

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DOĞU LADİNİ VE SARIÇAM TÜRLERİNDE KARANTİNA AMAÇLI
ISIL İŞLEMİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra ŞAHİN ÖZDEMİR

HAZİRAN 2019

TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
Esra ŞAHİN ÖZDEMİR tarafından hazırlanan**

**DOĞU LADİNİ VE SARIÇAM TÜRLERİNDE KARANTİNA AMAÇLI ISIL İŞLEMİN
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

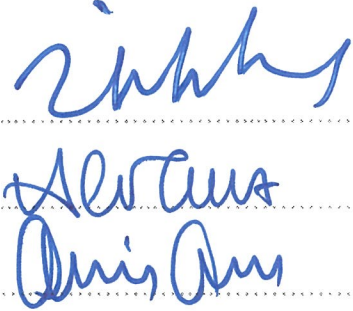
başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ümit Cafer YILDIZ

Üye : Prof. Dr. Ali TEMİZ

Üye : Prof. Dr. Selim ŞEN



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Doğu Ladini ve Sarıçam Türlerinde Karantina Amaçlı Isıl İşlemin Etkilerinin Belirlenmesi” isimli bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Anabilim Dalı, Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının planlanması, araştırılması, yürütülmesi ve oluşumunda engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her türlü yardım ve desteğiyle yanımda olan ve çalışmalarına yön veren hocam Prof. Dr. Ümit C. YILDIZ başta olmak üzere, tez çalışmamda araştırmam boyunca yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Ayşenur GÜRGEN’e, teşekkürlerimi arz ederim.

FTIR spektroskopi analizi için Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden Doç. Dr. Emrah PEŞMAN’a, analizler sırasında yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. İbrahim YILDIRIM’a, Arş. Gör. Murat ÖZTÜRK’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmasında kullanılan odun örneklerinin hazırlanmasında bana yardımcı olan KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Atölye çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini tüm hayatım boyunca esirgemeyen, bu konuma gelmem için sonsuz özveride bulunan sevgili aileme, çalışmalarım sırasında sabır ve olgunlukla her zaman yanımda olan oğlum Mehmethan ÖZDEMİR’e, çalışmanın bütün aşamalarında yanımda bulunan, yardımcı olan ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Mehmet Yaşar ÖZDEMİR’e teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın, ilgili bütün sektörlere faydalı bir referans olmasını dilerim.

Esra ŞAHİN ÖZDEMİR

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doğu Ladini ve Sarıçam Türlerinde Karantina Amaçlı Isıl İşlemin Etkilerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ümit C. YILDIZ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/06/2019

Esra ŞAHİN ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Tanımlar	3
1.4. Karantina Amaçlı Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgi	6
1.4.1. Dünyada Karantina Amaçlı Isıl İşlem Uygulamaları.....	6
1.4.2. Türkiye’de Karantina Amaçlı Isıl İşlem Uygulamaları	7
1.4.3. Karantina Amaçlı Isıl İşlem Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar ve Sorunların Yol Açtığı Anlaşmazlıklar	8
1.5. Literatür Özeti	9
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	29
2.1. Malzeme.....	29
2.1.1. Örnek Malzemenin Temini ve Özellikleri	29
2.2. Araştırma Yöntemi.....	30
2.2.1. Isıl İşlem.....	30
2.2.2. Fiziksel Özellikler ile İlgili Çalışmalar	31
2.2.2.1. Özgül Ağırlık	31
2.2.2.1.1. Tam Kuru Özgül Ağırlık.....	31

2.2.2.1.2.	Hava Kurusu Özgül Ağırlık	32
2.2.2.2.	Denge Rutubeti Miktarı	32
2.2.2.3.	Genişleme Miktarının Belirlenmesi	33
2.2.2.4.	Renk Değişim Analizi	35
2.2.2.5.	Parlaklık	36
2.2.2.6.	Yüzey Pürüzlülük Analizi	37
2.2.3.	Mekanik Özellikler	37
2.2.3.1.	Eğilme Direnci	38
2.2.3.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü	40
2.2.3.3.	Liflere Paralel Basınç Direnci	41
2.2.4.	Anatomik Özellikler	43
2.2.4.1.	Anatomik Testlerin Yapılması	43
2.2.5.	Küf Mantarı Deneyi	43
2.2.6.	Örneklerin ATR-FTIR Analizi	45
2.2.7.	İstatistiksel Yöntemler	46
3.	BULGULAR	47
3.1.	Fiziksel Özellikler	47
3.1.1.	Özgül Ağırlık ile İlgili Bulgular	47
3.1.1.1.	Tam Kuru Özgül Ağırlığa Ait Bulgular	47
3.1.1.2.	Hava Kurusu Özgül Ağırlığa Ait Bulgular	47
3.1.2.	Denge Rutubetine Ait Bulgular	48
3.1.3.	Genişlemeye Ait Bulgular	49
3.1.4.	Renk Değişim Analizine Ait Bulgular	51
3.1.5.	Parlaklığa Ait Bulgular	53
3.1.6.	Yüzey Pürüzlülük Analizine Ait Bulgular	54
3.2.	Mekanik Özellikler	56
3.2.1.	Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Ait Bulgular	56
3.2.2.	Liflere Paralel Basınç Direncine Ait Bulgular	57
3.3.	Anatomik Özelliklere Ait Bulgular	58
3.4.	Küf Mantarı Deneyine Ait Bulgular	60

3.5.	ATR-FTIR Analizi ile İlgili Bulgular	61
4.	İRDELEME	65
4.1.	Karantina Amaçlı Isıl İşlemin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi	65
4.1.1.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam Odununda Isıl İşlemin Tam Kuru Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi	65
4.1.2.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam Odununda Karantina Amaçlı Isıl İşlemin Hava Kuru Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi	66
4.1.3.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam Odununda Karantina Amaçlı Isıl İşlemin Denge Rutubeti Miktarına Etkisi	68
4.1.4.	Genişleme Miktarı	69
4.1.5.	Renk Değişikliği	70
4.1.6.	Parlaklık	73
4.1.7.	Yüzey Pürüzlülüğü.....	75
4.2.	Isıl İşlemin Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi	78
4.2.1.	Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	78
4.2.2.	Liflere Paralel Basınç Direnci.....	81
4.3.	Anatomik Özellikler.....	82
4.4.	Küf Mantarı Deneyi	87
4.5.	ATR- FTIR Analizi.....	89
5.	SONUÇLAR	92
6.	ÖNERİLER.....	94
7.	KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

DOĞU LADİNİ VE SARIÇAM TÜRLERİNDE KARANTINA AMAÇLI ISIL İŞLEMİN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Esra ŞAHİN ÖZDEMİR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ümit C. YILDIZ
2019, 104 Sayfa

Bu çalışmada; ISPM 15 standardına uygun olarak endüstriyel şartlarda yapılan ısıtım işlem sonrasında Ladin (yaş), Ladin (kuru) ve Sarıçam odununda meydana gelen anatomik, fiziksel, mekanik, teknolojik, kimyasal ve dayanım özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Bu araştırma, ISPM-15 standardına uygun olarak yapılan karantina amaçlı ısıtım işlem görmüş ahşap paketleme ürünleri ile ticaret yapan firmaların karşılaştıkları sorunların çözümüne ışık tutacak nitelikte çalışmalar içermektedir.

Bu amaçla örneklere endüstriyel şartlarda 56°C sıcaklıkta, 30 dakika süreyle ısıtım işlem uygulanmıştır. Isıtım işlemin parlaklık, elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci, küflenme, genişleme ve anatomik özellikleri etkilediği belirlenmiştir. Sarıçam kontrol örneklerinde ısıtım işlem öncesi parlaklık değeri ortalama 41,1 iken test örneklerinde 39,8 olmuştur. Ladin (K) kontrol örneklerinde elastikiyet modülü 848,8 kp/cm² iken test örneklerinde 654,9 kp/cm² olarak belirlenmiştir. Ladin (Y) kontrol örneklerinde liflere paralel basınç direnci 455,8 kp/cm² olurken test örneklerinde 401,7 kp/cm²'dir. Örneklere ATR-FTIR analizi yapılmıştır ve ısıtım işlemin odunun kimyasal yapısını etkilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Karantina amaçlı ısıtım işlem, ahşap palet, ISPM-15.

Master Thesis

ABSTRACT

**DETERMINING THE EFFECTS OF HEAT TREATMENT FOR QUARANTINE IN
EASTERN SPRUCE AND SCOTS PINE SPECIES**

Esra ŞAHİN ÖZDEMİR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ümit C. YILDIZ
2019, 104 Pages

In this study; the changes in the anatomical, physical, mechanical, technological, chemical and strength characteristics of spruce (wet), spruce (dry) and pine wood after heat treatment in accordance with ISPM 15 standard in industrial conditions were investigated. In this study, it is aimed to shed light on the solution of the problems faced by the firms engaged in trade with the wooden packaging products that are heat treated for quarantine in accordance with ISPM-15 standard.

For this purpose, the samples were heat treated at 56 °C for 30 minutes under industrial conditions. It was determined that heat treatment effected brightness, modulus of elasticity, compression strength parallel to grain, mold, expansion and anatomical features. The mean brightness value of the control and test scotch pine samples were determined as 41.1 and 39.8, respectively. While the modulus of elasticity was determined as 848,8 kp/cm² in the spruce control samples, this value was determined as 654,9 kp/cm² in the test samples. Compression strength parallel to grain of spruce was calculated as 322,1 kp /cm² and 401,7 kp /cm² in control and test samples of spruce. The samples were analyzed by Attenuated Total Reflection Fourier Transform IR (ATR-FTIR) and it was concluded that heat treatment effected the chemical properties of wood.

Key Words: Quarantine heat treatment, wooden pallet, ISPM-15.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. ISPM 15 İşaretleme sisteminde kullanılan standart işaretler	8
Şekil 2. Çalışma kapsamında kullanılacak örneklerin temin edilmesi.....	29
Şekil 3. Karantina amaçlı ısıtma işlemi ile ilgili kayıt grafiği.....	30
Şekil 4. Özgül ağırlık deney örneği.....	31
Şekil 5. Genişleme deneyi için örneklerin boyutlarının ölçülmesi	34
Şekil 6. Genişleme deneyi için örneklerin hazırlanması	34
Şekil 7. Renk ölçüm cihazı.....	35
Şekil 8. CIE Lab Renk sistemi	36
Şekil 9. Parlaklık ölçüm cihazı ve parlaklık ölçümü.....	36
Şekil 10. Pürüzlülük test cihazı ve yüzey pürüzlülüğü ölçümü	37
Şekil 11. Eğilme direnci deneyi için örneklerin boyutlarının ölçümü	38
Şekil 12. Eğilme direnci örneklerinin boyutları	38
Şekil 13. Eğilme direnci örneklerine yükün uygulanması	39
Şekil 14. Eğilme direnci test cihazı ve testin yapılması.....	39
Şekil 15. Liflere paralel basınç direnci test örnekleri.....	42
Şekil 16. Liflere paralel basınç direnci test cihazı	42
Şekil 17. Küf testi için hazırlanan örnekler.....	44
Şekil 18. FTIR Analizi için hazırlanan örnekler	46
Şekil 19. Sarıçam odunu test örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektraları.....	61
Şekil 20. Sarıçam odunu test örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektraları	61
Şekil 21. Sarıçam odunu kontrol örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektraları.....	62
Şekil 22. Sarıçam odunu kontrol örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektraları	62
Şekil 23. Ladin (K) odunu kontrol örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektraları	62
Şekil 24. Ladin (K) odunu kontrol örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektraları	63
Şekil 25. Ladin (K) odunu test örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektraları	63
Şekil 26. Ladin (K) odunu test örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektraları	63

Şekil 27. Örneklerin B yüzeylerinin karşılaştırılmalı ATR-FTIR spektraları.....	64
Şekil 28. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerleri.....	65
Şekil 29. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerlerindeki % değişim miktarları	66
Şekil 30. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin hava kurusu özgül ağırlık değerleri.....	67
Şekil 31. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinde hava kurusu özgül ağırlık değerlerinin değişim miktarı	67
Şekil 32. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin denge rutubeti miktarları	68
Şekil 33. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin denge rutubeti miktarlarındaki değişim	69
Şekil 34. Genişleme miktarındaki değişim	70
Şekil 35. Isıl işlem uygulanan Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde oluşan ışık stabilite (ΔL) değerleri	71
Şekil 36. Isıl işlem uygulanan Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde oluşan kırmızı-yeşil stabilite (Δa^*) değerleri	71
Şekil 37. Isıl işlem uygulanan örneklerde oluşan sarı-mavi stabilite (Δb^*) değerleri	72
Şekil 38. Isıl işlem uygulanan örneklerde oluşan renk değişim (ΔE^*) değerleri	73
Şekil 39. Ladin(Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde SCI değerleri	74
Şekil 40. Ladin(Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde SCE değerleri	75
Şekil 41. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin yüzey pürüzlülük (R_z) değeri.....	75
Şekil 42. Isıl işlem uygulanan odun örneklerinin pürüzlülük değerindeki (R_z) değişim oranları	76
Şekil 43. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde ortalama pürüzlülük (R_a) değerleri	76
Şekil 44. Isıl işlem uygulanan odun örneklerinin pürüzlülük değerindeki (R_a) değişim oranları	77
Şekil 45. Pürüzlülük indeksi (R_I) değerleri.....	77
Şekil 46. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin eğilme direnci değerleri	78
Şekil 47. Isıl işlem uygulanan örneklerde eğilme direncindeki değişim.....	79
Şekil 48. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin elastikiyet modülü değerleri.....	80

Şekil 49. Isıl işlem uygulanan örneklerde elastikiyet modülündeki değişim.....	80
Şekil 50. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin basınç direnci değerleri	81
Şekil 51. Isıl işlem uygulanan örneklerde basınç direncindeki değişim	82
Şekil 52. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde enine kesitte ilkbahar odunu	83
Şekil 53. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde enine kesitte yaz odunu.....	83
Şekil 54. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde özışınları	83
Şekil 55. Ladin(Y) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte ilkbahar odunu	84
Şekil 56. Ladin(Y) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte yaz odunu	84
Şekil 57. Ladin(Y) kontrol ve test örneklerinde özışınları.....	84
Şekil 58. Ladin(K) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte ilkbahar odunu	85
Şekil 59. Ladin(K) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte yaz odunu	85
Şekil 60. Ladin(K) kontrol ve test örneklerinde özışınları.....	85
Şekil 61. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde anatomik değerlendirme	86
Şekil 62. Ladin (Y) kontrol ve test örneklerinde anatomik değerlendirme.....	86
Şekil 63. Ladin (K) kontrol ve test örneklerinde anatomik değerlendirme.....	87
Şekil 64. 4 hafta sonunda örneklerin durumu (<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai).....	88
Şekil 65. 4 hafta sonunda örneklerin durumu (<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.).....	88

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Ülkelerin ISPM 15 uygulamaya başlama zamanları	7
Tablo 2.	Odun örnekleri üzerindeki küflenme derecesi ölçüm skalası (ASTM , 2012; Waals vd., 2003).....	44
Tablo 3.	Selüloz ve selüloz türevlerinin genel FTIR spektraları (Ahmad ve Isa, 2015; Chang vd.,2010; Fan vd., 2012; Lojewska vd., 2005; Pasqui vd., 2012; Szymanska-Chargot ve Zdunek, 2013; Zbankov, 1966)	45
Tablo 4.	Tam kuru özgül ağırlık üzerine odun türleri içinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçları	47
Tablo 5.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinin hava kurusu (%12) özgül ağırlık değerleri üzerine yapılan T testi sonuçları	48
Tablo 6.	DRM üzerine odun türleri içinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçları.....	48
Tablo 7.	Genişleme deneyine ait varyans analizi sonuçları	49
Tablo 8.	Boyuna yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları.....	50
Tablo 9.	Radyal yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları.....	50
Tablo 10.	Teğet yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları.....	51
Tablo 11.	Ladin (Y) örneklerinin renk değişimi	51
Tablo 12.	Ladin (K) örneklerinin renk değişimi	52
Tablo 13.	Sarıçam örneklerinin renk değişimi.....	52
Tablo 14.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde renk değişim değerleri (ΔE) üzerine yapılan Varyans analiz sonuçları	53
Tablo 15.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde SCI değerlerinin T testi analiz sonuçları	53

Tablo 16.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde SCE değerlerinin T testi analiz sonuçları	54
Tablo 17.	Yüzey pürüzlülük değerleri	54
Tablo 18.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde Rz değerleri için T testi sonuçları	55
Tablo 19.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde Ra değerleri için T testi sonuçları	55
Tablo 20.	Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odunu örneklerinde pürüzlülük indeksi (RI) değerleri	55
Tablo 21.	Ladin(K) odun türünde T testi sonuçları	56
Tablo 22.	Ladin(Y) odun türünde T testi sonuçları	57
Tablo 23.	Sarıçam odun türünde T testi sonuçları	57
Tablo 24.	Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait T testi sonuçları	58
Tablo 25.	Sarıçam örneklerine ait T testi sonuçları	59
Tablo 26.	Ladin (Y) örneklerine ait T testi sonuçları	59
Tablo 27.	Ladin (K) örneklerine ait T testi sonuçları	60
Tablo 28.	<i>Aspergillus niger</i> Tiegh. püskürtülen örneklerin değerlendirilmesi	60
Tablo 29.	<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai. püskürtülen örneklerin değerlendirilmesi	61

SEMBOLLER DİZİNİ

a*	: Kırmızı renk tonu değeri
b*	: Sarı renk tonu değeri
DB	: Kabuğu Soyulmuş
DH	: Dielektrik Isıtma Yöntemi
FAO	: Food and Agriculture Organisation
HT	: Isıl İşlem
IPPC	: International Plant Protection Convention
ISPM 15	: International Standarts For Phytosanitary Measures No.15
KD	: Teknik Kurutma
KLK	: Ladin-kuru-kontrol
KS	: Sarıçam-kontrol
Kw	: Kilowatt
L(Y)	: Ladin-Yaş
L(K)	: Ladin-Kuru
L*	: Renk parlaklık değeri
MB	: Methyl Bromürü
MWT	: Mikrodalga Isıl İşlem
S	: Sarıçam
TLK	: Ladin-kuru-test
TS	: Sarıçam-test
WTO	: Dünya Ticaret Örgütü
ΔE^*	: Toplam renk değişimi değeri
μ	: Mikro, alt birim (10^{-6})

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Odun hammaddesi; doğal sürekliliği olması, yenilenebilen kaynaklardan elde edilmesi ve alternatiflerinden üstün özelliklere sahip olması nedeniyle pek çok malzemenin yapımında yüzyıllardan beri kullanılmaktadır. Çevreye uyumu, fiziksel, mekanik ve estetik özellikleri ile oldukça geniş kullanım alanına sahiptir.

Ancak gerek ağaç iken gerek ise kesildikten sonra böcek ve mantar gibi bir çok biyolojik zararlıların tahribatına maruz kalabilmektedir. Ülkemizin ekonomisi için önemli olan bu durum, orman varlığımız için de büyük etkiye sahiptir.

Ahşap malzemenin kullanım alanında verimli olabilmesi ve kullanımının uzun süre sağlanabilmesi için koruyucu işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Biyolojik zararlıları önlemek, renklenme ve çeşitli fiziksel kusurları ortadan kaldırmak, ahşap malzemenin kullanım süresini ve direncini artırmak için farklı sıcaklık ve sürelerde kurutma işlemi uygulanır.

Ülkemizde sanayinin gelişmesine paralel olarak elde ettiğimiz ürünler, farklı ülkelere ihraç edilirken ahşap paletler kullanılmaktadır. Mantar, böcek vb zararlıların ihracat sırasında ülkeler arasında taşınmaması için ambalajlamada kullanılan ahşap paletlerde karantina amaçlı ısı işlem yapılması zorunludur. Minimum 56 °C iç sıcaklıkta 30 dakika uygulanan bu işlemle zararlılar ortadan kaldırılabilir. Ancak ısı işlem, ahşap malzemede o anda bulunan zararlıları sıcaklığın etkisiyle yok etmede etkilidir. Isıl işlem uygulandıktan sonraki aşamalarda ahşap malzemenin yeniden zararlılarca istila edilmesini önlemek için karantina tedbirleri alınmalıdır.

Zararlıların ve hastalıkların ülkeler arasında yayılmasını önlemek için FAO tarafından 2002'de yayımlanan ve pek çok ülkenin kabul ettiği ISPM 15 (International Standards for Phytosanitary Measures)' e göre ahşap malzemelerin ısı işlem görmesi gerekmektedir. Uluslararası ticaret yapan ülkelerin pek çoğu zararlı ve toksik etkiye sahip olduğu için metil bromür ile fümigasyon işlemini artık kabul etmemektedirler. ISPM 15'e göre ahşap malzemede iç sıcaklığın 56 °C olduğu ve 30 dakika uygulanan ısı işlem kabul edilen tek yoldur (Welling ve Lambertz, 2008).

Uluslararası antlaşmalar gereğince ticarete kullanılan ahşap malzemenin içinde bulunduğu zararlı organizmaların taşınmasını önlemek için ISPM 15'e göre ısıtılma işleminden geçmesi zorunludur. ISPM 15, Dünya Ticaret Örgütü (WTO) ve Dünya Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) alt kuruluşu olan IPPC (International Plant Protection Convention) Uluslar arası Bitki Koruma Konvansiyonu Genel Kurulunun düzenlediği standarttır. 2002'de Roma'da kabul edilen bu standart uluslararası ticarete ahşap ambalaj malzemelerinin kullanımını düzenler ve bu standarda ülkemiz de üyedir. ISPM 15 standardı işlenmemiş ahşaptan üretilen ambalaj malzemeleri ile nakledilen bitki hastalıklarının dünya genelinde hareketini önlemek için geliştirilmiştir (URL-1, 2019).

ISPM 15 standardının doğru uygulanmasıyla zararlıların taşınması engellenerek ticaret yapan ülkeler açısından ekonomik ve çevresel zararlardan korunma anlamında fayda sağlanmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Dünyada gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçlar doğrultusunda ticaret faaliyetleri artarken ülkemiz de bu ticari faaliyetler içerisinde yer almaktadır. Uluslararası ticarete biyolojik zararlıların (zararlı bitkiler, böcekler, mantar ve bunların neden olduğu hastalık ve bozunmalar) taşınmasıyla tehlikeli sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak 20. yy sonlarında bu tehlikeli durumun azaltılması ve ortadan kaldırılması için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde ISPM 15 olarak adlandırılan standart geliştirilmiştir.

Uluslararası Ticarete Ahşap Ambalaj Malzemesini Düzenleyici Normlar' a göre ağaçtan elde edilen paketleme ürünleri ile zararlı organizmaların ülkemize giriş çıkışını, taşınmasını ve yayılmasını önlemek için önlemler almak gerekmektedir. Bu amaçla alınan önlemler; taşımacılıkta kullanılan odundan elde edilen paketleme ürünleri ile yayılan zararlıların tehlikelerini önlemeye yönelik aşamalardır. Ahşap ambalaj malzemeleri işlenmemiş ahşaptan yapılmaktadır ve bu ahşap malzemeler canlı ağaçlar için zararlı olan etkenlere uygun ortam hazırlar. Ahşap ambalaj malzemeleri ile taşınan karantina zararlılarının uluslararası ticaret sırasında yayılmasını engellemek için önlemler alınmış ve taşımacılıkta kullanılan ahşap paketleme malzemeleri ile ilgili standartlar oluşturulmuştur (URL-2, 2019)

Buna bağlı olarak, nakliyede kullanılan odundan elde edilen ambalaj malzemelerine ISPM 15 şartlarına göre ısıtılma işlemi uygulanır. Isıtılma işlemi ağaçtan elde edilen tüm ambalaj

ürünlerine, 30 dakikadan az olmayacak şekilde ve iç sıcaklığı 56 °C'den az olmayacak şekilde uygulanmaktadır. Ahşap ambalaj ürünlerinde ısı işlemi amacı; bitki sağlığı için tehdit oluşturacak zararlıları etkisizleştirmektir. Bunun sonrasında ahşap malzemeye uygun biçimde işaretleme yapılır ve ISPM15 logosu taşır.

ISPM 15'e göre ısı işlemi uygulanan ve logosu bulunan ahşap ambalaj malzemesi, yapılan bütün işlemlere rağmen mantar ve zararlı larvaları taşıyabilmektedir. Ayrıca ısı işlemi uygulanmış paletlerde; sıcaklığın etkisiyle odun iç yüzeyinde bulunan suyun, odun yüzeyine çıkmasıyla yüzeyde oluşan nemli ortamda mantar hastalıkları, mavi renklenme ve küflenme gibi istenmeyen durumlar görülmektedir. Isıl işlem sırasında; paletlerde çatlama, eğilme vb oluşmaması için verilen su buharı, sıcaklığın etkisiyle birlikte, ısı işlemi doğal sonucu olarak, küf ve maya mantarlarının oluşumuna yol açar. Isıl işlem görmüş ahşap malzemede; küf ve mavi renklenme mantarları için cazip besin ortamı olduğu bilinen serbest yağ asitleri, reçine asitleri ve trigliseridleri içeren ekstraktif gruplar yüksek oranda bulunur (Welling ve Lambertz, 2008). Ahşap paletlerde küflenme başlangıçta direnç özelliklerini etkilemezken görünüş olarak istenmeyen durumlar ortaya çıkarır. Buna bağlı olarak uluslararası ticaret uygulamalarında, ülkelerden geri dönüş olması durumu ile karşılaşılmaktadır.

Buna bağlı olarak da ahşap ambalaj malzemesi için "ısı işlemi uygulanmamış" ya da "yetersiz ısı işlemi uygulanmış" durumları ortaya çıkmaktadır. Bu durum da uluslararası ticarete ahşap ambalaj malzemesi ile nakliye yapan firmalar için ekonomik ve finansal sorunlara ve anlaşmazlıklara neden olmaktadır.

Bu çalışmada özellikle ISPM 15 standardına uygun olarak sanayi koşullarında yapılan ısı işlemi sonrasında odunda meydana gelen anatomik, fiziksel, mekanik, teknolojik, kimyasal ve dayanım özelliklerindeki değişimler araştırılmıştır. Bu araştırma, ahşap palet ile ticaret yapan firmaların yaşadığı anlaşmazlıkları ve sorunları azaltmaya ya da ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar içermektedir.

1.3. Tanımlar

Isıl İşlem (heat treatment-HT): Uluslararası ticaret faaliyetlerinde kullanılan ahşap paketleme malzemelerine, zararlıların ve mantarların yayılmasını önlemek için ISPM 15 standardına göre ısı işlemi fırınlarında yapılan uygulamadır. Bu işlemle zararlılar imha edilir ve rutubet içeriği en aza indirilir (URL-3, 2019).

Ahşap malzemeye ısıtma işlemi fırınlarında, teknik şartlara bağlı kalmak koşulu ile fırınlama yapılarak ahşabın iç sıcaklığı 56 °C' ye geldikten sonra 30 dakikadan az olmayacak şekilde ısıtma işlemi uygulanır. Bu işlem yapıldıktan sonra ahşap ambalaj malzemesinin üzerine IPPC (The International Plant Protection Convention) damgası vurulur (URL-4, 2019). Böylece ülkeler arası nakliyede ahşap ambalaj malzemeleri ile zararlı bitkiler, böcekler, mantarlar ve bunların neden olduğu hastalıkların taşınması ve yayılması önlenmiş olur .

IPPC: Uluslararası Bitki Koruma Konvansiyonudur (URL-3, 2019).

ISPM 15 Standardı: Türkiye'nin de üyesi olduğu Uluslararası Bitki Koruma Konvansiyonu'nun (IPPC) 2002 yılında onayladığı, ülkeler arası ithalat ve ihracatta odundan elde edilen paketleme ürünleri ile ilgili kuralları belirleyen standarttır (URL-3, 2019).

Uluslararası Bitki Koruma Konvansiyonu tarafından düzenlenen bu standart, ahşap ambalaj ürünleri ile ilgili düzenlemeler içerir (URL-3, 2019).

Bu standart, ham odundan yapılmış ahşap paketleme malzemelerinin uluslararası ticarete taşınmasıyla, bölgesel karantina zararlılarının yayılması riskini azaltmak için alınan bitki sağlığı önlemlerini tanımlar (URL-4, 2019).

ISPM 15 İşaretlemesi: ISPM 15 şartlarına uygun ısıtma işlemi görmüş ahşap paketleme malzemesinin, bu standarda uygun olduğunu belirtmek üzere, uluslararası geçerliliği olan logo ile işaretlenmesidir (URL-3, 2019).

ISPM 15 Standardının Kapsamı: Uluslararası ticarete kullanılan, kalınlığı 6 mm' den az olan ahşap malzeme dışındaki her türlü ahşap paketleme ürünlerinin ISPM 15 standardına göre işlemden geçirilmiş ve işaretlenmiş olması gerekmektedir (URL-3, 2019).

Ahşap Ambalaj Malzemesi: Ticaret ürünlerinin taşınması ve zarar görmemesi için kullanılan, odundan elde edilen, taşımada yararlanılan ürünlerdir (URL-3, 2019).

Zararlı Organizma: Odunda yaşayan zararlı canlılar, mantarlar ve bitki sağlığı için risk oluşturan patojenlerdir.

Kabuğu Soyulmuş Ahşap: Genişliği 30 mm'den fazla olmayan ya da fazla ise 50 cm²'den daha az toplam yüzey alanı bulunan kabuk parçasının olduğu ahşaptır (URL-3, 2019).

Karantina Odası: Belirli özellik ve yeterli büyüklüğe sahip olan, ısıtma işlemi görmüş malzemeye etraftan zararlı organizma bulaşmasını önleyecek nitelikte yapılmış odadır (URL-3, 2019).

Methyl Bromürü (MB) ile Fümigasyon İşlemi: Zararlı olduğu için ülkemizde uygulanmayan, Methyl Bromür (MB) ile odundan elde edilen paketleme ürünlerinin hastalık riski oluşturan canlılardan temizlenmesini sağlayan ISPM 15 yöntemidir.

Dielektrik Isıl İşlem Yöntemi (DH): En fazla 20 cm kalınlıktaki odundan elde edilen paketleme ürünlerinin mikrodalga sistemi kullanılarak 1 dakikadan az olmayacak ve en az 60°C olacak şekilde ısıl işleme tabi tutulduğu yöntemdir.

Teknik Kurutma (KD) : Ağaç malzemenin nem içeriğinin %20'nin altında olacak şekilde kurutulduğu işlemdir. Isıl işlem uygulanmış, ancak yeterli kuruluğa ulaşmamış ahşap malzemede zararlıların yok edilmesi için teknik kurutma yapılabilir.

Kabuğu Soyulmuş (DB): Ahşapta kabuğun altında yaşaması ve taşınması olası canlıları ortadan kaldırmak için ahşapta bulunan kabuk soyulur. Bu işlem ısıl işlemden önce yapılmalıdır. Kabuğu Soyulmuş ahşaba, ISPM-15 (HT) işareti ile birlikte (DB) işareti de basılır.

Ahşap Palet: Paketlenmiş ürünlerin transpalet ve forklift ile taşınabilmesi için genellikle çam, ladin ve kavak kerestesi kullanılarak yapılan malzemelerdir (URL-3, 2019).

Paletler, paketleme ile yükleme birimleri arasındaki ara yüzdür (White ve Hamner, 2005). Bir başka ifadeyle paletler, tasniflenmiş malların taşınmasını ve depolanmasını kolaylaştıran taşınabilir platformlardır (Kator, 2008).

Teknolojik gelişmeler, ticaretin önündeki engellerin azalması ve artan ihtiyaçlar nedeniyle uluslararası ticaret önemli ölçüde artmıştır. Bu artış; taşımacılık alt yapısını, taşıma teknolojisini ve taşıma, yükleme, boşaltma, depolama gibi nakliye aşamalarında kullanılan palet vb. ahşap ambalaj malzemelerini iyileştirmeyi gerekli kılmıştır. Paletler ticareti yapılan ürünlerin bir yerden başka bir yere taşınmasında önemli rol oynar. Paletler bütün nakliye aşamalarında ürünlerin kolay taşınmasını sağlar ve maliyetleri düşürür.

Paletlerde görülen bazı hasarlar eski palet parçaları ile onarılabilir ya da yeni palet parçaları kullanılabilir. Palet ve ahşap endüstrisinde geri dönüşüm, aynı hammadde için rekabeti azalttığından geri dönüşümlü paletlerde satın alma fiyatları düşüktür. Aynı hammadde rekabeti azalttığından ahşap ve palet endüstrisi için faydalıdır (Hosterman, 2000). Uygulamalarda daha çevre dostu olması ve geri dönüşümün fiyatları düşürmesi nedeniyle geri dönüşümlü paletlerin önemi artmaktadır.

Paletler, lojistik alt yapısının kritik bir bileşenidir. ABD'de her yıl yaklaşık 1,9 milyar palet, hammaddeden mamul ürünlere kadar malların taşınmasında kullanılmaktadır. Masif ahşap paletler, palet pazarının %90-95'ini oluşturmaktadır. Ahşap palet firmaları

faaliyetlerini yürütebilmek için; tedarikçiler, müşteriler ve diğer tedarik zinciri bileşenleriyle ilgilenir. Her aşama; ürünlerin doğru, istenilen kalitede ve zamanında teslim edilebilmesi için önemlidir (Sanches, 2011).

1.4. Karantina Amaçlı Isıl İşlem Hakkında Genel Bilgi

1.4.1. Dünyada Karantina Amaçlı Isıl İşlem Uygulamaları

Küreselleşme ve buna bağlı olarak artan ticaret nedeniyle; biyoçeşitliliğe ve orman sağlığına olumsuz etkisi olduğu bilinen bölgesel zararlılar uluslararası ticaret faaliyetlerinde kullanılan ahşap paketleme malzemeleri ile taşınmaktadır. Zararlı organizmaları ve bunların sonradan ortaya çıkacak zararlı etkilerini azaltmaya ve önlemeye yönelik uygulama standardı oluşturulmuştur. ISPM standardı masif ağaç ve paletlerle ilgilidir ve ilk olarak 2002 yılında Roma'da IPPC (Uluslararası Bitki Koruma Konvansiyonu) Genel Kurulu tarafından onaylanmıştır. Uluslararası alanda odundan elde edilen paketleme ürünleri ile ilgili düzenlemeleri belirler.

Alternatif yöntemlerin yokluğunda, bazı ülke ve bölgelerde metil bromür ile fümigasyon işlemi de bu standardın kapsamındadır. Metil bromürün ozon tabakası ve canlılar için zararlı etkiye sahip olduğu bilindiğinden IPPC' nin tavsiye ve tercihiyle uygulamasının azaltılması ile birlikte çevre dostu yöntemler geliştirilmesi yoluna gidilmiştir. Uluslararası ticarete zararlı organizmaların taşınmasını önlemek için en iyi yöntem ISPM 15 standardına göre yapılan ısıl işlemdir.

Odundan elde edilen, ithalat ve ihracat faaliyetlerinde kullanılan paketleme ürünleriyle taşınma riski olan bitki zararlılarının tehditlerini azaltmak ya da önlemek üzere ISPM 15 şartlarına uygun olarak karantina amaçlı ısıl işlem yapılmaktadır.

Uluslararası ticarete kullanılan paketleme malzemelerinin ISPM 15 standardına göre ısıl işlemden geçirilmiş ve işaretlenmiş olması gerekir. Isıl işlem işaretlemesini yetkili firmalar yapmaktadır (URL-4, 2019).

ISPM 15 standardını Dünya'da birçok ülke kullanmaktadır. Tablo1'de ülkelerin ISPM 15 standardını kullanmaya başlama tarihleri verilmiştir (URL-5, 2019)

Tablo 1. Ülkelerin ISPM 15 uygulamaya başlama zamanları

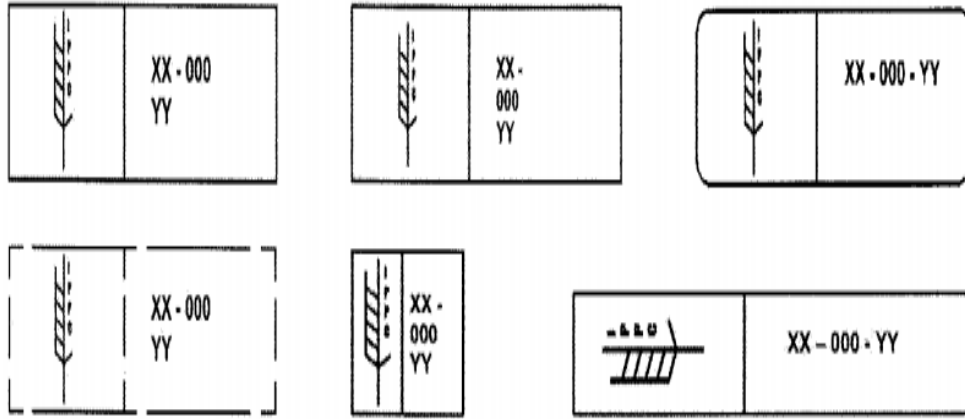
No	Ülke	Geçiş Tarihi	No	Ülke Adı	Geçiş Tarihi
1	AB	01.03.2005	15	Kolombiya	01.09.2005
2	ABD	01.09.2005	16	Kostorika	01.01.2005
3	Avustralya	01.09.2004	17	Kanada	01.01.2005
4	Arjantin	01.06.2005	18	Nijerya	01.09.2004
5	Bolivya	01.07.2005	19	Panama	01.02.2005
6	Brezilya	01.09.2005	20	Peru	01.03.2005
7	Çin	01.01.2006	21	Suriye	01.01.2006
8	Ekvator	01.04.2004	22	Şili	01.06.2006
9	Filipinler	01.06.2005	23	Tayvan	01.01.2009
10	Guatemala	01.09.2005	24	Türkiye	01.01.2006
11	Güney Afrika	01.01.2005	25	Ürdün	01.01.2005
12	Güney Kore	01.01.2005	26	İsviçre	01.03.2005
13	Hindistan	01.11.2005	27	Venezuela	01.06.2005
14	Japonya	01.04.2007	28	Yeni Zelanda	01.03.2003

1.4.2. Türkiye’de Karantina Amaçlı Isıl İşlem Uygulamaları

Türkiye’de, “Bitki Sağlığı Önlemlerine Yönelik Ahşap Ambalaj Malzemelerinin İşaretlenmesi Hakkında Yönetmelik” 04 Mayıs 2004’te ve 25452 sayılı numaralı değişiklikle Resmi Gazetede yayınlanarak, ısıl işlem uygulanması ve işaretleme yetkisi verilmeye başlanmıştır. Daha sonra yapılan erteleme ile ISPM 15 uygulamasına 1 Ocak 2006 tarihinde geçilmiştir (URL-6, 2019).

Türkiye’de; Tarım Orman Bakanlığı tarafından 04 Kasım 2014 tarih ve 28132 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmasıyla odundan elde edilen ambalaj ürünlerinin ısıl işlemden geçirilmesi ve işaretlemesinin yapılması ile ilgili yönetmeliğe dayanarak 944 firmaya işaretleme belgesi verilmiştir. Daha sonradan bazı firmaların yetkileri yönetmeliklere dayanılarak iptal edilmiştir. Türkiye’de, ISPM 15 standardına göre ısıl işlem firması kurmaya yetkili beş adet firma bulunmaktadır (URL-5, 2019).

ISPM 15 işaretleme; izin belgeli işletme tarafından, işletmede yapılan ısıl işlem uygulamasından sonra, aşağıda verilen ISPM 15 işaret örnekleri ile yapılır. İşaretleme sisteminde kullanılan standart işaretler Şekil 1’de verilmiştir (URL-3, 2019).



Şekil 1. ISPM 15 İşaretleme sisteminde kullanılan standart işaretler

ISPM 15 İşaretinde şunlar bulunur:

Sembol: IPPC' nin başak amblemi içerisindeki yazısıdır.

XX : İki harfli ülke kodudur (TR). Ülke kodu, izin belgeli işletmenin numarasından bir kısa çizgi ile ayrılır.

(000): Genel müdürlükçe verilen, izin belgeli işletmeye özel numaradır.

YY: Kullanılan onaylanmış tedbirlere ilişkin olarak, uygulanan ısıtma işlem türü hakkındaki IPPC kısaltmalarıdır. HT (Heat Treatment), Fümigasyon işlemi için ise Methyl Bromide (MB) ve DH. Bu kısaltmalar, ülke kodu ve izin belgeli işletme numarasının bulunduğu sıranın altında yer alır veya aynı sırada bulunması halinde bir kısa çizgi ile ayrılır.

İşaretlerin düzgün, görülebilir ve silinmeyecek özellikte olması gerekmektedir. Isıtma işleminden geçirilen paketleme malzemesinin ters yönde ve iki tarafında olacak şekilde işaretleme yapılmalıdır. Tehlikeli madde işaretlemelerinde kullandıkları için kırmızı ve turuncu renk kullanmak uygun değildir.

1.4.3. Karantina Amaçlı Isıtma Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar ve Sorunların Yol Açtığı Anlaşmazlıklar

Ahşap ambalaj malzemeleri, sanayi ürünlerinin uluslararası ticaret faaliyetlerinde zarar görmeden taşınmasını sağlar. Ürünlerin zarar görmemesi için paketlemenin uygun şekilde yapılması gerekir. Ahşap ambalaj malzemelerine ISPM 15 standardına göre ısıtma işlemi uygulanması, o anda ahşapta bulunan zararlıları ve larvaları imha eder. Isıtma işlemi uygulanan ahşap malzemenin; zararlı bitkiler, böcekler, mantarlar vb tarafından yeniden zarar görmemesi için karantina tedbirleri uygulanmalıdır.

Ahşap ambalaj malzemelerinde kullanılacak ahşabın rutubet miktarı % 5 - 25 değeri aralığında olması gerekmektedir. % 12 - 18 rutubete sahip paketleme ürünleri ısıtıl işlem için en uygundur (International Trade Centre, 2011).

Isıtıl işlem sırasında verilen su buharı, sıcaklığın etkisiyle küf oluşumuna neden olur. Bu durumda ısıtıl işlem sonrasında paletlerde küf mantarları ve zararlıların tahribatı görülür. Bu tahribat kısa vadede ahşap malzemenin dayanım özelliklerini etkilemez, fakat görünüm olarak kötü sonuçlar oluşturur. Ahşap paketleme malzemelerinde; ISPM 15 standardına uygun olmayan, kalite ile ilgili sorunlar ortaya çıktığında, taşıyıcı araç hiç açılmadan ihraç edildiği ülkeden geri gönderilebilir. Isıtıl işlem işaretinin okunaklı olmaması, yanlış yerlere basılmış olması ve bitki zararlılarının varlığı gibi karantina ile ilgili sorunlar da ürünün ihraç edildiği ülkelerden geri dönmesine neden olabilmektedir (URL-6, 2019).

Bütün bu sorunlar ihracatçı firmayı ekonomik ve finansal açıdan zor durumda bırakmakta ve ticaret yapan taraflar arasında anlaşmazlıklara yol açmaktadır.

1.5. Literatür Özeti

Uluslararası ticarete; ahşap paketleme malzemeleri, ticareti yapılan ürünlerin zarar görmemesi ve kolay taşınabilmesi için kullanılmaktadır. Bu ahşap malzemeler ile zararlı organizmaların ülkeler arasında taşınmasını önlemek için IPPC (Uluslararası Bitki Koruma Konvansiyonu) Genel Kurulu tarafından odundan elde edilen paketleme ürünlerinin kullanılmasına ilgili ISPM 15 standardı oluşturulmuştur. Ülkemizde, bu standarda göre hazırlanan yönetmelik, 21 Haziran 2006'dan itibaren geçerli olmuştur. Ahşap malzemelerin kabukları soyulduktan sonra ısıtıl işlem uygulanır. Metil bromür ile fümigasyonun kullanıcıya ve çevreye zararlı etkileri ve yüksek maliyeti nedeniyle daha çok ısıtıl işlem uygulaması tercih edilmektedir. ISPM 15' e uygun ısıtıl işlemden geçen odundan elde edilen paketleme malzemeleri karantina odalarında depolanır. Ülkemizde, ISPM 15 standardına uygun olarak işlem görmeyen ahşap ambalaj malzemelerinin giriş çıkışına izin verilmemektedir (URL-7,2019).

Odunun karmaşık yapısı çeşitli etkenler tarafından bozunmaya karşı oldukça dirençli olmasını sağlar, ancak uygun şartlar oluştuğunda odun bozunmaya başlar. Odunda bozunmaya biyotik (canlı) ve abiyotik (canlı olmayan) etkenler neden olur. Pek çok durumda biyotik ve abiyotik zararlılar benzer şekilde çıplak gözle görülebilir ve aynı odun parçası üzerinde oluşabilir, ancak odunun dikkatle incelenmesi ve biyotik ya da abiyotik etkenlerle

ilişkili kimyasal değişikliklere dikkat edilmesi zararın nedeninin tanımlanması için gereklidir. Oksijenle olduğu gibi, mikrobiyal saldırının sınırlı olduğu durumlarda sıcaklığın kontrol edilebildiği, ancak sıcaklığın başka yollarla etkin bir şekilde kullanılabileceği nispeten az sayıda uygulama vardır. Uzun yıllar boyunca üreticiler böcek ve mikrobiyal aktivitenin en düşük olduğu yılın serin zamanlarında tomrukları hasat etmeye çalıştılar. Tüm yıl boyunca çalışıldığından ve sürekli hasat yapıldığından günümüzde bu pek mümkün değildir. Sıcaklık ahşabı sterilize etmek için kullanılabilir ve bu uygulamanın en iyi iki örneği bitki sağlığı için buharlı ısıtma ve fırında kurutmadır. Genellikle odunda bulunan mantarları yok etmek için 75 dakika süreyle en az 67°C sıcaklık uygulanmalıdır. Ancak işlenmemiş ahşap için çoğu bitki sağlığı düzenlemesi 30 dakika boyunca 56°C sıcaklık uygulaması gerektirir. Bu sıcaklık-zaman birleşimi böcekleri imha eder ve daha ekonomiktir. Böcekler mantarlardan daha düşük sıcaklıklarda imha edilebilir. Mantarlar en az 30 dakika süreyle 56°C sıcaklık uygulamalarında kolaylıkla hayatta kalabilmektedir. Rutubet içeriği, yoğunluk ve ahşabın boyutlarına bağlı olarak gerekli sıcaklığa ulaşmak birkaç saat sürebilir. Zamana ve buna bağlı enerji maliyetlerine rağmen buharlama (steaming), uluslararası alanda hareket eden ahşap paletlerin ve diğer ahşap ürünlerinin zararlılardan arındırılması için önerilen işlemlerden biridir. Buharlamanın bir dezavantajı etkisinin geçici olmasıdır. Yüksek sıcaklıklar hemen hemen bütün yaşam formlarını yok eder, ancak kalıcı koruma sağlamaz. Sonuç olarak ıslak kalan, buharlanmış ahşap bazı mantarlar ve böcekler tarafından yeniden istila edilebilir. Fırında kurutma, yerleşik organizmaları imha etme ve rutubet içeriğini çoğu organizmaların yeniden saldırmasını sınırlayacak seviyelere düşürme şeklinde çift etkiye sahiptir. Aynı zamanda ahşabı boyutsal bakımdan stabilize etmektedir. Bazı fiziksel kusurların ortaya çıkması ve gerekli enerji nedeniyle daha yüksek maliyetlidir. Ayrıca kurutulmuş ahşap yeniden ıslanırsa tekrar zararlılara maruz kalabilir. Buharlama ve kurutma işlemi ahşabı geçici koruyan yaklaşımlardır. Ahşabın kimyasal yapısını daha az higroskopik ve mantar saldırısına dayanıklı hale getirmek için ahşabın kimyasını değiştirmede sıcaklık kullanan bazı yeni yaklaşımlar da vardır. Oksijen yokluğunda yüksek sıcaklıklarda ısıtma, hemiselülozları tahrip eder ve ahşabın rutubet çekme özelliğini kalıcı olarak değiştirir gibi görünmektedir. Isıl işlem, son zamanlarda Avrupa' da ahşap koruma için kimyasal olmayan stratejiler arayışı içinde ortaya çıkmıştır. Isıl işlem görmüş malzemenin özellikle doğrudan toprak teması olmayan kullanım yerlerinde, işlem görmemiş ahşaptan daha dayanıklı olduğu görülmektedir (Morrell, 2018).

ISPM 15 standardının kuralları esas olarak canlı ağaçlarda tehdit oluşturan bitki zararlıları için ahşap ambalaj malzemelerinin bütün formlarında geçerlidir. Bu sıcaklık-zaman değeri çok çeşitli zararlılar göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Enerji kaynağı, ortam sıcaklığı ve nemi, hava sirkülasyonu, odunun biçimi ve boyutları, türler, istifleme yöntemleri çeşitli formlardaki ahşap için ısıtma süresi ve ısı işlem zamanını etkileyen etmenlerdir. Enerji, ısı işlem sırasında sağlanan ısı miktarıdır. Isı enerjisi seçimi asıl olarak ısı işlemin yöntemine, mevcut enerji kaynaklarına ve enerjinin maliyetine bağlıdır. İşlem ortamının sıcaklığı ve nemi ısıtma sürelerini önemli ölçüde etkiler. Yüksek sıcaklıklarda işlem süresi daha kısadır. Isıl işlemde hava sirkülasyonunun iyi olması sıcaklığın eşit dağılmasını ve ahşap yüzey sıcaklığını yüksek olmasını sağlayacağından önemlidir. Ahşabın boyutu ve biçimi ısı işlem süresinde etkilidir. Örneğin, ısıtma süresi ince levhalarda birkaç dakika iken büyük kerestelerde birkaç saate kadar çıkabilir. İstifleme yöntemi sıcaklık dağılımını doğrudan etkilediğinden ahşap malzemenin uygun şekilde istiflenmesi işlem süresini de doğrudan etkilemektedir (Wang, 2010).

Isıl işlem sırasında ahşapta var olan küf, mantar ve böcekler imha edilir. Bazı durumlarda küf ve mantarlar, ısı işlem görmüş kurutulmamış ahşap malzemeyi hızlıca istila etmişlerdir. Isıl işlem görmüş paletlerin istiflenmesine dikkat edilmesi ve hava hareketinin sağlanması, üretim tesislerinin kirletilmiş ahşaptan ve odun atıklarından uzak tutulması büyük öneme sahiptir. Isıl işlem ortamı bazı yapılarda aşındırıcı ve zararlı etkiye yol açabildiğinden uygun malzemelerin kullanılmasına ek olarak, özellikle yüksek nemli ortamlarda zeminde drenaj sistemi kullanılmalıdır (Wang, 2010).

Allen (2008), dünya bitki koruma çalışmasında küresel orman kaynaklarının doğal böceklerin ve farklı ekosistemlerden gelen orman zararlılarının etkileriyle ormanlar için çok önemli zararlara yol açan sorunlar oluşturduğunu belirlemiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda böcek istilasının dünya genelinde yaygın bir sorun olduğu belirlenmiş ve bu zararlıların yayılmasının uluslararası ticaretle ilgili olduğu anlaşılmıştır. Uluslararası ticareti yapılan ahşap ve ahşap ürünlerinde bulunan zararlıları belirlemek için ülkeler, yaygın olarak ticaret yaptıkları ülkelerle bu konuda araştırmalar yapmaya başlamış ve buna bağlı olarak dünya genelinde birçok ülke orman ve ahşapla ilgili zararlıların uluslararası hareketini kısıtlamışlardır. Bu kısıtlamanın etkin olarak uygulanabilmesi için uluslararası bir standart olan ISPM 15 standardını kullanıma sokmuşlar ve zorunlu hale getirmişlerdir.

Standartlaştırma birçok ürünün ticaretinde yaygın bir uygulamadır. EPAL (European Pallet Association=Avrupa Palet Birliği), UIC (Union Internationale des Chemins=

Uluslararası Yollar Birliği) ve ISPM15 gibi ahşap ambalaj malzemeleri için geliştirilmiş uluslararası standartlar ve sistemler; en iyi uygulamalar ve teknolojilerle güncellenen, tanımlanan, kalite ve güvenlik için birleşik bir standart sağlar. Bu standartlar dünyadaki pek çok ülkedeki lojistik organizasyonlar, devlet idareleri ve ambalaj malzemesi üreticileri tarafından kabul edilmiştir. Ambalajdaki etiket, yasal ve çevre için güvenli şartlarını yerine getirdiğini gösterir. Ambalaj, malların güvenliği ve dolayısıyla kalite ve yasal gereklilikler açısından standardizasyon ihtiyacı dahil olmak üzere birçok işleve sahiptir. Standardizasyon alanında alınan önlemler, uluslararası ticarete ambalaj akışı üzerindeki denetim sisteminin uygulanmasına ve biyoçeşitliliğe sahip ülkelerden ithalat güvenliğini artırmasına katkıda bulunmuştur (Fras, 2018).

2003 ile 2005 yılları arasında ahşap paketleme malzemelerindeki nematodlar ile ilgili yapılan çalışmada Çin'de Ningbo giriş çıkışında yapılan araştırma sonucunda 25 farklı ülkeden gelen 202 teslimatta *Bursaphelenchus* spp türüne rastlanmıştır. Çam odunu nematot'u *B. xylophilus* farklı bölgelerden ihraç edilmiş olan paketleme malzemelerinde görülmüştür. Nematotların serbest olduğu ülkelerde ahşap paketleme malzemelerindeki *B. xylophilus* oluşumu, zararlı bulunduran ve bulundurmeyen ülkeler arasında küresel alışverişlerde ahşap paketleme malzemeleri ile taşındığı düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak, ısıl işlem ölçümlerinin dikkatle tekrar incelenmesi ve çam odunu Nematotlarının daha fazla yayılmasını önlemek için ahşap paketleme malzemelerinde bitki koruma işlemleri için zorunlu uluslararası standartlara duyulan ihtiyacın arttığı sonucuna varılmıştır (Gu vd., 2006).

Antarktika'ya ithalat yoluyla giren ahşap kargo paketlerindeki mantarlarla ilgili bir araştırma yapılmıştır. Antarktika sert iklim koşulları ve düşük insan aktivitesi nedeniyle diğer bölgelere göre daha az sayıda yerli olmayan zararlı mikroorganizmaları bulundurur. Ancak insan aktivitesi artıkça zararlı mikroorganizmaların giriş riski de artmaktadır. Doğal olmayan mikroorganizmalar Antarktika'ya ithal ürünleriyle girebilir. Ocak 2015'te mantarlar (*Mucor racemosus* ve *Trichoderma viridescens*'in iki alt türü) tarafından ağır derecede tahrip edilmiş tahta sandık Şili'den Antarktika'ya ithal edilmiştir. Hifal genişleme alanlarının ölçülmesi üç alt türde tolerans olduğunu ve 4°C sıcaklıkta çoğalabildiğini göstermiştir ve *Mucor racemosus* ise 0°C sıcaklıkta çoğalabildiği belirlenmiştir. İthal mantarlar Antarktika topraklarından izole edilen türlere eşdeğer veya daha hızlı oranlarda büyüyebilir. Bu da zararlı mikroorganizmaların yerleşebilmeleri için sıcaklığın sınırlayıcı faktör olmayacağını gösterir. ISPM 15 standardına eşdeğer ahşap ısıl işlem standartlarının

Antarktika'ya kargo ithal eden ulusal operatörler tarafından kullanılması ve taşımadan önce mantar kirliliğini önlemek için işlem görmüş ahşabın uygun şekilde depolanması gerekir (Hughes, 2018).

Farklı ülkeler arasındaki ticari faaliyetler sonucunda Amerika'da, karaağaçlar üzerinde zararlı mantar yıkımları ve kestane kanseri belirlenmiştir. Ticari faaliyetlerde kullanılan ahşap kasalar, paletler ve tahtalar biyolojik özelliği nedeniyle zararlı canlıları kolaylıkla çekebilir düşüncesi, uluslararası bir standardın uygulanmasının zorunlu hale gelmesi fikrinin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bu standartta farklı yöntemler kullanılarak bitki kökenli taşıma malzemelerinin yapısında bulunabilecek mantar ve böceklerin imha edilmesi için farklı çalışmalar yapılmaktadır. Avrupa ve Amerika arasındaki biyolojik taşınımı azaltmak için, yapılan çalışmalara alternatif olarak 2000'li yıllarda taşıma amaçlı hibrit ahşap malzemesinin üretilmesi üzerine farklı çalışmalar başlatıldığı belirtilmektedir (Brasier, 2001).

Uluslararası ticaret, dünya çapında çok sayıda habitatta ciddi çevresel ve ekonomik etkilere neden olan istilacı egzotik böcek zararlılarının ve bitki patojenlerinin yayılmasında sorumludur. Son yıllarda uluslararası ticaret hacmi artarken, birçok ülke istilacı orman böcekleri ve hastalık organizmalarının sürekli yayılmasından endişe duymaktadır. Bunun sonucu olarak IPPC üyeleri 2002 yılında uluslararası ticarete kullanılan ahşap paketleme malzemeleri için onaylanmış bitki sağlığı yöntemleri hakkında ayrıntılı bilgi veren bitki sağlığı önlemleri standardını geliştirip benimsemiştir. Araştırmalar özellikle kabuğun olduğu durumlarda, kabuk ve odunu istila eden böcekler tarafından ısıtma işlemi uygulandıktan sonra da ahşabı istila edebildiğini ve gelişebildiğini gösterdiğinden, 2009 yılında ahşap ambalaj malzemeleri için kabuğu soyulmuş şartı getirilmiştir. 2003-2009 yılları arasındaki kayıt analizleri ahşap ambalaj malzemelerindeki zararlı istila oranlarının ISPM 15 uygulamalarının ardından %36-52 oranında azaldığı görülmüştür. ISPM 15'in yeni sürümü 2013'te onaylanmıştır ve ilgili ısıtma kodu DH ile birlikte dielektrik ısıtma (örneğin mikrodalga) yöntemi de uygulanmaya başlanmıştır. ISPM 15 standardını, 27'si Avrupa ülkesi olmak üzere 78'den fazla ülke uygulamaktadır. ISPM 15'in her sürümü ahşap işlemlerinin nasıl yapılması gerektiği konusunda daha fazla bilgi vermiştir ve 2013 versiyonuna daha fazla ayrıntı eklenmiştir. ISPM 15 uygulamasının ABD'ye ahşap ambalaj malzemeleriyle giren odun delici istilacıların azalma oranlarını belirlemek için çalışma yapılmıştır. AQIM veri analizi, ISPM 15 uygulamasından sonra ABD'ye giren ahşap ambalaj malzemelerini istila eden zararlıların oranlarında ISPM 15 öncesi 2 yıl ve

sonrasındaki 4 yıl için karşılaştırıldığında zararlıların görülme oranının % 0,2'den % 0,1' e düştüğü görülmüştür (Haack vd., 2014).

Avustralya'nın çeşitli bölgelerinde, ISPM-15 sertifikalı ahşap paketleme malzemeleri (kasalar, çöp kutuları, paletler) üzerinde 2005 ve 2006 yıllarında araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar ISPM 15 sertifikalı, açık havada veya deniz ulaşımında kargo malzemesi olarak kullanılan ahşap paketleme malzemelerinin ısı işlem uygulanmamış ahşap paketleme malzemelerine göre performans ve karantina riskleri arasındaki farklılıkları değerlendirmek için yapılmıştır. Sidney, Melbourne ve Brisbane' de deniz taşımacılığında kullanılan yaklaşık 20000 adet kasa, çöp kutusu ve palet incelenmiştir. Araştırılan ahşap paketleme malzemelerinin %9'unda karantina zararlılarının etkisi görülmüştür. Bunun %8,5'inde kabuk, %5,9'unda mantarlar, %3,2'sinde canlı böcekler, %2,8'inde atıklar, %1,7'sinde toprak kalıntıları gözlemlenmiştir. ISPM 15 standardı ve var olan işlemlerin yanı sıra ısı işlem yapan firmaların denetimlerinin sürekli gözden geçirilmesi ahşap paketleme malzemeleri ile yayılan zararlıların riskini azaltmada standardı iyileştirmeye devam etmek için esastır (Zahid vd., 2008).

Doğal çevreye, insan sağlığına ve tarıma önemli ekonomik etkisi olan çevresel bir tehdit olan zararlı organizmalara karşı uluslararası ticarete karantina ve koruma yöntemleri ile ilgili ekonomik konular üzerinde yapılan çalışmada; uluslararası ticaret faaliyetlerinin artmasıyla bu zararlılardan korunmanın daha önemli hale geldiğinden söz edilmiştir. Zararlıların engellenmesinde gelişen teknoloji ve artan maliyetlerin etkinliği olumlu sonuçlar vermiştir (Mumford, 2002).

Zararlı organizmaların yayılmasını önlemek için uluslararası ticarete kullanılan ahşap paketleme malzemelerine FAO ISPM 15' e göre ısı işlem uygulamak gerekir. Isıl işlemde odunun iç sıcaklığı 56 °C'den, süresi de 30 dakikadan az olmayacak şekilde uygulama yapılmalıdır. Taze odunlarda kurutma işlemi olmaksızın sadece ısı işlem uygulandığında mavi renklenme ve küflenme mantarlarının büyük ölçüde varlığı görülmektedir. Odunun dayanım özelliklerini etkilememesine rağmen görünüm ve sağlık açısından etkilediği kabul edilmektedir. Laboratuvar deneyleri, ısı işlemin çam diri odunundaki yağ bileşenlerinin ayrılmasını etkilediğini göstermiştir. Sodyum ve potasyum karbonat içeren sulu çözeltilerin ahşap ambalaj malzemesi üzerindeki küf ve mavi renklenme mantar sporlarının gelişmesini geçici olarak engellediği bulunmuştur. Kısa sürelerde (örneğin birkaç haftalığına) korumayı sağlamada etkilidir ve endüstriyel uygulamada kullanımı kolay ve ekonomiktir. Uzun vadede mantar tehlikesini önlemek için kurutma vazgeçilmezdir. Isıl işlem görmüş ve ısı

işlem görmemiş örneklerdeki küflenme ile ilgili farklılıkları değerlendirilmek amacıyla ısı işlem uygulanan ve uygulanmayan örnekler gerçek yaşam koşullarına uygun olması için 20 °C sıcaklık ve % 95 rh de plastik folyo altında birkaç hafta bekletilmiştir. Odun bileşenlerinin dağılımı ve bileşenlerdeki farklılıklar incelenmiştir. Isıl işlem görmüş ve normal odun yüzeylerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesinde; ısı işlem görmüş örneklerde küf ve mavi renklenme mantarlarının varlığının, ısı işlem görmemiş örneklerden daha fazla olduğu görülmüştür. Farklılıklar sadece yüzeysel olmamakla birlikte; mantarların, ısı işlem görmüş örneklerde çekirdeğe doğru yayılması yüzeyden daha hızlı ve belirgindir. Uygulayıcılar ISPM 15'e göre yapılan ısı işleminden sonra ahşap paketleme malzemelerinde küf problemlerinin arttığını iddia etmişlerdir ve bazı üreticiler kurutma yapılmış malzeme kullanmayı tercih ederken bazı üreticiler de mavi renklenme önleyici kullanmaya devam etmiştir. Isıl işlem görmüş çam ağacının üzerinde küfün neden bu kadar hızlı yayıldığını bulmak için yapılan araştırmalar sonucunda; ısı işlem görmüş malzemedan elde edilen ekstrakte edilebilir bazı maddelerin yüzdeleri, ısı işlem görmemiş odunlara kıyasla oldukça yüksek (%30-70) olduğu görülmüştür. Küf ve mavi renklenme mantarları için cazip besin ortamı olduğu bilinen serbest yağ asitleri, reçine asitleri ve trigliseridleri içeren ekstraktif gruplar yüksek oranda bulunmuştur. Küflenmeye karşı etkilerini araştırmak için sodyum karbonat, sodyum sorbat ve potasyum karbonat çözeltileri kullanılarak testler yapılmıştır. Testlerin sonucunda, sodyum sorbat yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında etkili olmuştur. Sodyum ve potasyum karbonatların % 7.5 ve % 10 olan çözeltileriyle iyi sonuçlar elde edilmiştir. Karbonatla muamele edilen örneklerde sınırlı sayıda mantar gelişimi görülürken, herhangi bir küf önleme işlemi uygulanmayan örnekler tamamen küf ile kaplanmıştır. Endüstriyel uygulamasının kolay olduğu ve kirletici özelliği bulunmayan sodyum ve potasyum karbonatlarının çözeltilerinin, ISPM 15 standardına göre ısı işlem görmüş malzeme için etkili küf önleyici yöntem olduğu görülmüştür (Welling ve Lambertz, 2008).

ISPM 15 şartlarına uygun olarak 56°C'de 30 dakika sürede gerçekleştirilen ısı işlem sonrasında ahşap için zararlı olan etmenler genel olarak engellenebilmektedir. Ancak özellikle *Agilus planipennis* Fairmare gibi bir bitki zararlısından temizlenebilmesi için 75 dakika süre ile 71,1 °C iç odun sıcaklığında işlem görmesi gerektiği araştırmalar sonucu belirlenmiştir (Goebel vd., 2010).

Küf gelişimi için en uygun koşullar, %25 veya daha fazla rutubet içeriğine sahip ahşap yüzeyleri 66-90°F (19-32°C) arasındaki hava sıcaklıkları ve az hava alan veya hiç hava

almayan depolama alanlarıdır. Küflenmeyi önlemek için ahşap yüzeyinin nem içeriğinin %20'de tutulması çok önemlidir. Bu, tipik olarak paletin ortalama nem içeriğinin %30-35 aralığında olması gerektiği anlamına gelir. Bu nem içeriği nakliye ve depolama süresi boyunca korunmalıdır. Paletlerde küf oluşumunu önlemek için kimyasal işlemler de uygulanabilir. Ancak müşteriler kimyasal işlem görmüş paleti kabul etmek istemeyebilir. Isıl işleme rağmen küf oluşumu pek çok palet üreticisine zorluklar çıkarmaktadır. Taze paletlerde ısıl işlem, buharlaşma ile nem oranını artırır ve ahşap yüzeyinde küflenme için uygun şartlar oluşturur. Isıl işlem küfü yok eder ama işlem sonrasında küf gelişim potansiyelini önlemez. İşlem süresi, nem içeriğindeki azalmalar, palet degradasyonu ve ısıl işlem zorluklarını belirlemek için yapılan çeşitli denemelerde, çalışılan farklı ısıl işlem yöntemlerinde bu değişkenler arasında çok az fark olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş paletlerin küf gelişimine önemli derecede duyarlı olduğu görülmüştür. Ahşap malzeme doğru kullanılmadığında küflenme için ideal şartlar oluşabilir. Ahşap yüzeyinin %20 nem içeriğinde olacak şekilde kurutulması ya da biyositlerle işlem yapılması önerilmektedir (Bond, 2005).

Ahşap paketleme malzemeleri ile yapılan ticari faaliyetler ile zararlı canlıların dünya genelinde yayılımını önleyebilmek için düzenlenen ısıl işlem (ISPM 15) şartlarına göre yapılan ısıl işlem öncesinde ve sonrasında ahşapta meydana gelen değişimler araştırılmıştır. Örneklere ISPM 15'e göre ısıl işlem uygulanmış ve fiziksel özellikleri ile direnç değerleri incelenmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda, ısıl işlem öncesi ve sonrası ortalama eğilme dirençlerinde çok fazla farklılık olmadığı ve ahşap paketleme malzemelerinin mekanik özelliklerinde pozitif yönde değişim olduğu gözlemlenmiştir. Ancak ısıl işlem sonrası ahşap malzemenin gevrekleştiği tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda çevresel ve ekonomik zararların önlenmesi açısından ISPM 15 standardının doğru uygulanması durumunda, farklı ekosistemlere ait canlıların gittiklere çevreye uyumunun ve o çevrede yaşayan canlılara zararının önlenmiş olacağı tespit edilmiştir (Çamlı ve Onargan, 2013).

Ahşap paketleme malzemelerinde bitki sağlığı önlemleri için bir diğer yöntem mikrodalga etkisi ile ısıl işlemdir. Bununla ilgili ahşap paketleme malzemelerinin dezenfeksiyonu için mikrodalga kullanılmasının etkili bir alternatif olacağı düşüncesiyle bir çalışma yapılmıştır. Yayıldıkları yerlerde önemli ekolojik ve sosyo-ekonomik problemlere yol açan egzotik organizmaların ahşap paketleme malzemeleri ile taşındıkları bilinmektedir. Ahşap ambalaj malzemelerinde karantina tedbiri olarak ISPM 15 standartlarında uygulanan, ısıl işlem ve metil bromür ile fümigasyon dikkate değer dezavantajlar içerdiğinden ahşap

ambalaj malzemelerinin dezenfeksiyonu için mikrodalga kullanılması etkili bir seçenektir. Bu amaçla yapılan çalışmada *Hylotrupes bajulus* larvaları ile yapay olarak istila edilmiş 22 cm kalınlığındaki *Pinus sylvestris* örneklerine tünel fırında 4kW mikrodalga ısı işlem uygulanmıştır. İşlem sonrasında yüzey sıcaklığı ve iç sıcaklıklar arasında güçlü bağlantılar görülmüştür. Ahşap iç sıcaklığı 55°C'yi aştığında sıcaklıklara maruz kalan tüm larvalar imha edilmiştir. Rutubet içeriği ne olursa olsun 60°C üzerindeki yüzey sıcaklıkları ahşabın içindeki bu imha edici koşulları sağlar. Yüzey sıcaklıkları ölçülerek işlem etkinliğinin kontrol edilebileceği görülmektedir. Mikrodalga ısı işlem, özellikleri ne olursa olsun ahşap paketleme malzemelerinde zararlıların ve patojenlerin yok edilmesinde kabul edilebilir bir yöntem olarak tanınması için önemli bir adımdır (Henin, 2008).

Mikrodalga ile ısı işlem; FAO tarafından ahşap paketleme malzemelerinde oldukça etkili bitki sağlığı önlemi olarak kabul edilmiştir. ISPM 15 şartlarına uygun olarak, hedef organizmalar 60°C'den yüksek bir sıcaklığın ahşabın tamamında 60 saniye boyunca uygulanması ile ortadan kaldırılır. Ahşap paletlerde, ISPM 15'in gerektirdiği ahşap sıcaklığında böcekleri imha etmede etkili program oluşturmak amacıyla yapılan çalışmada; sarıçam ve kavak örneklerine 65°C sıcaklıkta FAO şartlarında (60°C-60s) MWT (mikrodalga ısı işlemi) uygulanmıştır. Bu şartlardaki ısı işlem ile gelişim aşaması ne olursa olsun *H. bajulus* yok edilebilmiştir. Bu nedenle MWT, ISPM 15 şartlarının yerine getirilebilmesi için öngörülebilir. MWT, geleneksel ısı işlem yöntemleriyle karşılaştırıldığında; işlemin hızlı gerçekleşmesi (1-3 dakika) ve nispeten az miktarda malzeme gerektirmesi nedeniyle belirli endüstri alanlarında uygulandığında oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir (Henin, 2008).

Karayip çam odunu örneklerinde mikrodalga fırında kurutmanın mekanik özelliklerine etkisi incelendiğinde, çekme testleri sonucu mikrodalga işleminin kurutulmuş örneklerin direncini %60 kadar azalttığı görülmüştür (Oloyede and Groombridge, 2000).

İstilacı orman böceklerinin ve bitki zararlılarının ABD'deki zararı yıllık tahmini 2,1 milyar dolardır. Ahşap paketleme malzemeleri, *Xylophagous* böcekleri ile hastalık yapıcı ve bozulmaya sebep olan mantarlar için önemli birer taşıyıcıdır. IPPC; ISPM 15 standardı ile ahşap paketleme malzemelerini sterilize edecek yöntemlerin geliştirilmesini düzenleyerek, orman zararlılarının hareketini ve girişini önler. Dielektrik ısıtma yöntemi (örneğin mikrodalga) son zamanlarda kabul gören bir yöntemdir. Böcekler ve mantar zararlılarını yok etmek için, paletler de dahil olmak üzere ahşap paketleme malzemelerinde mikrodalga ısıtma kullanmak, istilacı zararlıların yayılımını en aza indirmek bakımından önemlidir.

Mikrodalga etkinliği *Monochamus scutellatus* larvaları ve hastalık yapıcı dört farklı türde *Gremmeniella abietina*, *Heterobasidion annosum*, *Chondrostereum purpureum*, *Mycosphaerella populorum* ve beş farklı çam ve titrek kavak türlerinde test edilmiştir. *M. scutellatus* larvaları için 56,61,66 °C' de 1-3 dakika ve dört mantar türü için de 50,55,60,65,70,75 ve 90 °C'de 1-2 dakika ışınlama yapılmıştır. 56 C'de 2 dakika sürede ve 61 °C'de 1 dakika sürede larvalar % 100 yok edilmiştir. Çok daha fazla dirençli mantar türlerindeki uygulamalarda 75 °C'de 0,5 dakikada *G. Abietina*, 90 °C'de 1 dakikada *H. annosum* ve 90 °C'de 2 dakikada *M. populorum* yok edilmiştir. *C. purpureum* en yüksek sıcaklık zaman kombinasyonu kullanılmasına rağmen yok edilememiştir. Mikrodalga, larvalarda IPPC yönetmeliğine uygun şartlarda (1 dakika-60 °C) etkili olurken, mantarları imha etmek için daha yüksek sıcaklıklar gerekmektedir (Payette vd., 2015).

Mikrodalga ısıl işlem ile ilgili bir başka araştırma da palmiye ağaçlarındaki palmiye kırmızı böceği zararlısı üzerine yapılmıştır. İstilacı palmiye kırmızı böcekleri palmiyelerin en büyük zararlısıdır. Bu zararlılara karşı birkaç kontrol yöntemi uygulansa da çevresel zararı nedeniyle endişelere neden olmaktadır. Bu bağlamda mikrodalga ısıl işlem yöntemi ilgi çekmektedir. Bu uygulamalar çok çeşitli tarım ve odun zararlılarına karşı kullanımda daha fazla önerilmektedir ve termal toleransı düşüktür. Araştırma sonuçları, palmiyelerde uygulanan mikrodalga ısıl işleminin palmiye kırmızı böceğinin yayılımını önlemede umut verici ve çevreye uyumlu bir çözüm olduğunu doğrulamaktadır (Massa vd, 2017).

Ahşap paketleme malzemelerinde bitki sağlığı önlemleri için bir diğer yöntem ise Joule tekniği ile ısıl işlemdir. ISPM 15; ahşap paketleme malzemelerinin bitki sağlığı önlemlerini belirler. Yöntem 56 °C de ve 30 dakikada uygulanır. Zararlı böcek türleri tomruk yüzeyinden 32 mm içerde bulunmaktadır. Yüksek ısıl dirençli *Arhopalus fesus* yumurtaları 55-56 °C de 30 dakikada yok olmaktadır. Joule ısıtması ile yapılan laboratuvar deneylerinde 3,2 m uzunluğunda 32 *Pinus radiata* çamı ile yapılan çalışmada ISPM 15'e göre ısıl işlem uygulandığında , 10 tomrukta istilası bulunan *H. ligniperda*'nın bütün yaşam evrelerinin yok edildiği görülmüştür. İşlem, diğer ahşap türlerinde de hem mantarlara hem de böceklere karşı kullanılabilir. Isıl işlem görmüş ahşap malzemenin elektrik iletkenliği değişmektedir. Laboratuvar şartlarında yapılan bu işlemdede, çeşitli tomruklara ısıl işlem uygulanmış ve sıcaklıklar belirlenmiştir. Isıl işlem sonrasında kerestelerin özellikleri test edilmiştir. Yoğunluk arttıkça eğilme direnci ve elastikiyet modülü artmaktadır. Yapılan çalışmada tomruklarda bitki sağlığı için ısıl işlem uygulamasının sonucunda, radiata çamı diri odun örneklerinde sıcaklık arttıkça elektrik iletkenliğinin arttığı görülmüştür (URL-8, 2019).

Radiata çamı, Yeni Zelanda'nın ana ihracat ürünlerinden biridir ve çoğu taze tomruk olarak ihraç edilmektedir. İşlemden geçirilmemiş tomruklar ithal eden ülkenin florasına ve faunalarına potansiyel olarak zararlı olabilecek zararlılar tarafından istila edilebilir. Bu nedenle zararlı böceklerin yayılmasını önlemek için tomrukların işlemden geçirilmesi gerekir. Deneysel ve hesaplamalı yaklaşımlar kullanarak Radiata çamı taze tomruklarını sterilize etmek için alternatif kimyasal olmayan Joule ısıtmanın teknik incelemesi yapılmıştır. %100-200 aralığında rutubet içeriğine sahip yeşil p.radiata diri odunun elektrik iletkenliği 20-90°C sıcaklık aralığında incelenmiştir. Sonuç olarak iletkenliğin baskın olarak sıcaklığa bağlı olduğunu, rutubet içeriği ve temel yoğunluktan bağımsız olduğunu göstermiştir (Nursultanov, 2018).

ISPM 15'e göre ahşapta ısıtma işleminin etkisini araştırma yöntemi geliştirmek için çalışma yapılmıştır. Yüksek sıcaklıklarda (>150 °C) sıcaklığın ahşap üzerindeki etkisiyle ilgili pek çok araştırma olmasına rağmen, düşük sıcaklıklardaki etkilere yönelik araştırmalar fazla değildir. Ahşapta düşük sıcaklıklardaki ısıtma işlemlerinde, işlem sıcaklığı ve işlem süresiyle ilgili fiziksel ve kimyasal değişiklikler az da olsa oluşur, ahşapta ya da ahşabın herhangi bir parçasındaki değişiklikler birbirine benzemez ve farklı sıcaklıklarda farklı durumlar ortaya çıkabilir düşüncesiyle , ISPM 15'e göre ısıtma işlemi sırasında ve sonrasında ahşapta ne gibi değişiklikler olduğuna, bu değişikliklerin kalıcı olup olmadığına yönelik çalışmada ; sıcaklığın ahşaptaki etkisini araştırmak için ilk olarak; ladin,kökknar ve kavak türlerinden örneklerle farklı sıcaklık sürelerinde, farklı sıcaklık değerleri uygulamıştır. İşlem sonrasında, 12 ay boyunca üç ayda bir ölçümler yapılmıştır. İkinci olarak; endüstri ortamında ısıtma işlemi uygulanan ve uygulanmayan ahşap bloklar üzerinde araştırma yapılmıştır. Bu araştırmanın sonucunda; ahşap malzemede 100°C'ye kadar olan sıcaklıklarda bile değişikliklerin olabileceği, bu değişikliklerin FTIR ve NIR ile incelenebileceği ve tahmin edilebileceği, ısıtma işlemi görmüş örneklerin ayırt edilebileceği sonucuna varılmıştır (Sandak ve Sandak, 2011).

Ahşap çeşitli endüstri kollarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Koruyucu önlem alınmamış ahşap malzemede dış hava koşullarına maruz bırakıldığında; ışık, nem, sıcaklık, oksijen, kirleticiler, zararlılar vb. çeşitli çevresel faktörlerin neden olduğu reaksiyonlar sonucu bozulmalar meydana gelir. Neredeyse yüz yıldır ahşabın fiziksel ve mekaniksel özelliklerini iyileştirmek için termal modifikasyonlar kullanılmaktadır. Çevreye zararlı olmaması nedeniyle termal modifikasyonlara ilgi artmıştır. Isıtma işlemi görmüş ahşap; daha iyi boyutsal stabiliteye, daha düşük denge rutubetine, düşük yüzey pürüzlülüğü ve gelişmiş hava direncine sahiptir, biyolojik dayanıklılığı ve dış hava koşullarına dayanımı gelişmiştir. Doğal

ahşaba göre çürümeye karşı daha dirençlidir. Ahşap malzemedeki zararlıları yok etmek için düşük sıcaklıklarda yapılan termal modifikasyona ısı sterilizasyonu denir. Masif ahşabın sterilizasyonu için mevcut uluslararası standart, ahşabı 30 dakika boyunca en az 56 °C çekirdek sıcaklığına kadar ısıtmayı gerektirir. 120°C'de ısı sterilizasyonu, ahşap çekirdek sıcaklığını 55°C-60°C'ye yükseltir. 1 saat sonra böcekler için cazip olan terpenlerin miktarı azalır. Çam örneklerinin ısı ile sterilizasyonlarında; kütlede hafif bir kayıp, ekstrakt yüzdesinde artış, lignin ve polisakkaritlerin miktarında bir azalma gözlenmiştir. Hemiselülozlar, selülozdan yaklaşık olarak iki kat daha hızlı bozunma gösterir. Selülozun polimerizasyon derecesi % 10 azalır. Kısa hemiselüloz zincirlerinin daha hızlı bozunması sonucu holoselülozlar da yaklaşık olarak % 8 artar. Isıl modifikasyonun dezavantajı; eğilme direnci ve elastikiyet modülü dahil olmak üzere, ahşabın mekanik özelliklerini azaltmasıdır. Araştırmaların çoğu düşük sıcaklıklarda değil de yüksek sıcaklıklarda işlem görmüş ahşabın fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerine odaklanmıştır. Isıl işlemle ligninde meydana gelen değişiklikleri araştırmak için sarıçam örneklerine laboratuvar şartlarında ısı işlem uygulandığında, ısı işlem sırasında lignin miktarının önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Lignin genellikle selüloz ve hemiselülozlardan daha fazla ısıya dayanıklıdır. Ancak, düşük sıcaklıklarda lignin ve polisakkaritlerin bir kısmı ekstraktiflere dönüştürülebilir. Hemiselülozların termal degradasyonu sırasında lignin-karbonhidrat bağları da bölünmüştür. Isıl işlem sırasında ekstrakt yüzdesinde % 5,80' den % 12,47'ye kadar, dioksan lignin yüzdesinde % 5,06'dan % 5,50'ye kadar önemli bir artış gözlemlenmiştir. Asitte çözünmeyen lignin içeriği % 24,34' ten % 22,97' ye düşmüştür. Eş zamanlı degradasyon ve yoğunlaşma reaksiyonları daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. Bununla birlikte dioksan lignin molekül ağırlığı ve polidispersitesi gibi makromoleküler özelliklerdeki değişim anlamlı değildir. Dioksan lignin FTIR spektrumlarında hidroksil ve karbonil gruplarının sayısında artış göstermiştir (Kacik vd, 2016).

Ahşabın kimyasal yapısını değiştirmek için uygulanan modifikasyon yöntemleri, ahşabın kimyasal yapısını iyileştirmeyi amaçlar. Bunlar arasında higroskopisite, boyutsal stabilite dayanıklılık en önemli olanlardır. Son elli yılda, ahşaptaki ısı işleminin, ahşabı değiştirmek için etkili bir yöntem olduğu kabul edilmiştir. Isıl işlem, ahşapta higroskopisitenin önemli ölçüde azaltıldığı bir yöntem olarak belirlenmiştir. Higroskopisitenin azaltılması ile kuvvetli bir şekilde ilişkilendirildiğinde, boyutsal stabilize ve dayanıklılığı artırılmış temel gelişmiş özelliklere sahip bir ürün ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte direnç özelliklerinin kaybı, ahşabın ısı işleminin ticari kullanımı için her zaman ana dezavantajlardan biri olmuştur. Ahşabın nemli şartlarda ısı işlemi boyunca, başlangıçta

karbonik asitlerin, özellikle asetik asitin, hemiselülozların asetil gruplarının bölünmesi sonucu oluşacağı bilinir. Lignin en az reaktif olan bileşendir, ancak en yüksek sıcaklıklarda lignin kompleksi içindeki bağlar parçalanır ve bu da daha yüksek fenolik grup konsantrasyonuna neden olur (Tjeerdsma ve Militz, 2005).

Çam odununda birkaç çeşit monoterpen vardır. Bunlar; büyümenin düzenlemesini, üreme döngülerini, savunma mekanizmalarını ve çeşitli organizmaların sinyallerinin iletimini etkileyen karakteristik kokulara sahip doğal ürünlerdir. Bazı monoterpenlerin mantarlar ve böcekler üzerinde toksik etkileri vardır. Yapı malzemelerinde kullanılan göknar ahşap malzemede uzun süreli kullanımda ve özellikle ilk 150 yıl boyunca terpen salınır. Göknar ağacı kullanılan yapılar, içerdiği terpenlerin ahşabı tahrip eden böcekleri cezbedici etkisi nedeniyle böcek saldırısına uğrarlar. Yapıların ömrünü uzatmak için daha düşük terpen içerikli yaşlı ağaçlar kullanılabilir ya da termal modifikasyona uğratılmış ahşap kullanılmalıdır. Ahşapta ısıl işlem sonucu meydana gelen termal modifikasyonun; terpenlerin miktarına etkisini araştırmak için yapılan çalışmada yaşlı (108,146,279,287,390 yıl) göknar odunundaki terpen seviyeleri ve ısıl işlem (60 °C ve 120°C sıcaklık, 10 saat süre) sonucu miktarlarındaki azalmalar değerlendirilmiştir. Terpenler, odun örneklerinde hekzanla ekstrakte edilmiş ve gaz kromatografisi kütle spektrometresi (GC-MS) ile analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda; genç göknar ağacının odun örneğinin, en yaşlı odundan (186: 3,1mg/kg) yaklaşık 60 kat daha fazla terpen içerdiği görülmüştür. Isıl işlem terpen salınımını hızlandırmıştır. Göknar odunundaki 60°C sıcaklıktaki termal modifikasyon terpen salınımını hızlandırırken ve 120°C sıcaklık terpenleri neredeyse tamamen ortadan kaldırır. 60°C sıcaklık genç göknar odunlarında terpenlerde %62, 120°C sıcaklık ise >%99 oranında kayba neden olur. 60°C sıcaklıktaki ısıl işlemde sonra genç göknar odunundaki terpen miktarı, ısıl işlem görmemiş 108 yıllık göknar ağacı odunundaki miktarla aynıdır (yaklaşık olarak 60-70 mg/kg). 120°C sıcaklıktaki ısıl işlemde sonra genç göknar ağacı odunundaki terpen miktarı, yaşlı göknar ağacı odunundaki en az terpen miktarı kadar düşmüştür (0,7-1,1 mg/kg). Bu nedenle ısıl işlem, göknar ağacı odununu ahşabı tahrip eden böceklerden korumak için kullanılabilir (Kacik vd., 2012).

Ladin (*Picea abies*) odununda yüksek sıcaklığın renk değişimi, boyutsal stabilite ve mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Farklı bağıl nemlerdeki (%50, 65, 80 ve 95) örneklere, 200 °C'de 2,4,8,10 ve 12 saat; 100°C, 150°C ve 200°C'de 24 saat boyunca ısıl işlem uygulanmıştır. Renk değişiklikleri Minolta Croma-Meter CR-300 renk sisteminde ölçülmüştür. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü DIN 52186' ya göre belirlenmiştir. Isıl

işlem sonrasında; esas olarak ahşap dokularında koyulaşma, ahşabın boyutsal stabilitesinde iyileşme ve mekanik özelliklerinde azalma görülmüştür. Yüksek sıcaklık sadece renk değişiminde değil, aynı zamanda ladin odununun boyutsal stabilitesi ve mekanik özelliklerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Koyulaşma genel olarak işlem sıcaklığı yaklaşık 200°C'yi aştığında hızlanmıştır. 200°C sıcaklıktaki ısı işlem, ladin odununda koyulaşmaya ve hafif yanmaya neden olmuştur. Koyulaşmanın çoğu ilk 4 saatte gerçekleşmiştir. Yüksek sıcaklıktaki örneklerde eğilme direnci %44-50, elastikiyet modülü %4-9 azalmıştır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan ahşap, ısı işlem görmemiş ahşaptan daha az şişer ve boyutsal hareketteki azalma işlem süresine bağlıdır. İşlem sıcaklığının eğilme direnci üzerindeki etkisi elastikiyet modülündeki etkisinden daha güçlüdür. 20°C sıcaklık ve %35 bağıl nem şartlarında ladin odununda; %95 bağıl nemde eğilme direnci ve elastikiyet modülü sırasıyla yaklaşık %45 ve %22 azalır. 20°C'de bağıl nemin %65'ten %95'e çıkarılması; %65 bağıl nem altında ısı işlem sıcaklığının 20°C'den 200°C'ye yükseltilmesi dirençlerde aynı etkiye sahiptir. Renk değişiminde işlem süresi ve sıcaklık, bağıl nemden daha önemlidir. Toplam renk farkı ile hem eğilme direnci hem de elastikiyet modülü arasında güçlü bağlantı vardır. Renk parametreleri ve özellikle renk farkı odunun direncinin tahmininde kullanılabilir (Bozkurt ve Göker, 1987).

Portekiz'deki iki önemli tür olan sahil çamı ve okalıptüs odunlarında ısı işlemin etkisini araştırmak için yapılan çalışmada; örneklere 190-210°C'de 2-12 saat boyunca hava olmaksızın yüksek sıcaklıkta buhar kullanılarak ısı işlem uygulanmıştır. İşlem süresi ve sıcaklığa bağlı olarak, kütle kaybı çam örneklerinde %7,3; okalıptüs örneklerinde %14,5 artmıştır. Denge rutubeti miktarı ise; çam için %46; okalıptüs için %61 azalmıştır. Boyutsal stabilite ve yüzeysel ıslanabilirlik (surface wettability) azalmıştır. Mekanik özelliklerle ilgili olarak, esneklik direnci çok az etkilenmiştir (çam için maksimum %5 ve okalıptüs için %15), eğilme direnci azalmıştır (çam için %8 kütle kaybında %40 ve okalıptüs için %9 kütle kaybında %50). Okalıptüs örneklerinin tepkisi çam örneklerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Özelliklerin değişimi, ısı işlemin yoğunluğuna bağlı olarak kütle kaybıyla ilgilidir. Ancak, mekanik direnci bozmadan, %3-4'lük bir kütle kaybı için önemli iyileştirmeler elde edilmiştir. Okalıptüs için ısı işlem, masif ahşap ürünlerinde ahşap kalitesini iyileştirmek için ilginç potansiyele sahiptir (Esteves vd., 2007).

Ahşap paketleme malzemeleri, kabuk ve odun zararlılarının uluslararası dolaşımı için önemli bir yoldur. Ahşap paketleme malzemelerine yönelik ilk uluslararası standart olan ISPM 15, 2002'de kabul edildi ve 2006'da ABD'de uygulanmaya başlandı. ISPM 15 işlem

sonrası ahşap paketleme malzemelerinde kalabilecek kabuklara izin verir. ISPM-15' te işlemde sonra özellikle kabuğun olması durumunda böceklerin zararının devam edeceği endişesi olmasına rağmen kabuksuz şartı bulunmamaktadır. Isıl işlem sonrası tomruk ve kerestelerde böcek zararının değerlendirilmesi için çeşitli miktarlarda ağaç kabuğu ile çalışmalar yapılmıştır. Cerambycidae ve Scolytinae (Ambrosia böcekleri ve Kabuk arıları)'nın işlem sonrası kabuklu tomruklarda gelişimini sürdürebilmekte ve kolayca zarar vermekte olduğu görülmüştür. Keresteler üzerinde yapılan çalışmada ise Cerambycidae ve Kabuk arıları ısıl işlem sonrası test edilen (yaklaşık olarak 25 cm², 100 cm², 250 cm² ve 1000 cm²) kabuk parçalarının tüm boyutlarında yumurtalarını bırakabildiği gözlemlenmiştir. Fakat kabuksuz kerestelerde ısıl işlem ya da kontrol örneklerinde zarar vermedikleri gözlemlenmiştir. Crambycidae sadece 1000 cm² kabuk parçası bulunan kısımlarda gelişimini tamamlamaktadır. Kabuk arıları 100 cm², 250 cm² ve 1000 cm² 'lik parçalar üzerinde gelişimini tamamlamaktadır. 2006'da ABD'deki bir limanda yapılan incelemelerde 5945 adet ISPM 15 işaretli kabuk içeren odun paketleme materyallerinin %9.4'ünde ve 563 adet ISPM 15 işaretli kabuklu odun paketleme materyallerinin %1,2'sinde kabuk altında karantina önemi bulunan böceklerin yaşadığı belirlenmiştir. Canlı böceklerin istilasının işlem sonrası mı ya da işlemin başarısızlığından mı kaynaklandığını belirlemenin mümkün olmadığı düşünülmektedir (Haack ve Petrice, 2009).

Düşük sıcaklıkta döngüsel işlemin huş odununun esneklik direncine etkisini araştırmak için yapılan çalışmada; huş ağacı (*Betula platyphylla*) örneklerinin esneklik direnci, dört farklı rutubet içeriğinde (suyla doymuş, taze halde, hava kurusu, tam kuru), -196°C (sıvı nitrojen sıcaklığı) ile 20°C (oda sıcaklığı) arasında değişen sıcaklıklarda belirlenmiştir. Dört farklı rutubet içeriğinde en büyük artışlar sırası ile %6,81, %6,21, %4,77, %2,98 olduğu görülmüştür. Sıvı azot, farklı rutubet içeriğine sahip örneklerin esneklik özelliğini azaltmamıştır. Farklı rutubet içeriğine sahip huş ağacı örneklerinin, düşük sıcaklıkla muamelesinden sonra işlem görmemiş olana kıyasla esneklik direncinin arttığı görülmüştür. Düşük sıcaklıktaki işlemde; yüksek rutubet içeriğine sahip örnekler, düşük rutubet içeriğine sahip örneklerden daha fazla etkilenmiştir (Zhao vd., 2005).

Avustralya'da aktif mavi renklenme mantarlarını bulandıran ISPM-15 sertifikalı ahşap paketleme malzemelerinin kullanımı Haziran 2012'de durdurulmuştur. Ahşap malzemede mavi renklenme belirtileri görülmediği halde mavi renklenme mantarı bulunabilir ve ahşabın sadece küçük bir kısmı denetlendiği için Avustralya'ya giren karantina zararlıları içerisindeki durumu bilinmemektedir. Avustralya, Canberra' da

IFQRG-9 (International Forest Quarantine Research Group)'da mavi renklenme mantarları üzerine uzmanlarla yapılan görüşmelere dayanarak, egzotik mavi renklenme mantar türlerinin ISPM-15 ile muamele edilmiş ahşap ambalajlarla taşındığını veya çevreye yayıldığını destekleyen çok az kanıt vardır. Mavi renklenme mantarları genellikle ağacın kabuk böceği ile yaralanmasının ardından diri odundaki mantar enfeksiyonu sonucu olur. Kerestelerde renklenme, bütünlüğünü etkilemese de renk değişikliği nedeniyle ticari değeri azalır. Mavi renklenme mantarları genel olarak; *Ceratocystis*, *Ophiostoma* ve *Leptographium* mantarlarıdır. Mavi renklenme mantarlarının çoğu çürüklüğe neden olmaz. Ancak bu cins içindeki bazı türler önemli bitki patojenleridir ve ormanlarda, doğal ekosistemlerde ve meyve ağaçlarında yaygın hasara neden olmuştur. Örneğin; Hollanda karaağaç hastalığına neden olan *O. ulmi*'nin ABD'ye 1930'da girmesiyle yaklaşık olarak 46 yıllık bir sürede orman ve meyve ağaçlarının %56'sı tahrip edilmiş ya da yok olmuştur. Buna ek olarak; *O. novo-ulmi*'nin neden olduğu Hollanda karaağaç hastalığı sonucunda İngiltere'de karaağaç popülasyonunun üçte ikisi on yıl içinde kaybedilmiştir. Avustralya'da bulunan mavi renklenme mantar türlerinin bilgisi sınırlı olsa da, benzer türler ormancılık endüstrisinde kullanılan ağaç türlerindeki mavi renklenme mantarlarıyla ilişkilendirilmiştir. Avustralya'da asıl biyogüvenlik endişesi mavi renklenme mantarı içeren ahşap paketleme malzemelerinde olmuştur. Mavi renklenme mantarları da dahil olmak üzere bazı mantarlar ISPM-15 ısıtma işlemine rağmen hayatta kalabilmektedir. ISPM-15'e göre ısıtma işlemi, mavi renklenme mantarlarının büyümesi ve hayatta kalabilmesi için uygun ortam sağlar (Brake vd., 2012).

Ahşap ürünlerinde kurutma önemli bir adımdır. Uygun olmayan kurutma işlemi, ürüne zarar veren ve ahşap endüstrisi için önemli kayıplara neden olan çatlama sorunları, hücresel yapının bozulması, renk değişimi ve diğer fiziksel bozulmalara neden olur. Kurutma işlemi genel olarak, boyutsal stabilite, kaplamalar veya yapıştırıcılar ile uyumluluk ve mekanik özellikler gibi ahşap özelliklerini geliştirir. Geleneksel fırınlarda kurutma veya vakumla kurutma yöntemleri endüstride ahşap kurutmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iki kurutma yönteminin ahşabın mekanik özelliklerine etkisini araştırmak için; Kanada ahşap endüstrisinin önemli türlerinden olan sarı huş ağacı (*Betula alleghaniensis Brit.*) örnekleri ile çalışılmıştır. Örnekler endüstriyel tesislerde vakumlu kurutma ve geleneksel kurutma olarak iki yöntemle kurutulmuştur. DMA (Dinamik Mekanik Analiz), NI (Nano Sertlik Testi) ve standart statik eğilme testleri kullanılarak her iki kurutma yönteminin etkileri araştırıldı. Farklı bağıl nem seviyelerinde EMC (elektromanyetik uyumluluk) ölçümleri sonucu vakumlu kurutmada sürekli olarak daha yüksek EMC değerleri görülmüştür.

Vakumla kurutulmuş örnekler üstün esneklik direnci ve kopma performansı göstermiştir. DMA testleri sonucu ahşabın kimyasal yapısı geleneksel fırında kurutmada, vakumlu kurutmadan daha fazla değişikliğe uğramıştır. EMC sonuçları ve DMA ölçümleri sonucunda, yüksek sıcaklığın (82°C) hemiselülozda değişikliğe ya da degradasyona neden olduğu görülmüştür. NI ve standart eğilme direnci testleri ile elde edilen mekanik özellik ölçümleri yakınlık göstermiştir. Vakumla kurutulmuş örnekler, geleneksel olarak kurutulmuş örneklerden daha yüksek EMC seviyeleri ile karakterize edilmiştir. Kurutma sırasında oluşan kimyasal değişiklikler ürünlerin kalitesini etkileyeceğinden, özel kurutma yöntemlerinin ahşabın kimyasal yapısı üzerindeki etkilerine dikkat edilmelidir. Bu kimyasal değişikliklerin önemi ve bunların ahşap performansı üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, kurutma işlemi ve programında termal hemiselüloz bozulmasının en aza indirilmesine ve hidrofobiklik ile mekanik performans arasındaki nihai dengeye bağlı olarak doğru dengenin korunmasına daha fazla önem vermek gerekmektedir (Blanchet vd., 2016).

Kurutma, ahşap üretiminde imalat sürecinde tüketilen enerjinin %40-70'ini oluşturur (Zhang ve Liu, 2006). Kurutma, işlenebilirliği, akustik özellikleri ve elektrik iletkenliğini, ayrıca biyolojik bozulmaya karşı direnci artırır, rutubet içeriğindeki değişkenlik mekanik özellikleri azaltır (Gu vd., 2004). Ayrıca rutubet içeriğindeki değişkenlik kerestelerde kaliteyi düşüren kusurlara yol açar (Cai ve Hayashi, 2007).

Ahşapta ısı işlem, doğal dayanıklılığı düşük ağaç türlerinin çürüklük direncini artırmak için cazip yöntemdir. Ancak dayanıklılık artarken mekanik direnç özellikleri azalır. Odun türünün yapısı ne olursa olsun mekanik özellikler ısı işlemle değiştirilir. Çürüme direnci ve mekanik özellikler odundaki hücre çeperi bileşenlerinin termal bozunması ile güçlü bir şekilde bağlantılıdır. Bu bozunmadan kaynaklanan kütle kaybı işlem yoğunluğunun ve işlem sonundaki ahşap özelliklerinin iyi bir göstergesidir. Isıl işlem yoğunluğunu temsil eden ısı işlem sırasındaki kinetik sıcaklığın, termal degradasyondan kaynaklanan kütle kayıplarını ve ısı işlem görmüş ahşabın özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılan çalışmada; bir yapraklı ağaç (*Quercus canariensis*) ve üç iğne yapraklı ağaç (*Pinus halepensis*, *Pinus radiata*, *Pinus pinaster*) ile deneyler yapılmıştır. Her örnek ilk olarak 103°C sıcaklıkta 48 saat, sonra 170°C sıcaklıkta 2 saat süreyle ısı işleme tutulmuş ve daha sonra 170°C'den 220°C'ye çıkarılmıştır. İşlem sonunda örnekler oksijensiz ortamda oda sıcaklığında soğutulmuştur. Sıcaklık ve kütle kaybı kaydedilmiş ve kurutma aşaması 105°C başlangıç sıcaklığından 105°C' deki son sıcaklığa kadar, her bir deney için kütle kaybı, bozulma direnci, mekanik özellikler ve işlem sırasında kütle kaybına yol açan

etkili sıcaklık miktarını temsil eden bağıl alan hesaplanmıştır. Bağıl alan ile ilgili olarak üç mekanik özellikte azalma görülmüştür. Elastikiyet modülü (MOE) ısıtma işleminden sonra eğilme direnci (MOR) ile karşılaştırıldığında daha az etkilendiği görülmüşken, Brinell sertlik değerinin hafifçe etkilendiği görülmüştür. Isıtma işlemi görmüş ve görmemiş ahşabın, kahverengi ve beyaz çürüklük mantarlarına karşı dayanıklılığı incelenmiş ve her mantar için benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek ağırlık kaybına *Poria placenta* neden olmuştur. 16 haftalık mantar tahribatından sonra ısıtma işlemi görmüş tüm örnekler düşük ağırlık kayıpları ile gelişmiş bir bozunma dayanıklılığı sergilerken, işlem görmemiş örneklerde güçlü bozunma görülmüştür. İğne yapraklı ağaç türlerinde ağırlık kaybı mantar türüne göre %22'den fazladır. *Quercus canariensis* daha yüksek bir dayanıklılık sergilemiştir ve ısıtma işlemi çürüme direncini daha da artırmıştır (Candelier vd., 2015).

Fırında kurutulmuş paletlerde çam odunu nematodunun yayılma riski, işlem görmüş farklı yaşlardaki ahşap paletlere *B. xylophilus* aşılansak nematodun hayatta kalabilmesi değerlendirilmiştir. Çam odunu nematodu *Bursaphelenchus xylophikus*, dünyadaki önemli ormancılık karantina organizmasıdır ve istila edilmiş ahşap paketleme malzemelerinin uluslararası ticareti ile yayılabilir. Her ne kadar karantina amaçlı ısıtma işlemi (HT) ve teknik kurutma (KD) ahşabı sterilize etmek ve rutubetini azaltmak için uygulansa da işlem görmüş ahşap tekrar istila edilebilir ve nematod popülasyonları yaşayabilir. *Bursaphelenchus* türü bulunmayan toplam 229 ahşap örnek üzerinde yapılan çalışmada; *Aphelenchoididae*, *Diplogasteridae*, *Rhabditidae* ve *Tylenchidae* familyalarına ait nematodların örneklerin %45'inde bulunduğu belirlenmiştir. Bunların 6 aydan yeni olan ahşaplarda bulunmadığı; ancak daha eski paletlerde artan sıklıkla bulunduğu tespit edilmiştir. *Trichoderma* dominant türü ile sıklıkla karşılaşılan mantardır. İkinci deneme *B. xylophilus*'un yapay aşılansak ile farklı yaşlardaki ahşaba uygulanmış ve 7, 14, 28, 56, 84 gün sonra değerlendirilmiştir. Çam odunu nematodları ilk örneklemede ortaya çıktı, ancak istila oranları sonraki örneklemede kaybolana kadar azaldı. Sonuçlar ISPM 15 işlemlerinin ahşabı etkin bir şekilde sterilize ettiğini ve daha eski, daha kuru ahşabın *B. xylophilus* ile yeniden istilasını desteklemediğini, diğer saprofit nematod ve mantarların işlem görmüş ahşabı kolonileştirdiğini doğrulamaktadır (Naves vd., 2019).

Isıtma değişime uğratılmış ahşabın mekanik özelliklerinde ve kimyasal bileşenlerinde pH'nin etkisini incelemek için; leke, küf ve ahşaba zarar veren mantarların görünür kusur ve enfeksiyon kanıtı olmayan örnekler üzerinde araştırma yapılmıştır. Bu amaçla Çin'in kuzeydoğusundan alınan *Populus cathayana* Rehd. odunu örnekleri; DOT (disodyum oktoborat tetrahidrat), MEA (monoetanolin), borik asit ve sodyum hidroksitten oluşan

farklı pH değerlerindeki çözeltilerle emprenye edilerek sırasıyla 4 saat süreyle 180-200-220°C sıcaklıkta ısıtım işlem uygulanmıştır. Odunda ısıtım işlem boyunca asitlik ve degradasyon arasındaki ilişki incelenmiştir. Isıtım işlem gerçekleştirilen örneklerde; MOR ve MOE, kütle kaybı, pH değerleri ve lignin, hemiselüloz yüzdeleri belirlenmiştir ve kontrol örnekleriyle karşılaştırılmıştır. Deney sonuçlarında, DOT ve tampon çözeltilerin ısıtım işlem görmüş örneklerde kütle kaybını azalttığı, MOR ve MOE'yi artırdığı görülmüştür. Buna karşılık MEA, örneklerde kütle kaybını artırmıştır ve ısıtım işlemsiz örneklerde daha iyi MOE ve MOR tespit edildi. Kimyasal analizlere göre; mekanik özelliklerdeki iyileşme, DOT ve BA/NaOH ön işleminin 180-200°C aralığında hemiselülozlardaki degradasyonu engellemesiyle açıklanabilir. Örneklerin ısıtım işlem öncesi DOT ve BA/NaOH tampon çözeltileri ile emprenye edilmesi hemiselülozların termal degradasyonunu hafiflettiğinden ısıtım işlem görmüş örneklerin kütle kaybını ve mekanik özelliklerindeki kaybı azaltabilir. FTIR analiz sonuçları değişiklikleri hiç şüphesiz alkali çözeltilerin ahşaptaki asidite üzerindeki nötrleştirici etkisine bağlıdır. MEA ile muamele edilmiş örneklerde kütle kaybının artması ve ön muamelesiz örneklere göre daha düşük MOR ve MOE'ye sahip olmasının, MEA'nın uçuculuğuyla ilgili olduğu düşünülebilir. Bu çalışmada deneysel koşullar altında çeşitli tampon çözeltiler arasındaki farklılıklar ihmal edilebilir düzeydedir (Wang., 2012).

Genel olarak ısıtım işlemler nedeniyle odunun değişime uğradığı bilinmektedir. Odunda meydana gelen ısıtım değişiklikler; odun örneklerinin durumu, sıcaklık seviyesi, hakim atmosfer ve işlemin süresi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Isıtım işlem öncesi %8-10 rutubet içeriğine sahip 30-100 mm boyutlarında kayın odunu örneklerine yaklaşık olarak 180-200-220°C sıcaklıklarda laboratuvar şartlarında 4-6 saat süreyle ısıtım işlem uygulanmıştır. Kayın ağacı odunun farklı sıcaklıklarda ısıtım işlem görmesi kimyasal bileşimde karakteristik değişikliklere neden olur. Makromoleküler bileşenlerin termal bozunması artan ekstrakt içeriği ve organik solventler ile yansıtılır. Isıtım işleminden sonra suda ekstrakte edilebilen bileşikler artar. Isıtım işlem görmüş örneklerde yaklaşık 4 olan düşük pH, asetil gruplarının asetik aside bölünmesi gibi asidik gruplarda meydana gelen kimyasal değişikliklerin bir göstergesidir. Polisakkaritlerin ayrışması neredeyse sadece poliyozlarla ilgilidir. Yapraklı ağaçlarda çoğunlukla ksilan ile ilgilidir. Şeker birimlerinin degradasyonu asetil gruplarının ve alifatik hidroksil gruplarının azalması ile yansıtılmaktadır. Ek olarak fenolik OH gruplarının yüzdesi ısıtım işlem görmemiş örneklere kıyasla sıcaklık arttıkça önemli ölçüde artar. Poliozların degradasyonuna ek olarak, termal olarak en kararlı bileşik olarak bilinen lignin de önemli termal değişiklikler göstermiştir. FTIR spektroskopisi fonksiyonel

grupların değişen oranlarını, asetil gruplarının ve aril eter gruplarının azalmasının yanı sıra yeni oluşturulan karbonil gruplarının artışıını göstermektedir (Windeisen vd., 2007).



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme

2.1.1. Örnek Malzemenin Temini ve Özellikleri

Çalışma kapsamında kullanılan ağaç türleri Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ve Doğu ladini (*Picea orientalis L.*), Trabzon Arsin Organize Sanayi Bölgesi'nde üretim yapan Bahçekapılı Kerestecilik Sanayi ve Ticaret AŞ.'den alınmıştır. Şekil 2'de çalışma kapsamında kullanılacak örneklerin belirlenmesi görülmektedir. Çalışmada Sarıçam ve Doğu ladini odunlarının kullanılmasının nedeni, ahşap palet endüstrisinde çoğunlukla tercih edilen türler olmalarından dolayıdır. Bu ağaç türlerinde ısıtma işlemi sonrasında, özelliklerinde meydana gelen değişimleri belirlemek için yapılmış bir çalışmadır.

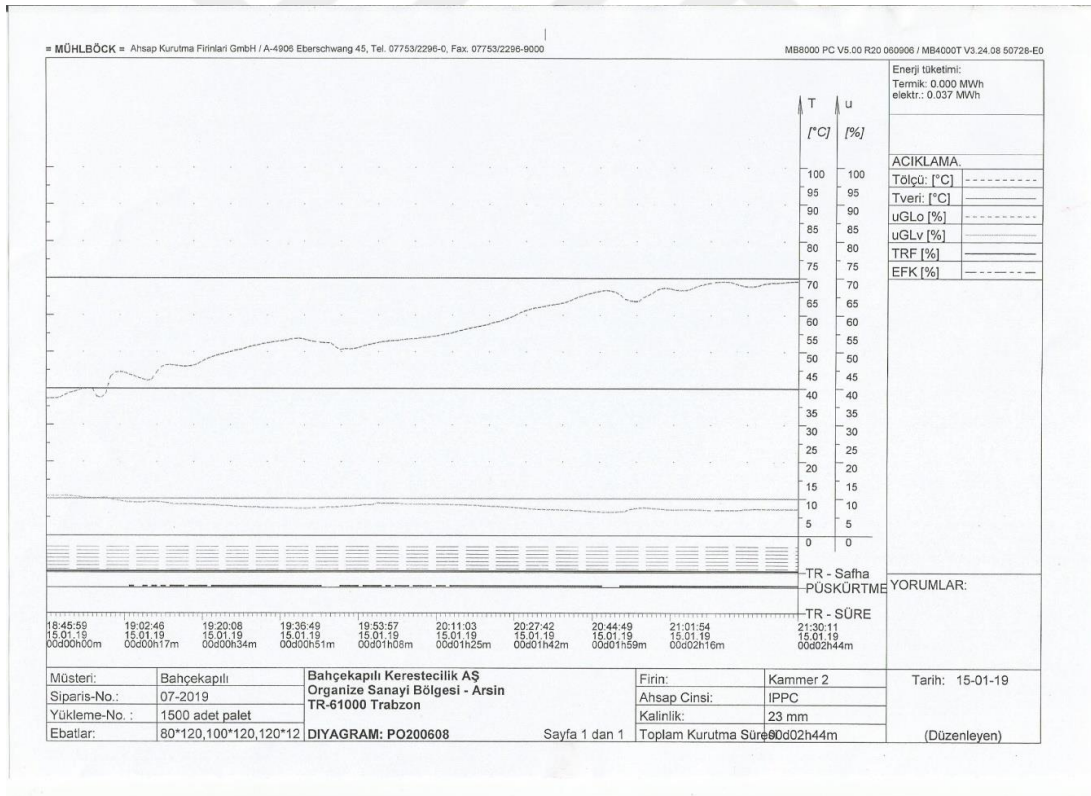


Şekil 2. Çalışma kapsamında kullanılacak örneklerin temin edilmesi

2.2. Araştırma Yöntemi

2.2.1. Isıl İşlem

Isıl işlem uygulaması, Trabzon Arsin Organize Sanayi Bölgesi'nde ahşap palet üretimi ve ısıl işlem uygulaması yapan Bahçekapılı Kerestecilik Sanayi ve Ticaret AŞ.' de, Mühlböck marka ısıl işlem fırınında gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem uygulaması yapılacak örnekler, içerisinde üretimi tamamlanmış ve hava akışını engellemeyecek şekilde istiflenmiş ahşap paletler bulunan ısıl işlem fırını içerisine yerleştirilmiştir. Isıl işlem sırasında, ısıl işlem fırını içerisindeki ölçüm cihazlarından okunan sıcaklıklar; ilk okunan sıcaklık ile ısıl işlem uygulanan malzemede iç sıcaklık 56°C 'ye ulaştıktan sonra 30 dakika sürekli olacak şekilde her dakika için bilgisayar kontrolünde izlenmiştir ve kaydedilmiştir. Karantina amaçlı ısıl işlem ile ilgili kayıt grafiği Şekil 3'te sunulmaktadır.

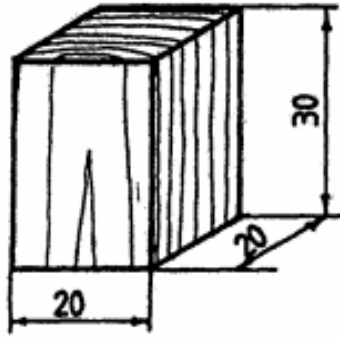


Şekil 3. Karantina amaçlı ısıl işlem ile ilgili kayıt grafiği

2.2.2. Fiziksel Özellikler ile İlgili Çalışmalar

2.2.2.1. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlığın tayini için TS 2471, TS 2472 ve TS 53' e göre 20x20x30 mm boyutlarında özgül ağırlık deney örnekleri hazırlanmıştır (Şekil 4) ve her örnek numaralandırılmıştır.



Şekil 4. Özgül ağırlık deney örneği

2.2.2.1.1. Tam Kuru Özgül Ağırlık

Örnekler $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de değişmeyen ağırlığa gelinceye dek kuruttuktan sonra örneklerin boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlılıkta ölçülerek hacimleri hesaplanmıştır. Örnekler $\pm 0,001$ gr hassaslıktaki terazide tartılıp, eşitlik 1'den tam kuru özgül ağırlık değerleri hesaplanmıştır (Örs,1987; Bozkurt, 1987).

$$\delta_0 = \frac{M_0}{V_0} \text{ g/cm}^3 \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

δ_0 : Tam kuru özgül ağırlık (g/cm³)

M_0 : Tam kuru ağırlık (g)

V_0 : Tam kuru hacim (cm³)

2.2.2.1.2. Hava Kurusu Özgül Ağırlık

Hava kurusu özgül ağırlığın belirlenmesi için TS 2472 standartlarına göre 20x20x30 mm boyutlarındaki örneklerin ağırlıkları $\pm 0,001$ gr hassaslıkta terazide belirlenmiştir. Örnek boyutları ± 1 mm duyarlıkta ölçme yapabilen mikrometre ile ölçülüp hacimleri hesaplanarak eşitlik (2)'ye göre özgül ağırlık değerleri belirlenmiştir.

$$\delta_r = \frac{M_r}{V_r} \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

δ_r : % r rutubetteki özgül ağırlık (gr/cm^3)

M_r : % r rutubetteki ağırlık (gr)

V_r : % r rutubetteki hacim

Hesaplanan rutubet miktarları %9–15 arasında değerler aldığı için farklı rutubet miktarlarındaki yoğunluk değerlerinin, %12 rutubetteki yoğunluk değerlerine dönüştürülmesi için eşitlik 3'ten yararlanılmıştır.

$$\delta_{12} = \delta_r \times \left[1 - \frac{(1 - 0,85\delta_r)(r - 12)}{100} \right] \quad (3)$$

Bu eşitlikte;

δ_{12} : %12 rutubetteki yoğunluk (g/cm^3)

δ_r : %r rutubetteki yoğunluk (g/cm^3)

r : Örnek rutubeti (%)

Test örneklerinden elde edilen yoğunluk ($\alpha\alpha\ddot{o}$) değerlerinin, kontrol örneklerinden elde edilen yoğunluk ($k\alpha\ddot{o}$) değerlerine oranlanmasıyla belirlenen yoğunluk artış–azalış oranı ($A\alpha\ddot{o}$) eşitlik 4'e göre hesaplanmıştır (Yıldız, 1994).

$$A\alpha\ddot{o} = \frac{\alpha\alpha\ddot{o} - k\alpha\ddot{o}}{k\alpha\ddot{o}} \times 100 \quad (4)$$

2.2.2.2. Denge Rutubeti Miktarı

20x20x30 mm boyutlarında kesilmiş, ısıtma işlemi uygulanan test örnekleriyle bunlara ait kontrol örneklerinin tam kuru ağırlıkları belirlenip, % 65 bağıl nem ve 20°C koşullarında bekletilmiştir. Burada, test ve kontrol örneklerinin ağırlıkları denge rutubeti miktarına

(DRM) ulaşılıncaya kadar devamlı ölçülerek TS 2471 uygun olarak eşitlik 5'e göre hesaplanmıştır .

$$DRM = \frac{A_r - A_o}{A_o} \times 100 \quad (5)$$

Bu eşitlikte;

A_r : % 65 bağıl nem ve 20°C şartlarında elde edilen değişmez rutubetli ağırlık

A_o : Tam kuru ağırlık

Test örneklerinden elde edilen denge rutubeti ($t_{\alpha drm}$) değerlerinin, kontrol örneklerinden elde edilen denge rutubeti ($k_{\alpha drm}$) değerlerine oranlanmasıyla belirlenen denge rutubetindeki artış- azalış oranı ($A_{\alpha drm}$) eşitlik 6'ya göre hesaplanmıştır.

$$A_{\alpha drm} = \frac{t_{\alpha drm} - k_{\alpha drm}}{k_{\alpha drm}} \quad (6)$$

2.2.2.3. Genişleme Miktarının Belirlenmesi

TS 4084 standardına uygun olarak genişleme miktarının belirlenmesi deneyi yapılmıştır. Bu standarda göre deney örnekleri 20x20x30 mm olacak biçimde boyutlandırılmıştır. Şekil 5'te genişleme deneyinde kullanılacak örneklerin boyutlarının ölçülmesi görülmektedir. Deney örnekleri kurutma dolabında 103 ± 2 °C' de sabit boyutlara ulaşıncaya dek bekletilmiş ve ölçümleri alınmıştır. Örnekler daha sonra 20 ± 5 °C sıcaklıktaki damıtılmış su bulunan bir kapta tamamen su içerisinde olacak şekilde bekletilmiştir. Şekil 6'da genişleme deneyi için örneklerin hazırlanması görülmektedir. Boyutları değişmez hale gelene kadar bekletildikten sonra son olarak tam yaş durumdaki ölçümleri alınmıştır. Genişleme miktarının belirlenmesinde 7 nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$\alpha = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{min}} \times 100 \quad (7)$$

L_{max} : Lif doygunluk noktası üzerinde nem içeriğine sahip örneklerin sıralı olarak radyal, teğet ve boyuna yöndeki mm cinsinden boyutlarını,

L_{min} : Kurutulduktan sonraki örneklerin sıralı olarak radyal, teğet ve boyuna yöndeki mm cinsinden boyutlarını ifade etmektedir.



Şekil 5. Genişleme deneyi için örneklerin boyutlarının ölçülmesi

Bu formülde teğet, radyal ve boyuna ölçümler ile hacimsel genişleme yüzdesi (α_v) (8) belirlenmiştir.

$$\alpha_v = \alpha_r + \alpha_t + \alpha_l \quad (8)$$

α_t : Teğet yönde genişleme (yüzde)

α_r : Radyal yönde genişleme (yüzde)

α_l : Boyuna yönde genişleme (yüzde) belirlenmiştir.



Şekil 6. Genişleme deneyi için örneklerin hazırlanması

2.2.2.4. Renk Değişim Analizi

ISO 7724'e göre ısı işlem öncesinde ve sonrasında Konica Minolta CD-600 cihazı ile renk ölçüm analizi yapılmıştır. Örneklerden beş değişik noktada yapılan ölçüm sonrasında ortalamalar belirlenmiştir. Şekil 7'de renk ölçüm cihazı ile yapılan renk ölçümü görülmektedir.

CIE-Lab sisteminde L^* , a^* ve b^* değişkenleri bulunmaktadır (ISO 7724).

L^* ışık stabilitesi, a^* ve b^* kromotografik koordinatlarıdır. ($+a^*$ kırmızı renk, $-a^*$ yeşil renk, $+b^*$ sarı renk, $-b^*$ mavi renk) (Şekil 8).

L^* , a^* ve b^* tespit edilip oluşan renk değişimi (8), (9), (10) ve (11) nolu eşitliklerle belirlenmiştir. ΔL^* , Δa^* ve Δb^* başlangıç (i) ve değişik zaman aralıklarında (f) meydana gelen renk değişikliklerini (ΔE^*) belirtmektedir. Düşük ΔE^* değeri renk değişikliğini veya renk stabilitesini göstermektedir.

$$\Delta L^* = L_f^* - L_i^* \quad (8)$$

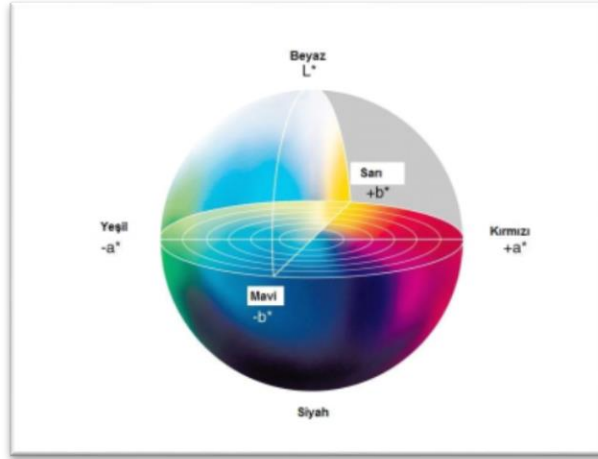
$$\Delta a^* = a_f^* - a_i^* \quad (9)$$

$$\Delta b^* = b_f^* - b_i^* \quad (10)$$

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (11)$$



Şekil 7. Renk ölçüm cihazı



Şekil 8. CIE Lab Renk sistemi

2.2.2.5. Parlaklık

Isıl işlem öncesinde ve sonrasında örneklerin parlaklık ölçümleri Konica Minolta CM-2600 marka parlaklık ölçme cihazı (glossmetre) ile yapılmıştır. Şekil 9'da parlaklık ölçüm cihazı ile yapılan parlaklık ölçümü görülmektedir. Her örneğin iki ucundan da liflere paralel ölçüm yapıp ortalamaları alınmıştır. SCI (Specular Component Included) ve SCE (Specular Component Excluded) değerleri belirlenmiştir. SCI, genellikle bir nesnenin gerçek rengini ölçmek için kullanılır. Hem speküler hem de dağınık yansımaları içerir. Bu da herhangi bir yüzey koşulundan etkilenmez. SCE, genellikle bir nesnenin renginin görünümünü ölçmek için kullanılır. Bu ölçüm türü herhangi bir speküler yansıyan ışığı dışlar ve yüzey koşullarına daha duyarlı hale getirir.



Şekil 9. Parlaklık ölçüm cihazı ve parlaklık ölçümü

2.2.2.6. Yüzey Pürüzlülük Analizi

TR100 Surface Roughness Tester cihazı kullanılarak ısıtılmış örneklerin yüzey pürüzlülüğü ölçülmüştür. Şekil 10'da pürüzlülük test cihazı ile yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümü görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için DIN 4768 standardına göre çalışılmıştır. Kontrol ve test örneklerinde Ra ve Rz pürüzlülük değerleri ölçülüp ortalamaları alınarak karşılaştırılmıştır.



Şekil 10. Pürüzlülük test cihazı ve yüzey pürüzlülüğü ölçümü

Ra: Ortalama pürüzlülük değeri,

Rz: On nokta pürüzlülük değeridir (pürüzlülük boyunca en yüksek beş tepe ve en derin beş çukurun ortalamalarının toplamıdır).

Pürüzlülük İndeksi (RI), eşitlik 12'ye göre tanımlanmıştır .

$$RI = \frac{Ra(w) - Ra(i)}{Ra(i)} \quad (12)$$

Burada,

Ra(w): Isıl işlem görmüş örneklerin ortalama pürüzlülük değeri,

Ra(i) : Isıl işlem öncesinde ortalama pürüzlülük değeridir.

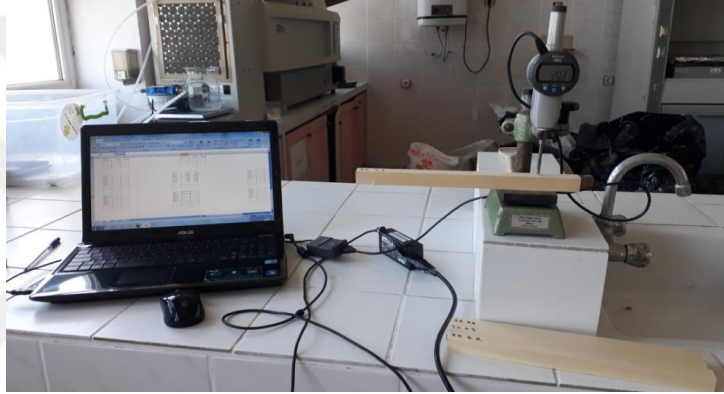
2.2.3. Mekanik Özellikler

Deneyler KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği Odun Mekaniği ve Teknoloji laboratuvarındaki universal test makinesinde yapılmıştır. Mekanik özelliklerin

belirlenmesinde 1-10 ton kapasiteli üniversal deney makinesi kullanılarak ; eğilme direnci ve elastikiyet modülü ile liflere paralel basınç direnci belirlenmiştir.

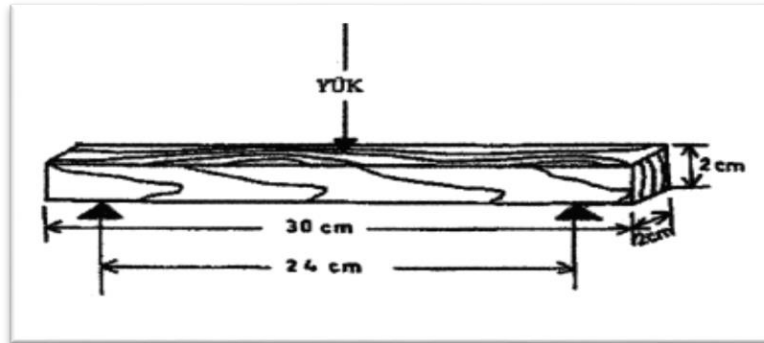
2.2.3.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyleri TS 2474'e göre gerçekleştirilmiştir. 20 x 20 x 300 mm (teğet x radyal x lifler yönü) boyutlarında, kontrol ve ısıl işlem uygulanmış test örneklerinin rutubetleri iklimlendirme işlemi ile yaklaşık % 12' ye getirilmiştir. Örneklerin boyutları, teğet yönü kalınlık ve radyal yönü en alınarak 0,01 mm duyarlıkta ölçülmüştür (Şekil 11).

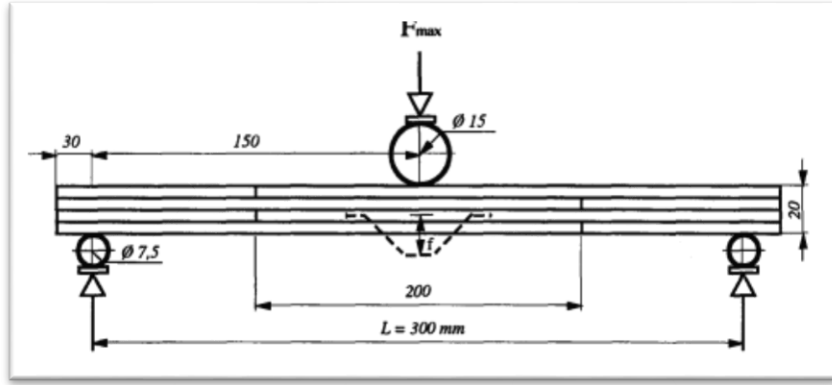


Şekil 11. Eğilme direnci deneyi için örneklerin boyutlarının ölçümü

Örnek boyutları Şekil 12'de ve eğilme direncinde yükün uygulanması Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 12. Eğilme direnci örneklerinin boyutları



Şekil 13. Eğilme direnci örneklerine yükün uygulanması

L: Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b: Örneğin genişliği (mm)

h: Örneğin kalınlığı (mm)

Şekil 14'te görüldüğü gibi kontrol ve test örnekleri universal test makinesine 24 cm dayanak açıklığıyla koyulmuştur. Teğet yöndeki direncin belirlenmesi için radyal yüzeye ortasından yük uygulanmıştır. 2 bin kg en yüksek kapasite ile makinede yükleme başladıktan sonra $1,5 \pm 0,5$ dakika sonunda kırılmasını sağlayacak hızda deney yapılmıştır. Kırılma esnasındaki en fazla kuvvet (F_{max}) ± 1 kp duyarlılıkta ölçülmüştür ve örneklerin eğilme direnci eşitlik (14) ile bulunmuştur (Berkel, 1987; Bozkurt, 1987; Örs, 1996).



Şekil 14. Eğilme direnci test cihazı ve testin yapılması

$$\sigma_e = \frac{3 \times F \times L_s}{2 \times a \times b^2} (\text{kp/cm}^2) \quad (14)$$

Bu eşitliğe göre;

σ_e : Eğilme direnci (kp/cm²)

F : Kırılma sırasındaki kuvvet (kp)

L_s : Dayanak açıklığı (cm)

a : Örneklerin genişliği (cm)

b : Örneklerin kalınlığı (cm)

Deneylemlerden sonra her bir örneğin rutubet miktarını belirlemek için örneklerin kırılma yerine yakın yerlerden alınan örneklerle belirlenmiştir. Örneklerin rutubeti, % 12'den farklılık gösterdiğinde %12 rutubetteki eğilme dirençleri eşitlik (15) ile bulunmuştur (Berkel, 1987; Bozkurt, 1987; Örs, 1996).

$$\sigma_{e12} = \sigma_e [1 + 0,04(r-12)] \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

Bu eşitlikte;

σ_{e12} : % 12 rutubetteki eğilme direnci (kp/cm²)

$\sigma_e (r)$: % r rutubetteki eğilme direnci (kp/cm²)

r : Deney anındaki örnek rutubeti (%)

2.2.3.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Bu deney için eğilme direnci deneylerinde kullanılan örneklerden yararlanılmış ve TS 2478'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Elastikiyet modülünün belirlenmesinde, makine üzerine yerleştirilen komparatörden yararlanılarak eğilme direnci deneyinde kullanılan her 10 kp kuvvete denk gelen eğilme miktarı $\pm 0,01$ mm duyarlılıkta belirlendikten sonra eşitlik (16) ile elastikiyet modülü hesaplanmıştır.

$$E = \frac{F \times L_s^3}{4 \times f \times b \times h^3} (\text{kp/cm}^2) \quad (16)$$

Burada ;

E : Elastikiyet modülü (kp/cm²)

F : Elastik bölgedeki kuvvet (kp)

L_s : Dayanak Açıklığı (24 cm) (cm)

- f : Eğilme miktarı (cm)
 b : Örnek genişliği (cm)
 h: Örnek yüksekliği (cm)
 f : Eğilme miktarı (cm)

Rutubet içeriği %12'den farklı örneklerde %12 rutubet içeriğindeki elastiklik modülleri eşitlik (17) ile bulunmuştur.

$$E_{12} = E [1+0,02(r-12)] \text{ N/mm}^2 \quad (17)$$

Eşitlikte ;

- E_{12} : % 12 rutubet için elastikiyet modülü (kp/ cm²)
 $E(r)$: % r rutubet için elastikiyet modülü (kp/ cm²)
 r : Test sırasında örneklerin rutubet oranı (%)

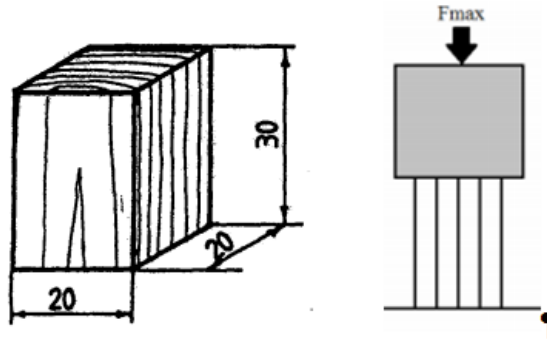
2.2.3.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Deneyle Şekil 14'te görülen test cihazında gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde TS 2595'e uygun olarak 20x20x30 mm (radyal, teğet, boyuna) olacak şekilde hazırlanan örnekler kullanılmıştır. Şekil 15'te görülen liflere paralel basınç direnci test örnekleri denge rutubetine getirildikten sonra enine kesit ve lif yönündeki boyutları $\pm 0,01$ mm, ağırlıkları $\pm 0,001$ gr duyarlılıkta belirlenmiştir. Şekil 16'da görülen liflere paralel basınç direnci test cihazı ile çalışılmıştır. Deney anında örnekler 1,5-2 dk arasında kırılma olacak biçimde ayarlanmıştır. Kırılma esnasındaki kuvvet (F_{\max}) ölçülerek liflere paralel basınç direnci ($\sigma_{B//}$), eşitlik (18)' e göre hesaplanmıştır,

$$\sigma_{B//} = \frac{F_{\max}}{axb} \quad (18)$$

Bu eşitliğe göre;

- $\sigma_{B//}$: Liflere paralel basınç direnci (kp/cm²)
 F_{\max} : Kırılma esnasındaki kuvvet (kp)
 a, b : Örneklerin enine kesitlerinin ebatları (cm)



Şekil 15. Liflere paralel basınç direnci test örnekleri

$$\sigma_{B// (12)} = \sigma_{B (r) //} [1+0,05(r-12)] \quad (19)$$

Eşitlikte;

$\sigma_{B// (12)}$: % 12 rutubet için basınç direnci kp/cm^2

$\sigma_{B (r) //}$: % r rutubet için basınç direnci kp/cm^2

r : Deney anında örneklerin sahip olduğu rutubet %

Rutubet miktarının %12 olmaması durumunda liflere paralel basınç direnç değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla % 12 rutubet için liflere paralel basınç direnci değerlerine dönüştürülmüştür (Bozkurt, 1987; Örs, 1986).



Şekil 16. Liflere paralel basınç direnci test cihazı

2.2.4. Anatomik Özellikler

2.2.4.1. Anatomik Testlerin Yapılması

Odun elemanlarının normal biçim ve konumlarında incelenmesi için odun örneklerinden kesit almak ve preparat yapmak gerekmektedir. Odun kesitleri 2x3x3 cm boyutlu örneklerden elde edilmiştir. Örneklerden preparat elde etmek için “Reichert” kızaklı mikrotomunda sert odunlarda kullanılan kama şeklindeki II numaralı bıçak kullanılmıştır. Her örnekten enine (transversal) ve boyuna teğetsel (tanjansiyal) olacak şekilde 15-20 mikron kalınlığında iki yönde kesitler alınmıştır. Alınan kesitlerde, ısıl işlemin etkisini bozmamak için herhangi bir saydamlaştırma ya da boyama işlemi kullanılmadan elde edilen geçici preparatlar hazırlanmıştır. Elde edilen preparatlar Olympus BX50 marka ışık mikroskopunda görüntülenmiştir. Elde edilen görüntüler Digimizer programına aktarılmış ve her gruptaki örneklerin enine kesitlerindeki traheid çaplarının (yaz odunu ve ilkbahar odunu ayrı olmak üzere) radyal ve teğet yöndeki genişlikleri ile teğet kesitlerdeki özışını hücrelerinin genişlik ve uzunluk ölçümü yapılmıştır. Her odun elemanı ölçümü en az 30 tekrarlı olarak hesaplanmış ve ortalaması alınmıştır.

2.2.5. Küf Mantarı Deneyi

Örneklerin küf mantarlarına karşı biyolojik performans ölçümü ASTM D4445 Standart Metodu'na göre yapılmıştır (ASTM,2012). Standartta belirtilen:

Aspergillus niger Tiegh., M-370 (HAMBI 1271, MUCL 28820, ATCC 13496),

Trichoderma harzianum Rifai, ES 39 (HAMBI 2678),

iki küf mantarları petri kaplarına aktarılmış ve bunların miselleri elde edilmiştir. Gelişim gösteren mantar sporları 5-10 mL distile su ile yıkanarak, bir cam çubuk yardımıyla süspansiyonu elde edilmiştir. Elde edilen iki farklı süspansiyon bir sprej kabına aktararak süspansiyon, her mL'de 3×10^7 spor olması için distile su ile 500 mL'ye tamamlanmıştır. Sprej kabından her püskürtmede yaklaşık olarak 1 mL spor süspansiyonu püskürtülmüş ve petri kapları 27°C sıcaklık %80 bağıl nem koşullarında 4 hafta bekletilmiştir (Şekil 17).

İşlem 4 hafta boyunca haftada bir gözlemlenerek, odun örneklerinin yüzeyindeki küflenme durumu derecelendirilmiştir. Derecelendirme 0-5 numara aralığında olan 6 puanlı bir sistem olup, 0 derecesi odun örneğinin yüzeyinde hiç küflenme olmadığını, 5 derecesi

ise odun örneğinin yüzeyinin tamamen küf mantarı ile kaplandığını göstermektedir. Tablo 2’de odun örnekleri üzerindeki küflenme derecesi ölçüm skalası verilmiştir (ASTM D4445 2012; Waals vd., 2003).



Şekil 17. Küf testi için hazırlanan örnekler

Tablo 2. Odun örnekleri üzerindeki küflenme derecesi ölçüm skalası (ASTM , 2012; Waals vd., 2003).

Derecelendirme	Odun Yüzeyinde Mantar Gelişimi (%)
0	0
1	1-5
2	6-25
3	26-50
4	51-75
5	76-100

2.2.6. Örneklerin ATR-FTIR Analizi

Tez kapsamındaki örneklerin yapısal durumlarındaki değişimler FT-IR spektroskopisi yöntemiyle izlenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Kullanılan örnekler Şekil 18’de görülmektedir. Örneklerin ATR-FTIR spektrumları Artvin Çoruh Üniversitesi, Merkez Laboratuvarlarında Shimadzu IRPrestige-21 (PIKE MIRacle single reflection ATR) cihazı ile çekilmiştir. FT-IR (ATR) analizinde çalışma aralığı olarak $4000-500 \text{ cm}^{-1}$ aralığı belirlenmiş spektral çözünürlük 4 cm^{-1} olacak şekilde çalışılmıştır. Tez kapsamında üretilen selülozik SAP’lardan elde edilen ATR-FTIR analiz sonuçları aşağıdaki Tablo 3’te verilen ve daha önceki çalışmalarda kullanılan FTIR bandlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tablo 3. Selüloz ve selüloz türevlerinin genel FTIR spektralleri (Ahmad ve Isa, 2015; Chang vd.,2010; Fan vd., 2012; Lojewska vd., 2005; Pasqui vd., 2012; Szymanska-Chargot ve Zdunek, 2013; Zbankov, 1966)

FTIR band (cm^{-1})	Selüloz ve Selüloz Türevleri
661	C-OH grubu düzlem dışı eğilme
779	N-H grubu düzlem dışı absorpsiyon
836	C-C deformasyonu
894	C-H eğilme ve deformasyonu
900	C-H eğilme ve deformasyonu
1027	C-C gerilmesi
1040	C-O-C eğilmesi
1108	C-C, C-O gerilmesi (Halka asimetrik gerilimi)
1140	C-O-C asimetrik genişleme
1320	C-CH, O-CH gerilmesi
1414	-OH gerilmesi, -C-H CMC simetrik gerilmesi (karboksilat simetrik gerilimi)
1458	-OH düzlem içi deformasyon
1589	CMC yapısında karboksilat asimetrik gerilimi
1612	CMC yapısında karboksilat asimetrik gerilimi
1640	C=C gerilmesi, Su absorpsiyonu
1666	C=O gerilmesi
1690	-OH eğilmesi
2169	N gerilmesi
2869	-C-C-C-H gerilmesi
2920	-C-C-C-H gerilmesi



Şekil 18. FTIR Analizi için hazırlanan örnekler

2.2.7. İstatistiksel Yöntemler

Veriler SPSS 11.5 istatistik paket programı kullanarak ve % 95 güvenirlilik düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. Test örnekleri ile bunlara ait kontrol örneklerinin arasında araştırılan odun özelliklerine ilişkin olarak istatistiksel anlamda bir farklılık olup olmadığı varyans analizi ile belirlenmiştir. Gruplar arasındaki etkileşimler Duncan testi ile incelenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1. Özgül Ağırlık ile İlgili Bulgular

3.1.1.1. Tam Kuru Özgül Ağırlığa Ait Bulgular

Tam kuru özgül ağırlık üzerine odun türleri içinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçlarına göre Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde tam kuru özgül ağırlık üzerine ısıtılma işleminin etkisinin ($P>0,05$) önemli olmadığı belirlenmiştir. Tam kuru özgül ağırlık üzerine odun türleri içinde yapılan istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4' te verilmiştir.

Tablo 4. Tam kuru özgül ağırlık üzerine odun türleri içinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y)	Kontrol	28	0,397	0,083	0,735	0,466
	Test	28	0,385	0,010	0,735	0,469
Ladin (K)	Kontrol	28	0,388	0,031	1,323	0,191
	Test	28	0,378	0,019	1,323	0,192
Sarıçam	Kontrol	36	0,406	0,013	-0,662	0,510
	Test	36	0,408	0,017	-0,662	0,510

3.1.1.2. Hava Kuru Özgül Ağırlığa Ait Bulgular

Kontrol ve test örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmemektedir ($P>0,05$). Hava kuru özgül ağırlık üzerine ısıtılma işleminin etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinin hava kuru

(%12) özgül ağırlık değerleri üzerine yapılan istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinin hava kurusu (%12) özgül ağırlık değerleri üzerine yapılan T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y)	Kontrol	15	0,440	0,044	-0,188	0,853
	Test	15	0,443	0,045	-0,188	0,853
Ladin (K)	Kontrol	12	0,398	0,018	-0,725	0,476
	Test	12	0,406	0,031	-0,725	0,478
Sarıçam	Kontrol	12	0,428	0,015	-0,188	0,853
	Test	12	0,425	0,015	-0,188	0,853

3.1.2. Denge Rutubetine Ait Bulgular

Bağımsız örnekler T testine göre DRM'de kontrol ve test örnekleri arasında ($P>0,05$) istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır. Isıl işlemin türler içinde DRM üzerine etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Denge rutubeti miktarı için odun türleri içinde yapılan Bağımsız Örnekler T testi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. DRM üzerine odun türleri içinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y)	Kontrol	15	14,840	4,979	1,193	0,243
	Test	15	13,087	2,760	1,193	0,246
Ladin (K)	Kontrol	12	13,144	2,293	-1,459	0,159
	Test	12	14,314	1,564	-1,459	0,161
Sarıçam	Kontrol	12	12,738	2,726	-0,530	0,601
	Test	12	13,885	6,980	-0,530	0,604

3.1.3. Genişlemeye Ait Bulgular

Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde boyuna radyal ve teğet yöndeki genişlemeye ısıl işlemin etkisini belirlemek için varyans analizi yapılmıştır. Genişleme deneyine ait varyans analizi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Genişleme deneyine ait varyans analizi sonuçları

		N	ORTALAMA	STANDART SAPMA	F	P
BOYUNA	Ladin(K)-kontrol	24	0,281	0,133	3,09	0,010
	Ladin (K)-test	24	0,344	0,139		
	Sarıçam-kontrol	36	0,283	0,127		
	Sarıçam-test	36	0,295	0,150		
	Ladin (Y)-kontrol	44	0,240	0,117		
	Ladin (Y)-test	44	0,241	0,084		
		208	0,274	0,127		
RADYAL	Ladin(K)-kontrol	24	0,802	0,271	11,416	0,000
	Ladin (K)-test	24	0,778	0,345		
	Sarıçam-kontrol	36	0,772	0,254		
	Sarıçam-test	36	0,727	0,373		
	Ladin (Y)-kontrol	44	1,182	0,392		
	Ladin (Y)-test	44	0,903	0,214		
		208	0,883	0,353		
TEĞET	Ladin(K)-kontrol	24	1,285	0,306	2,413	0,038
	Ladin (K)-test	24	1,397	0,288		
	Sarıçam-kontrol	36	1,198	0,229		
	Sarıçam-test	36	1,303	0,376		
	Ladin (Y)-kontrol	44	1,422	0,376		
	Ladin (Y)-test	44	1,290	0,282		
		208	1,316	0,323		

Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde boyuna, radyal ve teğet yönde istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmektedir ($P \leq 0,05$).

Boyuna yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Boyuna yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

Boyuna	Ortalama	Homojenlik Grupları
Ladin (Y)-kontrol	0,240	A
Ladin (Y)-test	0,241	A
Ladin(K)-kontrol	0,281	A-B
Sarıçam-kontrol	0,283	A-B
Sarıçam-test	0,295	A-B
Ladin (K)-test	0,344	B

Radyal yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Radyal yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

Radyal	Ortalama	Homojenlik Grupları
Sarıçam-test	0,727	A
Sarıçam-kontrol	0,772	A-B
Ladin (K)-test	0,778	A-B
Ladin(K)-kontrol	0,802	A-B
Ladin (Y)-test	0,903	B
Ladin (Y)-kontrol	1,182	C

Teğet yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Teğet yöndeki değişim ile ilgili Duncan testi sonuçları ve homojenlik grupları

Teğet	Ortalama	Homojenlik Grupları
Sarıçam-kontrol	1,198	A
Ladin(K)-kontrol	1,285	A-B
Ladin (Y)-test	1,290	A-B
Sarıçam-test	1,303	A-B
Ladin (K)-test	1,397	B
Ladin (Y)-kontrol	1,422	B

3.1.4. Renk Değişim Analizine Ait Bulgular

Ladin(Y), Ladin(K) ve sarıçam örneklerinde belirlenen L (ışık yoğunluğunu), a ve b kromotografik koordinatları, (+a kırmızı, -a yeşil, +b sarı ve -b mavi) ve renk değişim değerleri (ΔE^*) Tablo 11, 12 ve 13'te verilmiştir.

Tablo 11. Ladin (Y) örneklerinin renk değişimi

VARYASYON	İLK ÖLÇÜM			SON ÖLÇÜM			ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*				
LY1	67,57	2,76	21,43	68,65	2,52	21,56	1,08	-0,24	0,13	1,11
LY2	68,48	2,51	21,58	68,52	2,54	20,49	0,05	0,03	-1,09	1,09
LY3	67,32	3,02	22,26	68,31	2,64	21,72	1	-0,38	-0,54	1,19
LY4	68,46	2,55	21,54	67,97	2,96	21,58	-0,49	0,41	0,04	0,64
LY5	67,74	3,2	20,45	67,66	2,68	21,23	-0,08	-0,52	0,78	0,94
LY6	68,7	2,5	21,49	69,14	2,24	20,99	0,44	-0,26	-0,5	0,71
LY7	67,48	2,59	20,59	68,07	2,85	21,43	0,59	0,26	0,84	1,06
LY8	68,41	2,84	20,56	67,74	3,19	21,64	-0,66	0,35	1,08	1,31
LY9	67,79	2,5	20,96	68,86	2,4	20,92	1,07	-0,1	-0,04	1,07
LY10	68,97	2,46	21,59	68,48	2,71	21,35	-0,49	0,25	-0,24	0,6
LY11	68,18	2,63	21,69	67,98	3,01	21,27	-0,2	0,37	-0,42	0,6
LY12	68,53	2,56	21,75	68,46	2,3	20,89	-0,07	-0,26	-0,86	0,9
LY13	68,38	2,7	21,47	67,51	2,66	20,96	-0,87	-0,04	-0,51	1,01
LY14	67,79	3,08	21,72	68,2	2,74	20,88	0,41	-0,34	-0,84	1

Tablo 12. Ladin (K) örneklerinin renk değişimi

VARYASYON	İLK ÖLÇÜM			SON ÖLÇÜM			ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*				
LK1	68,97	2,5	21,39	69,49	2,16	21,85	0,51	-0,36	0,45	0,77
LK2	65,45	4,4	21,15	68,69	2,61	21,77	3,24	-1,76	0,62	3,74
LK3	65,3	4,4	23,81	66,83	3,35	23	1,54	-1,06	-0,81	2,03
LK4	65,21	3,9	23,75	66,9	3,06	22,5	1,69	-0,79	-1,26	2,25
LK5	66,12	4,1	24,5	64,62	4,67	22,94	-1,5	0,57	-1,56	2,24
LK6	66,68	3,2	22,63	67,39	2,63	22,72	0,71	-0,59	0,09	0,93
LK7	67,01	3,2	23,22	65,5	3,98	22,98	-1,51	0,81	-0,24	1,73
LK8	68,89	2,6	21,4	68,41	2,48	21,36	-0,48	-0,09	-0,04	0,48
LK9	68,15	2,4	21,25	68,2	2,41	21,36	0,05	-0,03	0,11	0,13
LK10	66,62	2	20,1	67,25	2,38	20,28	0,63	0,35	0,18	0,75
LK11	68,45	2,8	21,86	68,29	2,68	21,43	-0,16	-0,11	-0,43	0,48
LK12	67,94	1,9	20,72	68,68	2,36	21,38	0,74	0,44	0,65	1,08
LK13	66,67	2,7	20,9	67,11	2,44	20,98	0,44	-0,23	0,08	0,5
LK14	66,32	3,7	23,8	66,56	2,78	21,49	0,24	-0,9	-2,31	2,49

Tablo 13. Sarıçam örneklerinin renk değişimi

VARYASYON	İLK ÖLÇÜM			SON ÖLÇÜM			ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
	L*	a*	b*	L*	a*	b*				
S1	66,29	4,42	25,7	65,94	4,08	26,16	-0,35	-0,35	0,46	0,67
S2	67,08	4,11	25,29	66,88	3,52	26,42	-0,2	-0,59	1,13	1,29
S3	66,47	4,54	25,79	65,72	4,39	26,37	-0,75	-0,15	0,58	0,96
S4	66,53	3,83	26,81	67,37	3,33	25,84	0,85	-0,51	-0,97	1,38
S5	66,35	3,63	26,11	66,17	3,88	26,71	-0,17	0,24	0,6	0,67
S6	65,16	4,17	27,21	65,6	4,09	26,46	0,43	-0,08	-0,75	0,87
S7	67,31	3,45	26,74	66,35	3,97	27,14	-0,96	0,52	0,4	1,16
S8	67,02	3,57	26,43	66,48	4,05	26,6	-0,54	0,48	0,17	0,74
S9	67,28	3,45	26,69	66,89	3,78	26,32	-0,39	0,33	-0,37	0,63
S10	67,35	3,38	26,27	66,7	3,82	26,72	-0,65	0,44	0,45	0,91
S11	66,7	3,65	27,2	66,4	3,98	26,09	-0,3	0,32	-1,11	1,2
S12	65,49	4,38	27,55	65,89	3,98	27,13	0,4	-0,4	-0,43	0,71
S13	67,1	3,25	25,09	66,92	3,55	26,74	-0,18	0,3	1,64	1,68
S14	66,88	3,78	26,58	67,53	3,29	25,74	0,65	-0,49	-0,84	1,17

Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam türlerinde renk değişim değerlerinde (ΔE) Varyans analizi sonuçlarına göre anlamlı fark görülmemektedir ($P>0,05$). Türler arasında yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre ısıtma işleminin etkisinin renk değişimi üzerine etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde renk değişim değerleri (ΔE) üzerine yapılan Varyans analiz sonuçları

Grup	N	Ortalama	Standart Sapma	F	P
ΔE -LY	14	1,0029	0,3184	2,115	0,134
ΔE -LK	14	1,4000	1,0324		
ΔE -S	14	1,1160	0,2263		

3.1.5. Parlaklığa Ait Bulgular

Parlaklık üzerine odun türleri içinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçlarına göre SCI (Specular Component Included) değerlerinde Ladin (Y) ve Ladin (K) odun örneklerinde ısıtılmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P > 0,05$) görülmektedir. Sarıçam odun örneklerinde ise istatistiksel analiz sonuçlarına göre ısıtılmanın SCI değerleri üzerine etkisinin ($P \leq 0,05$) önemli olduğu görülmektedir. SCE (Specular Component Excluded) değerleri üzerine yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçlarına göre ısıtılmanın etkisinin üç türde de önemli olmadığı ($P > 0,05$) belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçları Tablo 15 ve 16'da verilmiştir.

Tablo 15. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde SCI değerlerinin T testi analiz sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y) SCI	Kontrol	10	48,004	0,855	0,718	0,482
	Test	10	47,652	1,294	0,718	0,484
Ladin (K) SCI	Kontrol	8	45,581	3,919	-0,580	0,571
	Test	8	46,686	3,696	-0,580	0,571
Sarıçam	Kontrol	8	41,093	1,356	2,178	0,047
	Test	8	39,759	1,078	2,178	0,048

Tablo 16. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde SCE değerlerinin T testi analiz sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y) SCE	Kontrol	10	47,366	0,863	0,678	0,506
	Test	10	47,042	1,240	0,678	0,507
Ladin (K) SCE	Kontrol	8	44,833	4,129	-0,415	0,684
	Test	8	45,676	3,993	-0,415	0,684
Sarıçam	Kontrol	8	40,729	1,618	2,098	0,055
	Test	8	39,316	1,005	2,098	0,058

3.1.6. YüzeY Pürüzlülük Analizine Ait Bulgular

Ladin(Y), Ladin(K) ve Sarıçam örneklerinde belirlenen yüzeY pürüzlülük değerleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. YüzeY pürüzlülük değerleri

Ladin(Y)	Test Öncesi		Test Sonrası		Ladin(K)	Test Öncesi		Test Sonrası		Sarıçam	Test Öncesi		Test Sonrası	
	Ra	Rz	Ra	Rz		Ra	Rz	Ra	Rz		Ra	Rz	Ra	Rz
LY1	1,8	16,5	1,8	15,8	LK1	1,9	14,2	1,7	14,3	S1	1,9	15,4	2	15,7
	0,6	5,1	0,5	4,3		0,3	2,1	0,2	3,2		0,7	3,8	0,1	1,7
LY2	1,8	17,6	1,9	16,1	LK2	2	16,9	2	16,1	S2	1,8	15,7	2,1	19,3
	0,2	1,8	0,4	2,4		0,3	3,5	0,3	4,3		0,2	1,7	0,4	3,7
LY3	1,9	18,9	1,8	16,5	LK3	1,1	10,8	1,1	10,2	S3	1,7	13,6	1,8	14,7
	0,4	5,4	0,2	3,4		0,3	2,9	0,3	3,2		0,3	2	0,3	1,8
LY4	1,9	19,4	1,8	18,7	LK4	2	18	1,7	15,9	S4	2,3	18,5	1,9	17,2
	0,5	9,7	0,5	6,7		0,3	3,6	0,2	3,3		0,9	7,8	0,2	6,2
LY5	2	21,5	1,5	12,7										
	0,6	5,1	0,5	4,3										

Odun örneklerinin yüzeY pürüzlülük değışkenlerine ısıY işlemin etkisini belirlemek için Bağımsız örnekler T testi yapılmıştır. Bağımsız örnekler T testine göre Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde ısıY işlem öncesi ve sonrasında istatistiksel açıdan anlamlı fark ($P>0,05$) bulunmamaktadır. Bu analiz sonuçlarına göre ısıY işlemin pürüzlülüğe etkisinin

istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmektedir. T testi sonuçları Tablo 18 ve 19’da verilmiştir.

Tablo 18. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde Rz değerleri için T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y)-Rz	Kontrol	25	18,756	5,775	1,952	0,057
	Test	25	15,952	4,271	1,952	0,057
Ladin (K)-Rz	Kontrol	20	14,95	4,028	0,659	0,514
	Test	20	14,11	4,038	0,659	0,514
Sarıçam-Rz	Kontrol	20	15,81	4,514	-0,679	0,501
	Test	20	16,72	3,937	-0,679	0,501

Tablo 19. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde Ra değerleri için T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y)-Ra	Kontrol	25	1,87	0,42	0,887	0,380
	Test	25	1,77	0,38	0,887	0,380
Ladin (K)-Ra	Kontrol	20	1,73	0,46	0,582	0,564
	Test	20	1,65	0,42	0,582	0,564
Sarıçam-Ra	Kontrol	20	1,92	0,58	-0,306	0,762
	Test	20	1,96	0,29	-0,306	0,762

Tablo 20. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odunu örneklerinde pürüzlülük indeksi (RI) değerleri

LY	LK	S	LY	LK	S
-0,1	-0,1	0,1	-0,2	-0,1	0,1
-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	0,3	0,0
-0,1	-0,1	0,5	0,0	0,2	-0,3
-0,1	0,0	0,6	0,9	0,0	0,2
1,0	0,0	-0,3	-0,4	-0,3	0,6
-0,3	-0,1	0,1	-0,4	-0,3	-0,4
0,4	0,0	-0,1	0,3	-0,1	-0,3
0,1	-0,1	0,4	-0,3		
0,1	0,1	0,2	-0,4		
0,0	0,1	0,3	-0,2		
0,3	0,1	0,1	-0,1		
-0,3	-0,1	0,1	-0,2		
0,4	-0,1	0,1			

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Ait Bulgular

Ladin (K) odun türüne ait kontrol ve test örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Eğilme direncinde Bağımsız T testi sonuçlarına göre Ladin (K) odun türüne ait kontrol ve test örnekleri arasında ($P>0,05$) istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamaktadır.

Tablo 21. Ladin(K) odun türünde T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (K) Eğilme Direnci (kp/cm ²)	Kontrol	9	57,3519	3,3876	1,418	0,175
	Test	9	53,8845	6,5051	1,418	0,181
Ladin (K) Elastikiyet Modülü (kp/cm ²)	Kontrol	9	848,8369	129,0876	3,936	0,001
	Test	9	654,9998	71,8370	3,936	0,002

Elastikiyet modülü değerlerine ait analiz sonuçlarına göre kontrol ve test örneklerinde istatistiksel açıdan anlamlı fark ($P\leq 0,05$) bulunmaktadır. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre Ladin(K) odun örneklerinde elastikiyet modülü üzerine ısı işlemin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir.

Ladin (Y) ve Sarıçam odun türlerine ait kontrol ve test örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerine ait Bağımsız T testi analiz sonuçları Tablo 22-23’te verilmiştir. Eğilme direnci değerlerinde Ladin (Y) ve Sarıçam odun türlerine ait kontrol ve test örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark ($P\leq 0,05$) bulunmaktadır. Elastikiyet modülü değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı fark ($P>0,05$) görülmemektedir. Bu analiz sonuçlarına göre Ladin (Y) ve Sarıçam odun türlerine ait örneklerde ısı işlemin eğilme direnci üzerinde etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu, elastikiyet modülü üzerine ise etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 22. Ladin(Y) odun türünde T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin(Y) Eğilme Direnci (kp/cm ²)	Kontrol	14	59,0735	4,5579	-2,091	0,046
	Test	14	62,0101	2,6155	-2,091	0,049
Ladin(Y) Elastikiyet Modülü (kp/cm ²)	Kontrol	14	975,7814	159,6748	-0,375	0,711
	Test	14	993,6016	78,2527	-0,375	0,712

Tablo 23. Sarıçam odun türünde T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Sarıçam Eğilme Direnci (kp/cm ²)	Kontrol	10	52,8221	2,6910	2,403	0,027
	Test	10	50,0743	2,4143	2,403	0,027
Sarıçam Elastikiyet Modülü (kp/cm ²)	Kontrol	10	851,0756	99,1603	1,501	0,151
	Test	10	785,0226	97,6597	1,501	0,151

3.2.2. Liflere Paralel Basınç Direncine Ait Bulgular

Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun türlerine ait kontrol ve test örneklerinin liflere paralel basınç direnci değerlerine ait Bağımsız T testi analiz sonuçları Tablo 24'te verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre Ladin (K) ve Sarıçam odun türlerine ait kontrol ve test örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark ($P > 0,05$) bulunmamaktadır. Ladin (Y) odun örneklerinde liflere paralel basınç direnci değerlerinde Bağımsız T testi sonuçlarına göre ($P \leq 0,05$) kontrol ve test örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmaktadır. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre ısıtma işleminin liflere paralel basınç direnci üzerine etkisi Ladin (K) ve Sarıçam türlerine ait örneklerde istatistiksel açıdan önemli olmazken, Ladin (Y) odun türüne ait örneklerde önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 24. Liflere paralel basınç direnci değerlerine ait T testi sonuçları

BASINÇ DİRENCİ (kp/cm ²)	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
Ladin (Y)	Kontrol	19	357,491	18,523	-2,209	0,034
	Test	19	371,399	20,248	-2,209	0,034
Ladin (K)	Kontrol	16	361,704	16,291	1,522	0,138
	Test	16	352,363	18,367	1,522	0,139
Sarıçam	Kontrol	31	346,662	34,628	0,335	0,739
	Test	31	344,119	24,314	0,335	0,739

3.3. Anatomik Özelliklere Ait Bulgular

Anatomik özellikler üzerine Sarıçam odun örneklerinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçları Tablo 25'te verilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre İlkbahar odunu radyal ve teğet, yaz odunu radyal ölçüm değerleri üzerinde ısı işlemin etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ($P > 0,05$) belirlenmiştir. Aynı sonuçlara göre özışını genişlik ve uzunluk ile yaz odunu teğet ölçümlerinde istatistiksel olarak ısı işlemin etkisinin önemli ($P \leq 0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Anatomik özellikler üzerine Ladin (Y) odun örneklerinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçları Tablo 26'da verilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre Ladin (Y) odun örneklerinde özışını-genişlik değerlerinde ve yaz-teğet değerlerinde istatistiksel olarak ısı işlemin önemli olmadığı ($P > 0,05$) görülmektedir. Bu sonuçlara göre ilkbahar-radyal, ilkbahar-teğet, özışını-uzunluk ve yaz-radyal değerleri üzerinde istatistiksel olarak ısı işlemin etkisinin önemli ($P \leq 0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 25. Sarıçam örneklerine ait T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
S-İlkbahar radyal	Kontrol	30	25,618	3,613	-1,521	0,134
	Test	30	27,608	6,187	-1,521	0,135
S-İlkbahar teğet	Kontrol	30	24,493	4,923	-2,875	0,006
	Test	30	28,644	6,191	-2,875	0,006
S-Özışını genişlik	Kontrol	30	15,918	2,923	-5,337	0,000
	Test	30	20,855	4,139	-5,337	0,000
S-Özışını uzunluk	Kontrol	30	164,803	49,402	-2,587	0,012
	Test	30	210,866	84,083	-2,587	0,013
S-Yaz radyal	Kontrol	30	7,211	2,612	0,454	0,652
	Test	30	6,920	2,343	0,454	0,652
S-Yaz teğet	Kontrol	30	20,926	9,402	-5,484	0,000
	Test	30	32,121	6,049	-5,484	0,000

Tablo 26. Ladin (Y) örneklerine ait T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
L(Y)-İlkbahar radyal	Kontrol	30	24,286	4,693	4,980	0,000
	Test	30	18,415	4,436	4,980	0,000
L(Y)-İlkbahar teğet	Kontrol	30	26,804	5,396	3,076	0,003
	Test	30	22,394	5,707	3,076	0,003
L(Y)-Özışını genişlik	Kontrol	30	11,975	3,937	-1,391	0,169
	Test	30	13,570	4,892	-1,391	0,170
L(Y)-Özışını uzunluk	Kontrol	30	140,921	62,233	-3,328	0,002
	Test	30	212,655	100,319	-3,328	0,002
L(Y)-Yaz radyal	Kontrol	30	2,934	1,310	-3,218	0,002
	Test	30	3,953	1,138	-3,218	0,002
L(Y)-Yaz teğet	Kontrol	30	18,818	4,639	-0,064	0,949
	Test	30	18,888	3,791	-0,064	0,949

Ladin (K) odun örnekleri üzerinde yapılan Bağımsız örnekler T testi sonuçları Tablo 27'de verilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre Ladin (K) örneklerinde ilkbahar-radyal ve ilkbahar-teğet değerlerinde ısıtılma işleminin etkisinin istatistiksel olarak önemli ($P \leq 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Özışını-genişlik ve uzunluk, yaz-radyal ve yaz-teğet değerlerinde istatistiksel olarak ısıtılma işleminin etkisinin önemli olmadığı ($P > 0,05$) görülmektedir.

Tablo 27. Ladin (K) örneklerine ait T testi sonuçları

	GRUP	N	Ortalama	Standart Sapma	T	P
L(K)-İlkbahar radyal	Kontrol	30	18,282	4,541	-3,445	0,001
	Test	30	22,235	4,346	-3,445	0,001
L(K)-İlkbahar teğet	Kontrol	30	19,272	3,113	-2,610	0,012
	Test	30	21,921	4,606	-2,610	0,012
L(K)-özışını genişlik	Kontrol	30	14,210	4,292	-0,162	0,872
	Test	30	14,382	3,929	-0,162	0,872
L(K)-özışını uzunluk	Kontrol	30	166,256	62,487	0,884	0,381
	Test	30	152,306	59,770	0,884	0,381
L(K)-yaz radyal	Kontrol	30	4,127	1,752	-1,090	0,280
	Test	30	4,655	1,994	-1,090	0,280
L(K)-yaz teğet	Kontrol	30	18,282	4,541	0,453	0,652
	Test	30	17,711	5,204	0,453	0,652

3.4. Küf Mantarı Deneyine Ait Bulgular

Aspergillus niger Tiegh. mantar kültürünün püskürtüldüğü örneklerin 4 hafta sonundaki değerlendirmesi Tablo 28’ de verilmiştir.

Tablo 28. *Aspergillus niger* Tiegh. püskürtülen örneklerin değerlendirilmesi

	KONTROL	TEST		KONTROL	TEST		KONTROL	TEST
LY-1	4	5	LK-2	3	3	S-1	4	4
LY-2	5	4	LK-3	5	4	S-2	3	3
LY-3	5	3	LK-4	5	5	S-3	1	2
LY-4	3	4	LK-5	2	1	S-4	1	2
LY-5	5	5						

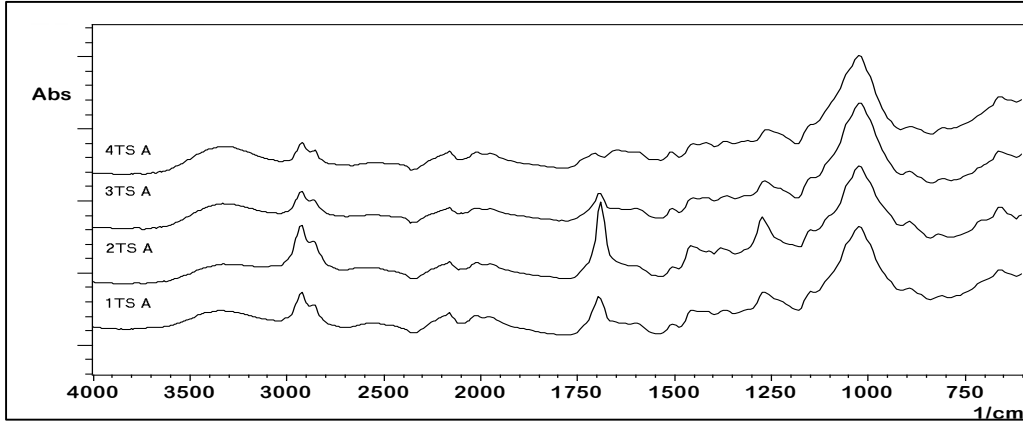
Trichoderma harzianum Rifai. mantar kültürünün püskürtüldüğü örneklerin 4 hafta sonundaki değerlendirmesi Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29. *Trichoderma harzianum* Rifai. püskürtülen örneklerin değerlendirilmesi

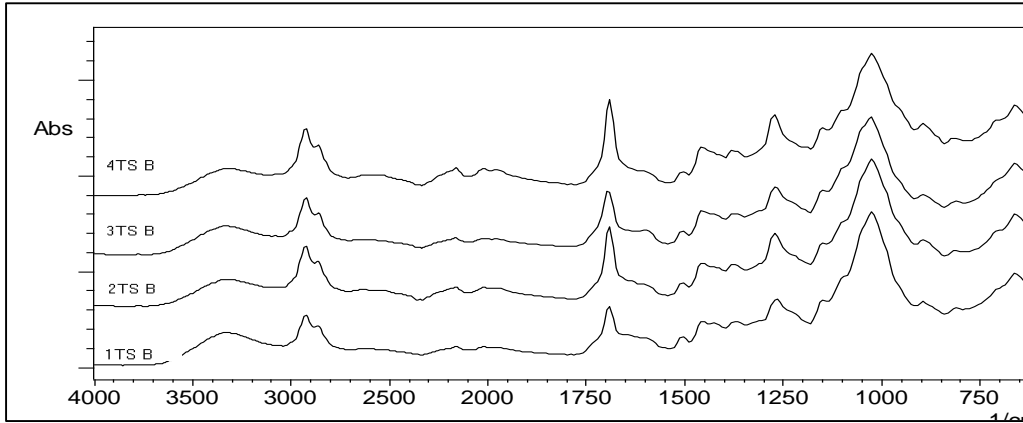
	KONTROL	TEST		KONTROL	TEST		KONTROL	TEST
LY-1	0	1	LK-2	1	2	S-1	1	1
LY-3	0	1	LK-3	0	0	S-2	2	4
LY-4	0	4	LK-4	0	0	S-3	1	1
LY-5	0	0	LK-5	0	2	S-4	1	2

3.5. ATR-FTIR Analizi ile İlgili Bulgular

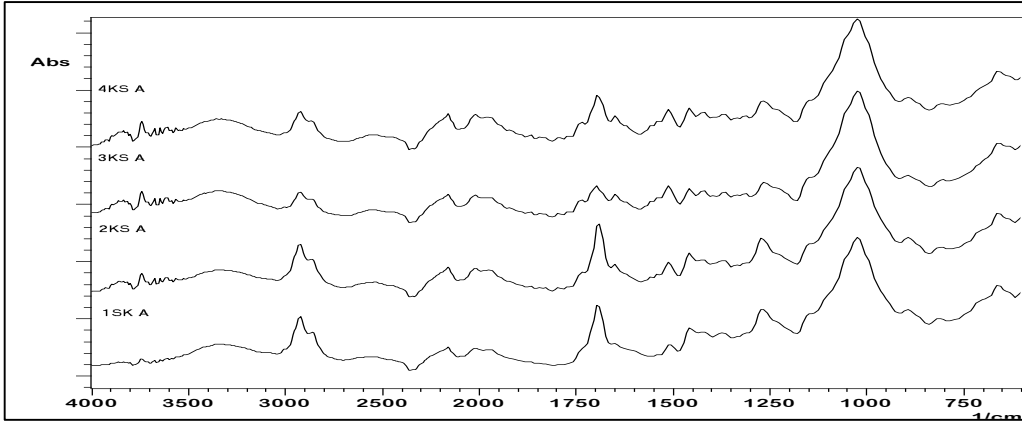
Çalışma kapsamındaki örneklerin ATR-FTIR spektralleri Şekil 19-27’de verilmiştir.



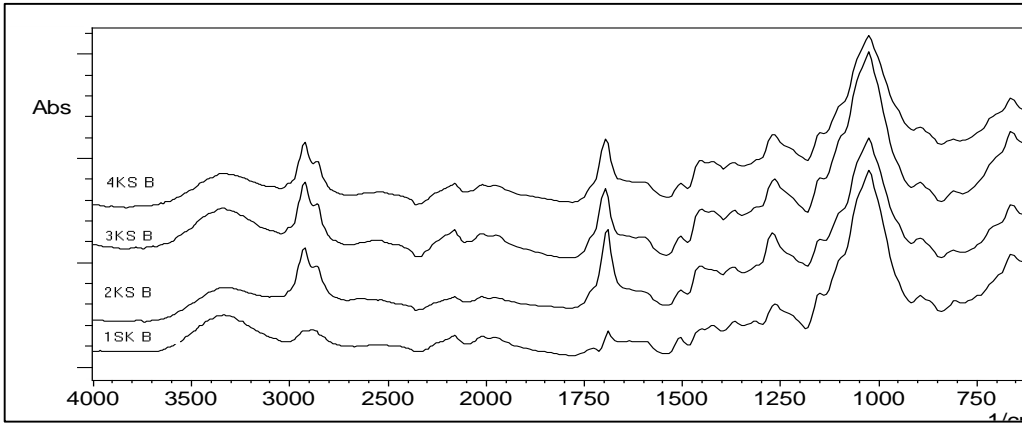
Şekil 19. Sarıçam odunu test örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektralleri



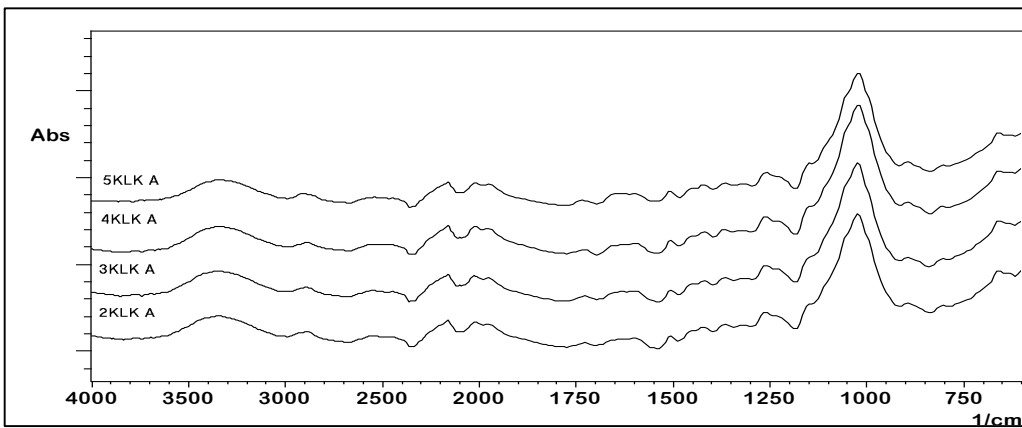
Şekil 20. Sarıçam odunu test örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektralleri



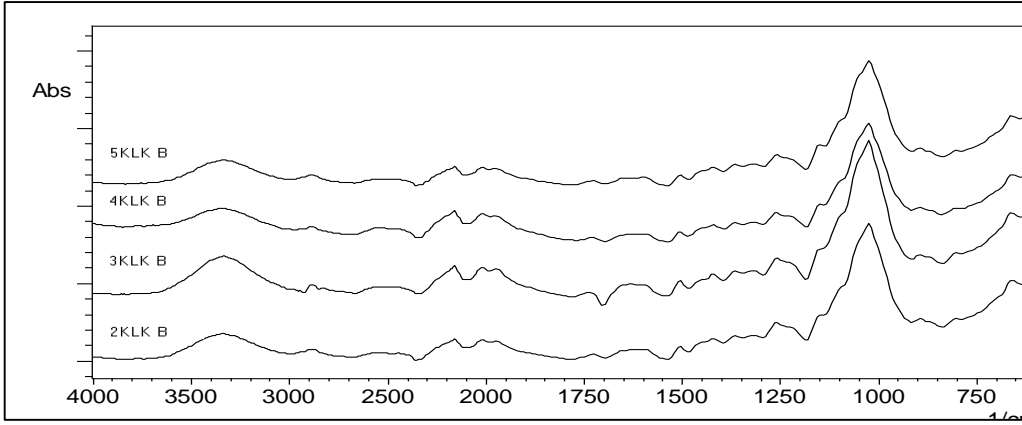
Şekil 21. Sarıçam odunu kontrol örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektraları



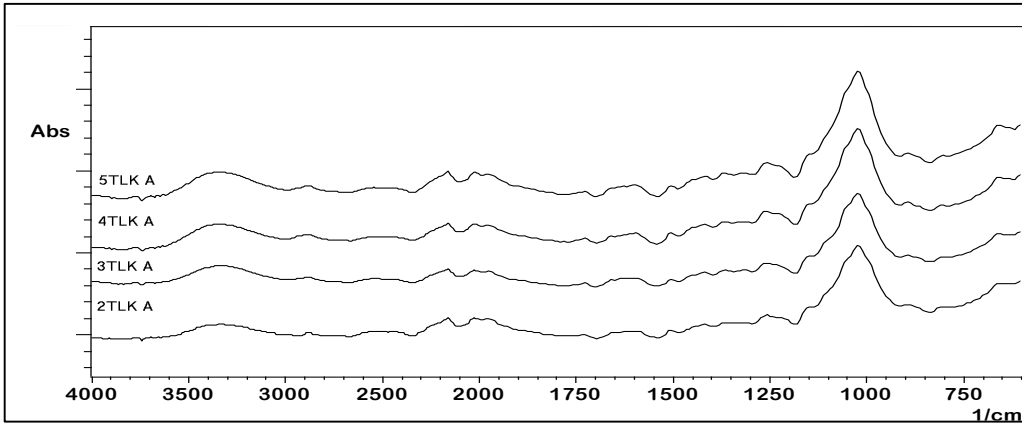
Şekil 22. Sarıçam odunu kontrol örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektraları



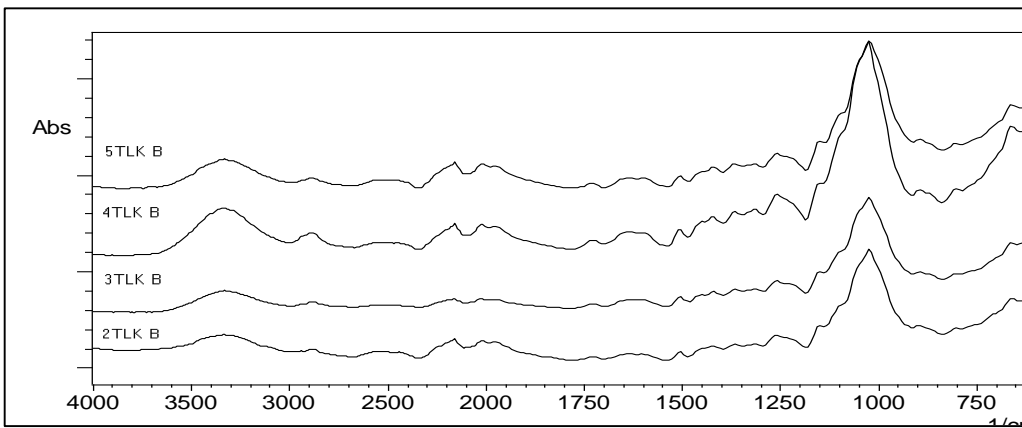
Şekil 23. Ladin (K) odunu kontrol örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektraları



Şekil 24. Ladin (K) odunu kontrol örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektraları



Şekil 25. Ladin (K) odunu test örneklerinin A yüzeyinin ATR-FTIR spektraları



Şekil 26. Ladin (K) odunu test örneklerinin B yüzeyinin ATR-FTIR spektraları



Şekil 27. Örneklerin B yüzeylerinin karşılaştırılmalı ATR-FTIR spektraları



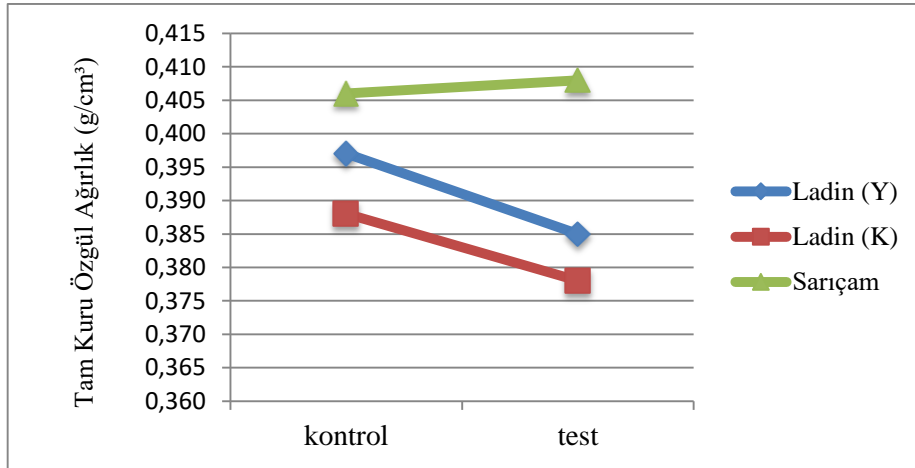
4. İRDELEME

4.1. Karantina Amaçlı Isıl İşlemin Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi

Karantina amaçlı ısıl işlemde düşük sıcaklıkta (56°C) uygulama yapıldığından fiziksel özelliklerde , yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlemlerde elde edilen sonuçlarda olduğu gibi büyük bir değişim görülmemiştir ve istatistiksel farklılıklar elde edilmemiştir. Karantina amaçlı ısıl işlemin fiziksel özellikler üzerine etkisinin değerlendirildiği çalışmaların daha önce olmaması nedeniyle doğrudan literatür karşılaştırması mümkün olmamıştır.

4.1.1. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam Odununda Isıl İşlemin Tam Kuru Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi

Bu çalışmada karantina amaçlı ısıl işlemin Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam türlerinde özgül ağırlık üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Şekil 28’de Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerleri görülmektedir.

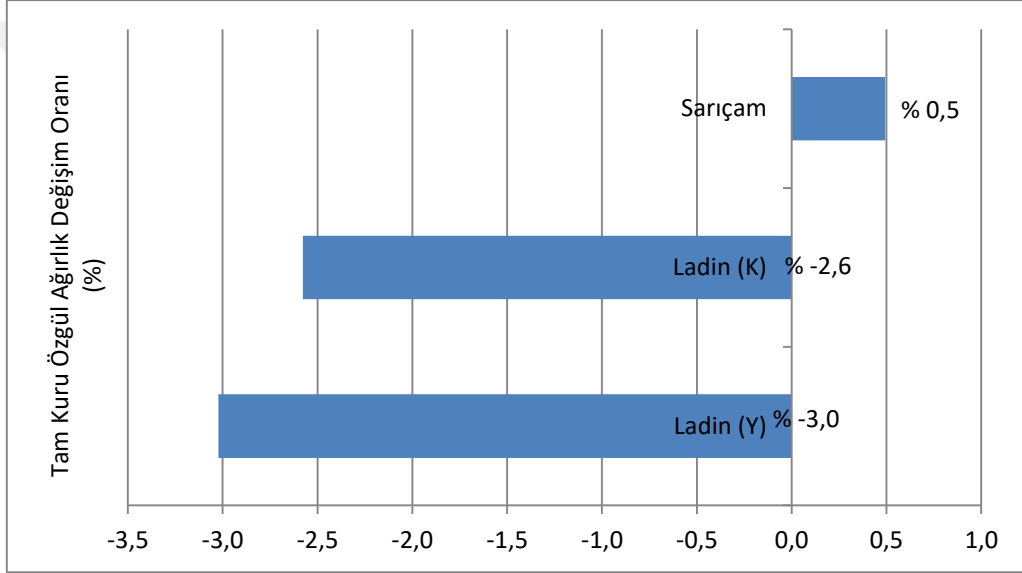


Şekil 28. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerleri

Düşük sıcaklıkta gerçekleştirilen ısıl işlem sonucunda tam kuru özgül ağırlık değerlerinde kontrol ve test örnekleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark

bulunmamıştır. Karantina amaçlı ısıtma işleminin özgül ağırlık üzerine etkisi olmamıştır. Şekil 29’da Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerlerindeki % değişim grafiği görülmektedir.

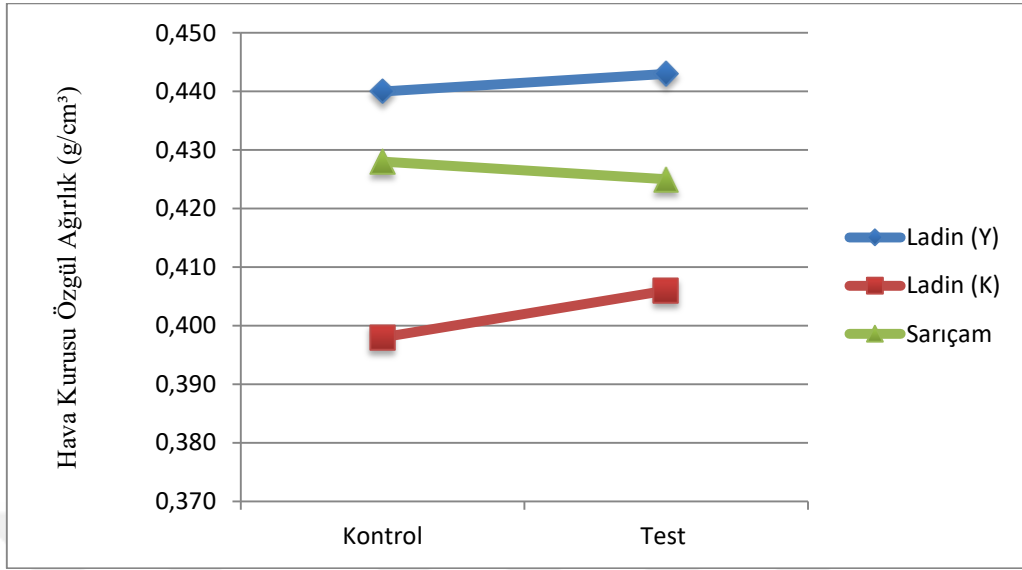
Ancak yüksek sıcaklıklarda yapılan ısıtma işlemlerinde, literatüre baktığımızda özgül ağırlık değerlerinin azaldığı görülmektedir (Akyıldız vd., 2009; Gündüz ve Aydemir, 2009; Kaygın vd., 2009; Gündüz vd., 2008). Isıtma işlem sıcaklığının artması kütle kaybını da artırdığından özgül ağırlık da buna bağlı olarak azalmaktadır. Isıtma işlem sıcaklığına ve süresine bağlı olarak özgül ağırlık kayıplarının olmasında kütle veya ağırlık kaybının önemli etkisinin olduğunu belirten çalışmalar vardır. (Fengel ve Wegener, 1984; Yıldız, 2002).



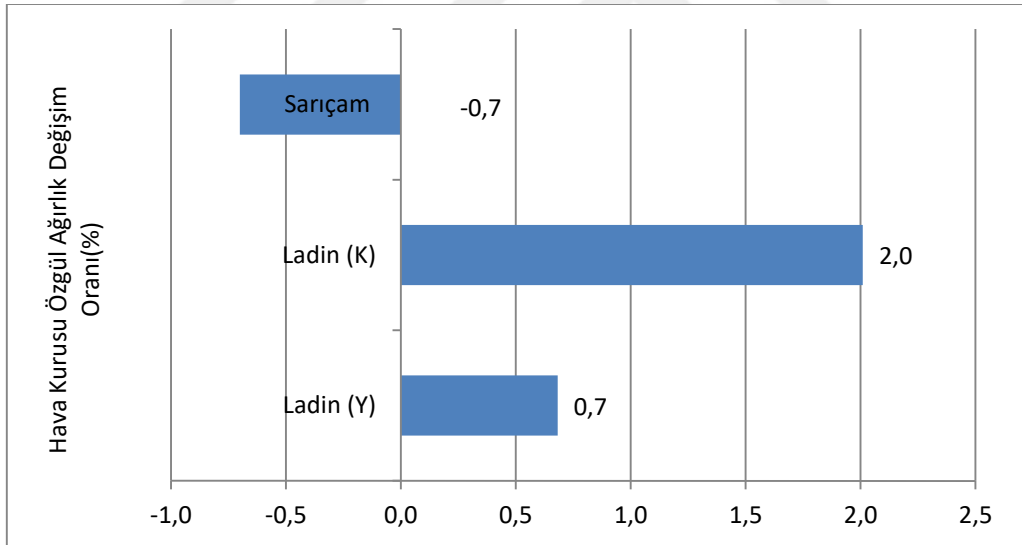
Şekil 29. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin tam kuru özgül ağırlık değerlerindeki % değişim miktarları

4.1.2. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam Odununda Karantina Amaçlı Isıtma İşleminin Hava Kuru Özgül Ağırlık Üzerine Etkisi

Karantina amaçlı ısıtma işlemde uygulama sıcaklığının düşük olması nedeniyle öngörüldüğü üzere Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam türlerinde hava kuru özgül ağırlık değerlerinde ısıtma işleminin etkisinin önemli bir değişim oluşturmadığı, kontrol ve test örnekleri arasında istatistiksel anlamda bir farklılığın bulunmadığı belirlenmiştir. Şekil 30’da Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin hava kuru özgül ağırlık değerleri, Şekil 31’de ise % değişim miktarları görülmektedir.



Şekil 30. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin hava kuru özgül ağırlık değerleri

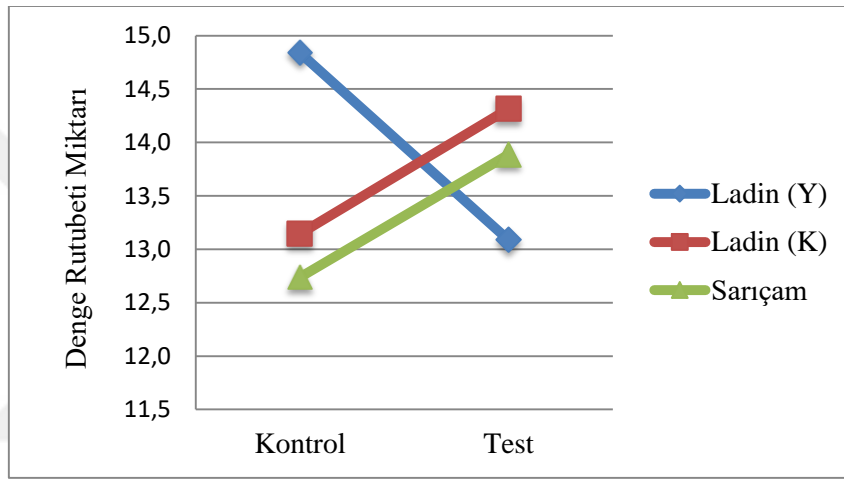


Şekil 31. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinde hava kuru özgül ağırlık değerlerinin değişim miktarı

Literatürde yüksek sıcaklıklardaki ısıtma işlemi sonucunda hava kuru özgül ağırlık değerlerinin azaldığı görülmektedir (Gündüz vd., 2008; Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Korkut vd., 2008; Korkut ve Güller, 2008; Korkut vd., 2009).

4.1.3. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam Odununda Karantina Amaçlı Isıl İşlemin Denge Rutubeti Miktarına Etkisi

Bu çalışmada ısıl işlem sıcaklığının 56°C ve uygulama süresinin 30 dakika olması nedeniyle, yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlem uygulamalarında olduğu gibi kontrol ve test örnekleri arasında belirgin farklılıklar ortaya çıkmamıştır. Şekil 32’de görüldüğü gibi Sarıçam ve Ladin (K) örneklerinde denge rutubeti miktarı artış gösterirken, Ladin (Y) örneklerinde azaldığı görülmektedir. İstatistiksel farklılık oluşturmayan bu değişimin odun örneklerinin kendisinden kaynaklanan farklılıklardan olabileceği düşünülmektedir.

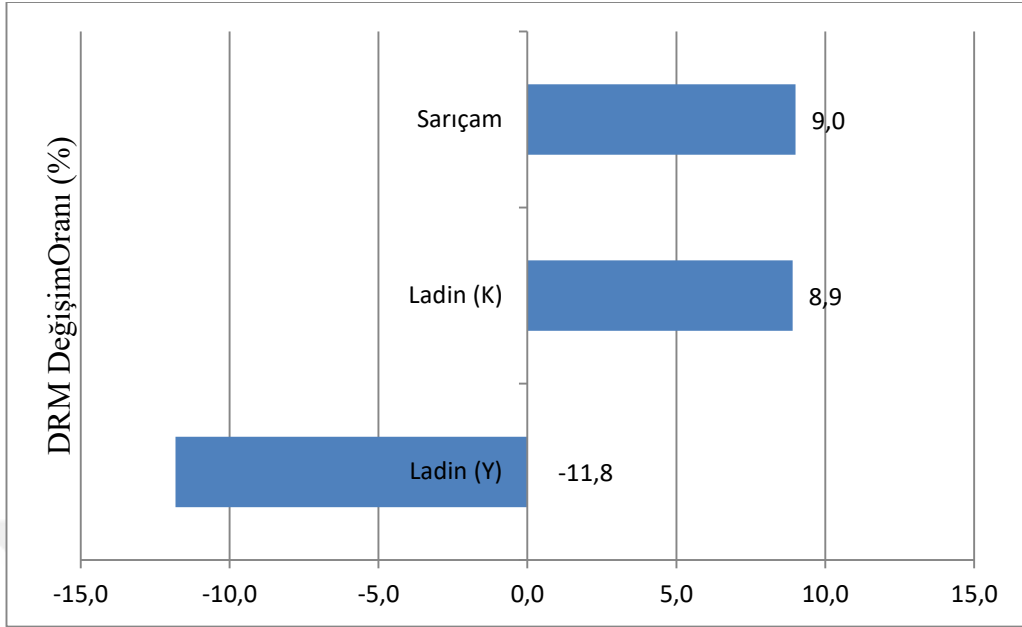


Şekil 32. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin denge rutubeti miktarları

Şekil 33’te Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin denge rutubeti miktarlarındaki değişim grafiği görülmektedir.

Literatürde yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlemler sonucunda denge rutubeti miktarında azalma olduğunu gösteren çalışmalar vardır (Vital ve Lucia, 1982; Kotilainen, 2000; Unsal vd., 2003; Kaygın vd., 2009; Akyıldız vd., 2009).

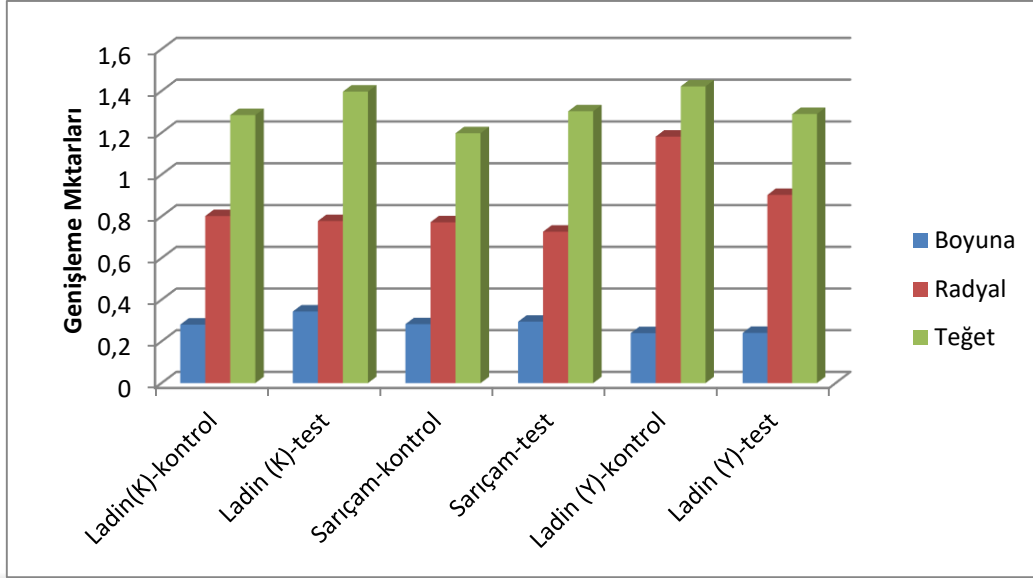
Karantina amaçlı ısıl işlem ile ilgili literatürde değerlendirmelerin olmadığını, ancak yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlemlerle ilgili çeşitli araştırmacılar tarafından ifade edilen değerlendirmelere baktığımızda denge rutubeti miktarında azalmaların olduğunu ve bu azalmaların hemiselülozların degradasyonundan kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir. Denge rutubetinin azalmasına selülozun amorf bölgelerinin degradasyonu ve çapraz bağlanma reaksiyonları neden olmaktadır (Bhuiyan ve Hirai 2005; Tjeerdsma ve Militz, 2005; Esteves vd., 2007).



Şekil 33. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin denge rutubeti miktarlarındaki değişim

4.1.4. Genişleme Miktarı

Genişleme deneyi sonucunda boyuna yönde en fazla değişim Ladin (K) test örneklerinde, en az değişim Ladin (Y) kontrol örneklerinde görülmüştür. Radyal yönde en fazla değişim Ladin (Y) kontrol örneklerinde, en az değişim Sarıçam test örneklerinde belirlenmiştir. Teğet yönde ise en fazla değişim Ladin (Y) kontrol örneklerinde, en az değişim Sarıçam kontrol örneklerinde görülmüştür. Genişleme miktarlarındaki değişimi gösteren grafik Şekil 34'te verilmiştir.

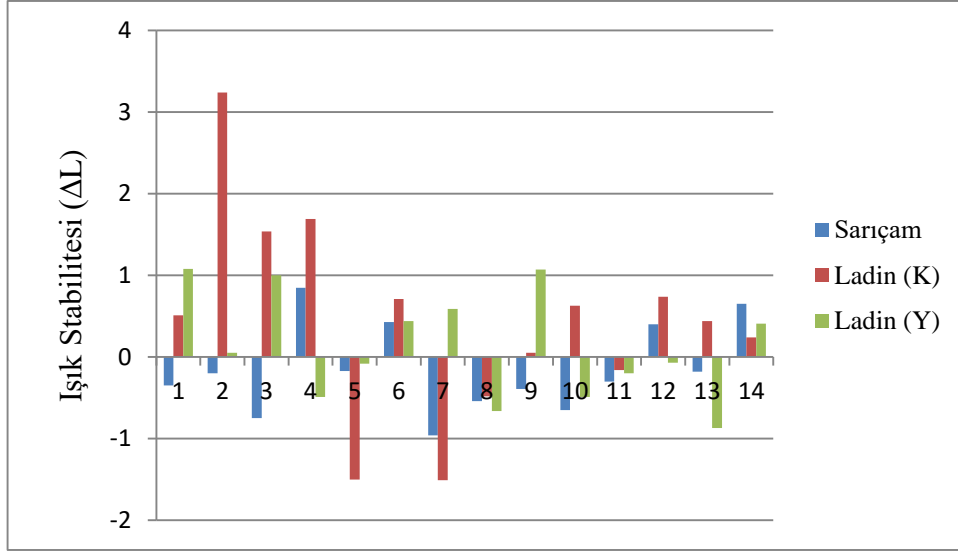


Şekil 34. Genişleme miktarındaki değişim

Yüksek sıcaklıklardaki ısı işlemlerin etkileriyle ilgili ısı işlemde sıcaklık arttıkça genişleme özelliklerinin daha iyi olduğunu gösteren pek çok çalışma vardır. Bu çalışmalarda yüksek sıcaklıktaki ısı işlemin ahşap malzemenin boyutsal kararlılığını iyileştirdiği görülmektedir (Bak ve Nemeth, 2012; Esteves vd., 2009; Bekhta ve Niemz, 2005).

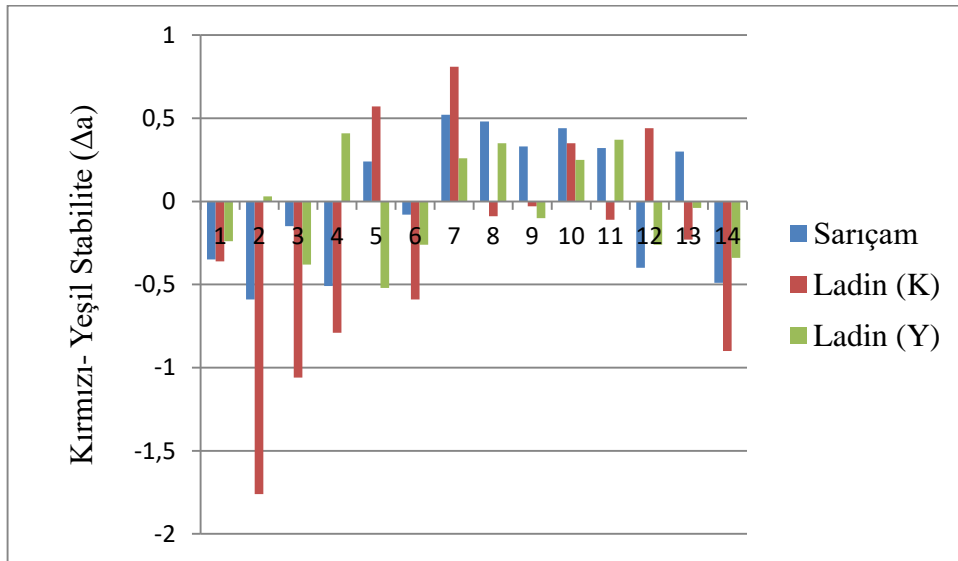
4.1.5. Renk Değişikliği

Işık stabilitesi ΔL^* pozitif olduğunda odun yüzeyi daha açık hale gelmektedir ve ΔL^* negatif olduğunda odun yüzeyi daha koyu hale gelmektedir. Karantina amaçlı ısı işlem uygulanan Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde Şekil 35' de verilen ışık stabilite (ΔL^*) değerleri irdelendiğinde en yüksek ΔL^* değerinin (3,24) ve en düşük ΔL^* değerinin (-1,51) Ladin (K) değerlerinde olduğu görülmektedir. Sarıçam örneklerinde en yüksek ΔL^* değeri 0,85 iken, en düşük ΔL^* değeri -0,96; Ladin (Y) örneklerinde en yüksek ΔL^* değeri 1,08 iken, en düşük ΔL^* değerinin ise -0,87 olduğu görülmektedir. Karantina amaçlı ısı işlem sonrasında Ladin (K) örneklerinin daha açık hale geldiği söylenebilir.



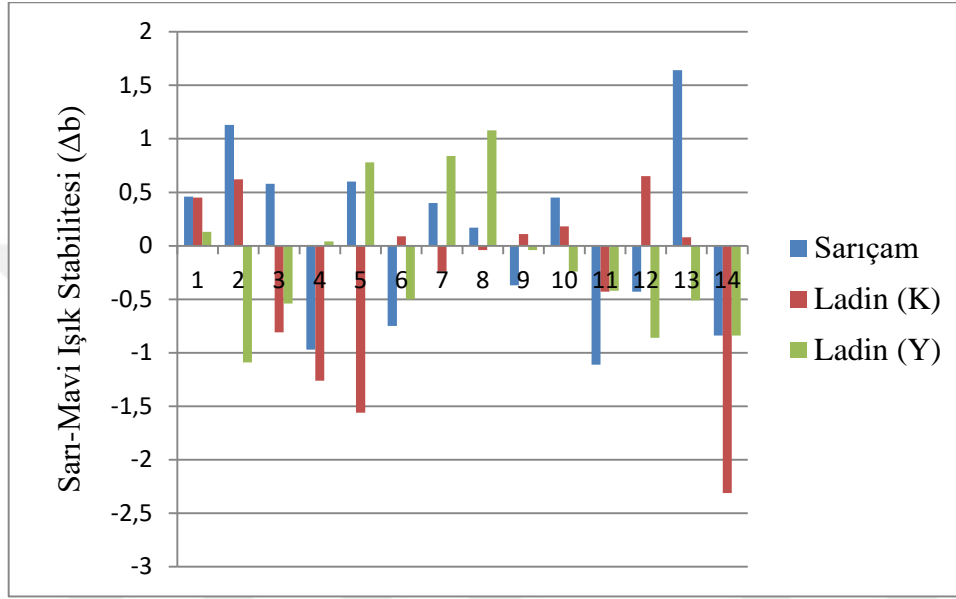
Şekil 35. Isıl işlem uygulanan Ladin (Y), Ladin (K) ve Sariçam örneklerinde oluşan ışık stabilite (ΔL) değerleri

Δa^* 'nın pozitif değerleri odun yüzeylerinin kırmızımsı, negatif değerleri yeşilimsi bir renk aldığını göstermektedir. Şekil 36'da verilen kırmızı-yeşil stabilite (Δa^*) değerleri irdelendiğinde en yüksek Δa^* değerinin (0,81) ve en düşük Δa^* değerinin (-1,76) Ladin (K) örneklerinde olduğu görülmektedir. Karantina amaçlı ısıl işlem sonrasında Ladin (K) örneklerinin daha yeşilimsi bir renk aldığı söylenebilir.



Şekil 36 Isıl işlem uygulanan Ladin (Y), Ladin (K) ve Sariçam örneklerinde oluşan kırmızı-yeşil stabilite (Δa^*) değerleri

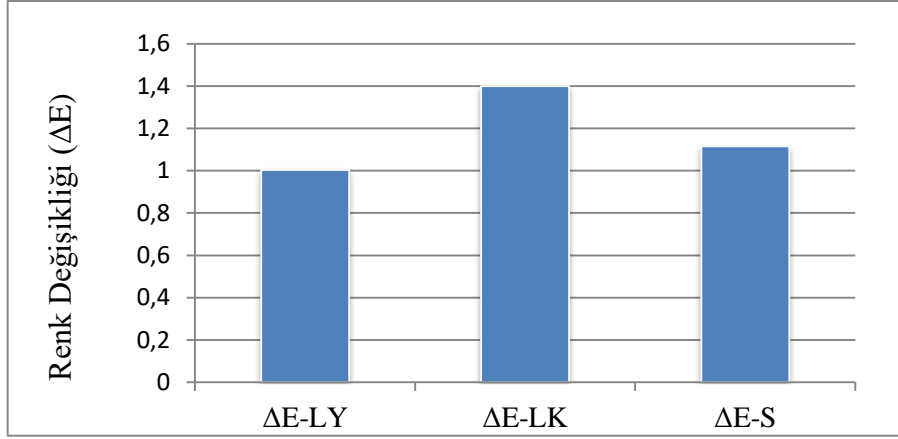
Δb^* 'nin pozitif değerleri odun yüzeyinde sarımsı rengin artmasını, negatif değerler ise mavimsi rengin artmasını göstermektedir. Şekil 37'de verilen sarı-mavi ışık stabilitesi (Δb^*) değerleri irdelendiğinde en yüksek Δb^* değerinin (1,64) Sarıçam örneklerinde, en düşük Δb^* değerlerinin (-2,31) Ladin (K) örneklerinde olduğu görülmektedir. Karantina amaçlı ısıtma işlemin etkisiyle Ladin (K) örneklerinin daha mavimsi olduğu söylenebilir.



Şekil 37. Isıtma işlemi uygulanan örneklerde oluşan sarı-mavi stabilite (Δb^*) değerleri

Karantina amaçlı ısıtma işlemi uygulamasında Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde ısıtma işleminin renk değişimi (ΔE^*) değerlerinde istatistiksel farklılık oluşturmadığı görülmektedir. Şekil 38'de verilen renk değişimi değerlerini (ΔE^*) irdelediğimizde her ne kadar istatistiksel anlamda bir farklılık olmasa da 56°C sıcaklıkta gerçekleştirdiğimiz ısıtma işlemi uygulaması sonrasında en fazla renk değişiminin Ladin (K) örneklerinde olduğu belirlenmiştir.

Literatürde renk değişimi analizleri ile ilgili çalışmalara baktığımızda sonuçlarımızı doğrudan karşılaştırabileceğimiz düşük sıcaklıklardaki ısıtma işlemleriyle ilgili değerlendirmelerin olmadığını, ancak yüksek sıcaklıklardaki ısıtma işlemleriyle alakalı çalışmaların ve değerlendirmelerin olduğunu görmekteyiz. Birçok çalışmada yüksek sıcaklıklardaki ısıtma işlemi sonrasında ışık stabilite (L^*) değerlerinin düştüğü, kırmızı- yeşil stabilite (a^*) ve sarı-mavi stabilite (b^*) değerlerinde artışların olduğu görülmektedir (Minemura, 1983; Okuyama vd., 1990; Ishiguri vd., 2001).

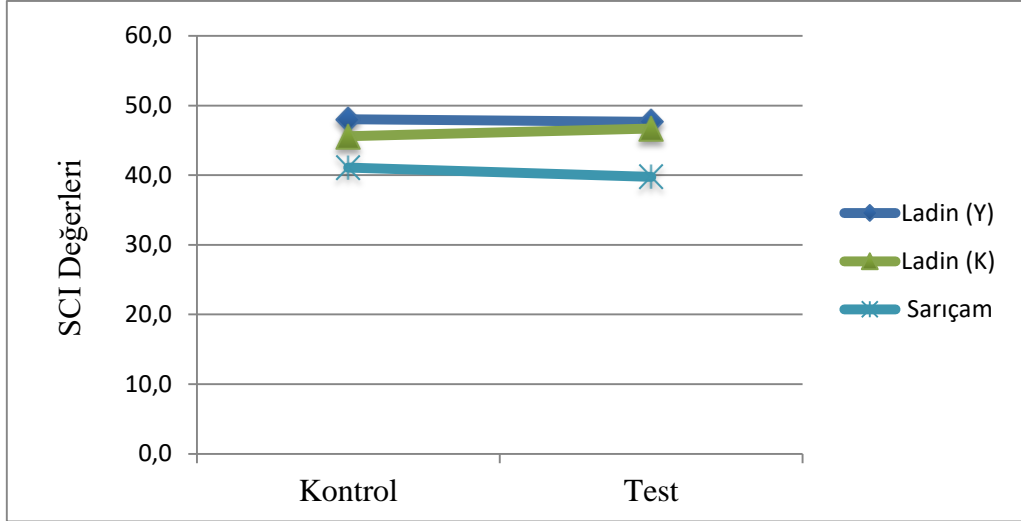


Şekil 38. Isıl işlem uygulanan örneklerde oluşan renk değişim (ΔE^*) değerleri

Hemiselülozlardaki parçalanma ve termal degradasyon ile birlikte oluşan düşük moleküllü şeker miktarının artması ile sarıçam diri odunundaki sararmanın arttığı, selülozun parçalanması ya da termal degradasyonu sarıçam odununun daha koyu renk değişimi ile alakalı olduğu belirlenmiştir (Terziev vd., 1993). Yüksek sıcaklıklarda ve uzun süreli ısıl işlem uygulamalarında okalıptüs odununda daha fazla koyu renk oluştuğu belirlenmiştir (Unsal vd., 2003).

4.1.6. Parlaklık

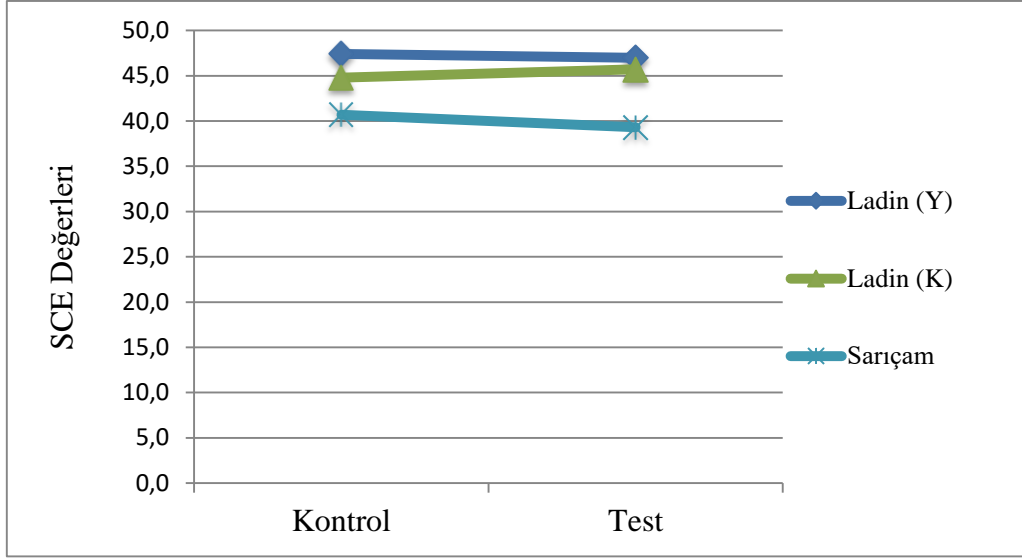
56°C sıcaklıkta uygulanan karantina amaçlı ısıl işlemin Ladin (Y) ve Ladin (K) odun türlerinde SCI değerleri üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık ortaya çıkarmadığı, ancak Sarıçam odununda kontrol ve test örnekleri arasında SCI değerleri üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık oluşturduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre Ladin (Y) ve Ladin (K) örneklerinde ısıl işlemin etkisinin olmadığı, Sarıçam örneklerinde ise ısıl işlemin etkisi ile parlaklığın azaldığı belirlenmiştir. Şekil 39'da Sarıçam odununun kontrol örnekleri ile ısıl işlem uygulanmış test örneklerindeki SCI değerleri verilmiştir. Sarıçam odunu kontrol örneklerinde SCI değeri ortalama 41.1 iken test örneklerinde 39,8'dir. Karantina amaçlı ısıl işlemde uygulanan 56°C sıcaklığın etkisiyle Sarıçam örneklerinde parlaklık azalmıştır.



Şekil 39. Ladin(Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde SCI değerleri

Karantina amaçlı ısıtma işleminin SCE değerleri üzerine istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmadığı belirlenmiştir. Isıtma işleminin SCE değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığı görülmektedir. Şekil 40'ta Ladin(Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde SCE değerleri gösterilmektedir. Her ne kadar istatistiksel farklılık ortaya çıkmasa da Sarıçam örneklerinde, Ladin (Y) ve Ladin (K) örneklerine kıyasla parlaklık değerlerinde daha belirgin bir azalma görülmektedir.

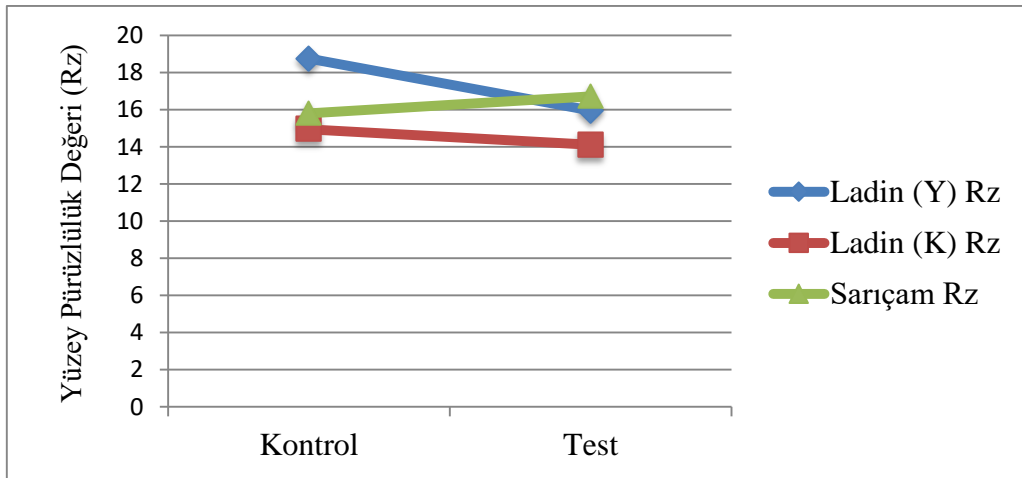
Literatürde 56°C sıcaklıkta yapılan ısıtma işleminin parlaklık değerlerine ait değerlendirme olmadığından ısıtma işlemi sonrası büyük bir fark beklenmediği sonuçların doğrudan literatürle karşılaştırılma imkanı olamamıştır. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen ısıtma işlemlerinde ısıtma işlem sıcaklığı ve süresinin artmasıyla parlaklık değerlerinde azalmaların olduğu çalışmalar vardır (Aksoy vd., 2011; Çakıcıer vd., 2011; Korkut ve Kocaefe., 2009). Isıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemelerde glukoz hemiselüloz ve ligninde oluşan kimyasal değişiklikler sonucunda parlaklık değerlerinde azalmalar görülmektedir. Isıtma işlemi uygulanan bazı ağaçlarda sıcaklığa bağlı olarak doğal parlaklık değerleri olumsuz yönde etkilenmektedir (Esteves vd., 2008).



Şekil 40. Ladin(Y), Ladin (K) ve Sarıçam odun örneklerinde SCE değerleri

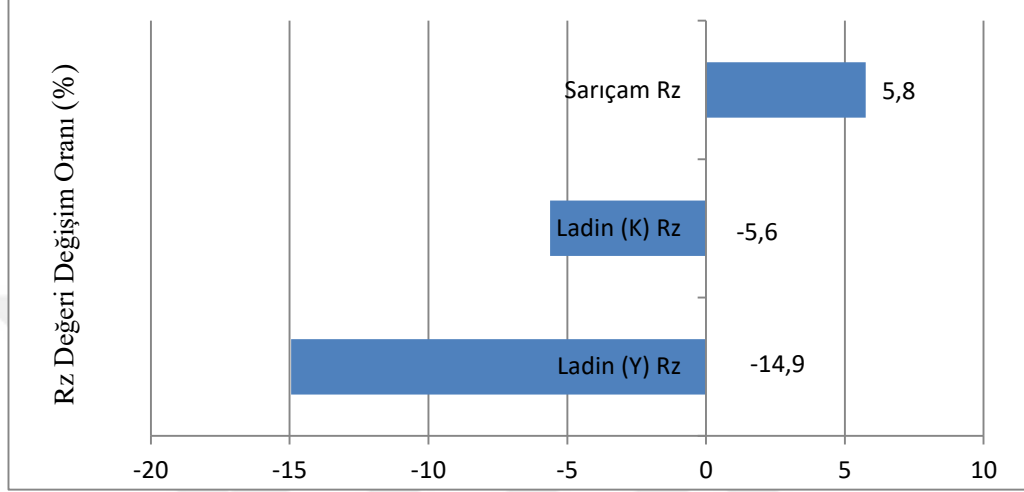
4.1.7. YüzeY Pürüzlülüğü

Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununun kontrol ile test örnekleri arasında Ra ve Rz değerlerinde, Sarıçam odununda pürüzlülük artarken Ladin (Y) ve Ladin (K) örneklerinde azalma olmuştur. Ancak bu değişim istatistiksel açıdan anlamlı değildir ve karantina amaçlı ısıI işlemin pürüzlülük üzerine istatistiksel açıdan etkisinin önemi yoktur. Şekil 41-44' te Ra ve Rz değerleri gösterilmiştir.

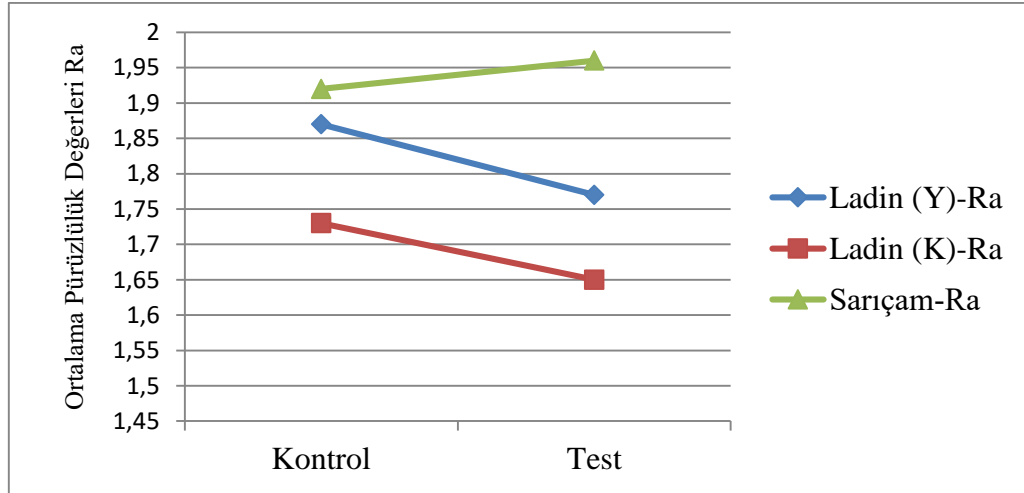


Şekil 41. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin yüzeY pürüzlülük (Rz) değeri

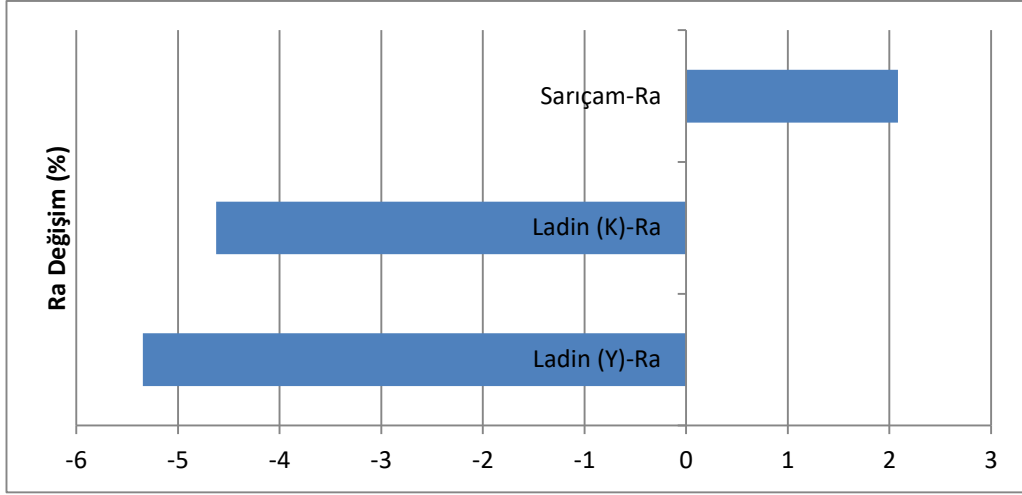
Literatürde karantina amaçlı ısıtma işleminin odundaki pürüzlülük değerlerine ilişkin doğrudan karşılaştırma yapabilecek bir değerlendirme yoktur. Isıtma işlemi sıcaklığı ve süresi arttıkça yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığını bildiren çalışmalar vardır (Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Korkut ve Budakçı, 2010).



Şekil 42. Isıtma işlemi uygulanan odun örneklerinin pürüzlülük değerindeki (Rz) değişim oranları



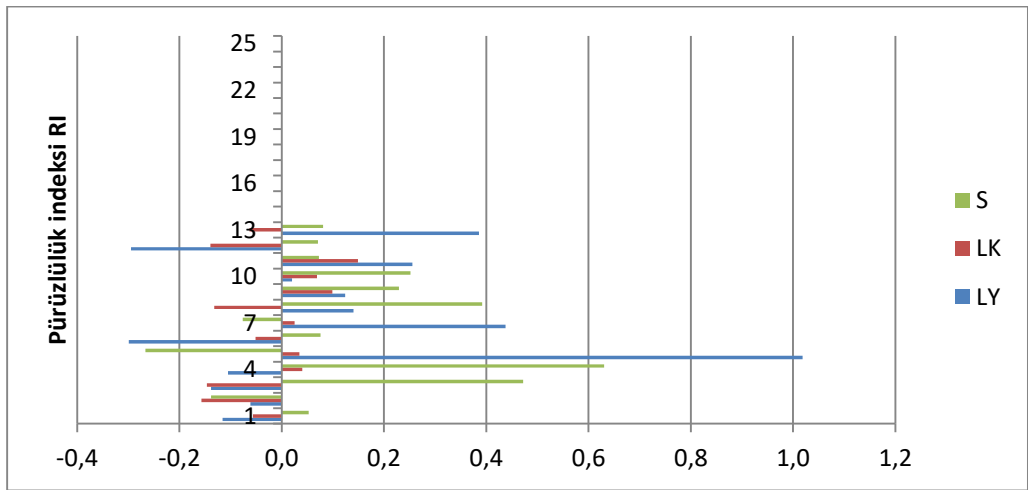
Şekil 43. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde ortalama pürüzlülük (Ra) değerleri



Şekil 44. Isıl işlem uygulanan odun örneklerinin pürüzlülük değerindeki (Ra) değişim oranları

Şekil 45'te de pürüzlülük indeksi (RI) değerlerindeki değişim gösterilmektedir. Karantina amaçlı ısıtılmış örnekler arasında en yüksek pürüzlülük indeksi değeri (RI), Ladin (Y) örneklerinde bulunmuştur.

Anizotropik ve heterojen bir malzeme olan odunun yüzey pürüzlülüğü yalnız anatomik yapı farklılıklarından kaynaklanmamaktadır. Yıllık halka içindeki ilkbahar ve yaz odunu oranı, doğal büyüme karakteristikleri (budaklar, lif kıvrıklığı), yıllık halka genişliği, depolama koşulları, kurutma sıcaklığı, ağaç malzemenin kesilme yönü gibi etmenler dikkate alınmalıdır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003; Temiz, 2005; Aydın ve Çolakoğlu, 2005).



Şekil 45. Pürüzlülük indeksi (RI) değerleri

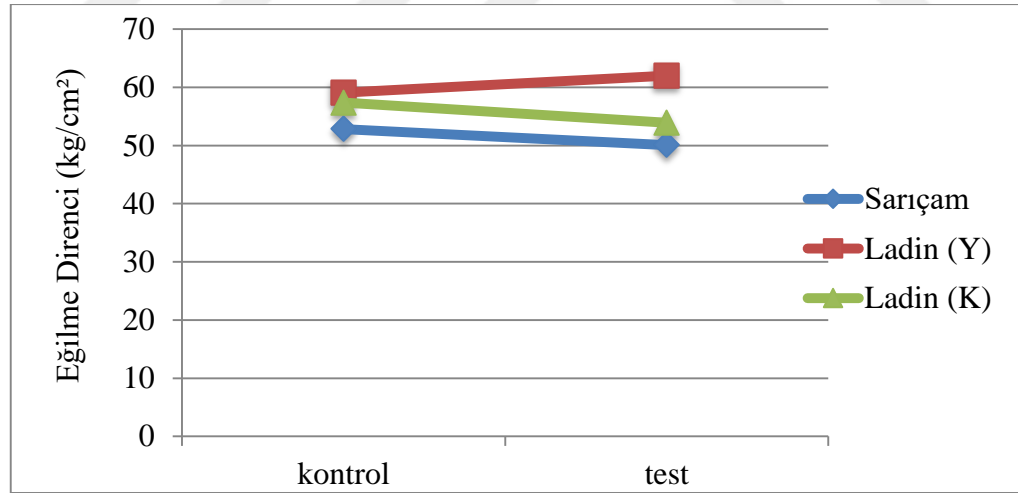
4.2. Isıl İşlemin Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi

Karantina amaçlı ısıtıl işlemin odunun mekanik özellikleri üzerine etkisine ilişkin yapılan deneylerin sonucunda, ısıtıl işlemden önce ve sonra ortalama eğilme dirençlerinde çok fazla farklılık olmadığı ve ahşap paketleme malzemelerinin mekanik özelliklerinde pozitif yönde değişimlerin olduğu gözlemlenmiştir (Çamlı ve Onargan, 2013).

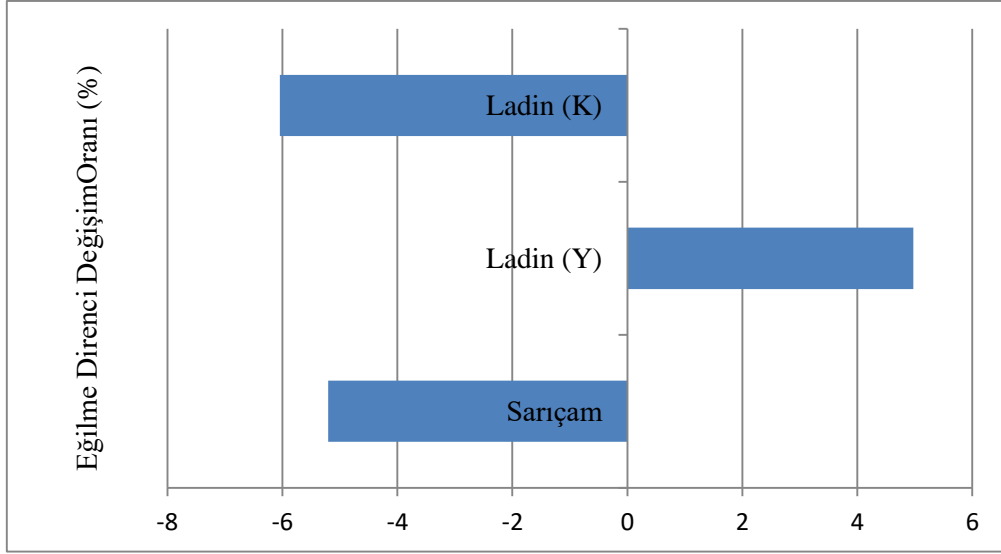
Bu çalışmada düşük sıcaklıkta ısıtıl işlem yapıldığı için direnç özelliklerinde büyük bir değişim beklenmemektedir. Direnç değerleri arasında odunun kendisinden kaynaklanan farklılıklar dışında genel olarak istatistiksel fark bulunmamıştır.

4.2.1. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Eğilme direnci değerleri incelendiğinde Ladin (K) odununa ait örneklerde 56 °C sıcaklıktaki ısıtıl işlemin eğilme direncini etkilemediği, Ladin (Y) odunu örneklerinde artırdığı, Sarıçam odununa ait örneklerde ise azalttığı tespit edilmiştir. Şekil 46-47'de karantina amaçlı ısıtıl işlemin eğilme direnci üzerine etkisi görülmektedir.



Şekil 46. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin eğilme direnci değerleri

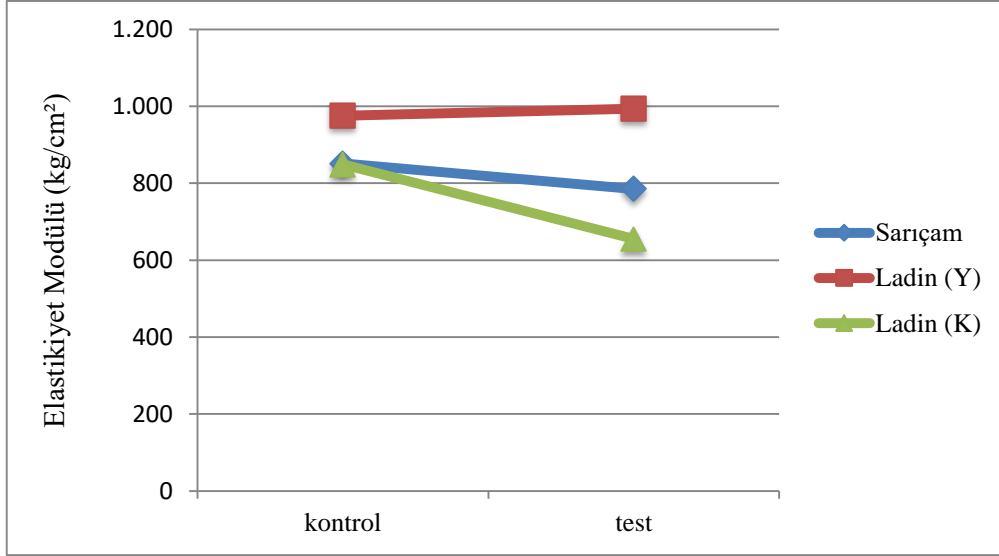


Şekil 47. Isıl işlem uygulanan örneklerde eğilme direncindeki değişim

Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait örnekler üzerine uygulanan 56°C sıcaklıktaki ısıl işlemin Ladin (K) örneklerinde elastikiyet modülünü azalttığı tespit edilmiştir. Ladin (Y) ve Sarıçam odunu örneklerinde elastikiyet modülü üzerine ısıl işlemin etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir.

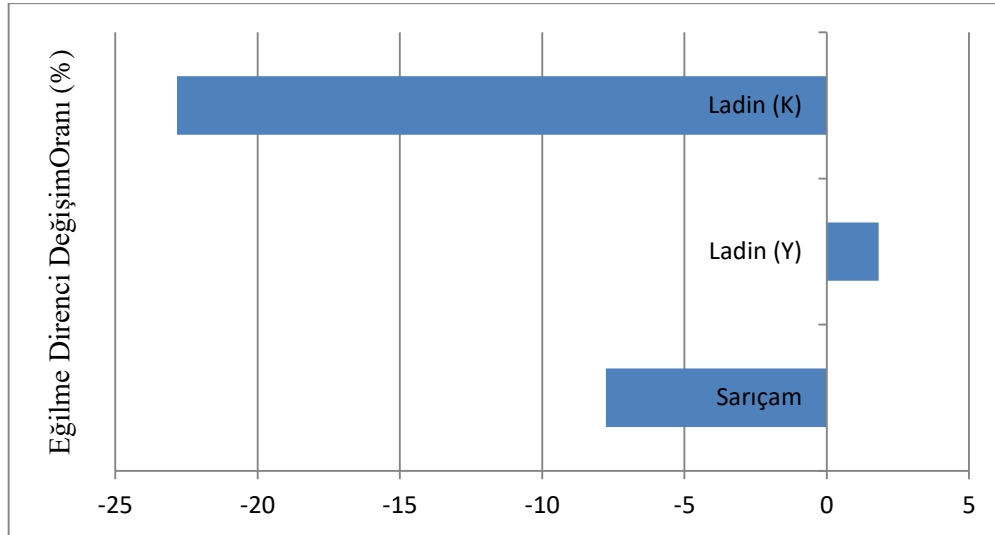
Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin elastikiyet modülü değerleri Şekil 48’de, bu değerlerdeki değişim (%) ise Şekil 49’da verilmiştir. Şekil 48’de görüldüğü gibi ısıl işlem uygulanan Ladin (K) test örneklerinde ısıl işleme bağlı olarak elastikiyet modülü azalmaktadır.

Literatürde yüksek sıcaklıkta ısıl işlemlerde farklı sıcaklık ve sürelerde ve farklı ağaç türlerinde gerçekleştirilen ısıl işlemlerde sıcaklık ve süre arttıkça eğilme direncinde önemli oranlarda azalmaların olduğu belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklarda yapılan ısıl işlemlerden sonra oluşan direnç kayıplarının öncelikle hemiselülozun ve diğer kimyasal bileşenlerin degradasyonu ile ilgili olduğu bilinmektedir. Düşük sıcaklıklarda da hemiselülozların selüloz ve lignine göre daha kolay degrade olması eğilme direncindeki azalmaların hemiselülozların bozunmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Hemiselüloz sıcaklığa karşı çok hassas bir hücre çeperi bileşenidir (Yıldız, 2002; Korkut ve Guller, 2008; Yıldız vd., 2006).



Şekil 48. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin elastikiyet modülü değerleri

Bazı ağaç türlerinde eğilmede elastikiyet modülünün arttığını gösteren çalışmalar (Shi vd., 2007, Chang ve Keith, 1978) olmakla birlikte, sıcaklık ve sürenin artmasıyla elastikiyet modülü değerlerinin önemli ölçüde azaldığını gösteren çalışmalar vardır (Inoue vd., 1993).



Şekil 49. Isıl işlem uygulanan örneklerde elastikiyet modülündeki değişim

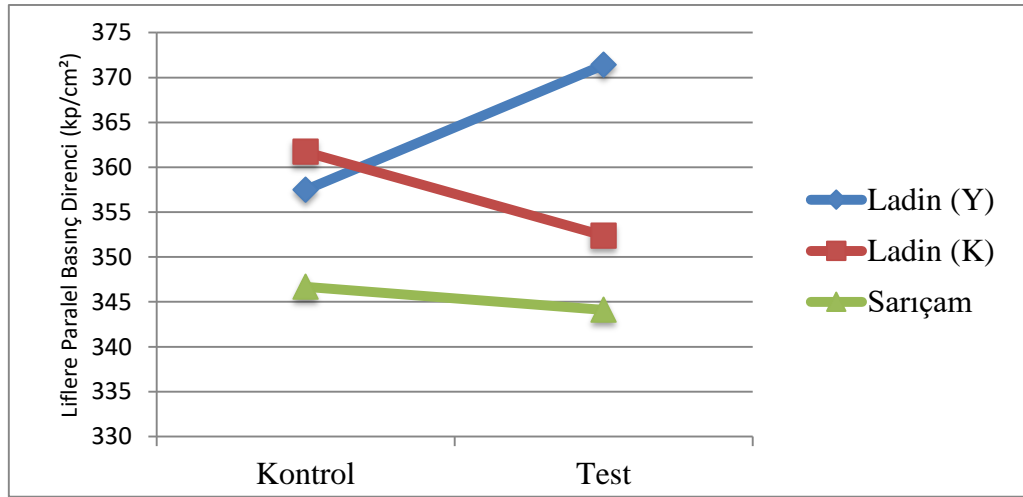
Yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlemlerde odunda meydana gelen ağırlık kayıpları ve organik bileşiklerde sıcaklığın etkisiyle meydana gelen bozunmalar mekanik direnç

özelliklerinde azalmaya neden olmaktadır (Hillis, 1984; Winandy ve Morrell, 1993; Winandy ve Lebow, 2001).

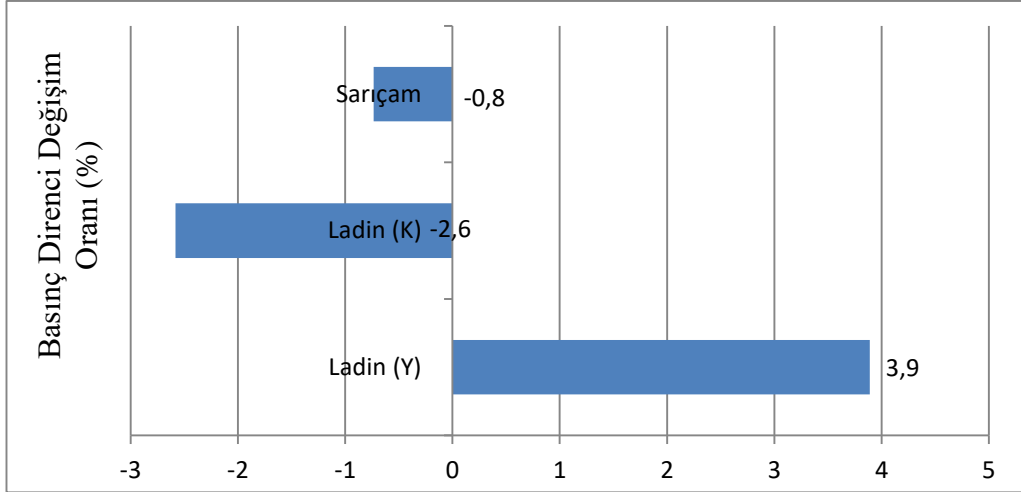
Mekanik direnç özellikleri üzerine yapılan bazı çalışmalarda ise elastikiyet modülünün değişmediği görülmüştür (Bekhta ve Niemz, 2003).

4.2.2. Liflere Paralel Basınç Direnci

Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odunu örneklerinde gerçekleştirilen karantina amaçlı ısıtma işlemi sonucunda liflere paralel basınç direncinin Ladin (Y) odun örneklerinde arttığı görülmüştür. Ladin (Y) örneklerinde en yüksek liflere paralel basınç direnci ($401,7 \text{ kp/cm}^2$) ısıtma işlemi görmüş test örneklerinde, en düşük liflere paralel basınç direnci ise ($322,1 \text{ kp/cm}^2$) ısıtma işlemi görmemiş kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Ladin (K) ve Sarıçam odunu örneklerinde liflere paralel basınç direnci üzerine ısıtma işlemi etkisinin önemli olmadığı belirlenmiştir. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin liflere paralel basınç direnci değerleri Şekil 50’de, basınç değerlerindeki değişim Şekil 51’de verilmiştir. Şekil 51’de görüldüğü gibi ısıtma işlemi uygulanan Ladin (Y) test örneklerinde ısıtma işlemine bağlı olarak basınç direnci %3,9 artmaktadır.



Şekil 50. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odununa ait kontrol ve test örneklerinin basınç direnci değerleri

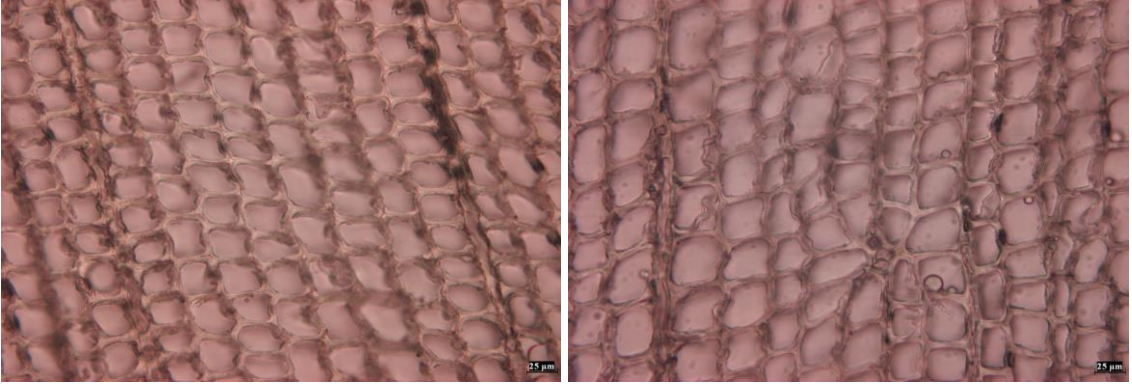


Şekil 51. Isıl işlem uygulanan örneklerde basınç direncindeki değişim

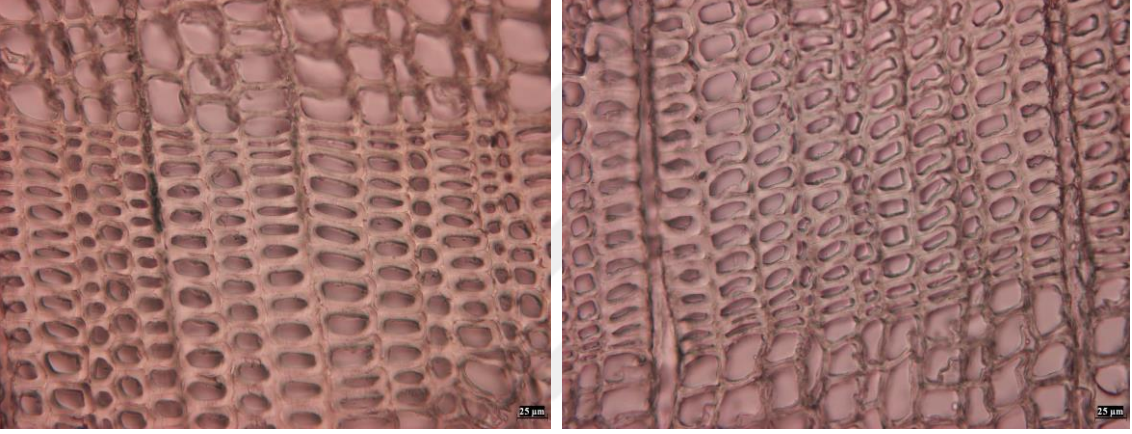
Literatürdeki bazı çalışmalarda yüksek sıcaklıklardaki ısıl işlem uygulamaları sonucunda liflere paralel basınç direncinin azaldığı belirtilmektedir. Değişik sıcaklık ve sürelerde, çeşitli ağaçlarla yapılan ısıl işlem uygulamasından sonra genel olarak liflere paralel basınç direncinde dikkate değer ölçüde düşüşler belirlenmiştir. Direnç kayıplarının öncelikli olarak hemiselülozun ve diğer kimyasal bileşenlerin bozunmasından kaynaklandığı bilinmektedir (Korkut, 2008, Ünsal ve Ayrılmış, 2005; Akyıldız vd., 2009; Yıldız, 2002).

4.3. Anatomik Özellikler

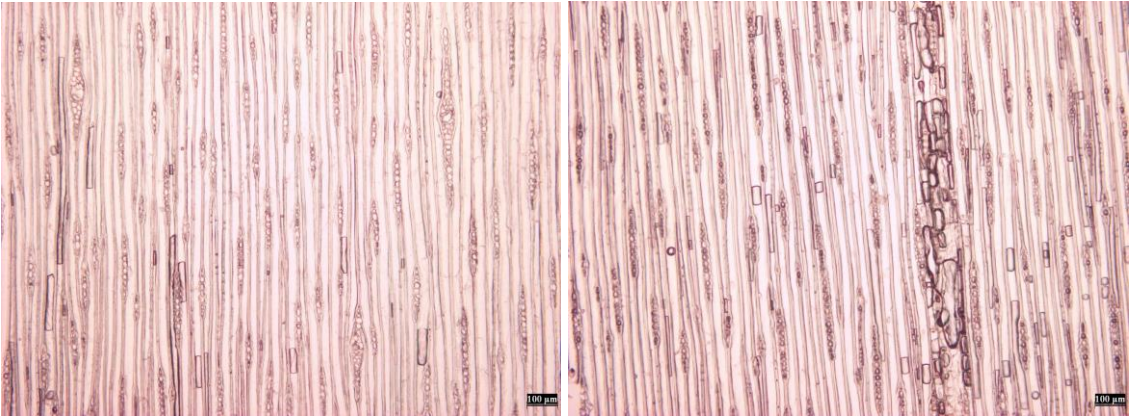
Sarıçam kontrol ve test örneklerine ait mikroskop görüntüleri Şekil 52-54'te verilmiştir. Sarıçam odunu örneklerinde ilkbahar odunu radyal ve teğet, yaz odunu radyal ölçüm değerleri üzerinde karantina amaçlı ısıl işlemin etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir. Sarıçam örneklerinde özışını genişlik ve uzunluk ile yaz odunu teğet ölçümlerinde ise karantina amaçlı ısıl işlemin etkisinin olduğu görülmektedir.



Şekil 52. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde enine kesitte ilkbahar odunu

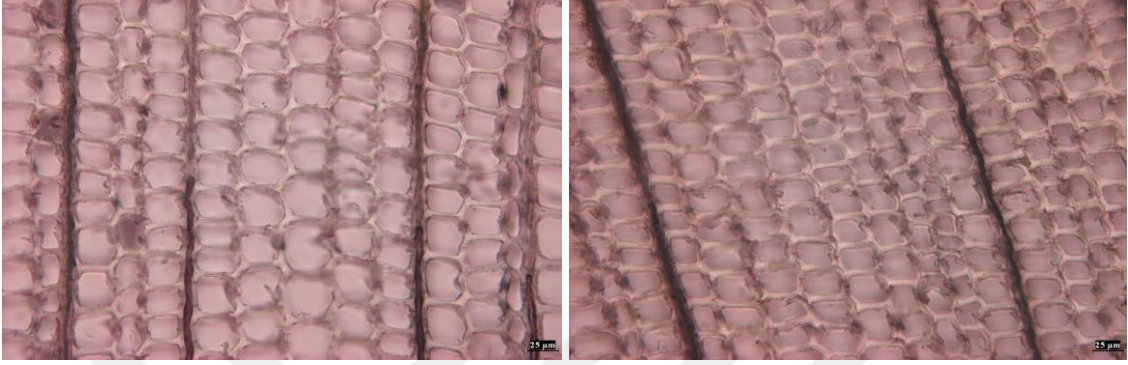


Şekil 53. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde enine kesitte yaz odunu

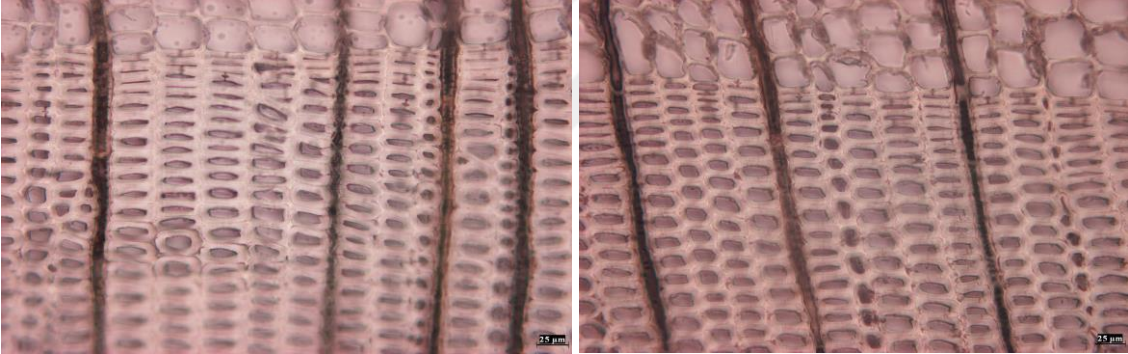


Şekil 54. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde özışınları

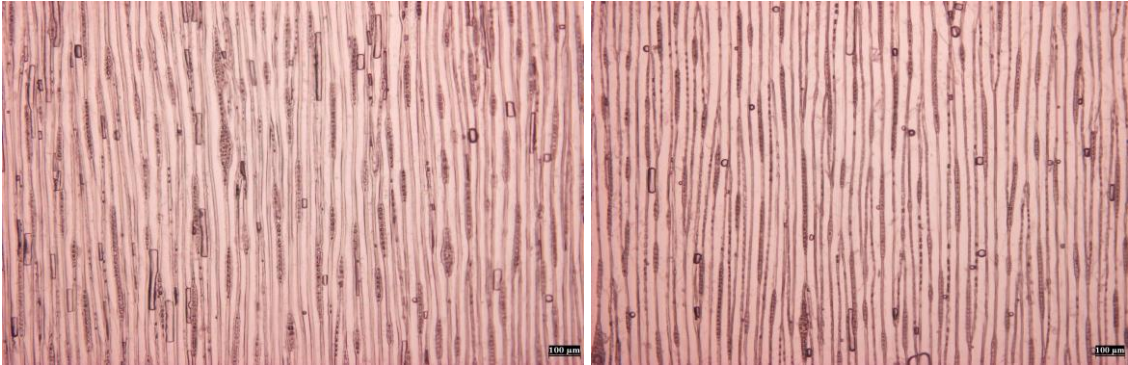
Ladin (Y) odun örneklerinde özışını-genişlik değerlerinde ve yaz-teğet değerlerinde karantina amaçlı ısıtıl işlemin önemli olmadığı, ilkbahar-radyal, ilkbahar-teğet, özışını-uzunluk ve yaz-radyal değerleri üzerinde ise ısıtıl işlemin etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ladin (Y) kontrol ve test örneklerine ait mikroskop görüntüleri Şekil 55-57’de verilmiştir.



Şekil 55. Ladin(Y) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte ilkbahar odunu

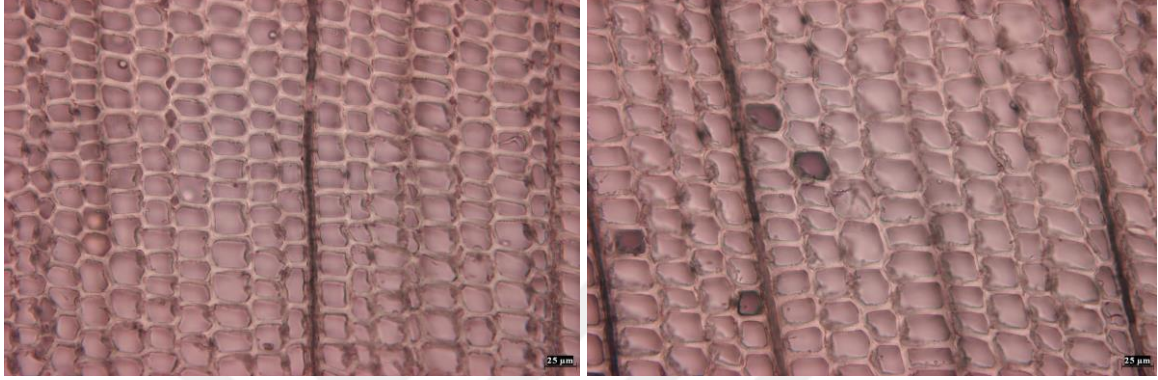


Şekil 56. Ladin(Y) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte yaz odunu

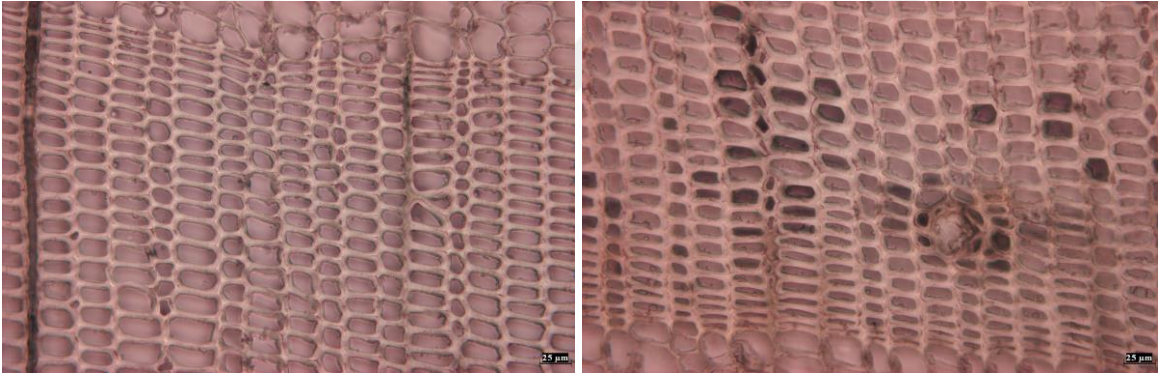


Şekil 57. Ladin(Y) kontrol ve test örneklerinde özışınları

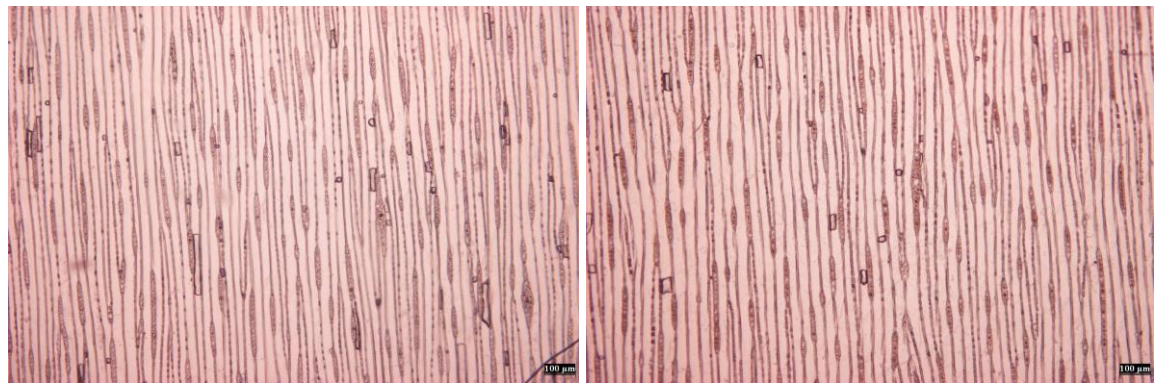
Karantina amaçlı uygulanan 56°C sıcaklıktaki ısıl işlemin Ladin (K) örneklerinde, özışını-genişlik ve uzunluk, yaz-radyal ve yaz-teğet değerlerinde kontrol ve test örnekleri arasında fark oluşturmadığı belirlenmiştir. Ladin (K) örneklerinde ilkbahar-radyal ve ilkbahar-teğet değerlerinde ısıl işlemin etkisinin önemli olduğu görülmektedir. Ladin(K) kontrol ve test örneklerine ait mikroskop görüntüleri Şekil 58-60'da verilmiştir.



Şekil 58. Ladin(K) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte ilkbahar odunu



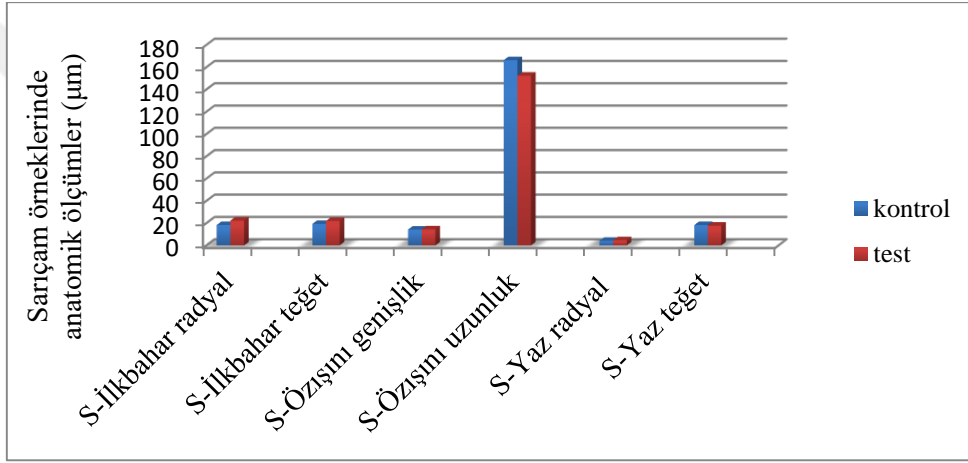
Şekil 59. Ladin(K) kontrol ve test örneklerinde enine kesitte yaz odunu



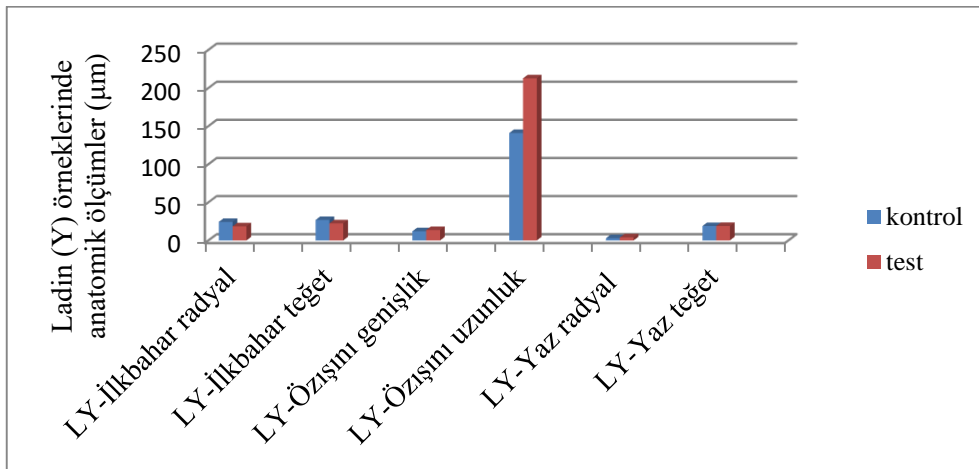
Şekil 60. Ladin(K) kontrol ve test örneklerinde özışınları

Şekil 61-63'te verilen grafiklerde kontrol ve test örnekleri arasında genel olarak anatomik ölçümlerde farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların ısıl işlem kaynaklandığı düşünülebilir, ancak odunun kendisinden kaynaklanan farklılıklar ile alakalı olabileceği göz ardı edilmemelidir.

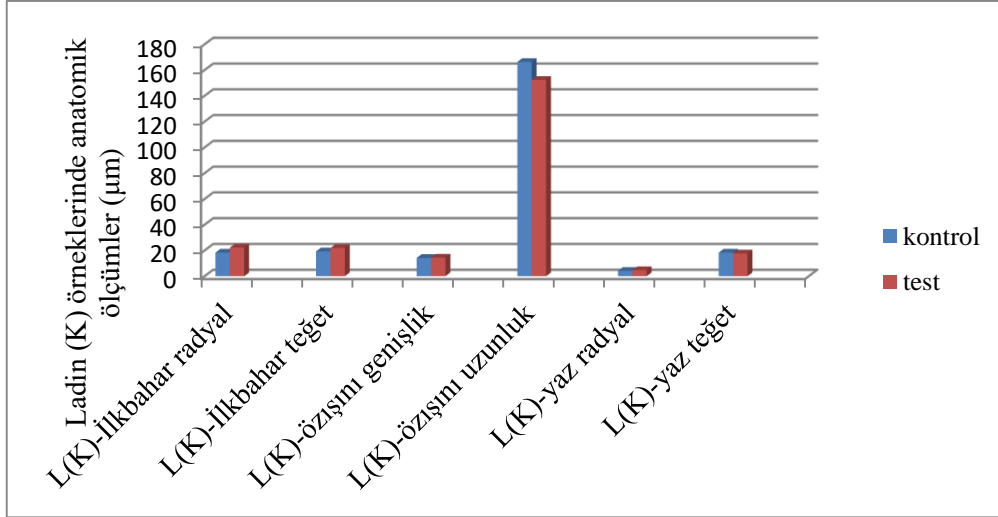
Farklı sıcaklık ve ortamlarda, farklı ısıl işlem uygulamalarının farklı ağaç türlerindeki anatomik yapıları ve özellikleri üzerindeki etkileri araştıran çalışmalar vardır (Batista vd., 2014; Taşdemir ve Hızıroğlu, 20014) . Isıl işlemin anatomik özellikler üzerine etkisinde hücre boyutlarında önemli farklılıkların görülmediği bilinmektedir (Bilgin ve Şimşek, 2017).



Şekil 61. Sarıçam kontrol ve test örneklerinde anatomik değerlendirme



Şekil 62. Ladin (Y) kontrol ve test örneklerinde anatomik değerlendirme



Şekil 63. Ladin (K) kontrol ve test örneklerinde anatomik değerlendirme.

4.4. Küf Mantarı Deneyi

Küf testi sonucunda *Aspergillus niger* Tiegh. püskürtülen Ladin (Y), Ladin (K) odun örneklerinde, kontrol örneklerinde test örneklerinden daha fazla küflenme olduğu görülmüştür. Sarıçam odunu örneklerinde ise test örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla da fazla küflenme meydana gelmiştir.

Küf testi sonucunda *Trichoderma harzianum* Rifai. püskürtülen Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde, test örneklerinde kontrol örneklerine göre daha fazla küflenme olduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem öncesinde ortalama % 15 rutubete sahip Ladin (K)' ye göre daha fazla rutubet (% 50) içeriğine sahip Ladin(Y) örneklerinde ısıl işlem sonrasında daha çok küflenme olduğu görülmüştür.

Isıl işlem sonrasında odunda küflenmenin arttığını bildiren çalışmalar vardır. Isıl işlem görmüş odunda küf ve mavi renklenme mantarları için cazip besin ortamı olduğu bilinen serbest yağ asitleri, reçine asitleri ve trigliseridleri içeren ekstraktif gruplar yüksek oranda vardır. Kolay uygulanabilirliği ve kirletici özelliği bulunmayan sodyum ve potasyum karbonatlarının çözeltilerinin, ISPM 15 standardına göre ısıl işlem görmüş malzeme için etkili küf önleyici yöntem olduğu görülmüştür (Welling ve Lambertz, 2008).

Şekil 64'te Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinin ısıtılmış test örnekleri ile ısıtılmamış kontrol örneklerinin *Trichoderma harzianum* Rifai ile 4 hafta süren test sonucundaki durumu görülmektedir.



Şekil 64. 4 hafta sonunda örneklerin durumu (*Trichoderma harzianum* Rifai)

Şekil 65'te Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinin ısıtılmış test örnekleri ile ısıtılmamış kontrol örneklerinin *Aspergillus niger* Tiegh ile 4 hafta süren küf deneyi sonucu görülmektedir.



Şekil 65. 4 hafta sonunda örneklerin durumu (*Aspergillus niger* Tiegh.)

4.5. ATR- FTIR Analizi

Bu çalışmada örnekler kesildikten sonra yüzeye yakın ve iç bölge olarak sırasıyla A ve B olarak kodlanmıştır ve ATR-FTIR ölçümleri her iki taraftan da alınmıştır.

Sarıçam A örneklerinin değerlendirilmesi:

2900 cm^{-1} pik değerleri C-H gerilimi değerlerini göstermektedir. Sarıçam örneklerinde ısıtma işlemi uygulaması ile test örneklerindeki 2900 cm^{-1} pik değerlerinde kontrol örneğine göre artışlar gözlenmiştir. Isıtma işlemi sonrası 2900 cm^{-1} pik değerleri sarıçam örneklerinde hafif artışlar gösterirken, ladin örneklerinde bu pik değerlerine rastlanılmamıştır.

1690 cm^{-1} -OH eğilmesini ifade etmektedir. Sarıçam odununun hem kontrol hem de test örneklerinde 1690 cm^{-1} pikleri görülmüştür. Test örneğinde ısıtma işlemi sonrası bu pik değerlerinin kontrol örneğine kıyasla bir miktar arttığı gözlemlenmiştir.

1450 – 1465 cm^{-1} pik aralığı C-H bozunmasını (asimetrik) ifade etmektedir. Bu çalışmada, sarıçam odunu kontrol örneklerinde 1461 cm^{-1} pikleri görülürken, ısıtma işlemi sonrası test örneklerinde pik yoğunluğu azalmıştır.

1420 – 1430 cm^{-1} bant aralığındaki piklerdeki değişim aromatik yapıda ki titreşimleri ifade etmektedir. Kontrol örneğinde bu pik değeri (1417 cm^{-1}) görülürken, ısıtma işlemi sonrası sarıçam odunu test örneğinde pik yoğunluğu azalmıştır.

1230 – 1270 cm^{-1} bant aralığındaki piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi göstermektedir. Bu çalışmada 1273 cm^{-1} piki sarıçam odununun hem kontrol örneğinde hem de test örneğinde görülmüştür. Ayrıca test örneğinde bu pik değerinin bir miktar arttığı da gözlemlenmiştir. Guayasil yapılarının bozundurulmasının, aromatik halkaların yapılarının tahribe uğramasıyla doğrudan ilgili olduğu bazı çalışmalarda belirtilmiştir (Naumann vd., 2012; Catto vd., 2016; Can ve Sivrikaya, 2017).

Sarıçam B örneklerinin Değerlendirilmesi:

2920 cm^{-1} piki -C-C-C-H gerilmesini ifade etmektedir. Bu gerilme, bu çalışmada 2924 cm^{-1} pikinde sarıçam odununun hem kontrol hem de test örneğinin iç bölgesinde gözlenmiştir. Bu pik oluşumu aynı ağaç türünün yüzeye yakın kısımlarında ne kontrol örneğinde ne de test örneğinde görülmemiştir.

3000 – 2840 cm^{-1} pikleri arasında C-H gerilmesi görülmektedir. Bu pik değeri 2860 cm^{-1} olarak sarıçam odununun hem kontrol hem de test örneğinin iç bölgesinde gözlenmiştir.

1718 – 1740 cm^{-1} pikleri arasında C=O gerilimi görülmektedir. Bu pik değeri 1736 cm^{-1} olarak sarıçam odununun hem kontrol hem de test örneğinin iç bölgesinde gözlenmiştir.

1690 cm^{-1} piki -OH eğilmesini ifade etmektedir. Bu pik değeri 1691 cm^{-1} olarak sarıçam odununun hem kontrol hem de test örneğinin iç bölgesinde gözlenmiştir.

1630-1660 cm^{-1} arasında piklerde karbonhidratlar tarafından absorbe edilen H_2O ifade edilmektedir. Bu pik değeri 1647 cm^{-1} olarak sarıçam odununun hem kontrol hem de test örneğinin iç bölgesinde gözlenmiştir.

1640 – 1560 cm^{-1} pikleri N-H eğilmesini göstermektedir. Bu pik değeri sarıçam odununun kontrol örneğinde 1557 ve 1541 cm^{-1} pikinde, test örneğinde ise 1647-1649 cm^{-1} pik aralığında ve 1590 cm^{-1} pikinde görülmüştür.

1230 – 1270 cm^{-1} bant aralığındaki piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi göstermektedir. Bu çalışmada 1270 cm^{-1} piki sarıçam odununun hem kontrol örneğinde hem de test örneğinde görülmüştür.

1450-1465 cm^{-1} pik aralığı C-H bozunmasını ifade etmektedir. Bu pik 1460 cm^{-1} pik olarak sarıçam odununun iç bölgesinden alınan kontrol örneğinde görülmezken, test örneğinde görülmüştür.

Ladin A örneklerinin değerlendirilmesi:

2920 cm^{-1} -C-C-C-H gerilmesini ifade etmektedir. Bu pik ladin odununun test örneğinde görülürken, kontrol örneğinde görülmemiştir.

1718 – 1740 cm^{-1} pikleri arasında C=O gerilimi görülmektedir. Bu gerilim ladin odununun hem kontrol hem de test örneğinin iç bölgesinde gözlenmiştir.

1230 – 1270 cm^{-1} bant aralığındaki piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi göstermektedir. Bu çalışmada 1270 cm^{-1} piki ladin odununun hem kontrol örneğinde hem de test örneğinde görülmüştür.

1027 cm^{-1} C-C gerilmesini ifade etmektedir bu pik ladin odununun hem kontrol örneğinde hem de test örneğinde görülmüştür.

Ladin B örneklerinin değerlendirilmesi:

2920 cm^{-1} -C-C-C-H gerilmesini ifade etmektedir. Bu pik ladin odununun hem test örneğinde görülürken hem de kontrol örneğinde görülmüştür.

1365-1376 cm^{-1} C-H bozunmasını (eğilme) ifade etmektedir ve bozunma ladin odununun hem kontrol örneğinde hem de test örneğinde görülmüştür.

1230 – 1270 cm^{-1} bant aralığındaki piklerdeki değişim lignin ve hemiselülozdaki CO gerilimi ile guayasil halkasındaki titreşimi göstermektedir. Bu pik ladin odununun hem kontrol örneğinde hem de test örneğinde görülmüştür.

1420-1430 bant aralığındaki pikler aromatik yapıda ki titreşimleri ifade etmektedir. Bu karakteristik pik ladin odununun hem kontrol örneğinde hem de test örneğinde görülmüştür.

Sarıçam test (TS) ve Sarıçam kontrol (KS) örneklerinde 2926/2857/1693/1458/1266 cm^{-1} de karakteristik pik oluşumları gözlenmiştir.

Ladin (K) kontrol (KLK) ve Ladin(K) test (TLK) örneklerinde 1730 civarında pik net bir şekilde görülmektedir. Sarıçam test (TS) ve Sarıçam kontrolde (KS) bu pik 1693 de oluşan yapı ile görünürlüğüne kaybetmiş gibi ama hala mevcuttur. Ladin (K) kontrol (KLK) ve Ladin (K) test (TLK) örneklerinde 1421 bandına da dikkat edilmelidir. TS ve KS örneklerinde 1458 bandı daha belirgin ayrıca KS ve TS için 1266 bandındaki pik yoğunluğu daha yüksek bulunmuştur.

Özgenç ve ark (2017) yaptıkları bir çalışmada ısı işlemin odunun kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin sıcaklık ve ağaç türüne bağlı olarak farklı olduğunu bulmuşlardır. Odunun ana bileşenlerine ait verilerin ATR-FTIR spektrumları, yüksek sıcaklıklarda (200°C) işlem görmüş numunelerin düşük sıcaklıklarda ($<200^{\circ}\text{C}$) işlem gören örneklerden farklı olduğunu göstermiştir. 1730-1732 cm^{-1} 'deki pik aralığının galaktoglukokmannan, karboksil ve aldehitler ve aromatik / konjuge aldehitler ve esterlerin asetil gruplarının C-O germe titreşimleri olduğu rapor edilmiştir. 1730-1732 cm^{-1} 'deki bantlardaki piklerin ısı işlem görmüş kayın ağacı için artarken, ısı işlem görmüş çam ve ladin ağacı için azaldığını bildirmişlerdir. Isıl işlemde sonra, odun su alma özelliğinden sorumlu olan hemiselülozlardaki çok sayıda serbest hidroksil grubunun, hemiselülozların bozulması nedeniyle kuvvetli bir şekilde azaldığını ve sonuç olarak, tüm odun türleri için C-O aromatik yapıların gerilmesinde emilen su moleküllerine ait 1650-1652 cm^{-1} 'deki bantlar azaldığını raporlamışlardır. 1327–1333 cm^{-1} 'deki karakteristik bantların, siringil halkalarının, guayasil halkalarının ve fenol gruplarının varlığını gösterdiğini; ısı işlemde sonra, bu bantların hem çam hem de ladin odununda azaldığını ve kayın odununda ligninin daha yoğun yapısı nedeniyle arttığını belirtmişlerdir. 1104-1110 cm^{-1} , 1155–1159 cm^{-1} ve 1203-110 cm^{-1} 'deki bantların selüloz bileşenini temsil ettiğini ve kristalize ve amorf selülozdaki içerikle ilişkili olduğunu; bu bantların yoğunluğunun tüm odun türleri için arttığını bildirmişlerdir. Bu artışın ısı işlem sırasında amorf selülozun daha fazla etkilendiğini sonuca varmışlardır.

5. SONUÇLAR

1. Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam odunu örneklerine 56°C sıcaklıkta 30 dakika süre ile endüstriyel şartlarda karantina amaçlı ısıtım uygulanmıştır. Karantina amaçlı ısıtım işlemi düşük sıcaklıkta (56°C) uygulama yapıldığından yüksek sıcaklıklardaki ısıtım işlemlerinde elde edilen sonuçlarda olduğu gibi büyük bir değişim görülmemiştir.

2. Bu çalışmada karantina amaçlı ısıtım işleminin Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam türlerinde özgül ağırlık üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

3. Karantina amaçlı ısıtım işlemi uygulama sıcaklığının düşük olması nedeniyle Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam türlerinde hava kurusu özgül ağırlık değerlerinde ısıtım işleminin etkisinin önemli bir değişim oluşturmadığı, kontrol ve test örnekleri arasında istatistiksel anlamda bir farklılığın bulunmadığı belirlenmiştir.

4. Sarıçam ve Ladin (K) örneklerinde denge rutubeti miktarı artış gösterirken, Ladin (Y) örneklerinde azaldığı görülmektedir. İstatistiksel farklılık oluşturmayan bu değişimin odun örneklerinin kendisinden kaynaklanan farklılıklardan olabileceği düşünülmektedir.

5. Genişleme deneyi sonucunda boyuna yönde en fazla değişim Ladin (K) test örneklerinde, en az değişim Ladin (Y) kontrol örneklerinde görülmüştür. Radyal yönde en fazla değişim Ladin (Y) kontrol örneklerinde, en az değişim Sarıçam test örneklerinde belirlenmiştir. Teğet yönde ise en fazla değişim Ladin (Y) kontrol örneklerinde, en az değişim Sarıçam kontrol örneklerinde görülmüştür.

6. Karantina amaçlı ısıtım sonrasında Ladin (K) örneklerinin; ışık stabilite (ΔL^*) değerlerine göre daha açık hale geldiği, kırmızı-yeşil stabilite (Δa^*) değerlerine göre daha yeşilimsi bir renk aldığı, sarı-mavi ışık stabilitesi (Δb^*) değerlerine göre daha mavimsi olduğu söylenebilir. Karantina amaçlı ısıtım uygulamasında Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde ısıtım işleminin renk değişim (ΔE^*) değerlerinde istatistiksel farklılık oluşturmadığı görülse de, 56°C sıcaklıkta gerçekleştirdiğimiz ısıtım uygulaması sonrasında en fazla renk değişiminin Ladin (K) örneklerinde olduğu belirlenmiştir.

7. Ladin (Y) ve Ladin (K) örneklerinde parlaklık üzerine ısıtım işleminin etkisinin önemli olmadığı, Sarıçam örneklerinde ise ısıtım işleminin etkisi ile parlaklığın azaldığı belirlenmiştir. Sarıçam odunu kontrol örneklerinde SCI değeri ortalama 41.1 iken test örneklerinde 39,8'dir.

8. Sarıçam odununda pürüzlülük artarken Ladin (Y) ve Ladin (K) örneklerinde azalma olmuştur. Ancak bu değişim istatistiksel açıdan anlamlı değildir ve karantina amaçlı ısıtma işleminin pürüzlülük üzerine etkisinin olmadığı söylenebilir. Karantina amaçlı ısıtma işlemi uygulanmış örnekler arasında en yüksek pürüzlülük indeksi değeri (RI), Ladin (Y) örneklerinde 1,0 olarak bulunmuştur.

9. Eğilme direnci değerleri incelendiğinde 56 °C sıcaklıktaki karantina amaçlı ısıtma işleminin Sarıçam odunu örneklerinde eğilme direncini azalttığı, Ladin (Y) odunu örneklerinde artırdığı belirlenmiştir. Ladin (K) odunu örneklerinde ise eğilme direncini etkilemediği, elastikiyet modülünü azalttığı tespit edilmiştir.

10. Liflere paralel basınç direncinin Ladin (Y) odun örneklerinde arttığı, diğer örneklerde etkisinin olmadığı görülmüştür. Ladin (Y) kontrol örneklerinde en yüksek liflere paralel basınç direnci (401,7 kp/cm²) ısıtma işlemi görmüş test örneklerinde, en düşük liflere paralel basınç direnci ise (322,1 kp/ cm²) ısıtma işlemi görmemiş kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

11. Anatomik ölçümlerde kontrol ve test örnekleri arasında ısıtma işleminden ya da odunun yapısal değişikliklerinden kaynaklı olabileceği düşünülen farklılıklar belirlenmiştir.

12. Küf testi sonucunda *Aspergillus niger* Tiegh. püskürtülen Ladin (Y), Ladin (K) odun örneklerinde, kontrol örneklerinde test örneklerinden daha fazla küflenme olduğu; *Trichoderma harzianum* Rifai. püskürtülen Ladin (Y), Ladin (K) ve Sarıçam örneklerinde ise, test örneklerinde kontrol örneklerine göre daha fazla küflenme olduğu belirlenmiştir.

Isıtma işleminden önce Ladin (K)' ye göre daha fazla rutubet içeriğine sahip Ladin(Y) örneklerinde ısıtma işlemi sonrasında daha çok küflenme olduğu görülmüştür.

13. ATR-FTIR analizi sonucunda karantina amaçlı ısıtma işleminin odunun kimyasal özelliklerini etkilediği belirlenmiştir.

6. ÖNERİLER

ISPM 15 e göre ısıtıl işlemden geçmiş ve ticareti yapılan ürünlerin taşınmasında kullanılan, taşıma kolaylığı ve düşük taşıma maliyeti gibi özellikleri olan ahşap paletler; taşımacılık alt yapısında, taşıma teknolojisinde ve taşıma, yükleme, boşaltma, depolama gibi nakliye aşamalarında büyük öneme sahiptir. Isıtıl işlem görmüş malzemede bitki sağlığı için tehdit oluşturan zararlılarla karşılaşılması ticari faaliyetlerinde ahşap palet kullanan firmaları zor durumda bırakmaktadır. Bu tez kapsamında ISPM 15 standardına uygun olarak endüstriyel koşullarda gerçekleştirdiğimiz ısıtıl işlem sonrasında odunda meydana gelen anatomik, fiziksel, mekanik, teknolojik, kimyasal ve dayanım özelliklerindeki değişimler araştırılmış; odundan elde edilen paketleme malzemelerini kullanarak ticaret yapan firmaların ısıtıl işlem ile alakalı karşılaştıkları sorunlara ışık tutacak nitelikte çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmalara göre karantina amaçlı ısıtıl işlemin ahşap malzemenin anatomik özelliklerini ve kimyasal özelliklerini etkilediğini görebilmekteyiz. Ancak karantina amaçlı ısıtıl işlemin denge rutubeti, özgül ağırlık, renk değişikliği, pürüzlülük ve direnç özelliklerine etkisini görebilmek için daha fazla örnek ile daha kapsamlı çalışmalar yapılabilir.

Karantina amaçlı ısıtıl işlem yapan işletmelerle, bu işletmelerde üretilen ahşap palet ve diğer ambalaj malzemelerini kullanan firmalar arasındaki olabilecek hukuki anlaşmazlıkları gidermek üzere; ahşap palet yapımında kullanılan ve ısıtıl işleme tabi tutulan her bir kereste partisi için uygun sayıda kontrol örneğinin ayrılıp muhafaza edilmesi önerilebilir. Böylece olası anlaşmazlıklarda karantina amaçlı ısıtıl işlemden geçmiş örneklerle , karantina amaçlı ısıtıl işlemden geçmemiş ve ayrı olarak muhafaza edilmiş kontrol örnekleri arasında bir karşılaştırma yapılabilir. İlgili mevzuata bu konuyu anlatan maddelerin eklenmesi yerinde olacaktır.

56°C' de 30 dakika uygulanan ısıtıl işlem ile böcek ve mantar türü organizmaların yaşama ortamının ortadan kaldırılması için yeterli olacak rutubet miktarına ulaşamamışsa ısıtıl işlemin yetersizliği söz konusu olabilir. Bu nedenle küf testinden elde ettiğimiz sonuçlara göre ısıtıl işlem öncesi ahşap malzemenin belirli bir rutubet içeriğine sahip olması gerektiği önerilebilir.

Isıtıl işlemin odunda meydana getirdiği anatomik, fiziksel, mekanik, teknolojik, kimyasal ve dayanım özelliklerindeki değişimler araştırılarak, ahşap palet ile ticaret yapan

firmaların yaşıdığı sorunları azaltmaya ya da ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar yapılabilir.



7. KAYNAKLAR

- Ahmad, H.H. ve Isa, M.I.N.M., 2015. "Effect of edipic acid composition on structural and conductivity solid biopolymer electrolytes based on carboxymethyl cellulose studies", *American-Euroaseian Journal of Sustainable Agriculture*, 9, 2, 39-45.
- Akyıldız, H. M., Ateş, S. ve Özdemir, H., 2009. "Technological and chemical properties of heat-treated anatolian black pine wood", *African Journal of Biotechnolgy*, 8, 11, 2565-2572.
- Aksoy A., Deveci M., Baysal E. ve Toker H., 2011. Colour and gloss changes of scots pine after head modification, *Wood Research*, 56, 3.
- Allen, E., Noseworthy, M. ve Ormsby, M., 2017. Phytosanitary measures to reduce the movement of forest pests with the international trade of wood products, *Biological invasions*, 19, 11, 3365-3376.
- ASTM, 2012. Standart Test Method for Fungicides for Controlling Sapstain and Mold on Unseasoned Lumber (Laboratory Method), Destination D4445-10, Virginia Polytechnic Institute pursuant to Licence Agreement.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2003. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçüm Yöntemleri, Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 4, 1-2, 92-102.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2005. Effects of Surface Inactivation, high Temperature Drying and Preservative Treatment on Surface Roughness and Colour of Alder and Beech Wood, *Applied Surface Science*, 252, 430-440.
- Batista, D.C., Paes, J.B. De Muniz, B., Ines, G., Nisgoski, S. ve Da Silva Oliveira, J.T., 2015. Microstructural Aspects of Thermally Modified Eucalyptus Grandis Wood. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 17, 3, 525, 532.
- Bak M. ve Nemeth R., 2012. Changes in swelling properties and moisture uptake rate of oil heat treated poplar (*Populus americana cv. Pannonia*) wood, *BioResources*, 7, 4, 51248-5137.
- Bekhta, P., ve Niemz, P., 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforchung*, 57, 5, 539-546.
- Bhuiyan, T. ve Hirai N., 2005. "Study of crystalline behaviour of heat-treated wood cellulose during treatments in water", *Journal of Wood Science*, 51, 1, 42-47.
- İçel, B. ve Şimşek, Y., 2017. "Isıl işlem görmüş ladin ve dişbudak odunlarının mikroskopik görüntüleri üzerine değerlendirmeler". *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21, 2, 414-420.

- Bond, B., 2005. Case studies of heat treating and mold control of wood pallets. Pallet Phytosanitary Project: Technical Papers Louisiana State University.
- Bozkurt, A. Y. ve Göker, Y., 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, 3445/388, İstanbul.
- Brake, V., Morrison, J., ve Sunderhauf, B., 2012. Approach to blue stain fungi on ISPM 15-certified wood packaging in Australia.
- Brasier, C. M., 2001. Rapid evolution of introduced plant pathogens via interspecific hybridization: Hybridization is leading to rapid evolution of Dutch elm disease and other fungal plant pathogens. *Bioscience*, 51, 2, 123-133.
- Blanchet, P., Kaboorani, A., ve Bustos, C., 2016. Understanding effects of drying methods on wood mechanical properties at ultra and cellular levels.
- Bozkurt, A. Y. ve Erdin, N., 2000. Odun Anatomisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, 466, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y. ve Göker,Y., 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, 3445/388, İstanbul.
- Cai, Y., ve Hayashi, K., 2007. New monitoring concept of moisture content distribution in wood during RF/vacuum drying. *Journal of wood science*, 53, 1, 1-4.
- Can, A ve Sivrikaya H., 2017. "Mantar Tahribatına Uğramış Titrek Kavak Odununun FT-IR Yöntemiyle Kimyasal Analizi." *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 19,1, 139-147.
- Candelier, K., Hannouz, S., Elaieb, M., Collet, R., Dumarçay, S., Petrisans, A., ve Pétrissans, M., 2015. Utilization of temperature kinetics as a method to predict treatment intensity and corresponding treated wood quality: Durability and mechanical properties of thermally modified wood. *Maderas. Ciencia tecnología*, 17, 2, 253-262.
- Catto AL, Montagna LS, Almeida SH, Silveira RM ve Santana RM., 2016. Wood plastic composites weathering: Effects of compatibilization on biodegradation in soil and fungal decay. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 109, 11-22.
- Chang, C., Duan, B., Cai, L. ve Zhang, L., 2010. "Superabsorbent hydrogels based on cellulose for smart swelling and controllable delivery", *European Polymer J.*, 46, 92-100.
- Chang, C.,I. ve Keith, C., T., 1978. "Properties of heat-darkened wood. II. Mechanical properties and gluability", FPL Report OPX214E, Canada, 1-19.
- Charles G.,P., Bumgardner, M., S., Herms, D., A. ve Sabula, A., 2010. Failure to phytosanitize ash firewood infested with emerald ash borer in a small dry kiln using ISPM-15 standards. *Journal of economic entomology*, 103, 3, 597-602.

- Çakıcıer N., Korkut S., Korkut DS., Kurtoğlu A. ve Sönmez A., 2011. Effects of QUV accelerated aging on surface hardness, surface roughness, glossiness, and color difference for some wood species, *International Journal of the Physical Sciences*, 6, 8, 1929-1939.
- Çamlı, S. B., & Onargan, T., 2013. Doğal Taş Madencilik Sektöründe Ahşap Ambalajlar ve Uygulanan Isıl İşlem (ISPM 15) Standardının Araştırılması. *MT Bilimsel*, 3, 17-26.
- DIN 4768, 1990. Determination of values surface roughness parameters Ra, Rb, Rmax using electrical contact (stylus) institute für Norming, DIN Standard.
- Esteves B.M., Domingos I. ve Pereira H., 2008. Heat-induced colour changes of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood, *Wood Sci Techn.*, 42, 369–384 DOI 10.1007/s00226-007-0157-2.
- Esteves, B., Marques, A. V., Domingos, I. ve Pereira, H., 2007. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. *Wood science and technology*, 41, 3, 193.
- Esteves B.M. ve Pereira H.M., 2009. Heat treatment of wood, *BioResources*, 4, 1, 370-404.
- Fan, M., Dai, D. ve Huang, B., 2012. Fourier Transform Infrared Spectroscopy for natural Fibers. *Fourier Transform-Materials Analysis*. Editor: Salih Salih, Croatia, Intech Pub.
- Fraş, J., Olsztyńska, I. ve Scholz, S., 2018. Standardization and certification of the wooden packaging in international trade. *Research in Logistics & Production*, 8, 25-37.
- Gu, H., Young, T. M., Moschler, W. W. ve Bond, B. H., 2004. Potential sources of variation that influence the final moisture content of kiln-dried hardwood lumber. *Forest Products Journal*, 54, 11, 65.
- Gu, J., Braasch, H., Burgermeister, W. ve Zhang, J., 2006. Records of *Bursaphelenchus* spp. intercepted in imported packaging wood at Ningbo, China. *Forest Pathology*, 36, 5, 323-333.
- Gündüz, G. ve Aydemir, D., 2009. "Some physical properties of heat-treated hornbeam wood", *Wood Drying Tecnology*, 27, 5, 714-720.
- Gündüz, G., Niemz, P. ve Aydemir, D., 2008. "Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir" *Wood Drying Tecnology*, 26, 9, 1135-1139.
- Haack, R. A., ve Petrice, T. R., 2009. Bark-and wood-borer colonization of logs and lumber after heat treatment to ISPM 15 specifications: the role of residual bark. *Journal of Economic Entomology*, 102, 3, 1075-1084.
- Henin, J. M., Charron, S., Luypaert, P. J., Jourez, B., ve Hebert, J., 2008. Strategy to control the effectiveness of microwave treatment of wood in the framework of the implementation of ISPM 15. *Forest Products Journal*, 58, 12.

- Henin, J. M., Leyman, M., Bauduin, A., Jourez, B. ve Hébert, J., 2014. Phytosanitary treatment of European pallets by microwave: developing a program to ensure compliance with ISPM 15 and monitoring its efficacy on the house longhorn beetle (*Hylotrupes bajulus* L.). *European journal of wood and wood products*, 72, 5, 623-633.
- Hillis, W.E., 1984. High temperature and chemical effects on wood stability. *Wood Science and Technology*, 18, 2, 81-93.
- Hughes, K. A., Misiak, M., Ulaganathan, Y. ve Newsham, K. K., 2018. Importation of psychrotolerant fungi to Antarctica associated with wooden cargo packaging. *Antarctic Science*, 30, 5, 298-305.
- Inoue, M., Norimoto, M., Tanahashi, M. ve Rowell, R. M., 1993. Steam or Heat Fixation of Compressed Wood, *Wood and Fiber Science*, 25, 3, 224-235.
- International Trade Centre, (n.d.). Technical notes on the use of wooden packaging, UNCTAD/ WTO Export Packaging Note, 15, <http://www.intracen.org/> (20 Šubat 2018).
- Ishiguri, F., Kuroiwa, T., Tamegai, J., Maruyama, S., Andoh, M., Yokota, S. ve Yoshizawa, N., 2001. Changes of wood quality in sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and karamatsu (*Larix kaempferi* Carriere) woods by smoke heating. Effects of treatment temperature and time (in Japanese), *J Soc Mater Sci Jpn*, 50, 1357–1363.
- ISO 7724, 1984. Paints and Varnishes – Colorimetry, International Organization for Standardization.
- Waals, J., Chittenden C. ve Kreber, B., 2003. Effect of bioextracts on colonization of radiata pine sapwood by three sapstain fungi. The International Research Group on Wood Preservation (IRG), Document No: IRG/WP, 03-10485.
- Kacik, F., Luptáková, J., Šmíra, P., Nasswetrová, A., Kačíková, D. ve Vacek, V., 2016. Chemical alterations of pine wood lignin during heat sterilization. *BioResources*, 11, 2, 3442-3452.
- Kačík, F., Vel'ková, V., Šmíra, P., Nasswetrová, A., Kačíková, D., ve Reinprecht, L., 2012. Release of terpenes from fir wood during its long-term use and in thermal treatment. *Molecules*, 17, 8, 9990-9999.
- Kaygin, B., Gokhan, G. ve Aydemir, D., 2009. “Some physical properties of heat-treated paulownia wood”, *Drying Tecnology*, 27, 1, 89-93.
- Korkut, S., 2008. “The effects of heat treatment on some technological properties in Uludağ fir wood”, *Build Environment*, 43, 4, 422-428.
- Korkut, D.S. ve Guller, B., 2008. The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. *Bioresource Technology*, 99, 8, 2846-2851.

- Korkut, S., Alma, M.H. ve Elyıldırım, Y.K., 2009. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of European hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood. *African Journal of Biotechnology*, 8, 20, 5316-5327.
- Korkut, S., Akgül, M. ve Dündar, T., 2007. The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood, *Bioresource Technology*, (in press).
- Kotilainen, R., 2000. "Chemical changes in wood during heating at 150-260 °C PHD thesis", Jyväskylä University, Finland, 89-90.
- Lojewska, J., Miskowicz, P., Lejewski, T. ve Proniewicz, L.M., 2005. Cellulose Oxidative and Hydrolytic Degradation: In situ FTIR Approach", *Polymer Degradation and Stability*, 88, 512-520.
- Massa, R., Panariello, G., Pinchera, D., Schettino, F. Caprio, E. Griffo, R. ve Migliore, M. D., 2017. Experimental and numerical evaluations on palm microwave heating for Red Palm Weevil pest control. *Scientific reports*, 7, 45299.
- Morrell, J. J., 2018. Protection of wood-based materials. In *Handbook of Environmental Degradation of Materials (Third Edition)* (pp. 343-368).
- Mumford, J. D., 2002. Economic issues related to quarantine in international trade. *European Review of Agricultural Economics*, 29, 3, 329-348.
- Naumann A, Stephan I ve Noll M., 2012). Material resistance of weathered wood-plastic composites against fungal decay. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75, 28-35.
- Naves, P., Inacio, M. L., Nobrega, F., Sousa, E., ve Michielsen, M., 2019. Pinewood nematode presence and survival in commercial pallets of different ages. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77, 2, 301-309.
- Nursultanov, N., 2018. Joule heating of green *Pinus radiata* logs for phytosanitary purposes: an in-depth investigation by experimentation and computational modelling.
- Okuyama, T., Yamamoto, H. ve Kobayashi, I., 1990. Quality improvement in small log of sugi by direct heating method, 2, *Wood Ind* 45, 63-67.
- Oloyede, A., ve Groombridge, P., 2000. The influence of microwave heating on the mechanical properties of wood. *Journal of Materials Processing Technology*, 100, 1-3, 67-73.
- Örs, Y., 1986. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, I. Odunun Fiziksel Özellikleri, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Ders Teksiri Serisi, No: 15, Trabzon.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayınları, Ankara.
- Örs, Y., 1996. Odunun Mekanik Özellikleri, Basılmamış Ders Notları, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.

- Özgenç, Ö., Durmaz, S., Boyacı, I. H., ve Eksi-Kocak, H., 2017. Determination of chemical changes in heat-treated wood using ATR-FTIR and FT Raman spectrometry. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 171, 395-400.
- Pasqui, D., De Cagna, M. ve Barbucci, R., 2012. "Polysaccharide-based Hydrogels: The Key Role of Water in Affecting Mechanical Properties", *Polymers*, 4, 1517-1534.
- Payette, M., Work, T. T., Drouin, P. ve Koubaa, A., 2015. Efficacy of microwave irradiation for phytosanitation of wood packing materials. *Industrial Crops and Products*, 69, 187-196.
- Sanchez, L. S., 2011. Identifying success factors in the wood pallet supply chain (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
- Sandak, J. ve Sandak, A., 2011. Verification of the wood thermal treatment according to ISPM-15 proposal for a novel method.
https://www.ippc.int/static/media/files/publications/en/2013/06/05/1321917749_Sandak_2011_-_Wood_Ther.pdf, 16 Mayıs 2019.
- Schneider, A., 1973. "Investigations on the convection drying of lumber at extremely high temperatures", *Holz als Roh-und Werkstoff*, 31, 1, 198-206.
- Shi, J. L., Kocaefe, D. ve Zhang, J., 2007. "Mechanical behaviour of québec wood species heat-treated using thermowood process", *Holz als Roh-und Werkstoff*, 65, 4, 255-259.
- Szymanska-Chargot, M. ve Zdunek, A., 2013. "Use of FT-IR Spectra and PCA to the Bulk Characterization of Cell Wall Residues of Fruits and Vegetables Along a fraction", *Food Biophysics*, 8, 29-42.
- Taşdemir, C. ve Hızıroğlu, S., 2014. Measurement of Varios Properties of Southern Pine and Aspen as Function of Heat Treatment. *Mesurement*, 49, 2014, 91-98.
- Temiz, A., 2005. Dış Hava Koşullarının Emprenyeli Ağaç Malzemeye Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Terziev, N., Boutelje, J. ve Söderström, O., 1993. The influence of drying schedules on the redistribution of low molecular weight sugars in *Pinus sylvestris* L., *Holzforschung*, 47, 3-8.
- Tjeerdsma, B. F. ve Militz, H., 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. *Holz als roh-und Werkstoff*, 63, 2, 102-111.
- T.S. 2471, 1984. Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini, I.Baskı, T.S.E., Ankara.

- T.S. 2472, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TSE, Ankara, 1976.
- T.S. 2474, 1977. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara.
- T.S. 2478, 1978. Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, T.S.E., Ankara.
- T.S. 4083, 1984. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Çekmenin Tayini, I.Baskı, T.S.E. Ankara.
- T.S. 2595, 1997. Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımının Tayini, T.S.E., Ankara, Mart.
- T.S. 4084, Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, T.S.E., Ankara.
- T.S. 53, 1982. Odunun Fiziksel Özelliklerinin Tayini İçin Numune Alma, Muayene ve Deney Metotları, T.S.E., Ankara.
- URL-1, <http://dergipark.gov.tr//mb/issue/32062/354944> . 4 Şubat 2019.
- URL-2, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/06/20060621-10.htm> . 4 Şubat 2019.
- URL-3, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/05/20150527-3.htm> , 5 Şubat 2019.
- URL-4, <http://fao.org/3/a-mb160e.pdf> , 5 Şubat 2019.
- URL-5, <http://tarimorman.gov.tr/Konular/Bitki-Sagligi-Hizmetleri/Zirai-Karantina>, 7 Şubat 2019.
- URL-6, <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/366552>, 7 Şubat 2019.
- URL-7, <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/303879>, 7 Şubat 2019.
- URL-8, <http://fgr.nz/documents/joule-heating-presentation-conference-field-trip/>, 10 Şubat 2019.
- Ünsal, O., Korkut, S. ve Atik, C., 2003. “The effect of heat treatment on some properties and colour in eucalyptus”, *Wood Maderas Cienciay Tecnologia*, 52, 2, 145-152.
- Ünsal, O. ve Ayrılmış, N., 2005 “Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum wood”, *Journal Wood Science*, 51, 4, 405-409.
- Vital, B. R. and Lucia, R. M. D., 1983. “Effect of heating on dimensional stability and hygroscopicity of wood”, *Revista-Arvore*, 6, 2, 150-161.
- Wang, X., 2010. Heat sterilization of wood. *Wood handbook: wood as an engineering material: chapter 20. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 20.1-20.13., 190, 20-1.*
- Waals, J., Chittenden C. ve Kreber, B., 2003. Effect of bioextracts on colonization of radiata pine sapwood by three sapstain fungi, Sweden, IRG/WP 03-10485, 8.

- Wang, W., Cao, J., Cui, F. ve Wang, X., 2012. Effect of pH on chemical components and mechanical properties of thermally modified wood. *Wood and Fiber Science*, 44, 1, 46-53.
- Welling, J. ve Lambertz, G., 2008. Environmentally friendly temporary anti-mould treatment of packaging material before drying. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 10, 1, 25-33.
- White, M. S. ve Hamner, P., 2005. Pallets move the world: the case for developing system-based designs for unit loads. *Forest products journal*, 55, 3, 8-17.
- Windeisen, E., Strobel, C. ve Wegener, G., 2007. Chemical changes during the production of thermo-treated beech wood. *Wood Science and Technology*, 41, 6, 523-536.
- Winandy, J. E. ve Lebow, P. K., 2001. Modelling strength loss in wood by chemical composition. part I. An individual component model for southern pine. *Wood and Fiber Science*, 33, 2, 39-254.
- Winandy, J. E. ve Morrell, J.J., 1993. Relationship between incipient decay, strength and chemical composition of Douglas-fir heartwood. *Wood and Fiber Science*, 25, 3, 278-288.
- Yıldız, S., 2002. Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikler, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, S., Gezer, E. G. ve Yıldız, Ü. C., 2006. "Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat", *Building and Environment*, 41, 12, 1762-1766.
- Yıldız, Ü.C., 1994. Bazı Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinden Hazırlanan Odun-Polimer Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zahid, M. I., Grgurinovic, C. A. ve Walsh, D. J., 2008. Quarantine risks associated with solid wood packaging materials receiving ISPM 15 treatments. *Australian Forestry*, 71, 4, 287-293.
- Zhang, B. G. ve Liu, D. Y., 2006. Exploring a new developing way of wood drying technology in China. *China Forest Prod Ind*, 33, 4, 3-6.
- Zhao, L., Lu, J., Zhou, Y. ve Jiang, J., 2015. Effect of low temperature cyclic treatments on modulus of elasticity of birch wood. *BioResources*, 10, 2, 2318-2327.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Trabzon'da doğdu. İlköğretim, ortaöğretim ve lise eğitimini Trabzon'da tamamladı. 1997 yılında KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne başladı ve 2001 yılında mezun oldu. 2013 yılında KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı. 2015 yılında Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Araklı Çay Fabrikası'nda mühendis olarak göreve başladı. Kendisi halen Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Trabzon/Araklı Çay Fabrikası'nda görevini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.