskiterpenler gösterilmiştir (Hafizoğlu, 1982).

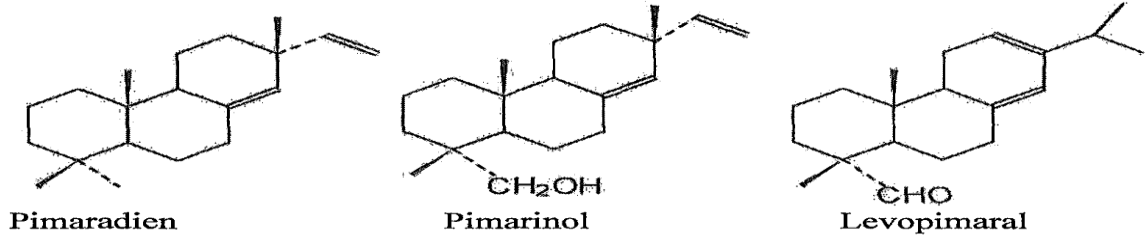


Şekil 17: Bazı sert odunlardan izole edilen seskiterpenler (Hafizoğlu, 1982).

d. Diterpenler: Kapalı formülleri $C_{20}H_{32}$ gösterilmektedir. Genellikle sert odunlarda bulunurlar. Yumuşak odunlardaki reçine asitleri şeklinde bulunurlar. Reçine asitlerinin ise; abietik asit ve pimarik asit olarak iki tipte olabilir. Reçine asitlerinin yapıları Şekil 18’de gösterilmiştir ve Şekil 19’de iğne yapraklı ağaçların yaprak ve meyvelerinde görülen bazı diterpenler gösterilmektedir (Hafizoğlu, 1983).

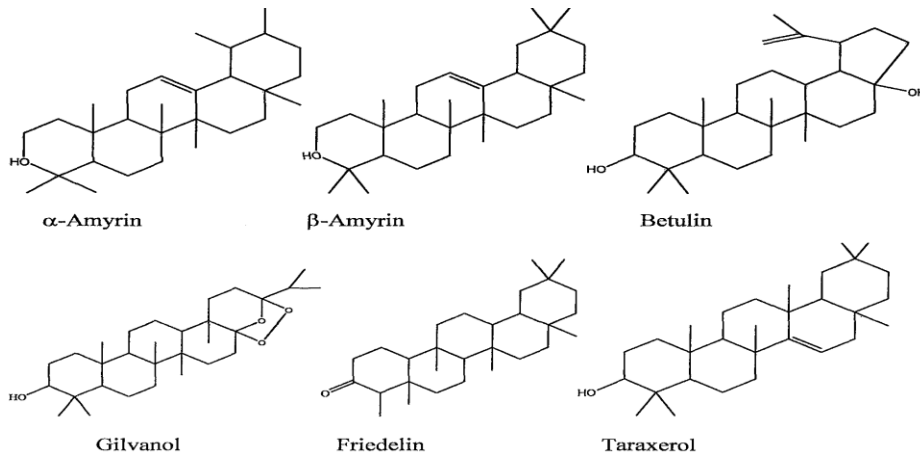


Şekil 18: Genel reçine asitleri (Hafizoğlu, 1983).



Şekil 19: İğne yapraklı ağaçların yaprak ve meyvelerinde görülen bazı diterpenler (Hafizoğlu, 1983).

e. Triterpenler: Çok farklı ağaç türleri odunlarından izole edilen, 30 karbonlu geniş bir oksijenli bileşikler grubu izopren kuralını izlemekte ve triterpenoitler veya triterpenler olarak tanınmaktadır. Bunların büyük bir kısmı alkol yapısı içerdiklerinden ve 50 hidrojen atomu taşıdığı için dihidroterpenlere karşılık gelmektedir. Bazı önemli triterpenler Şekil 20’de gösterilmiştir (Fengel ve Wegener, 1984).



Şekil 20: Bazı triterpenlerin molekül yapıları (Fengel ve Wegener, 1984).

1.5 Uçucu Yağların Özellikleri ve Elde Etme Yöntemleri

Kokulu bitkilere büyük ilgi duyulmakta ve bitkilerin yaydığı kokuları elde etmek ve korumak için büyük bir çaba sarfedilmektedir. Bu doğal kokulu bitkiler ilaç yapımında da kullanılmaktadır. 18. yüzyıldan itibaren kimya biliminin gelişmesi sentetik ilaç kullanımını ön plana çıkarmış ancak sentetik ilaçların yan etkilerinin olması nedeni ile son yıllarda doğal bitkilerden üretilen ilaçların kullanımı önem kazanmıştır.

Organik kimya biliminin gelişmesiyle birlikte tıbbi bitkiler konusunda çok sayıda bilimsel araştırma yapılmış ve etkili kimyasal maddeler birkaç gruba sınıflandırılmıştır. Bu maddelerin isimleri: glikozitler, alkaloidler, organik asitler, tanenler, vitaminler, karbonhidratlar ve uçucu yağlardır.

Katalonya'lı Arnold de Villanove 1235–1311 yılları arasında bitkilerden aromatik yağlar elde edilmesini bulan ilk Avrupalı olmuş ve yapıtı 1505 yılında Venedik'te Opera Omnia ismiyle anılmıştır. İsviçreli tıp reformisti Bombastus Paracelsus 1493–1541 yılları arasında eterik yağların (Essential oils) isim babası olmuş ve kozmetiğin temellerini atan kişi olmuştur. Her bitkinin kendi karakteristik kokusunu veren eterik yağların organik bileşenlerinin tamamının uçucu yağlar olduğunu belirlenmiştir (Acar, 1987).

Bitkisel kaynaklarla ilgili çalışmalara Mısır, İran, Çin ve Hindistan'da daha çok rastlanmaktadır. Eski Mısır'da uçucu yağların ticaretine ait kaynaklara rastlanılmış ve Firavun Tutankhamen'in mezarında hala balzamik kokusunu koruyan maddeler bulunmuştur. O çağlarda kokulu maddeler tapınaklarda yakılarak ortam kokulandırılmış ve banyolarda parfüm olarak kullanılmıştır (Acar, 1989).

Ülkemizde ise Osmanlı döneminden itibaren uçucu yağ üretimi yapılmaya başlanmıştır. Evliya Çelebinin Seyahatnamesinden yapılan alıntılarda 1611–1682 yılları arasındaki dönemde özellikle uçucu yağ olarak gül yağı üretimine büyük önem verildiği bilinmektedir.

Aromaterapi (bitkisel yağlarla tedavi) uçucu yağların yeni kullanım alanlarından biridir ve insanda yarattığı etkilerin (stresi azaltma, rahatlama, iş performansının artması, ruh halindeki düzelmeler gibi) sayesinde uçucu yağlardan yararlanma olanakları daha çok artış gösterecektir. Türkiye'deki türlerin %30'u aromatik bitkilerdir. Aromatik bitkiler uçucu yağların esas kaynakları olup yaklaşık %65'i oranında odunsu bitkilerden üretilmektedir.

1.5.1 Uçucu Yağların Özellikleri

Bitkilerden su veya su buharı destilasyonu ile elde edilen kokulu uçucu sıvılara “uçucu yağ”, “Eterik yağ” ve “Esans” denilmektedir. Uçucu yağlar, aromatik bitkilerden veya bitkisel droglardan çeşitli yöntemlerle elde edilen, oda sıcaklığında sıvı halde olan, kendine

has kokusu, tadı, rengi ve görünümü olan yağimsı karışımlardır. Uçucu yağlar bitkilerin köklerinde, kabuğunda, gövde kısmında, yapraklarında, tohumlarında, meyvelerinde ve çiçek kısımlarında bulunurlar. Uçucu yağlar, bitkilerin yaşam sıvılarıdır ve onları bakterilerden ve virüsel etkilerden korumak, oksijeni gerekli yerlere taşıma görevi yapmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerde, uçucu yağların elde edilmesi, kullanılması ve tüketilmesinde büyük bir artış olmaktadır. Uçucu yağları tüketen ve kullanan ülkelerin en önemlileri gelişmişliklerini tamamlayan ABD, Avrupa ülkeleri, Kanadan ve Japonya'dır. Uçucu yağın bu ülkelerde üretimi modern yöntemlerle yapılmakta ve kalitesi yüksek olmaktadır. Ülkemizde ise uçucu yağların üretiminde kullanılan teknoloji eski olduğundan kalitesi düşük uçucu yağ elde edilmektedir.

Tropik ve subtropik iklimli bölgelerde bulunan bitkilerin çoğu bünyesinde uçucu yağ içermektedir. Ülkemizide içine alan Akdeniz bölgesi ise uçucu yağ taşıyan bitki türleri bakımından en zengin bölgelerden biridir. Türkiye'de ise Ege ve Akdeniz bölgesi uçucu yağ elde edilen bitki türleri bakımından zengindir. Fakat Batı Karadeniz bölgesi de mikroiklim özellikleri nedeni ile uçucu yağ içeren farklı bitkiler bakımından zengindir.

Uçucu yağların geneli çok sayıda bileşiğin karışımından meydana gelmiştir. Genellikle hidrokarbonlar ve oksijenli hidrokarbon türevlerinden meydana gelmişlerdir. Uçucu yağların çoğu terpenoit kökenlidir fakat az bir kısımda aromatik benzen türevleri ve terpenlerle karışım halindedir.

Uçucu yağlardaki bileşikler dört grup ayılır: terpenik maddeler, aromatik maddeler, düz zincirli hidrokarbonlar ve azot taşıyan bileşikler. Uçucu yağları %90 oranında terpenik maddeler oluşturur. Terpenlerin oksitlenmesi ile meydana gelen oksijenli türevler uçucu yağın kendisine has kokusunu, tadını ve terapik özelliğini oluştururlar (Öztürk ve Pirdal, 1990; Ceylan, 1996).

Uçucu yağlar, genelde oda sıcaklığında sıvı halde bulunurlar. Bulunduğu sıcaklığa göre katı ve yarı katı durumda da olabilirler. Saf alkolde, katı veya sıvı yağlarda çözünür ancak suda çözünmezler. Havayla temas halinde hiçbir yağ kalıntısı kalmadan tamamen buharlaşırlar (Lawless, 1992).

Uçucu yağlar, endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir. Gıda sektörü, parfümer ve temizlik maddeleri endüstrisi ve ilaç endüstrisinde kullanılmaktadır. Uçucu yağların antimikrobiyal, antioksidatif, renk verme ve lezzet verme gibi özellikleri de mevcuttur. Uçucu yağ özleri, elde edildikleri bitkilerin yapısına göre insan vücudunda iyileştirici etkiyede sahiptir. Terapide kullanılan uçucu yağların kullanımı mevcuttur. Uçucu yağlar doğal ürünlerdir.

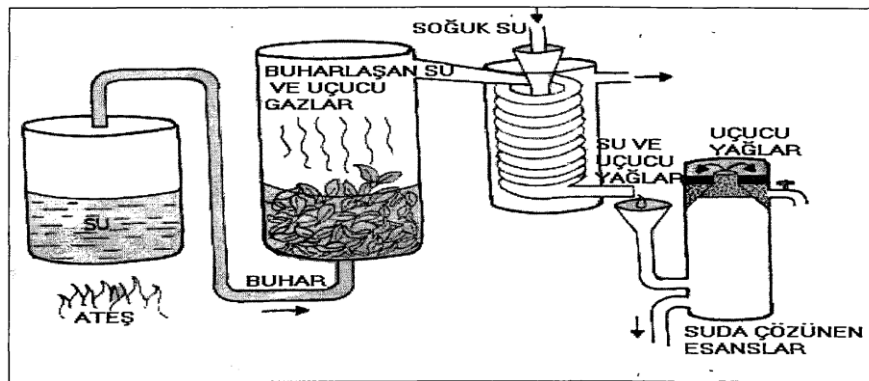
1.5.2 Uçucu Yağların Üretim Yöntemleri

Uçucu yağ üretim yöntemleri genel olarak;

- Destilasyon,
- Mekanik Yöntem (Presleme),
- Ekstraksiyon yoluyla uçucu yağ eldesi

gibi ana başlıklar altında toplamak mümkündür.

Ülkemizde en fazla kullanılan yöntem destilasyondur. Destilasyon, sıvıların ısı yardımı ile buhar haline dönüştürülmesi ve su buharının da tekrar bitki kökenli bileşenlerle yoğunlaştırılarak sıvı haline dönüşmesine denir (Şekil 21). Üretim yöntemi seçilirken genellikle uçucu yağın ısı ve su etkilerine duyarlılığı, uçuculuğu ve sudaki çözünürlüğü gibi özellikler göz önünde bulundurulur.



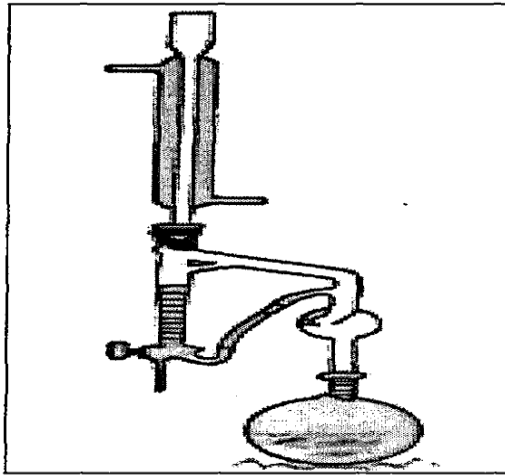
Şekil 21: Günümüzde uygulanan şekliyle buhar destilasyonu (Yazıcı, 2002).

1.5.2.1 Destilasyon

Sabit basınç altında kaynatılan bir sıvı karışım üzerinde oluşan buharın soğutucudan geçirilerek yoğunlaştırıldığı işleme destilasyon adı verilir. Bu yöntem ucuz ve kolay olup uçucu yağı kolaylıkla çözünebilen türlerde uygulanır.

Bu yöntemde kullanılacak bitkisel hammaddelerden çiçekler doğrudan, tohumlar için öğütülerek ve yapraklar koparma işlemi uygulanarak kullanılır. Günümüzde laboratuvar da uygulanan üç distilasyon yöntemi vardır (Karaca, 1992).

- **Su Destilasyonu:** Materyal su içine tamamen batırılarak alttan verilen ısı ve sıcak suyla doğrudan temasla uçucu yağ buharlaştırılarak soğutucuda yoğunlaştırılarak bir kaptaki birikir. Bu düzenek Şekil 22’de gösterilmektedir.

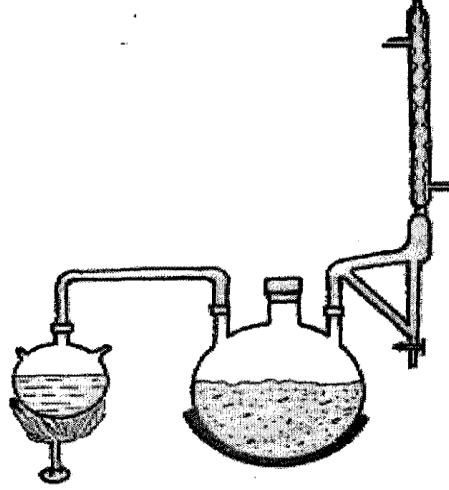


Şekil 22: Uçucu yağ eldesinde kullanılan su destilasyonu düzeneği (Yazıcı, 2002).

Bir su destilasyon düzeneği kurulurken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bu hususlar; balon içerisine konan madde direkt olarak su ile temas edeceğinden dolayı ani sıçrama ve patlama karşı dikkatli olmak ve kaynama işlemini hızlandırmak amacı ile balon içerisine kaynama taşı atılmasıdır (Deligöz, 1996).

- **Su ve Buharı Destilasyonu:** Materyal direk buharla temas ettirmektedir. Su buharı bir başka üniteye elde edilerek materyalin bulunduğu kısma gönderilir (Şekil 23). Bu yöntemde su seviyesi bitkisel maddenin

yerleştirildiği delikli ızgara yada kazanın tabanı üzerine monte edilmiş bölgenin altında tutulmaktadır. Su ısıtılarak düşük basınçlı doygun buhar haline getirilir ve bitkisel materyalin içinden geçirilerek uçucu yağ alınır ve bitkisel madde sadece buharla temas etmektedir (Guenther, 1967).



Şekil 23: Uçucu yağ eldesin de kullanılan su-buhar destilasyonu düzeneği (Yazıcı, 2002).

- **Buhar Destilasyonu:** Bir tank içerisine yerleştirilmiş bitki yatağından kızgın buhar geçirilerek uçucu yağların elde edildiği yöntemdir. Bu yöntem su ile karışmayan sıvıların kendi kaynama noktalarından daha düşük sıcaklıkta damıtılmaları için kullanılmaktadır. Buhar destilasyonunda yağ verimi oldukça yüksek ve yağ kalitesi iyidir.

Bu yöntemle kaliteli uçucu yağ üretilmekte ve sadece taze materyale uygulanmaktadır. Üretilen uçucu yağlar kurutularak, filtrelenerek veya santifüjlenerek kaliteleri yükseltilir. Serin, kuru ve karanlık yerlerde muhafaza altına alınmaktadırlar.

1.5.2.2 Mekanik Yöntem (Presleme)

Bu yöntem bitkisel maddelere basınç uygulanarak olmaktadır. Üretilen uçucu yağlar, dekantasyon, filtrasyon veya santrifüjle sudan ayrılmaktadır. Yöntemin avantajı uçucu yağın tat ve kokusunun herhangi bir değişime uğramamasıdır.

1.5.2.3 Ekstraksiyon Yoluyla Uçucu Yağ Eldesi

Bazı bitkilerin uçucu yağları su buharının yüksek ısıyla bozulabilir ve bazı bitkilerin uçucu yağı çok az olduğundan bunları destilasyonla yöntemiyle üretmek çok zordur. Bu durumda ekstraksiyon metodu uygulanır. Bu yöntem de uçucu yağlar çözücüler yardımıyla bitkiden alınır. Daha sonra çözücüye geçen uçucu yağ distilasyon yoluyla çözücüden ayrıştırılır (Ceylan, 1996).

1.5.3 Uçucu Yağların Analizi

Uçucu yağların analizleri yapılırken, uçucu yağ kalitesinin değerlendirilmesi ve uçucu yağdaki bileşenlerin tanımlanması şeklinde iki amaç hedeflenir.

Uçucu yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanması oldukça önemlidir. Uçucu yağların analiz teknikleri fizikokimyasal yöntemlere dayanır ve iki temel amacı ortaya koyar. Farklı bileşenleri miktar bakımından ayırmak (kromatografi) ve ayrılmış bileşenlerin miktarlarını saptamaktır (UV, IR, NMR ve kütle spektroskopisi). Bugün için önerilen yöntemler, kapiler kolon gaz kromatografisi (GC) ve yüksek performans kromatografisidir (HPLC).

Eterik yağların en önemli fiziksel özellikleri, özgül ağırlık, optik çevirme, kırılma indisi, erime, donma ve kaynama noktası, renk ve çözünürlüktür. Kimyasal özellikleri ise asit ve sabunlaşma indisi, ester içeriği, toplam alkol, aldehit ve keton içeriğidir. Eterik yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerine bakılarak saflık dereceleri ve kaliteleri saptanır (Yazıcı, 2002).

1.6 Karaçam Odununun Kullanı Alanları

Karaçam türünün çok dayanıklı, kolay işlenebilen, ince tekstürlü, çok iyi cila kabul eden hoş kokulu odunu vardır. Odununun diri kısmı açık renkli ve özodunu koyu renkli olup dekoratifte tercih edilmektedir. Dış etkilerden fazla zarar görmediği ve uzun yıllar sağlam kalabildiği için demiryolu traverslerinde kullanılmaktadır. Uzun süre suya karşı dayanma özelliğine sahip olması nedeniyle su ve toprak altı yapılarında kullanılmaktadır. Bunların dışında tel - maden direği, çit kazığı, köprü ve kirış aksamı, kaldırım parkeleri, ağaç

borular, gemi taşıtları yapımında, bina inşaatı, iç dekorasyon, mobilya, kuru madde ambalaj fiçileri, tarım aletleri, karoser - vagon - spor malzemeleri ve uçak yapımında kullanılmaktadır.

Odunundaki lif yapısı nedeniyle odun hamuru, yonga levha, lif levha ve selüloz üretiminde en çok tercih edilen türlerin başında gelmektedir.

1.7 Odun Dışı Orman Ürünlerinin Tanımı

Artan nüfus ve sanayileşme ile birlikte doğal kaynaklara duyulan ihtiyaç her geçen gün daha da artmakta ve insanları bu kaynaklardan iyi bir şekilde yararlanma olanaklarını araştırmaya sevk etmektedir. Ülkemiz bu doğal kaynaklar bakımından oldukça zengindir. Yapılan çalışmalarla giderek artan flora sayımız bugün yaklaşık 10.000'lere ulaşmıştır. Bunlardan %33'ü endemiktir (Davis, 1965-1988). Bitkisel kaynaklardan faydalanmada da öncelikle flora elemanlarının tanınması, floristik listelerinin oluşturulması ve kullanılabilir özelliklerinin saptanması gerekmektedir.

Orman Genel Müdürlüğü'nün (OGM) Orman Tali Ürünlerinin Üretim ve Satış Esasları adlı 283 no'lu tebliğinde ise ODOÜ "Bazı orman ağaç ve ağaççıklarının gövdelerine tekniğine uygun metotla yara açmak suretiyle elde olunan reçine, sıgla yağı gibi balzamik yağlar, defne, okaliptus gibi ağaç ve ağaççıkların yaprakları, mazı, palamut, sumak, mahlep, menengiç, çamfıstığı gibi meyvelerle bazı ağaç ve ağaççıkların gövde kabukları, ince dal ve sürgünleri ile gerek orman altı florayı teşkil eden gerekse orman rejimine giren sahalarda yayılış gösteren kekik, adaçayı, eğrelti otu, nane, pelin otu, hardal gibi ağaççık, çalı, çalimsı görünüşteki bitkiler ile otsu, rizomlu, yumrulu ve soğanlı bitkiler orman tali ürünleridir. " olarak adlandırılmaktadır (OGM, 1995).

Türkiye'de 1986-1995 yılları arasında Erdem Yeşilada tarafından Anadolu'da 55 ilin 160 köyünde yapılan bir araştırma ile geleneksel olarak kullanılan tıbbi bitkiler belirlenmiştir. Bu araştırmanın sonunda bir data bank oluşturulmuştur (TUHİB-Türk Halk İlaçları Bilgi Bankası). TUHİB'e göre halk tarafından doğadan toplanan veya yetiştirilerek kullanılan tıbbi bitki sayısı 1011 olarak belirlenmiştir.

Son yıllarda odun üretiminden daha çok odun dışı orman ürünleri üretilmektedir. Ancak son yıllarda bu eğilimin değişmekte olduğu açıkça görülmektedir. Orman Genel Müdürlüğü önemli odun dışı ürünlerin uygun bir şekilde elde edilmesi, kullanılması ve devamlılığını sağlamak için çalışmalar yapmaktadır.

1.7.1 Odun Dışı Bitkisel Ürünlerden Faydalanma Şekilleri

İnsanların, çevresindeki bitkilerden yararlanması, insanlık tarihi kadar eskidir. Yaşamın başlangıcından itibaren insanlar bitkileri; gıda, yakacak, silah, mesken yapımında ve hastalıklara karşı kullanılmaktadır.

Bitkisel ilaçların yan etkilerinin olmaması ya da çok az olması, bitkisel etken maddelere karşı mikropların dayanıklı ırklar oluşturmaması, bitkisel maddelerin sentetik ilaçların başlangıç maddesi olması ve sentetik ilaçlara model oluşturması, kullanıldıktan sonra vücutta birikmemesi ve toksik zararlı etki oluşturmaması, özellikle yaşlı vücutların sentetik ilaçlara nazaran daha yüksek oranda olumlu tepki vermeleri gibi yararlılardan dolayı günümüzde tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve tüketilmesinde hızlı bir artış göstermektedir.

1.7.2.1 Tıbbi ve Aromatik Bitkiler

Tıbbi bitkiler ile tedavi bizim bir kültürümüzdür. Türkiye'nin tıbbi bitki ihracatında ABD değer olarak %49, miktar olarak %63 pay ile ön sırayı almaktadır. ABD'nin toplam bitki ithalatında ise, miktar yönünden Türkiye Çin'den sonra ikinci sırada bulunmaktadır.

Son yıllarda bitkilerle tedavi ve doğal ürünlerin daha verimli kullanılması sebebiyle ihracat listelerine yeni tıbbi bitki türleri de girmiş ve buna bağlı olarak da ihracat miktarları artmıştır.

Boya Bitkileri

Bitkisel kökenli doğal boyar maddeler pek çok bitkinin kabuk, kök, tohum, meyve, yaprak ve çekirdek gibi kısımlarından elde edilen doğal boyar maddelerdir. Günümüzde ilaç, gıda ve kozmetik hammaddelerinin hazırlanmasında sentetik boya bileşiklerinin yerine doğal

kaynaklardan üretilen bileşiklerin kullanılması yönünde artış gözlenmektedir. Bu artışın en önemli nedenleri; sentetik maddelerin insan sağlığı için zararlı olmaları, kumaşların doğrudan cilde teması sonucunda alerjiye neden olmalarının yanı sıra, suda parçalanmamaları, atık suların çevreyi kirletmeleri ve kullanılan maddeleri depolama güçlükleri gibi çevre için zararlı etkilerinin olmasıdır (Kırıcı, 1998).

Parfüm Bitkileri

Parfüm bitkileri, uçucu yağların parfüm yapımında kullanılan ham maddesini oluşturan hoş kokulu bitkilerdir. Bazı ülkelerde bitkisel parfüm endüstrisi çok gelişme göstermektedir. Bu ülkelerin başında Fransa, Türkiye ve Bulgaristan gelmektedir. Gülyağı sanayi özellikle Türkiye ve Bulgaristan'da çok gelişmiştir. Parfümlü bitkiler üretiminde İtalya'da önemli bir yere sahiptir. Parfüm endüstrisinde güllerden başka yasemin, lavanta, kekik, biberiye, turunç, menekşe, bergamot, akasya, mersin, dikenli çöğen, limon, nane gibi bitkilerden de yararlanılmaktadır. Yeteri kadar uçucu yağ üretebilmek için şüphesiz çok miktarda bitkiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bir kilo gül yağı çıkarabilmek için 2000-5000 kilo arasında taç yaprağı kullanılmaktadır.

1.7.2.2 Dekoratif ve Süs Bitkileri

Bazı bitkiler park, bahçe ve dekoratif süslemede kullanılmaktadır. Bunlar bazıları: akasya, atkestanesi, ayı fındığı, gül, gülhatmi, morsalkım, menekşe, karanfil, nergis, beyaz papatya, siklamen, şakayık, şebboy, zambak'tır. Ayrıca, hastalık ve zararlılara karşı andız, ardıç, gam katranı, boynuzlu gelincik, çam sakızı ve reçine kullanılmaktadır.

Bitkilerin geniş kullanım alanlarına sahip olmasına rağmen sınırlayıcı bazı durumlarda sınırlanmaktadır. Özellikle tıbbi bitkilerin bir kaçı belirli bir miktardan daha fazla kullanılması durumunda zehirlenmelere sebep olabilir. Bu bakımdan bu bitkilerin gıda olarak kullanımında araştırmalara uygunluğuna bakılarak kullanılmalıdır. Zira zaman zaman ölümle sonuçlanan durumlarla karşılaşmaktadır (Fakir vd., 2008).

1.8 Literatür Özeti

Önal (1995), bazı uyarıcı kimyasal maddelerle karaçamdan reçine üretiminde en uygun sonucu asit pasta metodunun verdiğini, kerestesi değerli olan karaçamların bu maksatla kullanılmasının ekonomik olamayacağını bildirmiştir.

Bulgaristanın Gabra ormanlarında yetişen karaçam odununun kağıt üretimine uygun olduğu bildirilmiştir (Nedelchev, 1987).

Uçar (1995), *P. nigra* var. *pallasiana* ve *pyramidata* ile ilgili yaptığı çalışmada lignin içeriklerinin iğne yapraklı ağaç türlerinde beklenenden daha düşük olduğunu belirlemiştir. Özellikle ekstraktif bileşenler açısından incelenen örneklerde çoğu bileşiğin yağ ve reçine asitlerinden oluştuğu, özellikle var. *pyramidata* 'nın reçine asitleri açısından daha zengin olduğu ve yine bu varyetede, *abietin pimarini* tipindeki asitlerin oranının var. *pallasiana* 'ya göre farklı olduğu saptanmıştır.

Orta Anadolu'nun 3 yöresinden alınan 7 popülasyona ait *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* 'ya ait 3 yaşındaki fidanlar popülasyonlar içinde aileler seviyesinde genetik farklılık belirlenmiş, yöre ve popülasyonlar arasında ise belirgin bir fark çıkmamış, yöre ve popülasyon kaynaklarının bu bakımdan etkilerinin önemsiz olduğu bildirilmiştir (Vurdu ve Steel, 1998).

Basınç altında Cu-Cr-As ve kreozot ile emprenye edilen karaçam odununda suda çözünen emprenye maddesi ve odun rutubetinin yüksek olması emprenye maddesi absorpsiyonunu azaltmıştır (Schedl, 1973).

F-Cr-As fenolü içeren Osmosar ile emprenye edilen (firça ile sürme ve daldırma) karaçam tel direklerinin kullanım ömrü 3 yıldan 22 yıla çıkmıştır (Foster, 1975).

Karaçamdan elde edilen kağıtların kalite özelliklerinin 40-50 yaşlarında en yüksek değere ulaştığı bildirilmiştir (Halupane ve Szonyi, 1974).

Karaçamın dal ve yapraklarından hidroliz yöntemi ile elde edilen uçucu yağ miktarlarının bitkideki bulunış yeri ve coğrafik orjin ile değiştiği belirlenmiştir. Dal örneklerine ait

uçucu yağların başlıca bileşenleri %54,58-%74,63 ile α -pinen, yaprak örneklerinin ise %11,52-%35,14 α -pinen olarak bildirmiştir (Vidrich vd., 1996).

Pinus nigra subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* ve *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*'nın odunu ekstraktiflerinin genellikle yağ ve reçine asitlerinden ibaret olduğu bildirilmiştir (Uçar ve Fengel, 1995).

Yeni Zelanda'da ithal ve yerli tohumlardan üretilen karaçamların odun özellikleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Odun yoğunluğu, diğer egzotik türlerden daha büyük olmak üzere yükseklik ve enlem derecesinin artmasıyla azalmıştır. Reçine miktarı, özellikle gövdenin %20'den fazlasını oluşturan öz odununda fazla çıkmıştır (Cown, 1974).

Bulgaristan'da dört farklı bölgede, doğal meşcerelerde yetişen karaçam diri odunlarının çalışma miktarları denenmiştir. Yetiştirme yerinin çalışma üzerine etkili olduğu, odun yoğunluğu ve yıllık halka genişliğinin ise bu bakımdan etkili olmadıkları belirtilmiştir (Nedelchev, 1987).

Karaçam ve sarıçamın kabuklu ve kabuksuz kısımlarından üretilen lif levhaların teknik özellikleri arasında belirgin bir fark bulunmamıştır. Küçük dallardan üretilen levhaların mekanik özellikleri düşük çıkmıştır. Sonuç olarak karaçam odunlarının lif levha üretimine uygun olacağı belirtilmiştir (Carre, 1976).

Rafii vd. (1996) tarafından yapılan çalışmada Batı Avrupa'daki 9 bölgedeki 41 *Pinus nigra* polulasyonundaki iğne mono ve seksü terpenleri araştırılmıştır. Toplam 39 terpenoid tespit edilmiş, dominant monoterpen olarak α -pinen, dominant seksü terpen olarak da germacren-d bulunmuştur.

Rezzi vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada *Pinus nigra* subsp. *laricio* iğneleri uçucu yağları bileşimi GC ve ^{13}C -NMR ile incelenmiştir. Ana bileşenler olarak α -pinen, β -myrcen, limonen, β -caryofilen, germacren-d ve manoyl oksit bulunmuştur.

Petrakis vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada *P. sylvestris*, *P. heldreichii*, *P. peuce*, *P. pinaster* ve *P. radiata* iğnelerindeki uçucu maddelerin kimyasal bileşimi (GC-MS) ile incelenmiştir. Tespit edilen 43 bileşik içinde başlıca monoterpenlerin α -pinen ve limonen, seksü terpenlerin germacren-d ve β -caryofilen olduğu bulunmuştur.

Faldt vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, *P. sylvestris*, *P. yunanensis*, *P. armandii*, *P. tropicalis*, *P. cubensis* ve *P. caribea* odunlarındaki 23 monoterpen bileşimi karşılaştırılmıştır.

Macchioni vd. (2003) tarafından yapılan araştırmada *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster* ve *P. nigra*'nın ibre, dal ve dişi kozalak uçucu yağları bileşimi analiz edilmiştir. *Pinus pinea* örneğinin ibre, dal ve dişi kozalak kısmındaki uçucu yağların ana bileşimi limonen, *P. halepensis* örneğinin ibre, dal ve dişi kozalak kısmındaki uçucu yağların ana bileşimi α -pinen ve β -myrcen, *P. pinaster* örneğinin ibre, dal ve dişi kozalak kısmındaki uçucu yağların ana bileşimi α -pinen ve β -pinen, *P. nigra* örneğinin ibre, dal ve dişi kozalak kısmındaki uçucu yağların ana bileşimi α -pinen olarak bulunmuştur.

Uçar ve Balaban (2004) tarafından yapılan çalışmada *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* ve *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*'nın uçucu ibre ekstraktları GC-MS ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada *pallasiana* varyetesinde β -pinen oranı daha yüksek bulunurken, *pyramidata* varyetesinde germacren-d ve cadinen isomerleri daha yüksek oranda bulunmuştur.

Sarıusta (2007) tarafından yapılan çalışmada, sarıçam, karaçam ve kızılçam odununun reaksiyon odunları ile normal odunlarının anatomik yapıları karşılaştırılmıştır. Karaçam normal odununda traheid uzunluğunun 3,473 mm, genişliğinin 43,45 μ m, lümen genişliğinin 27,75 μ m ve traheid çift çeper kalınlığının 15,20 μ m olduğu belirtilmektedir. Basınç odununda ise traheid uzunluğunun 3,037 mm, genişliğinin 48,05 μ m, lümen genişliğinin 31,20 μ m ve traheid çift çeper kalınlığının 16,90 μ m olduğu da vurgulanmaktadır.

Kılıç vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de doğal olarak yetişen çam türlerinin kozalaklarının ekstraktif içeriği araştırılmıştır. Toplam lipofilik madde miktarı bakımından *Pinus brutia* (35,1 mg/g) ve *P. halepensis*'in (31,3 mg/g) en yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilirken en düşük miktarın *P. sylvestris* kozalaklarında (9,0 mg/g) olduğu belirtilmektedir. Ayrıca *P. nigra* kozalaklarında isopimaric asidin en çok bulunan diterpen reçine asidi olduğu vurgulanmaktadır.

Üstün (1967) Türkiye’den elde edilen karaçam oleorosini incelemiştir. Yapılan çalışmada, α -pinen %90,0, camphen %1,5, β -pinen %1,6, β -myrcen %1,3 ve limonen %5,6 olarak tespit edilmiştir.

Yıldırım (Hafizoğlu) ve Holmbom (1978a) Türkiye’deki *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus brutia* ve *Pinus pinea* odun ekstraktiflerinin yağ asitleri ve reçine asitlerini incelemiştir. Her dört türde de aynı asitler tespit edilmiş ve bu asitler yaklaşık olarak aynı oranlarda bulunmuştur. *Pinus nigra*’da oleik ve linoleic asit ana yağ asidi olarak tespit edilmiştir.

Hafizoğlu (1979) Türk tall yağı üzerine araştırmalar başlıklı çalışmasında, Türk tall yağının diğer tall yağları ile kıyaslandığında Türk tall yağının asit ve sabunlaşma sayısının orta değerlerde olduğunu bildirmiştir. Fakat, Türk tall yağında reçine asitlerinin en yüksek oranlarda bulunduğu belirtilmektedir. Kraft kağıt hamuru yapımında kullanılan ağaç türlerinden *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* ve *Pinus brutia*’dan çok fazla farklılık göstermemesine karşın yüksek oranlarda doymuş ve doymamış yağ asitleri ve düşük miktarlarda di- ve trienoic yağ asitleri gibi tall yağının prekursorlarının yapısında farklılık olduğunu belirtmektedir.

BÖLÜM II

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Endüstride geniş kullanıma sahip olduğu için araştırma materyali olarak seçilen Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) türünün anatomik, fiziksel ve fitokimyasal özelliklerini belirlemek üzere örnekler Karabük Yenice Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarından alınmıştır. Örnekler gelişimin en iyi olduğu güney bakıdan yaklaşık olarak 1330 m yükseklikten temin edilmiştir. Odun örneği tek ağaçtan temin edilmiştir. Odun örneği TAPPI T 257 cm-02 standardına göre ağacın kök kısmından, dal kısmından ve gövde kısmından 5 cm kalınlıkta kesitler alınmıştır. Kozalak örneği 5 ağaçtan olgunlaşma dönemi içinde taze halde olan kozalaklar toplanmıştır. İbre örneği kozalak örneklerinin alındığı ağaçlardan yeşilimsi iğne yapraklar toplanmıştır. Alınan örnekler isimlendirilerek hava geçirmez plastik poşetlere konarak laboratuara getirilmiş, derin dondurucularda muhafaza altına alınmıştır.

2.2 Anatomik Özellikleri

Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odununun anatomik özellikleri için örnekler 2x2x2 cm boyutlarında hazırlanmıştır. Elde edilen parçalar ilk işlem olarak destile su içerisinde kabın dibine çökünceye kadar kaynatılarak dokulardaki havanın dışarı çıkması ve daha kolay kesit alınması için yumuşaması sağlanmıştır. Sonra 6 hacim gliserin, 2 hacim etil alkol ve 2 hacim destile su karışımından oluşan çözeltilde 20 gün bekletilmiştir.

Odun örneklerinden “rieichert” kızaklı mikrotomunda enine yönde kesitler alınarak prepat hazırlanmıştır. Alınan kesitler %1'lik safranin ile boyanarak kırmızıya boyanması sağlanmıştır. Boyama işleminden sonra fazla boyayı gidermek için kesitler tekrar alkole batırılmıştır. Bu aşamadan sonra ilkbahar odunu ve yaz odunu traheidlerine bakılmıştır.

Traheid uzunluğu ölçümünde maserasyon yöntemi olarak klorit yöntemi kullanılmıştır (Wise ve John 1952). Bu yöntemde göre odun örnekleri kibrit çöpü şeklinde küçük parçalara

ayrılmış, 250 ml' lik erlenmayer içerisine konulmuş ve üzerine 160 ml destile su, 1,5 gr sodyum klorit (NaClO₂) ve 0,5 ml asetik asit (C₂H₄O₂) ilave edilmiştir. Erlenmayerin üzeri 50 ml' lik bir erlenmayer ile ters çevrilerek kapatılmış ve su banyosuna yerleştirilmiştir. Su banyosunun sıcaklığı 78±2 °C ayarlanarak 1 saat süreyle muamele edilmiştir ve bu işlem 5 kez tekrar edilmiştir. Erlenmayer su banyosundan çıkarıldıktan sonra buz banyosuna konularak soğutulmuştur. Soğuyan süspansiyon yıkanarak mikserde karıştırılmış ve oluşan süspansiyon buchner hunisinde filtre kâğıdıyla süzümüştür. Süzülme sırasında alkolle dehidrolize edilmiştir. Filtre kâğıdı üzerinde kalan örnekler deney tüpüne yerleştirilip üzerine gliserin ilave edilerek muhafaza edilmiştir. Sonra traheidlerden biraz alınarak preparatlar hazırlanmış ve mikroskopta ölçümleri yapılmıştır. Mikroskopta 70 adet traheid uzunluğu ölçümüştür.

2.3 Fiziksel Özellikleri

Ağaç malzemenin fiziksel özelliklerinden olan özgül kütle, hücre çeperi maddesi ve hava boşluğu oranı ilgili standartlara göre yapılmıştır.

2.3.1 Özgül Kütle

Özgül kütle tayini için TS 2471 ve TS 2472 esasına göre yapılmıştır. Özgül kütle tayini için numuneler 2x2x3 cm ebatlarında kesilerek numaralandırılmıştır.

2.3.1.1 Hava Kuru Özgül Kütle

Özgül kütle örnekleri, iklim odasında 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarında bekletilerek rutubetlerinin %12 olması sağlanmıştır. Örnekler her 3 yönde 0,01 mm duyarlılıkta ölçme yapabilen mikrometre ile ölçülerek hacimleri hesaplanmıştır. Örneklerin ağırlıkları 0,01 (g) duyarlıklı hassas terazide belirlenmiş ve aşağıdaki Eşitlik 1'den yararlanılarak hava kuru özgül kütleleri hesaplanmıştır (Örs, 1986).

$$p_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} (g / cm^3) \quad (1)$$

p_{12} = Hava kurusu özgül kütle (gr/cm^3)

M_{12} = Hava kurusu kütle (g)

V_{12} = Hava kurusu hacim (cm^3)

2.3.1.2 Tam Kuru Özgül Kütle

Tam kuru özgül kütle TS 2472 esaslarına göre belirlenmiştir. Buna göre, 2x2x3 cm boyutlarındaki deney numuneleri hassas terazide tartılarak ilk ağırlıkları (M_r) belirlenmiştir. 103 ± 2 °C sıcaklıktaki etüve yerleştirilen numune örnekleri tam kuru ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Böylece tam kuru hale gelen desikatörde soğutulduktan sonra hassas terazide tartılarak tam kuru ağırlıkları (M_0) belirlenmiştir. Tam kuru özgül kütle (p_0), Eşitlik 2'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Örs, 1986).

$$p_0 = \frac{M_0}{V_0} (g / cm^3) \quad (2)$$

p_0 = Tam kuru özgül kütle (gr/cm^3)

M_0 = Tam kuru ağırlık (gr)

V_0 = Tam kuru hacim (cm^3)

2.3.2 Hücre Duvarı Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı

Tam kuru ağırlık değerlerinden yararlanarak, tam kuru odun hacmi içerisindeki hücre duvarı maddesi Eşitlik 3'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Örs, 1986).

$$V_{\zeta} = \frac{P_0}{\rho_{\zeta}(1.5)} \times 100 \quad (3)$$

V_{ζ} = Hücre duvarı oranı (%)

ρ_0 = Tam kuru özgül kütle (gr/cm^3)

ρ_{ζ} = Hücre çeperi özgül kütle ($1.5 gr/cm^3$)

Tam kuru haldeki odunun hava boşluğu oranı Eşitlik 4'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Bozkurt, 1980).

$$b = \left(1 - \frac{p_0}{1.5}\right) \times 100 \quad (4)$$

b= Hava boşluğu oranı (%)

ρ_0 = Tam kuru özgül kütle (g/cm^3)

2.4 Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odununun kimyasal özellikleri belirlenirken Tablo 6'da gösterilen yöntemler kullanılmıştır.

Tablo 6: Kimyasal analizlerde kullanılan yöntemler.

Deney	Kullanılan Yöntem
Holoselüloz tayini	Klorit (Wise ve John 1952)
Alfa selüloz tayini	Rowell 2005
Lignin tayini	TAPPI T 222 om-02
Sıcak ve soğuk su çözünürlüğü	TAPPI T 207 om-99
%1 NaOH çözünürlüğü	TAPPI T 212 om-02
Alkol çözünürlüğü	TAPPI T 204 cm-97

2.4.1 Kimyasal Analizler İçin Örneklerin Hazırlanması

Asıl bileşenler ve çözünürlük deneylerinde kullanılacak odun örneği kök odunu, dal odunu, öz odunu ve diri odunu olarak hazırlanmıştır. Odun örnekleri Camiyanı karaçamından disk şeklinde kök kısmından, dal kısmından ve gövde kısmından alınmıştır. Gövde kısmından alından odun örneğinden öz odunu ve diri odunu kısımları ayrılmıştır. Odun örnekleri kibrit çöpü büyüklüğünde kesildikten sonra Willey değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen örnekler sarsıntılı elek üzerinde yapılan elemenden sonra 40 mesh.'lik elek üzerinden geçip, 60 mesh.'lik elek üzerinde kalan örnekler alınarak hava geçirmez plastik poşetlere konulmuştur.

Uçucu yağ analizleri ve lipofilik analizleri için deneylerde kozalak, ibre ve odun örnekleri kullanılmıştır. Kozalak deneyleri için olgun yeşilimsi kozalaklar seçilmiş olup, kozalak uçucu yağların kaybolmaması için hava geçirmez plastik poşetlere konularak laboratuara getirilmiş ve rondo'da öğütülmüştür. İbre uçucu yağ deneyleri için ise ibreler pul pul ayrılarak hava geçirmez plastik poşetlere konulmuştur. Odun deneyleri için öğütülmüş odun örnekleri kullanılmıştır. Örnekler derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

2.4.2 Rutubet Tayini

Yapılan çalışmalar esnasında kullanılacak kozalak, ibre ve odun örneklerin rutubet tayini, deneylere başlanmadan önce yapılmıştır. Örneklerin rutubet miktarının belirlenmesi TS 2471'e göre yapılmıştır. Daha önceden sabit tartıma getirilmiş porselen krozeler kullanılmıştır. Sabit tartıma getirilen porselen krozelerin ağırlığı not edildikten sonra örneklerden 5 g alınmış hassas terazide tartılarak ilk ağırlıkları (M_r) belirlenmiştir. Örnekler $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki etüve yerleştirilmiştir. Etüve yerleştirilen örnekler 12 saat tam kuru ağırlığına ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Etüveden çıkarılan örnekler desikatörde soğutulmuştur. Soğutulan örnekler hassas terazide tartılarak tam kuru ağırlıkları (M_o) belirlenmiştir. Örneklerin % rutubeti Eşitlik 5'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Ay, 1994).

$$r = \frac{M_r - M_o}{M_o} \times 100(\%) \quad (5)$$

r : Örneğin % rutubeti

M_r : Örneğin rutubetli (yaş) haldeki ağırlığı

M_o : Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı

2.4.3 Hücre Çeperi Ana Bileşenleri

2.4.3.1 Holoselüloz Tayini

Holoselüloz oranının belirlenmesinde en yaygın yöntem olan Wise ve John (1952) tarafından geliştirilen klorit yöntemi uygulanmıştır. Holoselüloz miktarını belirlemek için alkol ekstraksiyonuna uğratılmış 5 g örnek, 160 ml destile su, 1,5 g sodyum klorit

(NaClO₂) ve 10 damla (0,5 ml) buzlu asetik asitle (C₂H₄O₂) birlikte 250 ml'lik erlenmayere konulmuştur. Erlenmayerin ağzı 50 ml'lik erlenmayer ters çevrilerek kapatılmış ve su banyosuna yerleştirilmiştir. Sıcaklığı 78-80 °C de 1 saat işleme tabi tutulmuştur. İşlem sırasında arada bir erlen karıştırılmıştır. 1 saat sonunda karışıma 1,5 g sodyum klorit (NaClO₂) ve 0,5 ml buzlu asetik asit (C₂H₄O₂) ilave edilip bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Daha sonra erlendeki süspansiyon buz banyosunda soğutulmuş ve cam krozeden süzölmüştür. Kalıntı önce asetonla sonra destile su ile yıkanmış ve 103±2 °C de kurutularak tartılmıştır. Holoselüloz miktarı Eşitlik 6'dan yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{Holoselüloz} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (6)$$

A: Deney sonrası tam kuru örnek ağırlığı

B: Tam kuru örnek ağırlığı

2.4.3.2 α- Selüloz Tayini

Yapılan bu çalışmada, %17,5'lik NaOH yönteminde 2 g holoselüloz örneği alınarak 250 ml'lik beher içerisine konulmuştur. Daha sonra üzerine %17,5'lik NaOH çözeltisinden 10 ml ilave edilmiş ve 20 °C'lik su banyosuna yerleştirilmiştir. Cam bagetle karıştırılarak örneklerin hepsinin NaOH ile muamele etmesi sağlanmıştır. İlk %17,5'lik NaOH ilavesinden 5 dakika sonra 5 ml daha NaOH çözeltisi ilave edilmiş ve örnek iyice karıştırılmıştır. Bu işlem 5'er dakika 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 krozeden süzölerek 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 krozeyle dökülerek 3 dakika 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 alfa selüloz Eşitlik 7'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Rowell, 2005).

$$\%a - \text{Selüloz} = \frac{[(A/B) \times 100] \times \% \text{Holoseliuloz}}{100} \quad (7)$$

A: Deney sonrası tam kuru örnek ağırlığı

B: Tam kuru örnek ağırlığı

2.4.3.3 Lignin Tayini

Lignin oranı tayininde en çok tercih edilen “Klason Lignini” yöntemidir. Bu yöntemde sülfürik asit (H₂SO₄) karbonhidratları hidrolize ederek çözer ve aside dayanıklı olan lignin kalıntısı olarak elde edilir.

Lignin miktarı belirlenmesinde TAPPI T 222 om-02 standardına göre yapılmıştır. Lignin tayini için önce numunelerde ligninle beraber çözünmeden kalan bazı ekstraktiflerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için örneklere alkol ekstraksiyonu uygulandı. Alkol ekstraksiyonuna uğratılmış hava kurusu örneklerden 1 g alınarak bir behere konularak üzerine %72’lik sülfürik asitten (H₂SO₄) 15 ml dökülerek 12-15 °C sıcaklıkta 2 saat bekletildi. Bu sürenin sonunda beher içerisindeki örnek 1 lt’ lik erlenmayere aktararak asit konsantrasyonu %3 olacak şekilde erlendeki sıvı miktarı 560 ml olana kadar destile su ile seyreltildi. Bu karışım bir soğutucu altında 4 saat kaynatılıp sonra krozeden süzülerek sıcak saf su ile yıkanmıştır. Elde edilen kalıntı 103±2 °C’deki etüv içerisinde kurutulmuş başlangıçta kullanılan örnek ağırlığına oranla hesaplanmıştır. Lignin miktarı Eşitlik 8’den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{Lignin} = \frac{A}{B} \times 100 \quad (8)$$

A : Deney sonrası tam kuru örnek ağırlığı

B : Tam kuru örnek ağırlığı

2.4.4 Çözünürlük Deneyleri

2.4.4.1 Sıcak Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 om-99 standardına göre yapılmıştır. 250 ml' lik bir erlenmayer içerisine hava kurusu 2 g örnek konularak üzerine 100 ml destile su ilave edilmiştir. Sonra erlenmayer kaynayan sıcak su banyosuna yerleştirilmiştir. Erlenmayerler soğutucu altında 3 saat süreyle kaynayan su banyosunda tutulmuştur ve bu sürenin sonunda krozede süzülerek sıcak su ile yıkanmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde 103 ± 2 °C' de ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre alınarak soğutulmuş tartılmıştır. Çözünen madde miktarı Eşitlik 9'dan yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{Sıcak su çözünürlüğü} = \frac{K-L}{K} \times 100 \quad (9)$$

K : Ekstraksiyon öncesi tam kuru örnek ağırlığı

L : Ekstraksiyon sonrası tam kuru örnek ağırlığı

2.4.4.2 Soğuk Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 om-99 standardına göre yapılmıştır. 500 ml' lik bir beher içerisine hava kurusu 2 g örnek konularak üzerine 300 ml destile su ilave edilip 23 ± 2 °C' de 48 saat süreyle zaman zaman karıştırmak suretiyle bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda örnekler krozeden süzülerek, destile su ile yıkama yapılmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde 103 ± 2 °C' de ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre alınarak soğutulup tartılmıştır. Soğuk suda çözünen miktar Eşitlik 6'dan yararlanılarak hesaplanmıştır.

2.4.4.3 %1'lik NaOH Çözünürlüğü

TAPPI T 212 om-02 standardına göre yapılmıştır. 250 ml' lik bir erlenmayer içerisine hava kurusu 2 g örnek konularak üzerine 100 ml %1'lik sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilmiştir. Erlenmayerin ağzı 50 ml'lik erlenmayer ile ters çevrilerek kapatılmış ve kaynayan su banyosuna konmuş ve 1 saat bekletildi. Bu bekleme sürelerinde 10. 15. ve 25.

dakikalarında üç defa karıştırıldı. Bu süre sonunda darası alınmış krozede süzülerek önce 25 ml %10'luk asetik asit ($C_2H_4O_2$) ile yıkandıktan sonra sıcak su ile yıkanmıştır. Elde edilen kalıntılar etüvde 103 ± 2 °C' de ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutulduktan sonra desikatöre konularak soğutulup tartılmıştır. Çözünen madde miktarı Eşitlik 6'dan yararlanılarak hesaplanmıştır.

2.4.4.4 Alkol Çözünürlüğü

TAPPI T 204 cm-97 standardına göre yapılan bu deneyde örnek içindeki yağ, mumsu maddeler, tanen gibi maddelerin miktarı belirlenmektedir. Sokslet cihazında 300 ml etil alkol (C_2H_5OH) ile 6 saat ekstraksiyona tabi tutulan örnekler daha sonra etüvde 103 ± 2 °C' de tam kuru hale getirilip, desikatörde soğutulduktan sonra tartılmıştır. Çözünen madde miktarı Eşitlik 6'dan yararlanılarak hesaplanmıştır.

2.4.5 Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.00 paket programından yararlanılmıştır. Bu program kullanılarak kimyasal özelliklerini tespit etmek için varyans analizi uygulanmıştır. Microsoft Office 2010 paket programı kullanılarak aritmetik ortalaması ve standart sapması belirlenmiştir.

2.4.6 Uçucu Bileşenler İçin Kimyasal Yöntemler

2.4.6.1 Hidrodistilasyon

Öğütülen kozalak örneklerinden 500 g, küçük parçalara ayrılan ibre örneklerinden 300 g ve kipurit çöpü büyüklüğünde hazırlanan odun örneklerinden 500 g hassas terazide tartılarak 5000 ml'lik balona alınmış ve üzerine 3000 ml su ilave edilerek birkaç tane de kaynama taşı atılarak balon elektrikli ısıtıcıya yerleştirilmiştir. Balonun ağzına soğutucu bağlı Clevenger aparatı bağlanarak 4-5 saat süre ile ısıtılmıştır. Bu şekilde örneklerin uçucu yağları elde edilmiştir. Şekil 24'de Clevenger aparatı görülmektedir.



Şekil 24: Uçucu yağ deneylerinde kullanılan Clevenger aparatı.

Ekstraksiyon sonrası uçucu yağ verimlerin hesaplanmasında, literatürlerde iki farklı yöntemde kullanıldığı için hem gravimetrik hem de volumetrik yöntemle göre verimleri hesaplanmıştır. Volumetrik yöntem, materyalin taşıdığı az miktardaki uçucu yağın hassas bir şekilde tayin edilmesine imkân verilmesinden dolayı daha çok kullanılmaktadır. Buna göre 4-5 saat distilasyon işleminin sonunda ısıtıcı kapatılmış ve sistemin soğuması için yaklaşık 40 dakika beklenmiştir. Clevenger aparatının ölçekli bölümünde üst kısımda toplanan uçucu yağ miktarı ml cinsinden okunmuş ve rutubet değerleri önceden tespit edilmiş olan örnekte, tam kuru madde miktarına göre uçucu yağ verime % ml/100 g üzerinden hesaplanmıştır (Kalafatçılar, 2002).

Gravimetrik yöntemde ise, clevenger'da elde edilen uçucu yağ küçük bir tüpe alınmış ve uçucu yağın üzerine suyu tutması için susuz sodyum sülfat ilave edilmiştir. Suyu uzaklaştırılan uçucu yağ, daha sonra darası alınmış bir tüpe konulmuş ve ağırlığı hesaplanmıştır. Daha sonra ise rutubet değerleri önceden tespit edilmiş olan örnekte, tam kuru madde miktarına göre uçucu yağ verimi % (w/w) olarak hesaplanmıştır (Kocakulak, 1999).

2.4.6.2 Gaz Kromatografik Analizleri (GC)

Etiketli cam tüplerde bulunan uçucu yağlardan 1 µl alınarak aşağıda belirtilen analiz şartlarında gaz kromatografisine enjekte edilerek *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* türünün kozalak, ibre ve odun örneklerinde bulunan uçucu bileşenlerin tutunma indeksleri (RI) ve miktarları verilmiştir. Gaz kromatografi cihazına ait analiz şartları aşağıda verilmiştir.

Analiz şartları: GC

GC	:	SHIMADZU GC-2010
Dedektör	:	FID (Flame Ionisation Dedektör)
Kolon	:	TRB-5MS, 30 m uzunluğunda, 0.25 mm iç çap, 0.25 µm film kalınlığında kolon.
Taşıyıcı Gaz	:	Helyum
Akış Hızı	:	1.46 ml/dk
Sıcaklık Programı	:	İbre ve Kozalak örneği için= 40 °C'de 2 dk, 4 °C/dk artış ile 260 °C, 5 dk 260 °C'ye programlanmıştır. Odun örneği için= 40 °C'de 2 dk, 2 °C/dk 260 °C'ye programlanmıştır.
Enjektör Sıcaklığı	:	250 °C
Split Oranı	:	İbre örneği= 1:20 Kozalak örneği= 1:50 Odun örneği= 1:10
Enjeksiyon Miktarı	:	1 µl

2.4.6.3 Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS)

Etiketli cam tüplerde bulunan uçucu yağlardan 1 µl alınarak aşağıda belirlenen analiz şartlarında GC-MS enjekte edilerek kozalak ve ibre örneklerinde bulunan uçucu bileşenlerin tutunma indeksleri (RI) ve miktarları belirlenmiştir. Odun örneklerinde uçucu bileşenlerin miktarı belirlenmiştir.

Gaz kromatografi ile tutunma indeksleri ve miktarları belirlenen bileşiklerin tespiti Gaz kromatografi ve yüksek çözünürlüklü kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılarak yapılmıştır. Analizler aşağıdaki şartlarda gerçekleştirilmiştir.

Analiz şartları: GC-MS

Kütüphane: NIST 27, NIST 147, WILEY 7, UÇUCU BİLEŞENLER

GC-MS	:	SHIMADZU Marka QP-2010 Kütle Spektroskopisi
Dedektör	:	FID (Flame Ionisation Dedektör)
Kolon	:	TRB-5MS, 30 m uzunluğunda, 0.25 mm iç çap, 0.25 µm film kalınlığında kolon.
Taşıyıcı Gaz	:	Helyum
Akış Hızı	:	1.46 ml/dk
Sıcaklık Programı	:	İbre ve Kozalak örneği için= 40 °C'de 2 dk, 4 °C/dk artış ile 260 °C, 5 dk 260 °C'ye programlanmıştır. Odun örneği için= 40 °C'de 2 dk, 2 °C/dk 260 °C'ye programlanmıştır.
Enjektör Sıcaklığı	:	250 °C
Split Oranı	:	İbre örneği= 1:20 Kozalak örneği= 1:50 Odun örneği= 1:10
Enjeksiyon Miktarı	:	1 µl
İyonlaşma Enerjisi	:	70 eV

2.4.7 Lipofilik Ekstraktif Analizleri

Lipofilik ekstraktifleri izole edebilmek amacı ile kozalak, ibre ve odun örnekleri heksan ile ekstrakte edilmiştir. Bu işlem için, derin dondurucuda muhafaza edilen örneklerden hassas terazide 150 g kozalak örneğinden, 150 g ibre örneğinden ve 100 g odun örneğinden alınarak tartılmış ve kartuşlara konulmuştur. 500 ml'lik balona ise 300 ml n-heksan konulmuş ve 3 adet kaynama taşı atılmıştır. Daha sonra, soxhlet cihazında 14 saat boyunca çözücü olarak kullandığımız heksan ile ekstrakte edilmiştir. Şekil 25'de soxhlet cihazı gösterilmektedir.



Şekil 25: Soxhlet cihazında heksan deneyi yapımı.

İşlem sonunda balonda toplanan lipofilik ekstraktifler ve çözücü karışımı birbirinden ayırmak için döner buharlaştırıcının balonuna aktarılarak 40 °C’de ve vakum altında heksan uzaklaştırılmıştır.

Çözücü uzaklaştırıldıktan sonra balonda kalan lipofilik ekstraktifler, eter ile çözülerek belirli bir hacme (100 ml) seyreltilmiştir. Bu eterli çözeltinin belirli bir kısmı (10 ml) numunelerin içerdikleri lipofilik ekstraktif madde miktarını belirlemek amacı ile pastör pipet yardımı ile darası bilinen bir porselen krozeye aktarılmıştır. Krozedeki eter, eter uzaklaştırılmasında uzaklaştırıldıktan sonra, içinde lipofilik ekstraktiflerin bulunduğu bu kroze 103±2 °C’deki etüvde sabit tartıma gelinceye kadar tutulmuştur (Şekil 26). Bu işlem sonunda elde edilen verilerden yararlanılarak krozedeki ekstraktif madde miktarı belirlenmiş ve toplam ekstraktif miktarına oranı bilindiğinden örneklerin içerdiği toplam lipofilik ekstraktif madde miktarı (% lipofilik verimi) belirlenmiştir. Daha sonra, alınan örnek miktarı ve içerdiği rutubet miktarından yararlanılarak, toplam lipofilik ekstraktif madde miktarı, örneğin tam kuru ağırlığının % oranı şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 26: Eter uzaklaştırma.

Lipofilik bileşenleri belirlemek için sililasyon işlemi yapılmıştır. Sililasyon işlemi için, 100 ml'lik balon içindeki sabunlaşmayan fraksiyon 1 ml piridinde çözüldükten sonra, 1 hacim TMCS ve 5 hacim BSTFA içeren, 1 lt reaktif karışımı ilave edilmiştir. Daha sonra, balona bir geri soğutucu takılarak, 70 °C'deki su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Bir süre sonra su banyosundan alınan balonun içindeki karışım, başka hiçbir işlem yapılmadan, direkt olarak GC-MS analizlerinde kullanılmıştır.

2.4.7.1 Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS)

Gaz kromatografi ile miktarları belirlenen bileşiklerin tespiti gaz kromatografi ve yüksek çözünürlüklü kütle spektrometresi (GC-MS) kullanılarak yapılmıştır. Analizler aşağıdaki şartlarda gerçekleştirilmiştir.

Analiz şartları: GC-MS

GC-MS	:	HP 6890-5973 Hewlett Packard Kromatograf
Dedektör	:	TIC (Total Ion Current)
Kolon	:	HP-1, 15 m uzunluğunda, 0.25 mm iç çapı, 0.25 µm film kalınlığında kolon.
Taşıyıcı Gaz	:	Helyum
Akış Hızı	:	0.9 ml/dk
Sıcaklık Programı	:	80 °C'den 300 °C'ye dakikada 8 °C artırılarak programlanmıştır.
Enjektör Sıcaklığı	:	250 °C
Split Oranı	:	1:20
Enjeksiyon Miktarı	:	1 µl
İyonlaşma Enerjisi	:	70 eV
Library	:	MASPEC data sistemi, NIST98 ve WILEY275

BÖLÜM III

BULGULAR

3.1 Anatomik Özellikleri

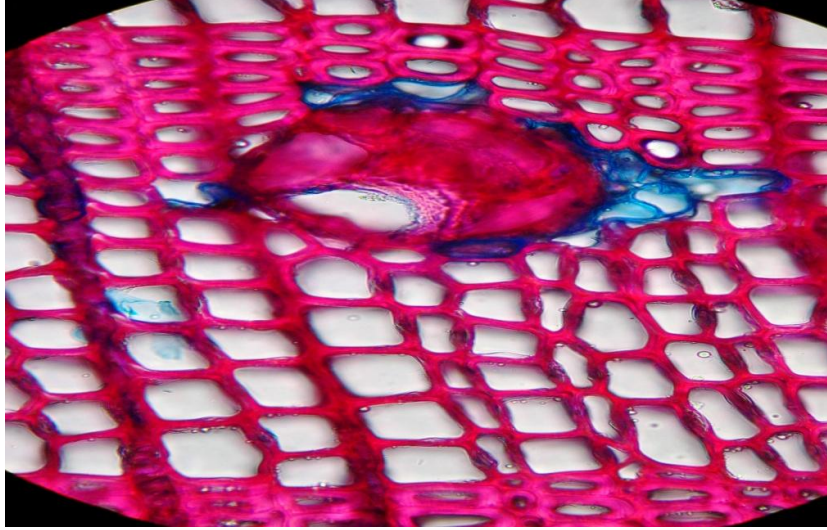
Yapılan anatomik incelemede Camiyanı karaçamı odunu enine kesitinde yaz odunu ve ilkbahar odunu traheidlerinin görünümü ve ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş yerinde oluşan reçine kanalları Şekil 27’de gösterilmiştir. Reçine kanalları genellikle tek olarak ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş bölgesinde dağılmaktadır. Nadiren yan yana dizilmiş olan reçine kanallarına da rastlanılmaktadır.



Şekil 27: Camiyanı karaçamı odununun enine kesitinde ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş yerinde oluşan reçine kanalları.

Traheidler ilkbahar ve yaz odununda farklı şekillerde görülmektedir. İlkbahar odunundaki traheidler kare şeklinde ve köşeli görünümündedir. Yaz odunu traheidleri ise radyal yönde çok basık dikdörtgen şeklindedir. Yıllık halka sınırları belirgindir.

Reçine kanalları içerisinde epitel hücrelerinin ürünü olan reçinenin birikerek aktığı ve iç tarafını bu epitel hücrelerin kapladığı silindirik şekilde kanallardır. Reçine kanallarının epitel hücreleri ince çeperlidir. Şekil 28’de oluşan reçine kanalı etrafında oluşan epitel hücreleri gösterilmiştir.



Şekil 28: Reçine kanalı etrafındaki epitel hücre oluşumu.

Camiyanı karaçamı odununda yapılan deneyler ve ölçümler sonucunda traheid uzunluğu ortalama 256864 μm bulunmuştur.

3.2 Fiziksel Özellikleri

Fiziksel özelliklerinden hava kuru özgül kütle, tam kuru özgül kütle, hücre duvarı maddesi ve hava boşluğu oranı belirlenmiştir.

3.2.1 Özgül Kütle

Camiyanı karaçamının odununa ait deney numunelerinde hava kuru özgül kütle ve tam kuru özgül kütle değerleri tespit edilmiştir.

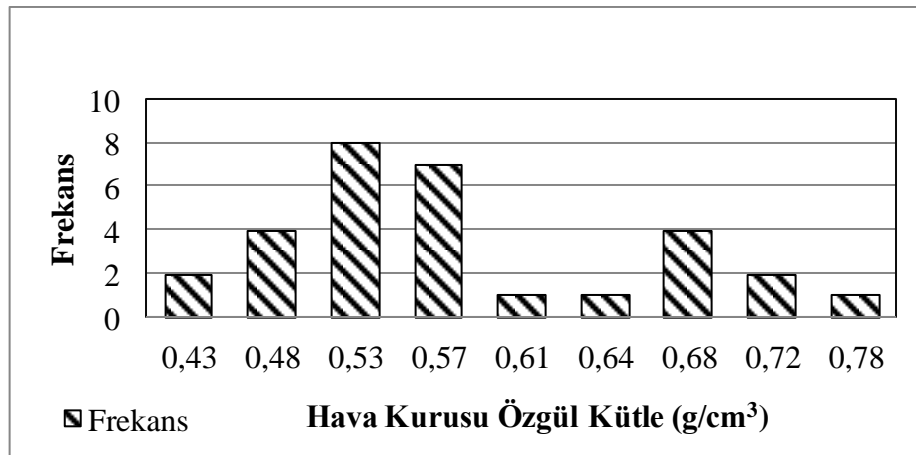
3.2.1.1 Hava Kuruşu Özgöl Kütle

Camiyanı karaçamının odununa ait yapılan hesaplamalar sonucu bulunan hava kuruşu özgöl külesinin aritmetik ortalama değeri, standart sapması, değışim aralığı ve varyasyon katsayısı Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: Camiyanı karaçamı odununun hava kuruşu özgöl kütle değeri.

	Özgöl Kütle (g/cm ³)
N	30
X	0,57
±S	0,09
R	0,78-0,43
% V	15,92

Camiyanı karaçam odununun hava kuruşu özgöl külesinin en düşük ve en yüksek değeri arasında değişimini göstermek ve değışik özgöl kütle değeri için toplam numune sayısına hangi oranlarda iştirak ettiği ve bu iştirak oranlarına dağılışını göstermek için hava kuruşu özgöl kütle varyasyon grafiği çizilmiştir. Bu maksatla, hava kuruşu özgöl kütle grupları teşkil edilerek her gruba giren numune sayısındaki yüzde iştirak oranı belirlenmiştir. Apsis ekseninde hava kuruşu özgöl kütle ve ordinat ekseninde her bir özgöl kütle basamağındaki numunelerin % iştirak oranları işaretlenerek grafik çizilmiştir (Şekil 29).



Şekil 29: Hava kuruşu özgöl kütle varyasyon grafiği.

Camiyanı karaçamı odununun en çok tekrarlanan hava kuru özgül kütle değerleri %47,85 katılım oranı 0,53 ile 0,57 g/cm³tür. Aritmetik ortalama 0,57 g/cm³ olup, en çok tekrarlanan değerlerden biridir.

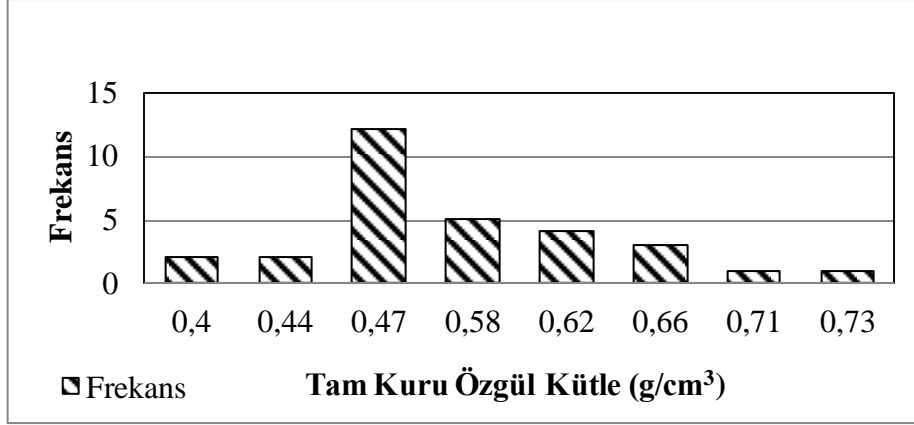
3.2.1.2 Tam Kuru Özgül Kütle

Camiyanı karaçamının odununa ait yapılan hesaplamalar sonucu bulunan tam kuru özgül kütle değerlerinin aritmetik ortalama değeri, standart sapması, değişim aralığı ve varyasyon katsayısı Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8: Camiyanı karaçamı odununun tam kuru özgül kütle değerleri (g/cm³).

	Özgül Kütle (g/cm³)
N	30
X	0,54
±S	0,09
R	0,73-0,40
% V	16,47

Camiyanı karaçam odununun tam kuru özgül kütle değerlerinin en düşük ve en yüksek değerleri arasında değişimini göstermek ve değişik tam kuru özgül kütle değerlerinin toplam numune sayısına hangi oranlarda iştirak ettiği ve bu iştirak oranlarına dağılışı için özgül kütle varyasyon grafiği çizilmiştir. Bu maksatla, tam kuru özgül kütle grupları teşkil edilerek her gruba giren numune sayısındaki yüzde iştirak oranı belirlenmiştir. Apsis ekseninde tam kuru özgül kütle ve ordinat ekseninde her bir özgül kütle basamağındaki numunelerin % iştirak oranları işaretlenerek grafik çizilmiştir (Şekil 30).



Şekil 30: Tam kuru özgül kütle varyasyon grafiği.

Camiyanı karaçamı odununun en çok tekrarlanan tam kuru özgül kütle değeri %34,98 katılım oranı 0,47 g/cm³tür. Aritmetik ortalama 0,54 g/cm³ olup, en çok tekrarlanan değerinde yer almaktadır.

3.2.2 Hücre Duvarı Maddesi ve Hava Boşluğu Oranları

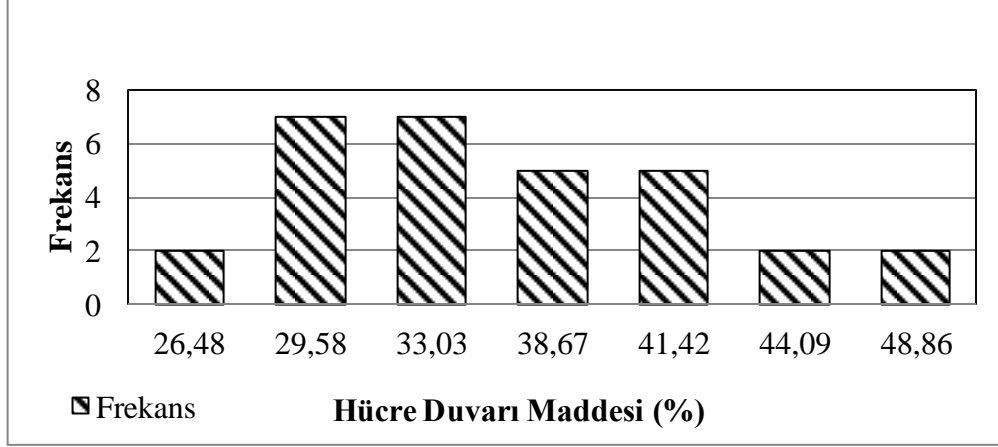
Camiyanı karaçamının odununa ait yapılan hesaplamalar sonucu bulunan hücre duvarı maddesi ve hava boşluğu oranı aritmetik ortalama değeri, standart sapması, değişim aralığı ve varyasyon katsayısı Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9: Camiyanı karaçamı odununun hücre çeperi ve hava boşluğu oranları.

	Hücre Duvarı Maddesi (%)	Hava Boşluğu Oranı (%)
N	30	30
X	36,19	63,81
±S	5,96	5,96
R	48,86-26,48	73,52-51,14
%V	16,47	9,34

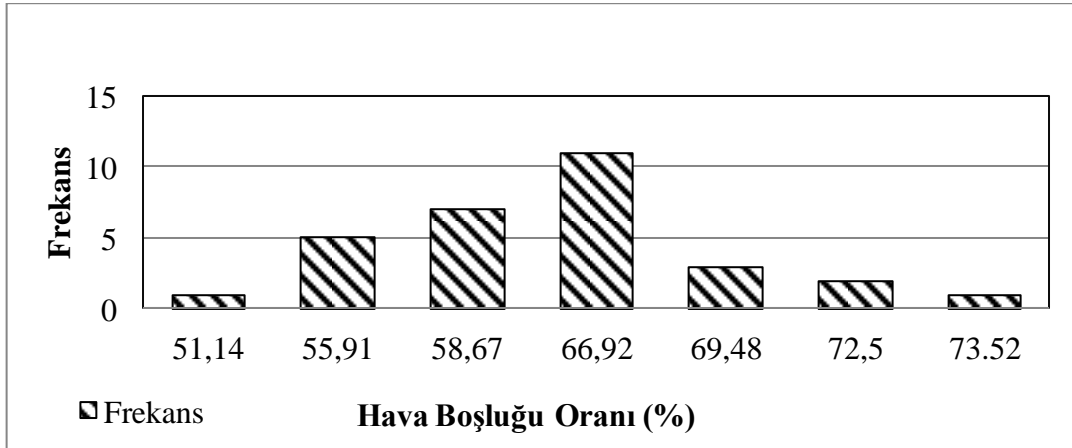
Camiyanı karaçam odununun hücre duvarı maddesi ve hava boşluğu oranının en düşük ve en yüksek değerleri arasında değişimini göstermek ve değişik hücre duvarı maddesi değerlerinin toplam numune sayısına hangi oranlarda iştirak ettiği ve bu iştirak oranlarına

dağılışı için hücre duvarı varyasyon grafiği çizilmiştir. Hücre çeperi maddesi varyasyon grafiği Şekil 31’de gösterilmiştir. Hava boşluğu oranı varyasyon grafiği Şekil 32’de gösterilmiştir.



Şekil 31 : Hücre duvarı maddesi varyasyon grafiği.

Camiyanı karaçamı odununun en çok tekrarlanan hücre duvarı maddesi değerleri %40,67 katılım oranı %29,58 ile %33,03 arasındadır. Aritmetik ortalama %36,19 olup, en çok tekrarlanan değerlerin sağında yer almaktadır.



Şekil 32: Hava boşluğu oranı varyasyon grafiği.

Camiyanı karaçamı odununun en çok tekrarlanan hava boşluğu oranı değerleri %60,21 katılım oranı %58,67 ile %66,92 arasındadır. Aritmetik ortalama %63,81 olup, en çok tekrarlanan değerler arasındadır.

3.3 Kimyasal Özellikleri

3.3.1 Rutubet Miktarı

Camiyanı karaçamı ait yapılan deneylerde kullanılan kök odunu, dal odunu, öz odunu, diri odunu, kozalak ve ibre örneklerine ait rutubet değerleri Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10: Camiyanı karaçamı türünün rutubet değerleri (%).

Camiyanı Karaçamı	Rutubet (%)
Kozalak	42,86
İbre	51,86
Kök odunu	8,33
Dal odunu	9,50
Öz odunu	10,70
Diri odunu	9,55

3.3.2 Kimyasal Analizlere Ait Bulgular

Camiyanı karaçamının kök odunu, dal odunu, öz odunu ve diri odununa uygulanan kimyasal analizlere ait bulgular Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11: Kimyasal analiz sonuçları.

Özellikler (%)	Kök Odunu	Dal Odunu	Öz Odunu	Diri Odunu
Holoselüloz oranı	72,93	78,83	74,78	77,32
α -Selüloz oranı	45,32	54,55	52,03	54,08
Lignin oranı	28,04	24,52	28,43	25,24
Sıcak su çözünürlüğü	3,14	3,08	3,83	4,12
Soğuk su çözünürlüğü	2,33	2,11	1,04	1,67
%1 NaOH çözünürlüğü	12,26	11,63	13,20	11,78
Alkol çözünürlüğü	2,24	1,96	4,17	1,48

Yapılan çalışma sonucunda, holoselüloz oranı en yüksek dal odunda çıkmıştır. α -Selüloz oranı kök odununda diğer odunlara göre %7-9 oranında düşük çıkmıştır. Lignin oranı kök ve öz odunda yüksek çıkmıştır. Sıcak su, soğuk su, %1 NaOH ve alkol çözünürlüğü incelendiğinde yaklaşık olarak eşit değerler bulunmuştur.

3.3.3 Uçucu Bileşenlere Ait Bulgular

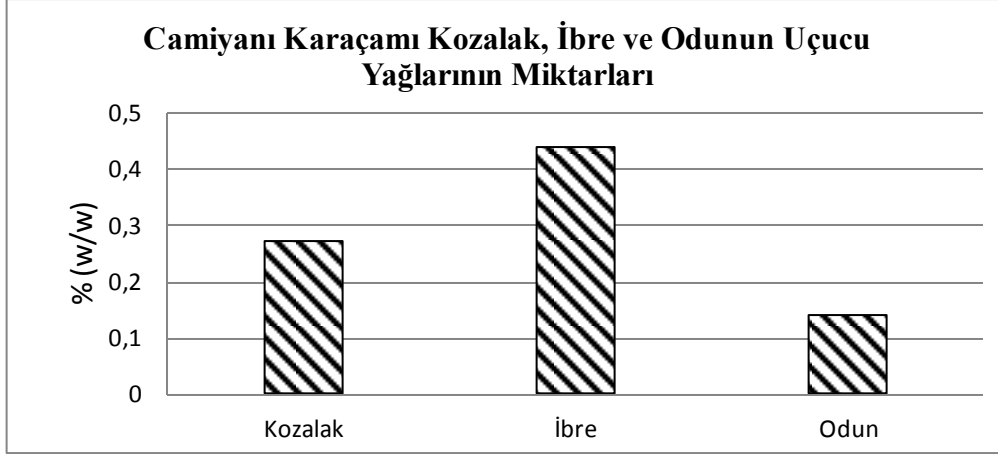
3.3.3.1 Uçucu Yağ Verimleri

Clevengarda hidrodestilasyonla elde edilen, rutubet değerleri belirlenen Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odun örneklerine ait, uçucu yağ verimleri hem gravimetrik % (w/w) hem de volumetrik olarak % (ml/100 g) hesaplanmıştır. Camiyanı karaçama ait odun, kozalak ve ibre örneklerinin gravimetrik ve volumetrik uçucu yağ verimleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12: Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odun örneklerinin uçucu yağ verimleri (%).

Camiyanı Karaçamı	Uçucu Yağ Verimi	
	% (w/w)	% (ml/100g)
Kozalak	0,27	0,38
İbre	0,44	0,46
Odun	0,14	0,09

Şekil 33’de Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odun örneklerinin, gravimetrik hesabına göre % (w/w) uçucu yağ verimlerinin karşılaştırılmalı grafiği verilmiştir.



Şekil 33: Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odunun gravimetrik yöntemle göre % (w/w) uçucu yağ verimlerinin karşılaştırılmalı grafiği.

Şekil 34'de Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odun örneklerinin, volumetrik yöntemle göre % (ml/100 g) uçucu yağ verimlerinin karşılaştırılmalı grafiği verilmiştir.



Şekil 34: Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odunun volumetrik yöntemle göre % (ml/100 gr) uçucu yağ verimlerinin karşılaştırılmalı grafiği.

3.3.3.2 Uçucu Yağ Bileşenleri

Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kozalak örneğinin uçucu yağında toplam 52 madde belirlenmiştir. Bu maddelerden 43 tanesi (%96,49) teşhis edilirken 9 tanesi (%3,51) teşhis edilememiştir. Camiyanı karaçamı kozalak uçucu bileşenlerine ait bulgular Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13: Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kozalağına ait uçucu yağ bileşenleri (%).

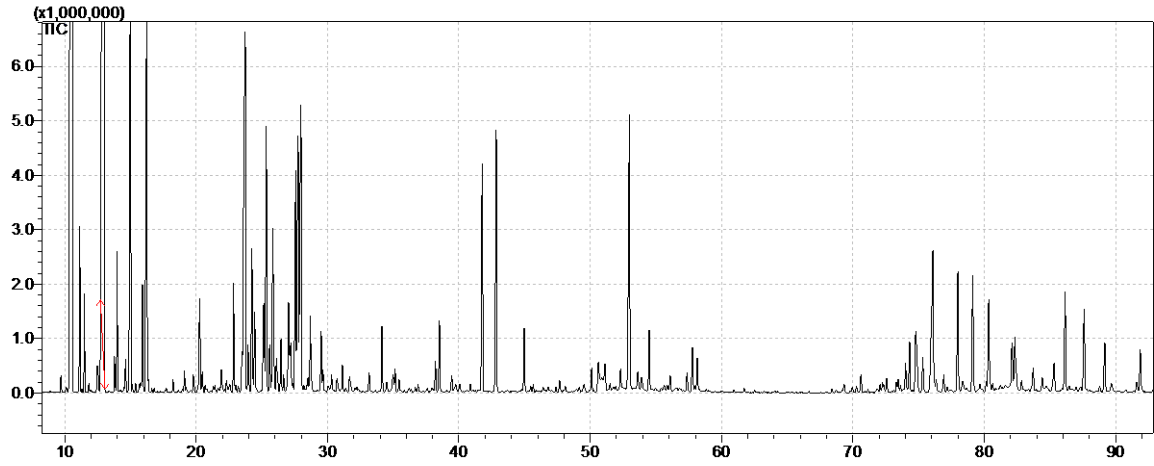
No	Bileşenler	RI*	Miktar (%)
1	Tricyclen	914	0,08
2	α -Thujen	921	0,03
3	α -Pinen	928	32,58
4	Camphen	938	0,72
5	Thuja-2,4(10)-dien	945	0,43
6	Benzaldehit	952	0,04
7	Verbenen	962	0,20
8	β -Pinen	970	32,25
9	β -Myrcen	988	0,77
10	Δ^3 -Caren	1005	4,06
11	α -Terpinen	1011	0,03
12	Limonen	1022	3,69
13	1-8-Cineol	1024	0,05
14	(E)- β -Ocimen	1045	0,02
15	γ -Terpinen	1053	0,38
16	Fenchon	1083	0,26
17	n.i	1085	0,08
18	α -Pinenoxid	1089	0,03
19	Fenchol	1106	0,10
20	α -Campholenal	1119	0,49
21	(E)-Pinocarveol	1131	4,68
22	(E)-Verbenol	1138	0,75
23	Pinocamphon	1152	0,61
24	Pinocarvon	1154	1,78
25	Borneol	1158	0,17
26	p-Mentha-1,5-dien-8-ol	1161	0,97
27	(Z)-Pinocamphon	1165	0,20
28	Terpinen-4-ol	1170	0,22
29	p-Cymen-8-ol	1181	0,18
30	α -Terpineol	1185	1,20
31	Myrtenol	1188	1,93
32	Myrtenal	1191	2,45

Tablo 13: (devam ediyor).

33	Verbenon	1201	0,45
34	(E)-Carveol	1214	0,27
35	(Z)-Carveol	1225	0,16
36	Carvon	1232	0,07
37	Carvacrolmetilether	1237	0,12
38	Bornilasetat	1280	0,24
39	(E)-Pinocarvilasetat	1295	0,20
40	n.i	1338	0,11
41	α -Terpinilasetat	1345	0,26
42	n.i	1357	0,06
43	Longifolen	1391	1,27
44	β -Caryofilen	1408	1,68
45	α -Humulen	1442	0,28
46	epi- α -Manoliloxid	1986	0,14
47	n.i	1997	0,37
48	n.i	2001	0,77
49	n.i	2041	0,60
50	n.i	2063	0,56
51	n.i	2090	0,44
52	n.i	2218	0,52

RI* : TRB-5 tipi kolon

Kozalak örneğinin uçucu yağının ana bileşenleri miktarları; α -pinen (%32,58), β -pinen (%32,25), β -myrcen (%0,77), Δ^3 -caren (%4,06), limonen (%3,69), α -terpinen (%0,03), γ -terpinen (%0,38), α -campholenal (%0,49), (E)-pinocarveol (%4,68), verbenon (%0,45), bornil asetat (%0,24), tricyclen (0,08), fenhol (0,10), camphen (%0,72) ve α -terpineol (%1,20) olarak bulunmuştur. Camiyanı karaçamı kozalak uçucu bileşenlerine ait MS kromatogramı Şekil 35'de verilmiştir.



Şekil 35: Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kozalak uçucu yağına ait MS Kromatogramı.

Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ibresinin uçucu yağında toplam 61 madde belirlenmiştir. Bu maddelerden 54 tanesi (%85,90) teşhis edilirken 7 tanesi (%14,10) teşhis edilememiştir. Camiyanı karaçamı ibresinin uçucu bileşenlerine ait bulgular Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14: Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ibresine ait uçucu yağ bileşenleri (%).

No	Bileşenler	RI*	Miktar (%)
1	Tricyclen	914	0,04
2	α -Thujen	921	0,02
3	α -Pinen	929	22,69
4	Camphen	939	0,32
5	Thuja-2,4(10)-dien	945	0,08
6	Benzaldehit	952	0,01
7	β -Pinen	969	9,36
8	β -Myrcen	989	2,12
9	α -Phellandren	999	0,06
10	Δ^3 -Caren	1004	0,24
11	α -Terpinen	1010	0,03
12	p-Cymol	1018	0,04
13	β -Phellandren	1022	1,42
14	1-8-Cineol	1024	tr
15	(Z)- β -Ocimen	1035	0,01

Tablo 14: (devam ediyor).

16	(E)- β -Ocimen	1045	0,21
17	γ -Terpinen	1052	0,05
18	α -Terpinolen	1082	0,26
19	Linalool	1097	0,22
20	Fenchol	1106	0,02
21	Borneol	1157	0,02
22	p-Mentha-1,5-dien-8-ol	1161	0,03
23	(Z)-Pinocamphon	1165	0,01
24	Terpinen-4-ol	1169	0,05
25	α -Terpineol	1185	0,59
26	Myrtenol	1190	0,07
27	Linalilasetat	1254	0,18
28	Bornilasetat	1280	0,11
29	(E)-Pinocarvilasetat	1294	0,03
30	delta-Element	1331	0,25
31	α -Longipinen	1338	0,03
32	α -Cubeben	1342	0,14
33	α -Terpinilasetat	1345	0,61
34	α -Ylangen	1367	0,48
35	α -Copaen	1374	0,08
36	β -Bourbonen	1382	0,09
37	β -Element	1385	0,22
38	Geranilasetat	1391	0,36
39	n.i	1406	0,20
40	Methyl eugenol	1413	16,43
41	β -Caryofilen	1419	0,16
42	Germacren-D	1444	2,48
43	α -Humulen	1457	0,23
44	E- β -Farnesen	1477	16,75
45	α -Selinen	1482	0,34
46	n.i	1493	0,60
47	α -Muurolen	1499	0,37
48	γ -Cadinen	1506	3,20
49	delta-Cadinen	1518	0,16

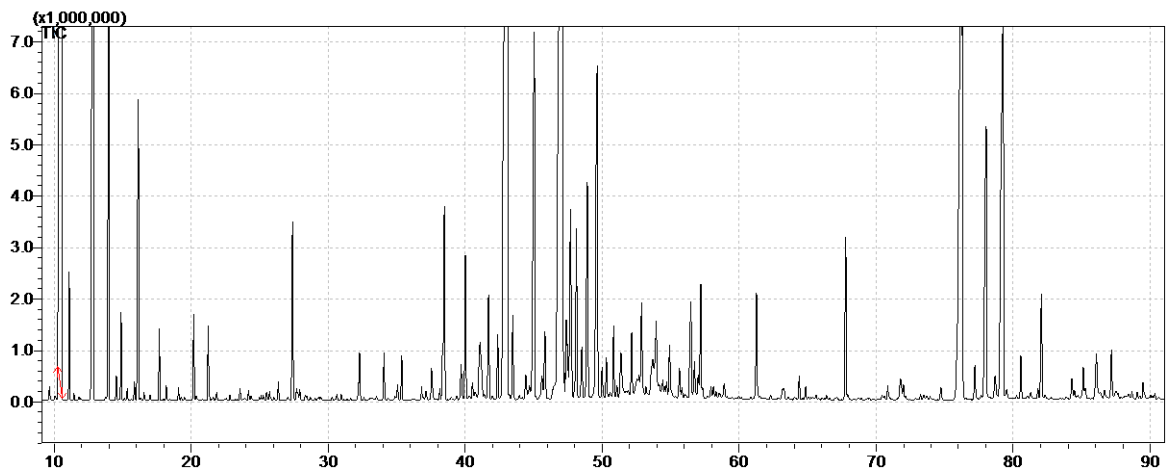
Tablo 14: (devam ediyor).

50	Cadina-1,4-dien	1529	0,11
51	(Z)- α -Bisabolen	1560	0,17
52	Nerolidol	1571	0,47
53	n.i	1590	0,17
54	n.i	1629	0,30
55	epi- α -Cadinol	1633	0,37
56	α -Cadinol	1646	0,34
57	Farnesol	1718	0,89
58	n.i	2004	8,17
59	Abietane dehydro	2043	2,07
60	n.i	2069	4,39
61	n.i	2129	0,35

RI* : TRB-5 tipi kolon

tr: <0.01 'den az

İbre örneğinin uçucu yağının ana bileşenleri miktarları; α -pinen (%22,69), β -pinen (%9,36), β -myrcen (%2,12), Δ^3 -caren (%0,24), α -terpinen (%0,03), γ -terpinen (%0,05), α -terpinolen (%0,26), α -terpineol (%0,59), bornil asetat (%0,11), tricyclen (%0,04), camphen (%0,32), α -cubeben (%0,14), α -ylangen (%0,48), α -copaen (%0,08), β -elemen (%0,22) ve farnesol (%0,89) olarak bulunmuştur. Camiyanı karaçamı ibresinin uçucu bileşenlerine ait MS kromatogramı Şekil 36'da verilmiştir.



Şekil 36: Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ibresinin uçucu yağına ait MS Kromatogramı.

Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odun örneğinin uçucu yağında toplam 52 madde belirlenmiştir. Bu maddelerden 44 tanesi (%97,12) teşhis edilirken 8 tanesi (%2,88) teşhis edilememiştir. Camiyanı karaçamı odun örneğinin uçucu bileşenlerine ait bulgular Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15: Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odununa ait uçucu yağ bileşenleri (%).

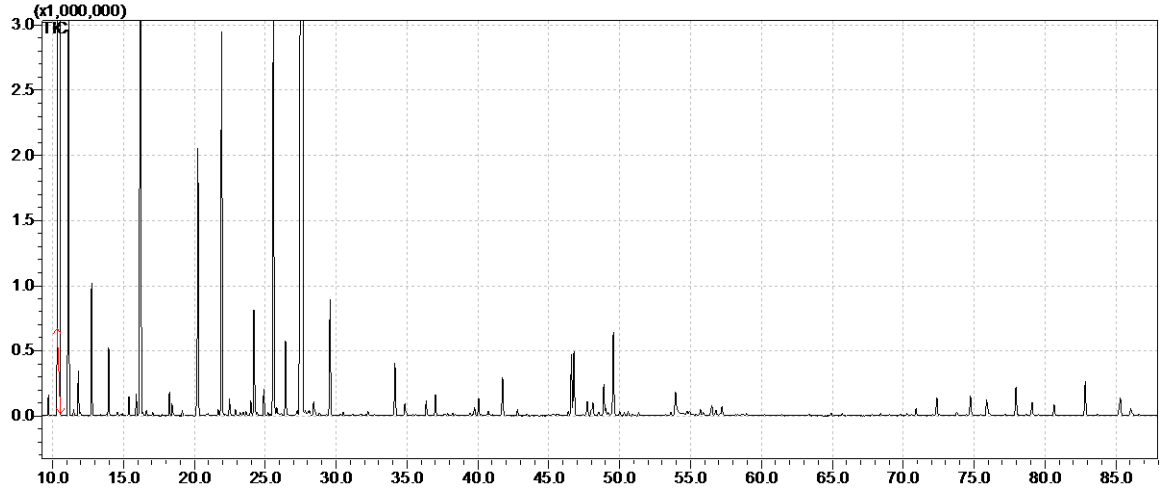
No	Bileşenler	Miktar (%)
1	Tricyclen	0,18
2	α -Pinen	32,58
3	Camphen	4,19
4	Thuja-2,4(10)-dien	0,05
5	Benzaldehit	0,37
6	β -Pinen	1,16
7	1-Octen-3-ol	0,01
8	β -Myrcen	0,61
9	α -Phellandren	0,05
10	Δ^3 -Caren	0,01
11	α -Terpinen	0,18
12	p-Cymol	0,21
13	Limonen	11,81
14	1-8-Cineol	0,05
15	(E)- β -Ocimen	0,03
16	γ -Terpinen	0,36
17	α -Terpinolen	3,00
18	Fenchol alcohol	4,36
19	p-Mentha-2-en-1-ol	0,18
20	α -Campholene aldehyde	0,07
21	(E)-Pinocarveol	0,05
22	Camphor	0,16
23	Linalool	1,27
24	n.i	0,29
25	Heptan-3-one	0,03
26	Borneol	5,28
27	p-Mentha-1,5-dien-8-ol	0,90

Tablo 15: (devam ediyor).

28	α -Terpineol	23,05
29	n.i	0,18
30	Fenchlyasetat	1,35
31	Bornilasetat	0,61
32	2,4-(E,Z)-Decadienal	0,17
33	2,4-(E,E)-Decadienal	0,17
34	Isopulegolasetat	0,24
35	α -Ylangen	0,09
36	α -Copaen	0,20
37	Isolongifolen	0,46
38	delta-Cadinen	0,73
39	Germacren-D	0,81
40	α -Amorphon	0,18
41	α -Muurolen	0,14
42	γ -Cadinen	0,38
43	n.i	1,04
44	α -Cadinol	0,65
45	n.i	0,09
46	Sandaracopimaradien	0,24
47	Phenanthren	0,26
48	Eicosane	0,24
49	n.i	0,37
50	n.i	0,13
51	n.i	0,47
52	n.i	0,31

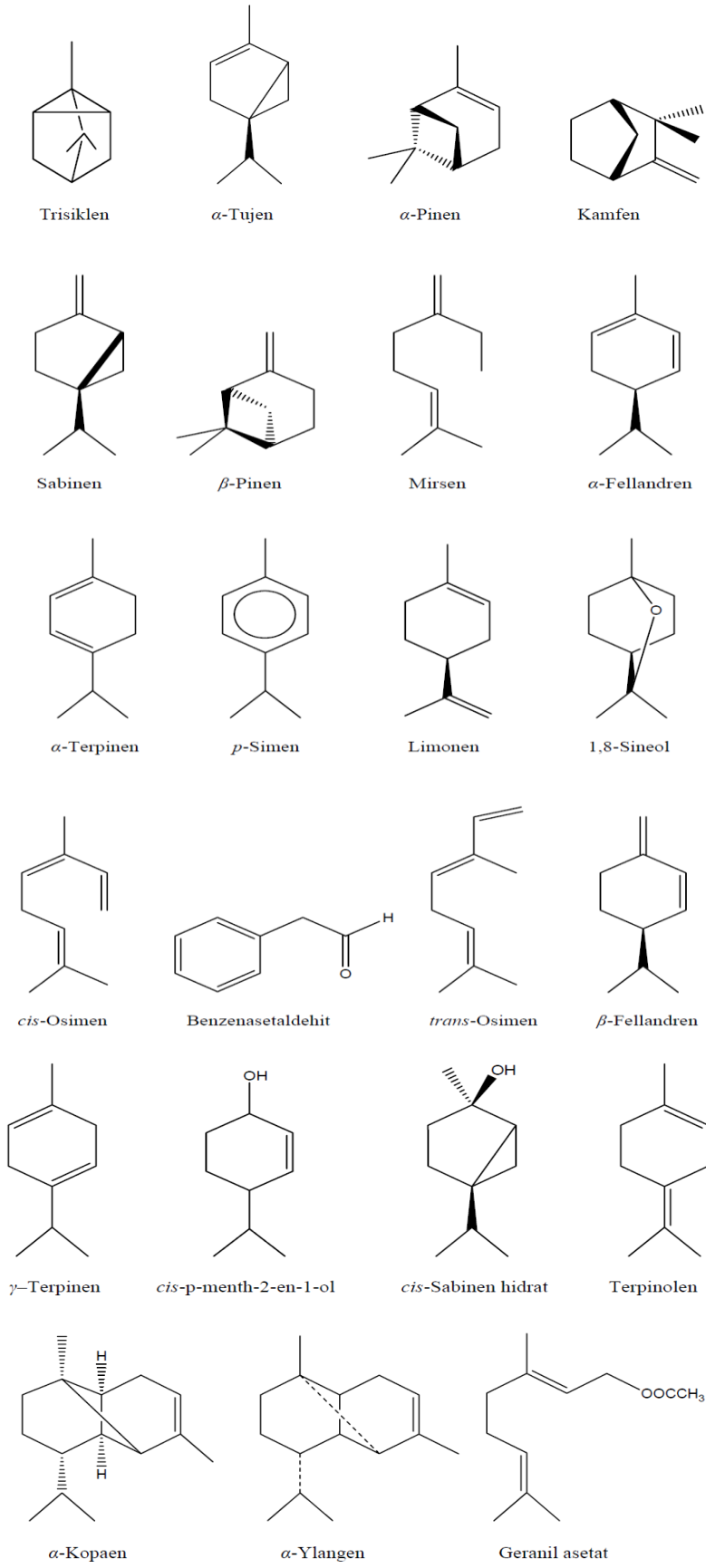
RI* : TRB-5 tipi kolon

Odun örneğinin uçucu yağının ana bileşenleri miktarları; α -pinen (%32,58), β -pinen (%1,16), β -myrcen (%0,61), α -Phellandren (%0,05), Δ^3 -careen (%0,01), α -terpinen (%0,18), γ -terpinen (%0,36), α -terpinolen (%3,00), α -terpineol (%23,05), bornil asetat (%0,61), tricyclen (%0,18), camphen (%4,19), limonen (%11,81), α -ylangen (%0,09), α -copaen (%0,20), germacren-D (%0,81), γ -cadinen (%0,38) ve α -cadinol (%0,65) olarak bulunmuştur. Camiyanı karaçamı odun örneğinin uçucu bileşenlerine ait MS kromatogramı Şekil 37'de verilmiştir.



Şekil 37: Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odun örneğinin uçucu yağına ait MS Kromatogramı.

Camiyanı karaçamı kozalak, ibre ve odun örneklerin uçucu bileşenlerinde bulunan bazı ana bileşenlerin kimyasal yapıları Şekil 38 'de verilmiştir.



Şekil 38: Bazı uçucu bileşenlerin kimyasal yapıları gösterilmektedir.

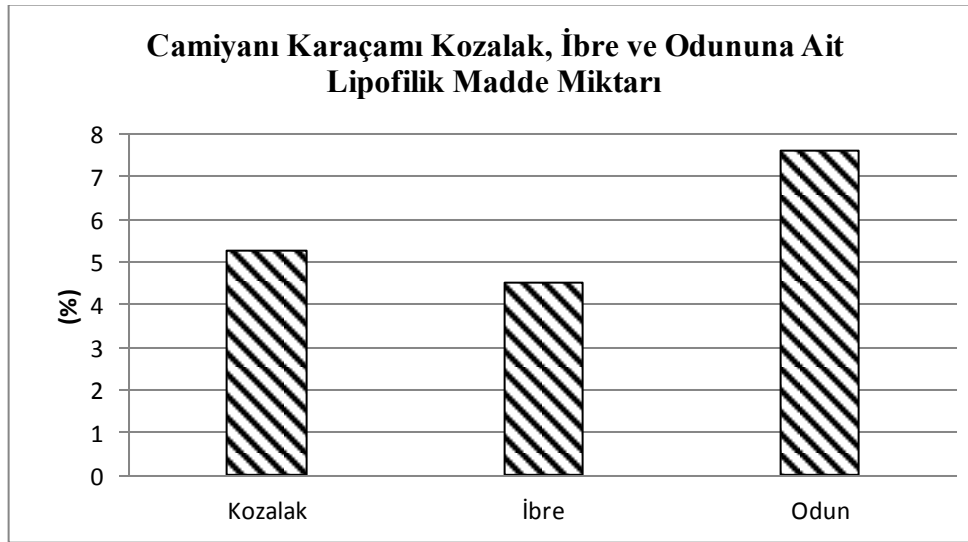
3.3.4 Lipofilik Ekstraktif Analizi

Camiyanı karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kozalak, ibre ve odun örneklerindeki lipofiliklerin verimleri yapılan deneylerle hesaplanmıştır. Camiyanı karaçamı örneklerinin heksan ekstraksiyonu ile belirlenen lipofilik madde miktarları (%) Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16: Camiyanı karaçamı türüne ait heksan ekstraksiyonunda elde edilen lipofilik madde miktarı.

Camiyanı Karaçamı Türünün	Lipofilik Madde Miktarı Verimi %
Kozalak	5,90
İbre	5,94
Odun	8,49

Camiyanı karaçamı örneklerinin lipofilik ekstraktiflerine ait lipofilik madde miktarlarının (%) grafiği ise Şekil 39’da gösterilmiştir.



Şekil 39: Camiyanı karaçamı türüne ait lipofilik madde miktarı (%).

Camiyanı karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kozalak örneğine ait belirlenen lipofilik bileşenleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17: Camiyanı karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) kozalak örneğine ait lipofilik bileşenleri.

No	Bileşenler	% (w/w)
		Kozalak
1	Palmitic acid	3,06
2	Linoleic acid	28,74
3	Oleic acid	12,28
4	Bicyclo [10.1.0] tridec-1-ene	4,38
5	Dehydroabietal	3,59
6	Abietal	14,55
7	Abieta-8,11,13-trien	6,45
8	Abieta-7,13-dien	10,51
9	Abietol	5,24
10	n.i.	11,19

Kozalakta bulunan önemli lipofilik madde miktarları; linoleic asit (%28,74), oleic asit (%12,28), dehydroabietinal (%3,59), abietal (%14,55) ve abietol (%5,24) olarak bulunmuştur.

Camiyanı karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odun örneğine ait belirlenen lipofilik bileşenleri Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18: Camiyanı karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) odun örneğine ait lipofilik bileşenleri.

No	Bileşenler	% (w/w)
		Odun
1	Myristic acid	0,63
2	Palmitic acid	11,24
3	Linoleic acid	65,56
4	Oleic acid	12,05
5	Stearic acid	3,79
6	Arachidic acid	4,89
7	Behenic acid	1,16
8	n.i.	0,68

Odun örneğinde bulunan önemli lipofilik madde miktarları; myristic asit (%0,63), palmitic asit (%11,24), linoleic asit (%65,56), oleic asit (%12,05) ve stearic asit (%3,79) olarak bulunmuştur.

Camiyanı karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ibre örneğine ait belirlenen lipofilik bileşenleri Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19: Camiyanı karaçamın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) ibre örneğine ait lipofilik bileşenleri.

No	Bileşenler	% (w/w)
		İbre
1	Nerolidol	1,02
2	Rimuene	7,49
3	Abieta-8-,12-diene	16,97
4	Abietatriene	5,82
5	Abietadiene	28,73
6	Abieta-8(14),13(15)-diene	3,10
7	Geranyl linalool isomer	0,70
8	Labda-8(17),13Z-dien-15-ol	9,76
9	Ferruginol	5,95
10	Abieta-7,13-dien-18-ol	1,66
11	n.i.	18,80

İbre örneğinde bulunan önemli lipofilik madde miktarları; rimuene (%7,49), abieta-8-,12-diene (%16,97), abietatriene (%5,82), abietadiene (%28,73) ve ferruginol (%5,95) olarak bulunmuştur.

BÖLÜM 4

TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 Anatomik Özellikleri

Traheidler odun içerisinde yan yana ve üst üste gelecek biçimde, radyal sıralar halinde dizilirler. Aynı yıllık halka içerisinde traheidlerin morfolojisi ilkbahar odunu ve yaz odununda birbirinden farklıdır. İlkbahar odunu traheidleri ince çeperli ve geniş lümenli, buna karşın yaz odunu traheidleri ise kalın çeperli ve dar lümenlidir.

Yıllık halka içerisinde ince çeperli ilkbahar odunu traheidlerinden kalın çeperli yaz odunu traheidlerine geçiş ani olmaktadır.

İlkbahar odunu traheidleri iletim, yaz odunu traheidleri desteklik işlevi görürler. Traheid hücreleri arasında suyun hücreden hücreye geçişini sağlayan geçitlere kenarlı geçit adı verilir.

Yapılan araştırmalar sonucu Camiyanı karaçamı odununun özellikle traheid uzunluğu büyüklüğünden dolayı kağıt endüstrisinde kullanılması öngörülmüştür. Kağıt endüstrisinde kullanılarak daha pürüzsüz ve kaliteli kağıt yapımı sağlanabilir.

4.2 Fiziksel Özellikler

Yapılan çalışmada fiziksel özellikler ile ilgili; özgül kütle ve hücre duvarı maddesi ve hava boşluğu oranına ait bulgular karşılaştırılmıştır.

4.2.1 Özgül Kütle

Camiyanı karaçamının odununa ait özgül kütle değerleri bazı çam türleri ile Tablo 20’de karşılaştırılmıştır.

Tablo 20: Bazı çam türlerine ait özgül kütle değerleri (g/cm³).

Ağaç Türü	ρ_{12}	ρ_0	Kaynak
<i>Pinus nigra pallasiana</i>	0,57	0,54	Tespit.
<i>Pinus nigra pallasiana</i>	0,60	0,54	(Gündüz,1999).
<i>Pinus nigra pallasiana</i>	0,59	0,54	(Döğdü, 2006).
<i>Pinus nigra</i> (Dursunbey)	0,56	0,53	(Göker, 1977).
<i>Pinus nigra</i> (Elekdağ)	0,55	0,51	(Göker, 1977).
<i>Pinus nigra</i> (Yaylacık)	-	0,51	(Erten ve Sözen, 1997).
<i>Pinus sylvestris</i>	0,53	0,50	(Göker, 1977).
<i>Pinus brutia</i>	0,57	0,53	(Göker, 1977).
<i>Pinus brutia</i> (Edremit)	0,55	0,51	(Bektaş, 1997).
<i>Pinus brutia</i> (Suçatı)	0,55	0,51	(Bektaş, 1997).

Karşılaştırma sonucu Camiyanı karaçamı özgül kütlesi diğer çam türleri ile yaklaşık aynı değerlerde bulunmuştur. Fakat Camiyanı karaçamı dayanıklılık ve değerli odunu bakımından diğer çam türlerinden daha üstündür. Orman endüstride tercih edilmektedir fakat yetiştirme aşırı düzensiz kullanımlar nedeniyle yok olma tehlikesi içinde olduğundan orman endüstrisine fazla katkı sağlayamamaktadır.

Camiyanı karaçamın öz odunu oranı gövde hacminin büyük kısmını kapsamaktadır. Bu yüzden odunu dış hava koşullarına dayanıklıdır. Bu yapıdaki ağaç malzeme, tekne yapımında ve taşıyıcı materyal olarak kullanılabilir. Dış hava şartlarında kullanılacak ahşap malzemenin Camiyanı karaçamı olması avantaj sağlayabilir. Yonga levha üretiminde kullanılan odunun özgül kütlesi 0,40-0,70 g/cm³ arasında olması istenir (Ay, 1994). Camiyanı karaçamının özgül kütlesi bu değerler arasında olduğundan yonga levha üretiminde kullanılabilir.

4.2.2 Hücre Duvarı Maddesi ve Hava Boşluğu Oranı

Camiyanı karaçamının odununa ait hücre duvarı maddesi ve hava boşluğu oranı bazı çam türleri ile Tablo 21 'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 21: Bazı çam türlerine ait hücre duvarı maddesi ve hava boşluğu oranı.

Ağaç Türü	Vç (%)	b (%)	Kaynak
<i>Pinus nigra pallasiana</i>	36,17	63,81	Tespit.
<i>Pinus nigra pallasiana</i>	35,96	64,03	(Gündüz,1999).
<i>Pinus nigra pallasiana</i>	36,22	63,77	(Döğdü, 2006).
<i>Pinus nigra</i> (Dursunbey)	53,31	64,72	(Göker, 1977).
<i>Pinus nigra</i> (Elekdağ)	34,50	65,50	(Göker, 1977).
<i>Pinus nigra</i> (Yaylacık)	34,30	65,70	(Erten ve Sözen, 1997).
<i>Pinus sylvestris</i>	31,40	68,60	(Göker, 1977).
<i>Pinus brutia</i>	34,00	66,01	(Göker, 1977).
<i>Pinus brutia</i> (Edremit)	34,13	65,87	(Bektaş, 1997).
<i>Pinus brutia</i> (Suçatı)	33,93	66,07	(Bektaş, 1997).

Yapılan çalışma da bulunan hava boşluğu oranı diğer çalışmalardan düşük çıkmıştır. Ağaç malzeme içindeki boşluk oranının artmasıyla, içerisine alabileceği su ve diğer sıvı miktarı da artış göstermektedir. Bu durum ağaç malzemenin empenye edilmesinde gereğinden fazla empenye maddesi absorbe etmesine neden olmaktadır. Ayrıca, kurutma işleminde, kurutma süresinin uzamasına ve maliyetlerin artmasına etki etmektedir. Hava boşluğunun fazla olması, özgül ağırlık değerinin düşmesine ve buna bağlı olarak ağaç malzemenin direnç özelliklerinin kötüleşmesine sebep olmaktadır. Çıkan sonuçlara bakılarak Camiyanı karaçamı empenye ve kurutma işlemlerine uygun görülmektedir.

4.3 Kimyasal Özellikleri

Camiyanı karaçamı öz odunu kimyasal özelliklerine ait değerler, Yılğör'ün (1999) çalışmasındaki kimyasal özellikleri ait değerlerle Tablo 22'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 22: Bazı çam türlerine ait kimyasal analiz sonuçları (%).

Ağaç Türü	Holoselüloz	Alfa Selüloz	Lignin	Sıcak su
<i>Pinus nigra</i> Arn. subsp. <i>pallasiana</i> var. <i>pallasiana</i> (Tespit).	74,8	52,0	28,4	3,8
<i>Pinus bamsiana</i> Lamb.	72,3	-	28,6	-
<i>Pinus strobus</i> L.	-	-	29,6	7,7
<i>Pinus sylvestris</i> L.	74,3	-	26,3	-
var. <i>pyramidata</i> (Tavşanlı)	86,1	66,0	24,7	3,8
var. <i>pallasiana</i> (Tavşanlı)	83,3	61,1	27,0	4,2
var. <i>pallasiana</i> (Yılanla)	83,4	59,6	24,8	3,8

Tablo 22 incelendiğinde, bu çalışmada bulunan holoselüloz miktarı Tavşanlı yöresine ait *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* (%86,1) da en yüksek değerde çıkmıştır. *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* kök odunu, dal odunu, öz odunu ve diri odununa ait holoselüloz miktarı (%72,9/78,8/74,8/77,3) diğer çam türlerine yakın değerde bulunmuştur.

Alfa selüloz miktarı, Tavşanlı yöresine ait *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pyramidata* (%66) da en yüksek değerde çıkmıştır. Bu ağaç türünün odunu yüksek oranda selüloz içermesinden dolayı selülozu işleyen endüstrilerde değerlendirilebilir. *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* kök odunu, dal odunu, öz odunu ve diri odununa ait alfa selüloz miktarı (%45,3/54,5/52,0/54,0) diğer çam türlerine kıyasla daha düşük değerde bulunmuştur.

Lignin miktarı, *Pinus strobus* L. (%29,6) da en yüksek miktarda çıkmıştır. Bu ağaç türünün odunu yüksek oranda lignin içermesinden dolayı levha endüstrisinde değerlendirme olanakları araştırılabilir. *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* kök odunu, dal odunu, öz odunu ve diri odununa ait lignin miktarı (%28,0/24,5/28,4/25,2) diğer çam türlerine yakın değerlerde bulunmuştur.

Sıcak su çözünürlüğü, *Pinus strobus* L. (%7,7) da en yüksek değerde çıkmıştır. *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* kök odunu, dal odunu, öz odunu ve diri odununa ait

sıcak su çözünürlüğü (%3,1/3,0/3,8/4,1) diğer çam türlerine yakın değerlerde bulunmuştur. Soğuk su çözünürlüğü kök odununda (%2,3) en yüksek değerde bulunmuştur. Kök odunu sırası ile dal odunu (%2,1), diri odunu (%1,6) ve öz odunu (%1,0) takip etmektedir. %1 NaOH çözünürlüğü öz odununda (%13,2) en yüksek değerde bulunmuştur. Öz odunu sırası ile kök odunu (%12,2), diri odunu (%11,7) ve dal odunu (%11,6) takip etmektedir.

Erten ve İltter (1995) tarafından yapılan çalışmada, karaçam odununda holoselüloz miktarı %69,25, lignin miktarı %38,85, sıcak su çözünürlüğü %6,52 ve %1 NaOH çözünürlüğünü %18,28 olarak verilmiştir. Bu değerler Camiyanı karaçamı odunu ile karşılaştırıldığında lignin miktarı yüksek çıkmıştır. Diğer değerler birbirine yakın bulunmuştur.

Sarıusta (2007) tarafından yapılan çalışmada, karaçam, sarıçam ve kızılçam odunlarına ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 23’de Camiyanı karaçamı odunu değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 23: Camiyanı karaçamı odunu değerlerin karaçam, sarıçam ve kızılçam odunu kimyasal analiz sonuçları ile karşılaştırılması (%).

Kimyasal Analizler	Camiyanı Karaçamı	Karaçam	Sarıçam	Kızılçam
Holoselüloz	74,78	71,53	71,37	72,57
α -Selüloz	52,03	50,41	48,58	46,51
Lignin	28,43	26,74	27,57	27,33
Sıcak su çözünürlüğü	3,83	4,18	3,10	3,28
Soğuk su çözünürlüğü	1,04	2,11	1,74	2,57
%1 NaOH çözünürlüğü	13,20	12,76	12,88	12,62
Alkol çözünürlüğü	4,17	3,16	2,81	2,32

Tablo 23 incelendiğinde, Camiyanı karaçamı odununun kimyasal analiz sonucuna ait bulgular karşılaştırılan çam türlerine yakın değerlerde bulunmuştur. Holoselüloz oranında %3’lük fark görülmektedir.

Hafizoğlu ve Usta (2005) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye’de yetişen çam türlerinin odun kısmının diri ve öz odunlarının kimyasal analizlerine ait sonuçları bulmuştur.

Bulunan sonuçlar Tablo 24’de Camiyanı karaçamı odun kısmının diri ve öz odun kısmına ait değerlerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 24: *Pinus* L. türlerin diri odun ve öz odun kısımlarına ait kimyasal analiz sonuçları (%).

Kimyasal Analizler	Camiyanı Karaçamı		Karaçam		Sarıçam		Kızılçam		Fıstıkçamı		Halepçamı	
	Diri	Öz	Diri	Öz	Diri	Öz	Diri	Öz	Diri	Öz	Diri	Öz
Holoselüloz	77,3	74,7	57,9	55,7	56,5	52,8	57,9	52,6	57,8	55,7	57,4	52,6
α -Selüloz	54,0	52,0	47,6	46,8	50,0	45,2	50,2	45,2	40,7	39,2	50,0	46,9
Lignin	25,2	28,4	28,2	27,9	28,3	26,6	29,0	28,0	28,2	27,4	29,3	24,9
Sıcak su çözünürlüğü	4,1	3,8	3,2	4,7	3,2	4,4	5,1	6,5	3,1	5,4	3,8	5,5
Soğuk su çözünürlüğü	1,6	1,0	2,0	3,0	2,0	2,8	2,4	3,1	3,0	3,2	2,1	3,2
%1 NaOH çözünürlüğü	11,7	13,2	10,8	12,2	19,4	13,2	9,1	10,2	36,8	39,1	9,5	13,2

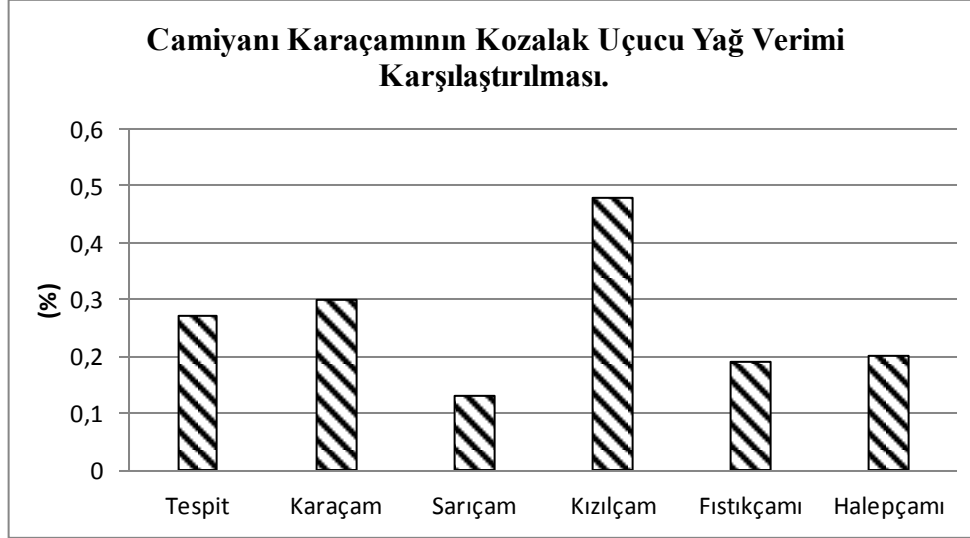
Tablo 24 incelendiğinde Camiyanı karaçamı odunu holoselüloz miktarı diğer çam türlerine göre yüksek çıkmıştır. Camiyanı karaçamı diri odunu α -selüloz miktarı diğer çam türlerine göre %4 oranında fazla çıkmıştır. Lignin miktarı, sıcak su ve soğuk su çözünürlüğü diğer çam türlerine yakın değerde bulunmuştur. %1 NaOH çözünürlüğü diri odun ve öz odun kısmında en yüksek değerde fıstıkçamında bulunmuştur.

Gündüz (1999) tarafından yapılan çalışmada, öz odununa ait holoselüloz miktarını %75,2, α -selüloz miktarını %53,0 ve lignin miktarını %28,9 olarak bulmuştur. Yapılan çalışmada bulunan değerler Gündüz’ün çalışmasında bulunan değerlere yakın çıkmıştır.

4.4 Uçucu Bileşenlere Ait Sonuçlar

Pinus nigra Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* türünün Tablo 12’de verilmiş olan uçucu yağ verimleri karşılaştırıldığında en fazla yağ verimi gravimetrik yönteme göre ibre’de %0,44 bulunmuş olup, kozalak’ta %0,27 ve odunda %0,14 bulunmuştur. Volumetrik yönteme göre en fazla yağ verimi ibre’de %0,46, kozalak’ta %0,38 ve odunda %0,09 bulunmuştur.

Kılıç ve arkadaşlarının (2010) yaptıkları çalışmada, Türkiye’de yetişen çam türlerinin kozalak uçucu yağ verimlerine ait değerleri Şekil 40’da Camiyanı karaçamı kozalak uçucu yağ verimi ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 40: Camiyanı karaçamı kozalak uçucu yağ verimi karşılaştırılması (%).

Şekil 40 incelendiğinde Türkiye’de yetişen çam türlerinin kozalak uçucu yağ verimi en yüksek kızılçam %0,48 ağacında bulunmuştur. Karaçam ağacında ise %0,30 çıkmıştır. Karaçamın alt türü olan Camiyanı karaçamında ise %0,27 bulunmuştur. Sonuç olarak birbirine yakın değerler çıkmıştır. Diğer çam türlerinde ise sarıçamda %0,13, fıstıkçamında %0,19 ve halepçamında %0,20 olarak bulunmuştur.

Macchioni ve arkadaşlarının (2003) İtalya’da yaptıkları çalışmada, *P.pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster* ve *P. nigra*’nın ibre, odun ve kozalak uçucu yağ verimleri ve uçucu yağları bileşenleri analiz edilmiştir. Yaptıkları çalışmadaki çam türlerinin uçucu yağ verimlerinin Camiyanı karaçamı uçucu yağ verimi ile karşılaştırılması Tablo 25’de gösterilmiştir.

Tablo 25: Bazı çam türleri ile Camiyanı karaçamı türünün kozalak, ibre ve odun uçucu yağ veriminin karşılaştırılması (%).

<i>Pinus L. Türleri</i>	Uçucu Yağ Verimleri (%)		
	Kozalak	İbre	Odun
var. <i>pallasiana</i> (Tespit)	0,27	0,44	0,14
<i>P. pinea</i>	0,11	0,09	0,07
<i>P. halepensis</i>	0,06	0,33	0,28
<i>P. pinaster</i>	0,25	0,11	0,18
<i>P. nigra</i>	0,03	0,23	0,28

Tablo 25 incelendiğinde, İtalya’da yapılan çam türlerine ait çalışmada, kozalak uçucu yağ verimi en yüksek *P. pinaster*’de %0,25 bulunmuştur. *P. nigra*’da ise kozalak uçucu yağ verimi %0,03 bulunmuştur. *P. nigra*’nın alt türü ve bizim çalışmamız olan Camiyanı karaçamında kozalak uçucu yağ verimi %0,27 bulunmuştur. Camiyanı karaçamı kozalak uçucu yağ verimi İtalya’daki çam türlerinden verimi yüksektir. Camiyanı karaçamı ibre uçucu yağ verimi de karşılaştırma yaptığımız çam türlerinden yüksek bulunmuştur. Camiyanı karaçamı odun uçucu yağ verimi ise diğer çam türlerine göre düşük bulunmuştur.

Macchioni vd. (2003) İtalya’da yaptıkları çalışmada, *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster* ve *P. nigra*’nın kozalak örneğinin 0,1’den büyük miktarlardaki uçucu yağ ana bileşenleri olarak; α -pinen (%19,4/53,6/24,7/49,5), camphen (%0,4/1,5/1,0/1,3), β -pinen (%2,1/1,9/29,2/2,0), β -myrcen (%1,0/13,7/4,2/0,2), limonen (%61,6/0,7/1,6/1,0), α -terpinolen (%0,1/0,4/0,3/0,1), α -campholenal (%0,2/1,0/0,2/3,4), (E)-pinocarveol (%0,3/1,5/1,2/2,4), pinocarvon (%0,1/0,7/0,3/0,8), verbenon (%0,1/0,8/0,5/1,1), (E)-carveol (%0,7/0,2/0,1/0,3) ve β -caryofilen (%2,8/6,7/0,2/0,2) bulunmuştur.

Macchioni vd. (2003) İtalya’da yaptıkları çalışmada, *P. pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster* ve *P. nigra*’nın ibre örneğinin 0,1’den büyük miktarlardaki uçucu yağ bileşenleri olarak; α -pinen (%6,2/18,1/28,9/28,4), camphen (%0,1/0,3/0,3/0,8), β -pinen (%1,9/2,0/21,7/6,2), β -myrcen (%2,7/27,9/4,5/1,0), limonen (%58,9/1,1/3,7/0,8), β -phellandren (%6,7/1,0/1,4/0,5), α -terpinolen (%0,8/9,9/0,3/0,2), α -copaen (%0,1/0,4/1,0/0,2), β -caryofilen (%3,9/16,4/13,2/16,2), α -humulen (%0,7/2,9/1,8/2,8), germacren-d

(%3,7/0,1/4,3/21,2), α -muurolen (%0,1/0,4/0,6/0,6) ve delta-cadinen (%0,4/0,3/1,4/2,5) bulunmuştur.

Macchioni vd. (2003) İtalya’da yaptıkları çalışmada, *P.pinea*, *P. halepensis*, *P. pinaster* ve *P. nigra*’nın odun örneğinin 0,1’den büyük miktarlardaki uçucu yağ bileşenleri olarak; α -pinen (%6,0/27,9/40,4/61,7), camphen (%0,1/0,3/0,9/1,6), sabinen (%0,2/0,1/0,1/0,1), β -pinen (%2,3/0,7/23,1/2,8), β -myrcen (%2,3/42,1/12,1/1,0), limonen (%62,5/0,4/8,6/1,3), β -phellandren (%7,5/0,4/0,9/0,4), α -terpinolen (%0,3/0,4/0,2/0,1), (E)-pinocarveol (%0,1/0,1/0,2/0,2), β -caryofilen (%5,7/14,3/0,4/0,5) ve germacren-d (%0,2/1,0/0,2/0,5) bulunmuştur.

Tümen vd. (2010) yaptıkları çalışmada, Türkiye’de yetişen çam türü kozalaklarının uçucu bileşenlerine ait sonuçlar Camiyani karaçamı kozalak uçucu bileşenleri ile karşılaştırılması Tablo 26’da gösterilmiştir.

Tablo 26: *Pinus* L. türlerinin kozalak uçucu bileşenlerinin miktarının karşılaştırılması (%).

Uçucu Bileşenler	var. <i>pallasiana</i> (Tespit)	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus brutia</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus halepensis</i>
Tricyclen	0,08	0,02	0,04	0,05	0,08	0,16
α -Pinen	32,58	17,90	30,91	14,76	45,36	47,09
Camphen	0,72	0,32	0,64	0,60	1,04	0,88
β -Pinen	32,25	1,70	39,56	1,78	1,50	2,75
β -Myrcen	0,62	0,79	1,13	0,17	0,16	6,25
Δ^3 -Caren	4,06	-	7,80	-	-	1,72
α -Terpinen	0,03	0,04	0,48	0,04	0,03	0,09
p-Cymen	-	0,29	0,37	0,47	0,30	0,42
Limonen	3,69	69,54	2,05	0,48	1,88	0,79
α -Campholenal	0,49	0,27	0,13	0,87	0,47	0,45
(E)-Pinocarveol	4,68	0,47	1,38	0,91	0,49	0,88
(Z)-Verbenol	-	0,06	0,03	0,02	0,02	0,24
(E)-Verbenol	0,75	0,25	0,07	0,05	0,07	0,71

Tablo 26: (devam ediyor).

Pinocarvon	1,78	0,10	0,42	0,22	0,15	0,27
Terpinen-4-ol	0,22	0,08	0,26	0,01	0,03	0,08
α -Terpineol	1,20	0,14	0,93	0,41	0,77	0,30
Myrtenol	1,93	0,47	1,30	1,22	0,58	0,91
Myrtenal	2,45					
(E)-Carveol	0,27	0,64	0,04	0,04	0,09	0,12
Bornilasetat	0,24	0,26	0,22	0,02	0,69	0,64
α -Copaen	-	-	0,06	0,06	0,24	0,34
Longifolen	1,27	0,52	0,06	1,16	0,34	-
β -Caryofilen	1,68	0,73	5,01	2,87	6,73	11,22
α -Humulen	0,29	0,10	1,25	0,61	1,48	2,65
Germacren-D	-	-	0,38	0,01	0,06	0,02
α -Muurolen	-	-	0,06	0,02	0,11	0,31
γ -Cadinen	-	-	0,04	0,01	0,09	0,25
delta-Cadinen	-	-	0,13	0,01	0,28	0,32

Tablo 26’da görüldüğü gibi α -pinen miktarı en yüksek *Pinus halepensis* Mill. (Halepçamı), en düşük ise *Pinus sylvestris* L. (Sarıçam) da bulunmuştur. α -pinen miktarının bu kadar farklı çıkmasının sebebi türlerin farklı olmasından kaynaklanmıştır. β -pinen miktarına baktığımızda en yüksek miktarda Camiyanı karaçamı ve *Pinus brutia* Ten (Kızılcım) da çıkmıştır. Limonen miktarına baktığımızda *Pinus pinea* L. (Fıstıkçamı) de çok yüksek miktarda bulunmuştur. Bulunan limonen miktarı %69,54 ile en yüksek değerine ulaşmış ve diğer çam türlerinden yaklaşık %65 daha yüksek çıkmıştır. (E)-pinocarveol miktarı Camiyanı karaçamında ve β -caryofilen miktarı *Pinus halepensis* Mill. de yüksek bulunmuştur.

Kurtça’nın (2014) *Pinus sylvestris* L. ile yapmış olduğu çalışmada, kozalak örneğinin uçucu yağ ana bileşenleri olarak; tricyclen (%0,14), α -pinen (%26,84), camphen (%1,64), β -pinen (%20,99), β -myrcen (%2,42), Δ^3 -caren (%5,54), limonen (%3,45), γ -terpinen (%0,08), α -campholenal (%0,33), (E)-pinocarveol (%2,50), pinocamphon (%0,40), pinocarvon (%0,55), p-Mentha-1,5-dien-8-ol (%0,91), (Z)-pinocamphon (%0,32), terpinen-4-ol (%0,35), α -terpineol (%2,72), (E)-carveol (%0,19), α -humulen (%0,39), α -

copaen (%0,34), α -cubeben (%0,08), γ -cadinen (%0,08) ve germacren-d (%0,05) bulunmuştur. Bulunan bu değerleri Camiyanı karaçamı ile karşılaştırdığımda, α -pinen, β -pinen, γ -terpinen, (E)-pinocarveol, pinocarvon ve (E)-carveol miktarları Camiyanı karaçamında daha yüksek bulunmuştur.

Camiyanı karaçamı ibre örneğinde bulunan uçucu ana bileşenlerin miktarları *Pinus L.* türlerine ait daha önceden yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalara ait veriler Tablo 27'de gösterilmiştir.

Tablo 27: *Pinus L.* türlerinin ibre uçucu ana bileşenlerin miktarlarının karşılaştırılması (%).

Ana Bileşenler	var. <i>pallasiana</i> (Tespit)	<i>P. nigra</i> (Şen, 2005)	<i>Pinus sylvestris</i> (Şen, 2005)	<i>Pinus sylvestris</i> (Kurtça, 2014)
Tricyclen	0,04	0,18	0,65	-
α -Pinen	22,69	48,03	45,41	13,04
Camphen	0,32	1,35	3,65	0,09
β -Pinen	9,36	8,79	3,86	9,46
β -Myrcen	2,12	1,38	2,55	3,99
Δ^3 -Caren	0,24	-	8,54	0,35
β - Phellandren	1,42	0,93	1,01	0,82
Limonen	-	1,79	2,51	4,74
(E)- β -Ocimen	0,21	2,69	2,55	0,05
γ -Terpinen	0,05	0,08	0,21	0,02
α -Terpinolen	0,26	0,66	1,24	0,18
Linalool	0,22	0,36	0,01	0,09
4-Terpineol	0,05	0,16	0,40	0,03
α -Terpineol	0,59	2,53	1,73	0,29
Bornilasetat	0,11	0,76	0,49	-
Geranilasetat	0,36	0,62	0,01	0,28
β -Caryofilen	0,16	6,24	4,69	14,91
Germacren-D	2,48	11,81	8,34	0,03
α -Humulen	0,23	0,93	0,77	2,60
α -Cadinol	0,34	0,22	1,04	0,34

Tablo 27’de görüldüğü gibi, α -pinen, β -pinen, β -myrcen, γ -terpinen, α -terpinolen, α -terpineol ve α -cadinol miktarları birbirine yakın değerlerde bulunmuştur. Limonen bileşeni Camiyanı karaçamında bulunmamıştır. Germacren-d miktarı ise *P. nigra*’da yüksek bulunmuştur. β -caryofilen miktarı ise Kurtça’nın yapmış olduğu *P. sylvestris* en yüksek değerde bulunmuştur.

Tablo 28: *Pinus nigra* türlerinin ibre örneğinin uçucu ana bileşenleri (%).

Ana Bileşenler	var. <i>pallasiana</i> (Tespit).	var. <i>pallasiana</i>			var. <i>pyramidata</i>		
		Min	Max	X	Min	Max	X
Tricyclen	0,04	0,03	0,50	0,11	0,03	0,15	0,09
α-Pinen	22,69	19,2	43,3	29,0	15,5	43,1	28,3
Camphen	0,32	0,34	1,13	0,64	0,26	1,13	0,62
β-Pinen	9,36	1,09	22,7	9,34	0,76	12,8	5,61
β-Myrcen	2,12	0,86	2,10	1,33	0,68	1,84	1,27
α -Terpinen	0,03	0,02	0,21	0,06	0,02	0,21	0,07
β- Phellandren	1,42	0,25	1,94	0,91	0,18	1,33	0,72
Limonen	-	0,78	3,59	1,69	0,83	2,52	1,47
β-Ocimen	0,22	0,59	2,45	1,09	0,20	2,44	0,98
γ -Terpinen	0,05	0,03	0,23	0,09	0,05	0,28	0,11
α -Terpinolen	0,26	0,14	1,69	0,50	0,10	1,48	0,58
Borneol	0,02	0,05	0,20	0,11	0,02	0,25	0,11
4-Terpineol	0,05	0,05	0,60	0,19	0,06	0,72	0,22
α-Terpineol	0,59	0,53	4,61	2,17	0,40	4,10	1,71
Bornilasetat	0,11	0,38	1,83	0,97	0,13	1,76	0,72
α-Terpinilasetat	0,61	0,01	6,84	1,54	0,03	4,95	1,21
α -Ylangen	0,48	0,09	0,32	0,20	0,07	0,50	0,26
β -Elemen	0,22	0,01	0,20	0,09	0,05	0,12	0,07
β-Caryofilen	0,16	5,86	22,9	12,9	7,30	19,2	12,9
α-Humulen	0,23	0,91	3,85	2,13	1,29	2,94	2,09
γ-Muurolen	-	0,23	6,07	2,47	0,51	4,96	2,54
Germacren-D	2,48	3,83	29,7	14,9	8,87	29,1	17,3
γ-Cadinen	3,20	0,14	2,67	1,15	0,35	3,59	1,67
delta-Cadinen	0,16	0,39	6,71	2,92	0,95	8,72	4,13
Farnesol	0,89	0,00	0,25	0,08	0,00	0,16	0,05

X: 15 örneğin ortalama sonucu. Kalın: >%1

Uçar ve Balaban (2004) tarafından yapılan çalışmada, *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* ve *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pyramidata*'nın uçucu ibre ekstraktları GC-MS ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada bulunan ibre örneğine ait uçucu ana bileşenleri miktarı yapılan *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* uçucu ibre örneğinin ana bileşenleri miktarı ile karşılaştırılması Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28 incelendiğinde miktarları %1'den büyük çıkan bileşikler; α -pinen (%22,69/29,0/28,3), β -pinen (%9,36/9,34/5,61), β -myrcen (%2,12/1,33/1,27), β -phellandren (%1,42/0,91/0,72), limonen (%-/1,69/1,47), β -ocimen (%0,22/1,09/0,98), α -terpineol (%0,59/2,17/1,71), α -terpinil asetat (%0,61/1,54/1,21), β -caryofilen (%0,16/12,9/12,9), α -humulen (%0,23/2,13/2,09), γ -muurolen (%-/2,47/2,54), germacren-d (%2,48/14,9/17,3), γ -cadinen (%3,20/1,15/1,67) ve delta-cadinen (%0,16/2,92/4,13) olarak bulunmuştur. İbre uçucu yağ analizinde bulmuş olduğumuz β -caryofilen ve germacren-d bileşenleri karşılaştırdığımız çalışmaya göre düşük miktarlarda bulunmuştur. Yapmış olduğumuz çalışmada limonen ve γ -muurolen bileşenleri bulunamamıştır.

Sezik vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de yetişen karaçam türünün ibre uçucu yağ verimlerinin % değerlerini bulunmuştur. Bulunan bu değerler, Bursa bölgesi için %0,43, Kütahya bölgesi için %0,43, Denizli bölgesi için %0,44, Antalya bölgesi için %0,55, İçel bölgesi için %0,65, Sinop bölgesi için %0,51, Kastamonu bölgesi için %0,67 ve Samsun bölgesi için %0,28 olarak bulunmuştur. Camiyanı karaçanı ibre uçucu yağ verimi %0,44 değerinde bulunmuştur. Bulunan bu değerler karşılaştırıldığında en yüksek ibre uçucu yağ verimi Kastamonu bölgesinde çıkmıştır. İbre uçucu bileşenlerinin miktarlarına ait sonuçlar Camiyanı karaçanı ibre uçucu bileşenleri miktarı ile karşılaştırılması Tablo 29'da gösterilmiştir.

Tablo 29: *Pinus nigra* Arn. ibre uçucu bileşenlerinin miktarlarının karşılaştırılması (%).

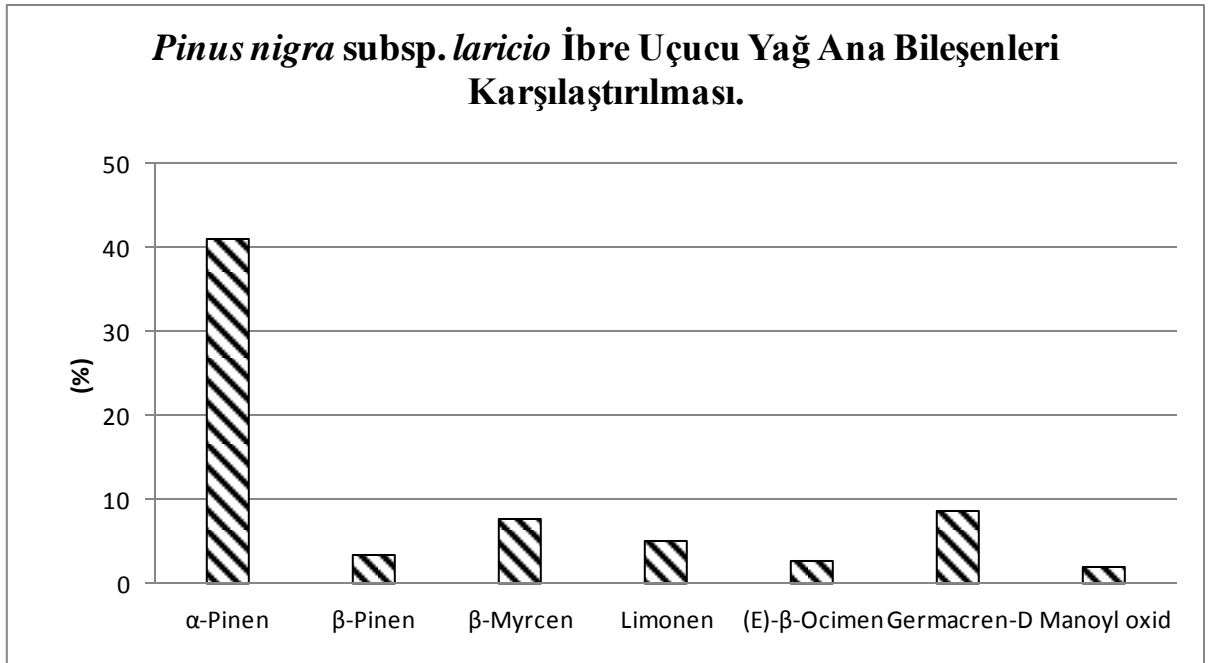
Uçucu Bileşenler	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tricyclen	0,04	0,05	0,11	0,08	0,09	0,21	0,18	0,05	0,20
α -Pinen	22,69	23,36	34,38	32,12	24,69	40,87	33,12	24,15	24,49
Camphen	0,32	0,34	0,72	0,56	0,47	0,90	0,91	0,67	1,08
β -Pinen	9,36	34,10	17,10	13,07	17,63	3,11	6,45	11,79	5,01
β -Myrcen	2,12	1,92	0,95	0,73	0,76	0,74	0,59	0,43	0,43
Δ^3 -Caren	0,24	-	0,01	0,02	-	-	0,01	0,01	0,02
α -Terpinen	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Limonen	-	7,10	1,01	0,92	0,59	0,80	0,68	0,65	0,57
β -Phellandren	1,42	1,05	0,97	0,61	0,64	0,52	0,46	0,49	0,25
γ -Terpinen	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
α -Terpinolen	0,26	0,27	0,20	0,19	0,08	0,08	0,08	0,09	0,15
α -Copaen	0,08	0,08	0,17	0,39	0,44	0,25	0,23	0,23	0,23
Longifolen	-	0,54	1,85	0,68	1,32	0,15	0,13	0,35	0,16
Bornilasetat	0,11	0,07	0,58	0,19	0,15	0,22	0,48	0,32	0,70
β -Elemen	0,22	0,05	-	0,04	0,02	-	0,03	0,05	0,06
α -Humulen	0,23	1,11	1,30	1,35	1,35	1,46	1,51	1,46	1,32
α -Terpineol	0,59	0,26	0,31	3,35	0,58	0,73	1,25	3,20	2,10
Germacren-D	2,48	6,45	13,67	11,69	15,43	21,38	16,74	8,22	9,67
α -Muurolen	0,37	0,32	0,61	1,00	0,96	0,71	1,11	0,95	1,23
delta-Cadinen	0,16	1,13	3,70	7,15	7,82	3,93	5,87	2,67	3,60

1: Yapılan Çalışma. 2: İçel Bölgesi. 3: Antalya Bölgesi. 4: Denizli Bölgesi. 5: Kütahya Bölgesi. 6: Bursa Bölgesi. 7: Kastamonu Bölgesi. 8: Sinop Bölgesi. 9: Samsun Bölgesi.

Tablo 29 incelendiğinde, karaçam türünün ibre uçucu bileşenlerden α -pinen miktarı en yüksek Bursa bölgesinden alınan karaçam türünün ibrelerinde bulunmuştur. Camiyanı karaçanı ibre uçucu bileşenlerinde α -pinen miktarı en düşük çıkmıştır. β -pinen miktarı İçel bölgesinden alınan karaçam ibrelerinde değer yüksek bulunmuştur. Camiyanı karaçanı ibre uçucu bileşenlerinde β -myrcen en yüksek değerde çıkmıştır. Limonen miktarı İçel Bölgesindeki örneklerde fazla bulunmuştur. Camiyanı karaçamında limonen bileşeni bulunmamıştır. Germacren-d miktarı en yüksek Bursa Bölgesindeki örneklerde fazla bulunmuştur. Camiyanı karaçanı ibre örneklerinde ise bu değer en az bulunmuştur. Yaklaşık olarak %19 daha fazla bulunmuştur.

Petrakis vd. (2001) yaptıkları çalışmada, Almanya’da yetişen beş çam türünün ibre uçucu bileşenleri araştırılmıştır. Bu çam türlerin *P. peuce*, *P. heldreichii*, *P. radiata* ve *P. pinaster* ve *P. attenuata*’nın ibre örneklerinin uçucu bileşenleri araştırılmıştır. *P. peuce*, *P. heldreichii*, *P. radiata* ve *P. pinaster* ve *P. attenuata*’nın ibre örneklerinin uçucu yağ ana bileşenleri olarak; thujen (%0,4/0,3/2,3/-/0,4), α -pinen (%21,8/13,8/16,7/20,9/9,6), camphen (%2,5/1,5/7,3/0,3/0,6), sabinen (%0,3/0,8/1,4/-/2,8), β -pinen (%9,4/4,2/26,4/0,9/19,1), β -myrcen (%4,0/2,5/1,1/0,4/1,1), limonen (%2,5/34,3/2,7/0,8/5,0), γ -terpinen (0,2/0,1/0,1/-/0,3), α -terpinolen (%0,6/0,6/0,6/0,1/0,6), terpinen-4-ol (%0,1/0,1/0,2/-/0,2), α -terpineol (%0,5/0,2/0,8/-/1,2), (E)-caryofilen (%4,7/8,4/0,1/14,8/3,5), germacren-d (%18,8/12,8/5,9/19,2/4,5), a-muurolen (%1,0/0,3/1,1/0,5/1,5) ve delta cadinen (%3,7/0,6/2,9/1,8/4,0) bulunmuştur.

Rezzi vd. (2001) tarafından yapılan bir çalışmada *Pinus nigra* subsp *laricio* ibreleri uçucu yağları bileşimi GC ve ^{13}C -NMR ile incelenmiştir. GC’ye ait ibre uçucu ana bileşenler Şekil 41’de gösterilmektedir.



Şekil 41: *Pinus nigra* subsp *laricio* ibreleri uçucu yağ ana bileşenleri karşılaştırılması.

Şekil 41’de görüldüğü gibi yapılan çalışmada en yüksek miktarda α -pinen (%41,0) bulunmuştur. Diğer ana bileşenler %10’luk kısımdan azdır.

Kurtça (2014) tarafından yapılan çalışmada, Sarıçamın kozalak, ibre ve odun örneklerinin uçucu yağları bileşenleri miktarını analiz edilmiştir. Sarıçam odun örneğinin uçucu bileşenlerine ait bulgular Camiyanı karaçamı odun örneğinde bulunan uçucu bileşenlerin miktarı ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada %1'in üzerindeki miktarlar Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30: Camiyanı karaçamı ve sarıçam türlerinin odun örneklerinin uçucu bileşenlerin miktarlarının karşılaştırılması (%).

Bileşenler	<i>var. pallasiana</i> (Tespit)	<i>P. sylvestris</i> L.	<i>P. sylvestris</i> L.
α -Pinen	32,58	58,25	63,82
Camphen	4,19	1,62	-
β -Pinen	1,16	11,72	10,99
β -Myrcen	0,61	1,75	2,08
Limonen	11,81	4,08	4,74
α -Terpinolen	3,00	0,98	1,16
Fenchol alcohol	4,36	0,51	0,06
Linalool	1,27	-	-
α -Terpineol	23,05	5,3	4,97
Junipen	-	6,08	4,78
(E)-Caryofilen	-	1,64	2,38

Tablo 30 incelendiğinde, α -pinen (%32.58.58.25.63.82) miktarı farklı bulunmuştur. Bir monoterpen hidrokarbon olan α -pinen miktarındaki bu fark, türlerin ayrı olmasından ve aynı ağaçtan alınmamasından kaynaklanmaktadır. β -pinen (%1,16/11,72/10,99) miktarı sarıçam türlerinde oldukça yüksek bulunmuş. Bunun sebebi çevresel faktörler, ağaç kesilme zamanındaki farklılıklar ve ağacın mevsimine farklılığından kaynaklanmaktadır. Limonen (%11,81/4,08/4,74) miktarına baktığımızda Camiyanı karaçamında en yüksek değerde bulunmuştur. Camiyanı karaçamında α -terpineol (%23,05/5,3/4,97) miktarı en yüksek değerde bulunmuştur. Sarıçam örneklerinde bulunan junipen ve (E)-caryofilen Camiyanı karaçamında bulunmamıştır.

Üstün (1967) yaptığı çalışmada *Pinus* L. türlerinin odun örneklerine ait monoterpen uçucu bileşenlerinin miktarlarını bulmuştur. Bulunan bu değerler Camiyanı karaçamı odun

örneğinde bulunan uçucu bileşenlerin miktarları ile karşılaştırılması Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31: *Pinus L.* türlerinin odun örneklerinin monoterpen uçucu bileşenlerin miktarlarının karşılaştırılması (%).

Bileşenler	<i>var. pallasiana</i> (Tespit)	<i>Pinus</i> <i>sylvestris</i>	<i>Pinus</i> <i>nigra</i>	<i>Pinus</i> <i>brutia</i>	<i>Pinus</i> <i>pineae</i>	<i>Pinus</i> <i>halepensis</i>
α -Pinen	32,5	61,6	90	63,5	2,7	93,0
Camphen	4,1	1,0	1,5	1,5	tr	1,5
β -Pinen	1,1	26	1,6	16,5	0,5	1,0
β -Myrcen	0,6	2	1,3	2,2	2,9	3,5
Δ^3 -Caren	tr	8	-	10,5	-	tr
Limonen	11,8	0,6	5,6	1,7	94,0	0,5
β -Phellandren	-	0,9	tr	1,8	-	tr
α -Terpinolen	3,0	2	tr	2,3	-	tr

tr:<0.09’den az.

Tablo 31 incelendiğinde, α -pinen miktarı en yüksek *Pinus halepensis* Mill. da çıkmıştır. α -pinen %93,0 miktarında çıkmıştır. α -pinen miktarı en az ise %2,7 ile *Pinus pinea* L. de bulunmuştur. Camphen miktarı en yüksek Camiyanı karaçamında %4,1 miktarında bulunmuştur. β -pinen miktarı en yüksek *Pinus sylvestris* L. da %26 miktarında bulunmuştur. Camiyanı karaçamında ise β -pinen %1,1 miktarında çıkmıştır. Δ^3 -caren miktarı en yüksek *Pinus brutia* Ten de %10,5 miktarında bulunmuştur. Camiyanı karaçamında Δ^3 -caren %0,09’den küçük değerde çıkmıştır. Limonen miktarı en yüksek *Pinus pinea* L. de %94,0 miktarında bulunmuştur. *Pinus pinea* L. den sonra en yüksek oranda Camiyanı karaçamında %11,8 miktarında bulunmuştur. α -terpinolen ise çam türleri arasında en yüksek miktarda %3,0 oranında Camiyanı karaçamında çıkmıştır.

4.5 Lipofilik Ekstraktiflere Ait Sonuçlar

Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) türünün kozalak, ibre ve odun örneklerinde heksan ekstraksiyonu sonucu elde edilen lipofilik madde miktarları; kozalakta %5,90, ibrede %5,94 ve odunda %8,49 olarak bulunmuştur.

Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) türünün kozalak örneğinde lipofilik ekstraktiflerinin bileşenleri ve miktarları incelendiğinde, linoleic asitin %28,74 ile en fazla olduğu görülmektedir. Abietal ve abietol sadece kozalak örneğinde bulunmuş olup miktarları sırası ile %14,55 ve %5,24 olarak belirlenmiştir.

Kılıç vd. (2011) yaptıkları çalışmada, çam türlerinin kozalaklarının ekstraktiflerine ait değerler bulunmuştur. Bulunan değerler Tablo 32’de Camiyanı karaçamı kozalak örneğinin lipofilik uçucu bileşenleri miktarı ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 32: *Pinus L.* türlerinin kozalaklarının ana lipofilik bileşenleri (%).

Lipofilik Bileşenler	var. <i>pallasiana</i> (Tespit)	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus brutia</i>
Palmitic acid	3,06	1,00	tr	0,63	1,67	0,43
Oleic acid	12,28	0,25	0,09	0,78	-	-
Linoleic acid	28,74	0,37	0,19	0,94	0,47	-
Dehydroabietal	3,59	4,38	1,67	-	5,98	0,80
Abietal	14,55	-	1,28	0,78	2,39	-
Neoabietal	-	0,25	4,24	1,10	0,95	0,20
Palustral	-	5,13	2,51	-	-	2,18
Abieta-8,11,13-triene	6,45	0,50	tr	-	2,39	-
Abieta-7,13-diene	10,51	0,12	0,14	-	0,23	-
Pimaric acid	-	10,15	-	20,34	9,80	0,60
Sandaracopimaric acid	-	4,26	2,81	3,62	5,74	2,55
Abietol	5,24	23,30	7,30	5,20	8,13	18,34
Palustric acid	-	8,52	13,08	1,73	1,91	13,94
Levopimaric acid	-	2,25	5,28	2,83	1,19	7,52
Dehydroabietic acid	-	15,53	5,03	9,62	49,76	5,64
Abietic acid	-	12,40	37,18	37,06	6,69	31,94
Neoabietic acid	-	11,52	19,11	15,29	2,63	15,82

-:Tanımlanamadı

tr: <0.01 ’den daha düşük miktarları göstermektedir.

Tablo 32 incelendiğinde abietal miktarı %14,55 ile en yüksek Camiyanı karaçamında bulunmuştur. Camiyanı karaçamında miktarı yüksek bulunan lipofilik bileşenler abieta-8,11,13-triene %6,25, abieta-7,13-diene %10,51, palmitic asit %3,06, linoleic asit %28,74 ve oleic asit %12,28 bulunmuştur.

Camiyanı karaçanı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) türünün ibre örneğinde lipofilik ekstraktiflerinin bileşenleri ve miktarları incelendiğinde, abietadiene %28,73 ile en fazla olduğu görülmektedir. Nerolidol, rimuene, abietatriene ve ferruginol sadece ibre örneğinde bulunmuş olup miktarları sırası ile %1,02, %7,49, %5,82 ve %5,95 olarak bulunmuştur.

Camiyanı karaçanı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) türünün odun örneğinde lipofilik ekstraktiflerinin bileşenleri ve miktarları incelendiğinde, linoleic asit %65,56 ile en fazla olduğu görülmektedir. Myristic asit, stearic asit, arachidic asit ve behenic asit sadece odun örneğinde bulunmuş olup miktarları sırası ile %0,63, %3,79, %4,89 ve %1,16 olarak belirlenmiştir.

Yıldırım ve Holmbom (1978b), yaptığı çalışmada *Pinus* L. türlerinin odununa ait lipofilik bileşenlerin miktarlarını bulmuştur. Bulunan bu değerler Camiyanı karaçanı odun örneğinde bulunan lipofilik bileşenlerin miktarları ile karşılaştırılması Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 33: *Pinus* L. türlerinin odun lipofilik bileşenleri miktarlarının karşılaştırılması (%).

Bileşenler	var. <i>pallasiana</i> (Tespit)	<i>Pinus</i> <i>sylvestris</i>	<i>Pinus</i> <i>nigra</i>	<i>Pinus</i> <i>brutia</i>	<i>Pinus</i> <i>pinea</i>
Palmitic acid	11,24	1,4	2,3	7,5	6,6
Oleic acid	12,05	38,6	41,3	48,9	40,7
Linoleic acid	65,56	35,2	38,2	27,6	38,6
Pinolenic acid	-	10,1	6,2	0,3	0,7
Eicosatrienoic	-	4,7	4,7	3,7	3,7

Tablo 33 incelendiğinde, *Pinus* L. türlerinin odun lipofilik bileşenleri miktarı; palmitic asit miktarı en yüksek Camiyanı karaçamında %11,24, oleic asit miktarı en yüksek *Pinus brutia* Ten'de %48,9, linoleic asit miktarı en yüksek Camiyanı karaçamında %65,56 ve pinolenic asit miktarı en yüksek *Pinus sylvestris* L. de %10,1 bulunmuştur.

Hafizoğlu (1989) yaptığı çalışmada, *Pinus pinea* L. odun ve kabuk lipofilik bileşenlerini araştırmıştır. *Pinus pinea* L. odun örneği lipofilik bileşikleri ve miktarı olarak, myristic asit %0,3, palmitic asit %2,8, stearic asit %0,5, oleic asit %17,4, linoleic asit %16,5, pinoleic asit %0,3, linolenic asit %1,0, arachidic asit %0,2, behenic asit %0,2 ve lignoceric asit %0,1 bulunmuştur. Ana lipofilik bileşikler olarak oleic asit ve linoleic asiti bulmuştur. Camiyanı karaçamında ana lipofilik bileşikler olarak palmitic asit, linoleic asit ve oleic asit bulunmuştur.

4.6 Öneriler

Türkiye'de doğal olarak yetişen *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* türünün kozalak, ibre ve odunu üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Kozalak örneğinin uçucu yağ analizinde %96,49'u tespit edilmiştir. İbre örneğinin uçucu yağ analizinde %85,90'ı tespit edilmiştir. Odun örneğinin uçucu yağ analizinde %97,12'si tespit edilmiştir.

Camiyanı karaçanı öz odunu oranı gövde çapının tamamına yakınına kapladığı için dekoratif olarak mobilya üretiminde kullanılabilir. Lif doygunluk noktası rutubetinin düşük olması sebebiyle dış hava koşullarında odunu değerlendirilebilir.

Camiyanı karaçanı odunu ince tekstürlü ve az budaklı olması mobilya üretiminde kolay işlenebilmesini sağlamaktadır. Bu yüzden mobilya üretiminde kullanılması önerilebilir. Ayrıca, raf ve merdiven basamağı yapımında da tercih edilebilir.

Yapılan bu çalışmada, Türkiye'de doğal olarak yetişen *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* türünün kozalak, ibre ve odununun hidrodistilasyon ile elde edilen uçucu yağ analizi, heksan ekstraksiyonu ile elde edilen lipofilik madde miktarları ve bileşenleri incelenmiştir. Ayrıca odununun anatomik ve fiziksel özelliklerine de bakılmıştır. *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana* uçucu yağları ve lipofilik bileşenleri ile ilgili pek fazla çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışma yapılacak çalışmalara kaynak olabilir.

KAYNAKLAR

- Acar, İ. (1987). *Defne (Laurus nobilis L.) Yaprağı ve Yaprak Eterik Yağının Üretilmesi ve Değerlendirilmesi*. Ormancılık Araş. Enst. Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:187, Ankara, 89 s.
- Acar, İ. (1989). *Liquidambar orientalis. Mill. Balsamı Eterik Yağının GC-MS-DS Sistemi ile Analiz Edilerek Bileşiminin Belirlenmesi*. Teknik Rapor No:33, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, s: 11.
- Alptekin, Ü. (1986). Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe)'nın Coğrafik Varyasyonları. Doktora Tezi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Silvikültür Anabilim Dalı, İstanbul, 170 s.
- Atay, İ. (1959). Karaçamın tohumu üzerine araştırmalar. *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, A9(1): 48-96.
- Ay, N. (1994). Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) Odununun Anatomik, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 166 s.
- 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.
- Berkel, A. (1970). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, Cilt I, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:1448/147, İstanbul.
- Bostancı, Ş. (1987). *Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 13, Trabzon, 516 s.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker, Y. (1981). *Orman Ürünlerinden Faydalanma*, İ.Ü. Genel Yayın No: 3402, Orman Fakültesi: 379, İstanbul, 448 s.
- Carre, J. (1976). Technological properties of *Pinus nigra* for use in particleboard industry. *Bulletin-de-la-Societe-Royale-Forestiere-de-Belgique.*, 83(4): 197-209.
- Ceylan, A. (1996). *Tıbbi Bitkiler (Uçucu Yağ Bitkileri) Cilt II*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını No: 481, İzmir.
- Cown, D.J. (1974). Physical properties of Corsican pine grown in New Zealand. *New Zealand-Journal of Forestry Science*, 4(1): 76-93.
- Davis, P.H., (1965-1985). *Flora of Turkey and the Aegean Islands*. Edinburgh University Press., London, Volume: 1-9.
- Deligöz, H. (1996). *Organik Kimya Laboratuar Kılavuzu*, Denizli.
- Demetçi, E.Y. (1982). Ağaç kabuklarından yararlanma olanakları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Dergi Serisi*, 28(55): 39-41

- Döğdü, Y.C. (2006). Camiyanı Karaçamı'nın (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kurutma Cetvellerinin Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 95 s.
- Dönmez, İ.E. (2005). Andız (*Arceuthos drupacea* Ant. et. Kotschy) Ağacının Kimyasal Bileşimi Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 139 s.
- Eroğlu, H. ve Usta, M. (2000). *Lif Levha Üretim Teknolojisi*, K.T.Ü. Genel Yayın No:200, Orman Fakültesi Yayın No: 30, Trabzon, 351 s.
- Erten, P. ve Sözen, R. M. (1994). *Fıstıkçamı (Pinus pinea), Camiyanı Karaçamı (Pinus nigra Arnold.) ve Çınar Yapraklı Akçaağaç (Acer platanoides) Odunun Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi*. İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 266, 37 s.
- Erten, A.P. ve İlter, E. (1995). *Karaçam (Pinus nigra Arnold) Odunun Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten, No: 250.
- Ertekin, M. (2006). Yenice- Bakraz Orijinli Karaçam (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) Tohum Bahçesinde Çiçeklenme, Kozalak Verimi ve Tohum Özellikleri Açısından Klonal Farklılıklar. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 191 s.
- Fakir H, Korkmaz M ve Güller B (2008). *Batı Akdeniz Bölgesi'nin Odun Dışı Orman Ürünleri Veren Odunsu ve Otsu Bitkileri ve Değerlendirilmesi*. TÜBİTAK-TOVAG, 104O314 Nolu Araştırma Projesi, Isparta, 173 s.
- Faldt, J., Sjödin, K., Persson, M., Valterova, I. ve Borg-Karlson, A.K. (2001). Correlations between selected monoterpene hydrocarbons in the xylem of six *Pinus* (Pinaceae) species, *Chemoecology* 11: 97-106.
- Fengel, D. ve Wegener, G. (1984). *Wood Chemistry, Ultrastructure Reactions.*, Walter de Gruyter, New York.
- Foster, JB. (1975). Performance of Osmosar diffusible wood preservative, *Farm-Forestry*, 17(1): 3-9
- Göker, Y. (1977). *Deneme Ağaçlarının Alındığı Dursunbey ve Elekdağ Ormanlarının Tanıtımı ve Karaçam Hakkında Genel Bilgiler*, T.C. Orman Bakanlığı Yayınları, Sıra no: 613, Seri no: 22.
- Guenther, E. (1967). *The Essential Oils*. 1, 6th Solition, O. Van Nostrand Company, Inc.
- Gullichsen, J. ve Paulapuro, H. (2000). *Forest Products Chemistry*, Gummerus Printing, 952-5216-03-9.

- Gündüz, G. (1999). Camiyanı Karaçamının (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) Bazı Anatomik Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri. Doktora Tezi Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, Bartın, 148 s.
- Hafizoğlu, H. (1982). *Orman Ürünleri Kimyası, Cilt 1 Odun Kimyası*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 52, Trabzon, 245 s.
- Hafizoğlu, H. (1983). *Odun Ekstraktifleri (Wood Extractives)*, Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 6, Sayı 2, Trabzon, 343 s.
- Hafizoğlu, H., ve Usta, M. (2005). Chemical composition of coniferous wood species occurring in Turkey. *Holz Roh-Werkstoff*, 63: 83-85.
- Halupane, Z. ve Szonyi, L. (1974). Main pulping characteristics and possible utilization of Austrian Pine, *Erdeszeki-Kuatasok*, 70(1): 187-206.
- Haygreen, J.G., ve Bowyer, J.I. (1996). *Forest Products and Wood Science: An Introduction*, Third Edition, IOWA State University Press.
- Huş, S. (1969). *Orman Mahsülleri Kimyası*. İ.Ü. Genel Yayın No: 1451, Orman Fakültesi Yayın No: 150, İstanbul, 195 s.
- Istas, Jr., Raekelboom, E.L., Nanson, A., Jamblinne de Meux, Schalck, J. (1975). Wood density and the chemical, fibre and paper making characteristics of *Pinus nigra*. *Bulletin de la Societe Royale Forestiere de Belgique*, 82(2): 80-97.
- Kalafatçılar, Ö.A. (2002). *Laboratuar Tekniği ve Laboratuar Cihazları*. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Yüksek Öğrenim Vakfı Yayınları, Manisa, 68 s.
- Karaca, F. (1992). Defne Yapraklarından Süperkritik Ekstraksiyon Yöntemi ile Esansiyel Yağ Eldesi. Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaya, Z. ve Temerit, A. (1994). Genetic structure of marginally located *Pinus nigra* var. *pallasiana* populations in central Turkey. *Silvae Genetica*, 43(5-6): 272-276.
- Kayacık, H. (1959). *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği*, Cilt 1, *Gymnospermae* (Açık Tohumlular), İ.Ü. Yayın No: 813, O.F. Yayın No: 60, İstanbul, s. 71-79.
- Kılıç, A., Hafizoğlu, H., Dönmez, İ.E., Tümen, İ., Sivrikaya, H., Reunanen, M., Hemming, J. (2011). Extractives in the cones of *Pinus* species. *Eur. J. Wood Prod.* 69: 37-40.
- Kılıç, A., Tümen, İ., Hafizoğlu, H., Dönmez, İ.E., Sivrikaya, H., Reunanen, M. (2010). Yields and constituents of essential oil from cones of *Pinaceae* spp. natively grown in Turke. *Molecules*, 15: 5797-5806.
- Kındır, Ö. (2002). Kestane Ağacının (*Castanea sativa* Mill.) Kimyasal Analizi. Bilim Uzmanlığı Tezi (yayımlanmamış), Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 122 s.

- Kırcı, H. (2000). *Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 63, Trabzon 274 s.
- Kırcı, H. (2003). *Kağıt Hamuru Endüstri Ders Notları*. K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 274 s.
- Kırcı, S. (1998). Doğal kaynaklardan elde edilen boyarmaddeler. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9-11.
- Kocakulak, E. (1999). *Juniperus oxycedrus L. subsp. macrocarpa Sibth&Sm. Ball.'ın Uçucu Yağı Üzerinde Farmokognozik Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), G.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s. 3.
- Kurtça, M. (2014). Sarıçamın ibre, odun ve kozalak örneklerinin uçucu yağ bileşenleri (basılmamış).
- Lawless, J. (1992). *The Encyclopedia of Essential Oils*, Element, Boston.
- Macchioni, F., Ciomi, P.L, Flaminı, G., Morelli, S., Maccioni, S., Ansaldi, M. (2003). Chemical composition of essential oils from needles, branches and cones of *Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* and *Pinus nigra* from central Italy. *Flavour and Fragrance Journal*, 18: 139-143.
- Merev, N. (2003). *Odun Anatomisi*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Genel yayın No:209, Fakülte Yayın No:31, Trabzon.
- Nedelchev, N. (1987). Shrinkage and swelling of wood of *Pinus nigra*. *Gorsko-Stopantsvo-Gorska-Promishlenost*, 43(11): 14-16.
- Noller, R.C. (1965). *Chemistry Of Organic Compounds*, 3rd Edition, W.B. Saunders Company, Philadelphia and London.
- OGM (1995). *Odun Dışı Orman Ürünlerinin Satış ve Üretim Metotları*. T.C. Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, No: 283, 153 s.
- Önal, S. (1995). *Bazı Uyarıcı Maddelerle Kızılçam ve Karaçamda Reçine Üretimi*. Teknik Bülten Serisi Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, No: 249, s. 52.
- Örs, Y. (1986). *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi I. Kısım Odunun Fiziksel Özellikleri*, K.Ü. Orman Fak., Ders Teksirleri Serisi No:11, K.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Özgirgin, M. (1986). Boyarmadde kimyası. *Milli Eğitim Bakanlığı Tebliğler Dergisi*, 68: 72-75.
- Öztürk, M. ve Pirdal, M. (1990). *Ekonomik Botanik Uygulama Kitabı*, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Bornova-İzmir.
- Persson, R. ve Klaus, J. (1997). Orman ve Ağaç kaynaklarının değerlendirilmesi ve izlenmesi, *XI. Dünya Ormancılık Kongresi Bildirileri*, Cilt 3, 13-22 Ekim 1997, Antalya, s.14.

- Petrakis, P.V., Tsitsimpikou, C., Tzakou, O., Couladis, M., Vagias, C. (2001). Needle volatiles from five *Pinus* species growing in Greece. *Flavour And Fragrance Journal*, 16: 249-252.
- Rafii, Z.A, Dodd, R.S. ve Zavarin, E. (1996) Genetic diversity in foliar terpenoids among natural populations of European black pine, *Biochemical Systematics and Ecology*, 24(4): 325-339.
- Rezzi, S., Bighelli, A., Mouillot, D., Casanova, J. (2001). Composition and chemical variability of the needle essential oil of *Pinus nigra subsp. laricio* from corsica. *Flavour and Fragrance Journal*, 16: 379-383.
- Rowell, R.M. (1983). *The Chemistry of Solid Wood*, Advances in Chemistry Series 207, American Chemical Society, Washington.
- Rowell, R.M., Pettersen, R., Han, J.S., Rowell, J.S. ve Tshabalala, M.A. (2005). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. CRC Press, 487 s.
- Sarıusta, E. (2007). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* Arn.) ve Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.) Reaksiyon Odununun Anatomik Yapısı ve Kimyasal Bileşim Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 123 s.
- Schedl, C. (1973). Impregnation of wooden poles. Results of impregnation tests with Austrian Pine. *Holzforschung-und Holzverwertung.*, 25(4): 108-114.
- Sezik, E., Üstün, O., Demirci, B., Baser, K.H.C. (2010). Composition of the essential oils of *Pinus nigra* Arn. From Turkey. *Turk. J. Chem.* 34: 313-325.
- Sjöstrom, E. (1981). *Wood Chemistry*, Academic Press London, New York, USA, 293 s.
- TAPPI T 257 cm-02 *Preparation of Wood for Chemical Analysis*.
- TAPPI T 212 om-02 *One Percent Sodium Hydroxide Solubility of Wood and Pulp*.
- TAPPI T 207 om-99 *Water Solubility of Wood and Pulp*.
- Taylor, A.M. (2002). Heartwood formation and natural durability—A review. *Wood and Fiber Science*, 34 (4): 587-611.
- TS 2471 (1981). *Odunda Fiziksel, Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini*, I.Baskı, TSE, Ankara.
- TS 2472 (1985). *Odunda Fiziksel Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini*, I. Baskı, TSE, Ankara.
- Tümen, İ. (2005). Türkiye’de Yetişen *Juniperus* ssp. Türlerinin İğne Yaprak, Meyve ve Kozalaklarının Kimyasal Bileşenleri, Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 210 s.

- Uçar, G. (1980). *Odun Kimyası Ders Notları 1.*, Basılmamış.
- Uçar, G. ve Fengel, D. (1995). Variation in composition of extractives from wood of *Pinus nigra* varieties. *Phytochemistry*, 38(4): 877-880.
- Uçar, G. ve Balaban, M. (2004). Volatile needle extractives of Anatolian black pine varieties: *P. nigra subsp. pallasiana var. pallasiana* and *var. pyramidata*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32: 983-992.
- Usta, E. ve Vurdu, H. (1994). The preliminary studies on the seasonal variation in ash content of *Pinus nigra* needles. *Turkish Journal of Botany*, 18: 407-409.
- Üstün, F. (1967). Chemisch Analytische Untersuchungen an Nadelhölzern Dissertation. Universität Hamburg.
- Velioğlu, E. (2002). *Moleküler Belirteçler Yardımıyla Karaçam (Pinus nigra Arnold. Subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) Tohum Meşcerelerinde, Tohum Bahçelerinde ve Ağaçlandırmalarında Bulunan Genetik Çeşitliliğin Karşılaştırılması*. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müdürlüğü, Bakanlık Yayın No: 190, Müdürlük Yayın No: 23, Teknik Bülten no: 11, Ankara, 40 s.
- Vidrich, V., Fusi, P., Michelozzi, M., Franci, M. (1996). Analysis of essential oils from leaves and branches of different Italian provenances of *Pinus nigra* Arn. *Journal of Essential Oil Research*, 8(4): 377-381.
- Vurdu, H. (1989). *Pinus nigra* Arnold foliage, *Journal of Islamic Academy of Sciences*, 2: 106-108.
- Vurdu, H. ve Steel, F. (1998). Genetic variation in specific gravity of three years old *Pinus nigra* seedlings, *Kastamonu Education Journal*, 4(6): 77-84.
- Yaltrık, F. (1988). *Dendroloji Ders Kitabı I, Gymnospermae (Açık Tohumlular)*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3443, O.F. Yayın No: 386, İstanbul, s. 73-79.
- Yazıcı, H. (2002). Batı Karadeniz Bölgesi'nde Yetişen Defne (*Laurus nobilis* L.) Yaprak ve Meyvelerinden Faydalanma İmkanlarının Araştırılması. Doktora Tezi, Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 309 s.
- Yıdırım, H. ve Holmbom, B. (1978a). Investigations on the wood extractives of pine species from Turkey. II. Composition of fatty acids and resin acids in *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra*. *Acta Academiae Aboensis*, Ser, B Mathematica et Physica, Matematik, Naturvetenskaper, Teknik, 37(4): 1-6.
- Yıdırım, H. ve Holmbom, B. (1978b). Investigations on the wood extractives of pine species from Turkey. I. unsaponifiable, nonvolatile, nonpolar compounds in *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra*. *Acta Academiae Aboensis*, Ser, B Mathematica et Physica, Matematik, Naturvetenskaper, Teknik, 37(3): 1-6.

Yılgör, N. (1999). Türkiye’de Karaçam (*Pinus nigra* L.) Varyetelerinin Kimyasal Açıdan Karakterizasyonu. Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 104 s.

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

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Emrah ŞAHİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Gerede-28.10.1990

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : 2007 – 2012 Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2012-2014 Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği A.B.D, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı

İş Deneyimi

Stajlar : 2010 Gentaş Group Mengen/Bolu 20 işgünü
: 2011 Işık Baharat ve Doğal Kozmetik Ürünleri Fatih/İstanbul 20 işgünü

Projeler ve Kurs

Belgeleri : ANT TEKNİK-Eğitim Sertifikası-“HPLC”- Kullanıcı Eğitimi (2013)
ANT TEKNİK-Eğitim Sertifikası-“UV-FTIR” Kullanıcı Eğitimi (2013)
Alphacam ve Aspira Programları (B.S.A. Makine-2013)

İletişim

E-Posta Adresi : sahinemrah_oren@hotmail.com

Sınav Tarihi : 16.10.2014