



Kemençe Gövde Odunu ve Ses Tahtasına Kimyasal Modifikasyon Uygulamasının Frekans Spektruma Etkisi

Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Yiğit YURTERİ

ORCID 0000-0002-5521-8555

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN

Temmuz 2022

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Yiğit YURTERİ** tarafından hazırlanan **Kemençe Gövde Odunu ve Ses Tahtasına Kimyasal Modifikasyon Uygulamasının Frekans Spektruma Etkisi** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Maruf ALASKAN
Ege Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Nasır NARLIOĞLU
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Savunma Tarihi: 21.07.2022

Yazarlık Beyanı

Ben, **Yiğit Yurteri, Kemeçe Gövde Odunu ve Ses Tahtasına Kimyasal Modifikasyon Uygulamasının Frekans Spektruma Etkisi** başlığı olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans / Doktora derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih: 21.07.2022

Kemençe Gövde Odunu ve Ses Tahtasına Kimyasal Modifikasyon Uygulamasının Frekans Spektruma Etkisi

zet

Bu tez çalışmasında; çalgı yapımında kullanımı sıkça tercih edilen dut (*Morus spp*) ve servi (*Cypruss spp*) odunlarından elde edilmiş küçük boyutlu ve klasik kemençe yapımı için kullanılacak odun örnekleri propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmuştur. Kimyasal modifikasyon işlemi uygulanan küçük boyutlu odun örneklerinde meydana gelen ağırlık kazancı (WPG (%)) değerleri, şişme katsayı (S (%)) değerleri ve şişme karşısında etkinlik (ASE (%)) değerleri hesaplanıp belirlenmiştir. Kimyasal modifikasyon işlemi uygulanan büyük boyutlu odun örneklerinden klasik kemençe üretilmiş ve klasik kemençenin ses tablasına kimyasal modifikasyon işlemi uygulamasının akustik üzerine etkisi araştırılmıştır.

6 saatlik kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında elde edilen verilere göre; dut odunu %6,91 WPG değerleri, servi odunu için %18,4 WPG değerleri saptanmıştır. Örneklerin boyutsal stabilitesi ile ilgili sonuçlar incelendiğinde dut için %70, servi için %66,1 şişme karşısında etkinlik (ASE (%)) değerleri saptanmıştır. Her iki odun türü için elde edilen veriler incelendiğinde WPG değerleri ile boyutsal stabilitesi arasında pozitif bir korelasyon olduğu saptanmıştır.

Kimyasal modifikasyon uygulamasının akustik üzerine etkisini incelemek için kimyasal modifikasyon işlemi uygulanmış ve uygulanmamış olan ses tablalarına *chladni* metodu kullanılarak üretilen ses tablalarının doğal frekansları ve yüzeylerinde oluşan mod Şekilleri incelenmiştir. Kimyasal modifikasyon işlemi uygulanan ses

tablası ile işlem uygulanmayan ses tablasının doğal frekansları incelendiğinde, kimyasal modifikasyon işlemi uygulanmayan ses tablası için 254 Hz ve 513 Hz olduğu, kimyasal modifikasyon işlemi uygulanan ses tablası için 254 Hz ve 532 Hz olduğu saptanmıştır. Akustik üzerine etkisini tespit etmek için uygulanan bir diğer metot olan ses yayılım analizi sonuçları incelendiğinde kimyasal modifikasyon işleminin mod frekansları üzerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kimyasal modifikasyon, propiyonik anhidrit, boyutsal sabitlik, akustik özellikler, klasik kemençe

The Effect On Frequency Spectrum When Chemical Modification Applied Over Kemence's Body Wood And Soundboard

Abstract

In this thesis study; Wood samples to be used for making small-sized and classical kemence obtained from mulberry (*Morus spp*) and cypress (*Cypruss spp*) woods, which are frequently used in instrument making, Chemical modification of the wood samples was carried out using propionic anhydride. The weight gain values (WPG (%)) values, Swelling coefficient (S(%)) values and anti-swelling efficients (ASE (%)) values occurring in small sized wood samples applied Chemical Modification process were calculated and determined. Classical kemence was produced from large-sized wood samples that were subjected to chemical modification and the effect of chemical modification on the soundboard of the classical kemence on acoustics was investigated.

According to the data obtained after 6 hours of chemical modification; A value of % 6.91 WPG was determined for mulberry tree and % 18.4 WPG value for cypress wood. When the results regarding the dimensional stability of the samples were examined, the efficiency (ASE (%)) value against swelling was determined as % 70 for mulberry and % 66,1 for cypress. When the data obtained for both wood species were examined, it was determined that there was a positive correlation between WPG values and dimensional stability.

In order to examine the effect of chemical modification application on acoustics, the natural frequencies of the soundboards produced by using the chladni method and the mode shapes formed on the surfaces of the soundboards with and without the chemical

modification process were examined. When the natural frequencies of the soundboard with the chemical modification process and the unprocessed soundboard are examined, It was determined that it was 254 Hz and 513 Hz for the soundboard without chemical modification, and 254 Hz and 532 Hz for the soundboard with chemical modification. When the results of sound propagation analysis, another method applied to determine its effect on acoustics, were examined, it was determined that the chemical modification process had an effect on the mode frequencies.

Keywords: Chemical modification, propionic anhydride, dimensional stability, acoustic properties, classical kemençe

Aileme,

Teşekkür

Tez konumun belirlenmesinde ve yüksek lisans dönemi boyunca beni yönlendirip desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof Dr. Nihat Sami ÇETİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana nice bilgiler aktaran Prof. Dr. Nilgöl ÇETİN ve Dr. Öğretim Üyesi Nasır NARLIOĞLU'na teşekkür ederim.

Bana yol gösteren ve desteğini hiç esirgemeyen Doç. Dr. Ali Maruf ALASKAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca odun örneklerimin boyutlandırılması ve çalgı üretimi yapımı konusunda yardımlarını ve bilgilerini hiç esirgemeyen Dr. Öğretim Üyesi Atakan DELİGÖZ, Öğretim Üyesi Ejder PAMUKÇU, Öğretim Üyesi Mehmet YALGIN ve Öğretim Üyesi Ümit ÇİÇEKÇİOĞLU'na teşekkür ederim.

Akustik ölçümlerin yapılmasında bilgisini ve olanaklarını sunduğu için Dr. Öğretim Üyesi Emir DEĞİRMENLİ'ye teşekkür ederim.

Tez kapsamında laboratuvar çalışmalarının yürütülmesinde ve her konuda bana yardımcı olan ve desteğini hiç esirgemeyen Ar. Gör. Ayberk AYDOĞMUŞ, Ar. Gör. Hakan FİDAN ve Ar. Gör. Mehmet DEMİR'e teşekkür ederim.

Çalgı üretimi boyunca atölyesini kullanmama olanak sağlayan Lutiyer Fatih TOPÇU'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans boyunca her zaman destek olan arkadaşım Olgun KURT'a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında, hep benim mutluluğumu ve iyiliğimi düşünüp desteğini hiç esirgemeyen başta annem Nalan YURTERİ ve babam Uğur YURTERİ olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Temmuz 2022

Yiğit YURTERİ

İçindekiler

Yazarlık Beyanı	ii
Özet	iii
Abstract	v
Teşekkür.....	viii
Şekiller Listesi	xii
Tablolar Listesi	xv
Kısaltmalar ve Semboller Listesi	xvi
1 Giriş	1
1.1 Çalgıların Tarihsel Gelişimi	2
1.1.1 Kemençenin Tarihsel Gelişimi	4
1.2 Klasik Kemençe Yapımı	7
1.2.1 Klasik Kemençe Gövdesinin Hazırlanması	7
1.2.1.1 Kemençe Gövdesinin Kesimi	8
1.2.1.2 Kemençe Gövdesinin Dış Formunun Şekillendirilmesi	8
1.2.1.3 Kemençe Gövdesinin Oyulup Ölçülendirilmesi.....	9
1.2.2 Kemençe Ses Tablasının Hazırlanması	11
1.2.3 Klavyenin Yapılması ve Hazırlanması	14
1.2.4 Klasik Kemençenin Tellenmesi.....	14
1.3 Akustik Analiz.....	15
1.3.1 Chladni Metodu	15
1.3.2 Ses Yayınım Analizi	16

1.4 Odun Modifikasyonu	17
1.5 Kimyasal Modifikasyon.....	18
1.5.1 Boyutsal Sabitlik	20
2 Literatür Özeti	22
3 Materyal ve Metot	25
3.1 Materyal	25
3.1.1 Örneklerin Öğütülmesi.....	27
3.1.2 Odun Örneklerinden Rutubetin Uzaklaştırılması	27
3.2 Odun Örneklerinin Kimyasal Analiz Yöntemleri	28
3.2.1 Ekstraksiyon İşlemi	28
3.2.2 Holoselüloz Tayini	29
3.2.3 Alfa selüloz Tayini	31
3.3 FTIR Analizi.....	32
3.4 Boyutsal Sabitlik Testi	33
3.5 Kimyasal Modifikasyon İşlemi	35
3.5.1 Küçük Boyutlu Örneklerin Kimyasal Modifiikasyon İşlemi	35
3.5.2 Büyük Boyutlu Örneklerin Kimyasal Modifikasyon İşlemi.....	37
3.6 Büyük Boyutlu Örneklerle Enstrüman Hazırlanması	39
3.7 Akustik Ölçümlerin Yapılması.....	39
3.7.1 Chladni Metodu	39
3.7.2 Ses Yayınım Analizi	41
4 Bulgular	44
4.1 Kimyasal Tahlil Sonuçları	44
4.2 Küçük Boyutlu Odun Örneklerinin Kimyasal Modifikasyon Sonrası WPG Değerleri.....	44
4.3 Kimyasal Modifikasyon İşlemi Sonrasında Örneklerin Hacimsel Değişim Sonuçları	47
4.4 Şişme Katsayısı ve ASE Değerlerinde Gözlemlenen Sonuçlar	48

4.4.1 Şişme Katsayısı Değerlerinde Gözlemlenen Sonuçlar	48
4.4.2 ASE Değerlerinde Gözlemlenen Sonuçlar	49
4.5 FTIR Analizleri Sonuçları	52
4.6 Akustik Ölçümlere Ait Bulgular	54
4.6.1 Chladni Metoduna Ait Bulgular	54
4.6.2 Ses Yayınım Analizine Ait Bulgular	56
5 Sonuç ve Öneriler	58
Kaynakça	60
Özgeçmiş	63

Şekiller Listesi

Şekil 1.1	Dünya üzerindeki en eski çalgı aleti	3
Şekil 1.2	Sir Leonard Woolley'in lir çalgısının keşfine ait fotoğraf	3
Şekil 1.3	Bizans dönemine ait olan fildişi kutusun üzerine işlenmiş olan lyra dictanın tasviri.....	4
Şekil 1.4	Rebec çalgısının görseli	5
Şekil 1.5	Lyra çalgısının görseli	5
Şekil 1.6	Klasik kemençe çalgısının görseli	6
Şekil 1.7	Gadulka çalgısının görseli	6
Şekil 1.8	Klasik kemençenin bölümleri	7
Şekil 1.9	Yapım aşamasında kullanılan ıskarpela	8
Şekil 1.10	Yapım aşamasında kullanılan törpü	9
Şekil 1.11	Yapım aşamasında kullanılan pastrangula	9
Şekil 1.12	Klasik kemençe gövde odunun ölçülendirme projesi	10
Şekil 1.13	Ölçülendirilmelerin yapımında kullanılan komparatör	11
Şekil 1.14	Klasik kemençenin ses tablasının ölçülendirmesine örnek proje	12
Şekil 1.15	Ses tablasının yapımında kullanılan parmak rende	12
Şekil 1.16	Ses tablasının yapımında kullanılan oluklu ıskarpelalar	13
Şekil 1.17	Ses tablasının yapımında kullanılan kıl testere	13
Şekil 1.18	Burgu traş ve rayba	14
Şekil 1.19	Chladni metodu uygulanmış olan ud ses tablası	15
Şekil 1.20	Keman üzerinde yapılmış olan ses yayılım analizi	16
Şekil 1.21	Odun modifikasyon yöntemlerinin şeması	17
Şekil 1.22	Odun ile asetik anhidrit arasında gerçekleşmiş olan reaksiyonun mekanizması.....	18
Şekil 3.1	Odun çıtalarından deney örneklerinin hazırlanması	26
Şekil 3.2	Odun örneklerinin kalibrasyon işlemi	26
Şekil 3.3	Odun örneklerinin öğütülmesi için kullanılan öğütme cihazı	27
Şekil 3.4	Ekstraksiyon işleminin yapıldığı düzenek	28

Şekil 3.5	Delignifikasyon uygulamasının yapıldığı düzenek	30
Şekil 3.6	Alfa selüloz miktarının hesaplanması için hazırlanan örnekler	31
Şekil 3.7	FTIR analizlerinin gerçekleştirildiği cihaz	32
Şekil 3.8	Yıkama işleminin gerçekleştirildiği düzenek	34
Şekil 3.9	Odun ile propiyonik anhidrit arasında gerçekleşen kimyasal modifikasyonun mekanizması	35
Şekil 3.10	Küçük boyutlu odun örneklerinin kimyasal modifikasyon işleminin gerçekleştirildiği düzenek	36
Şekil 3.11	Büyük boyutlu dut örneğinin kimyasal modifikasyonun gerçekleştiği düzenek	37
Şekil 3.12	Büyük boyutlu servi örneğinin kimyasal modifikasyonun gerçekleştiği düzenek	38
Şekil 3.13	Büyük boyutlu örneklerin vakumlu poşette etüv içinde bekletilme aşaması	38
Şekil 3.14	Chladni testi için kullanılan GW Instek AFG-2005 marka fonksiyon jeneratörü ve TONYLEE VS600 marka power amfi	40
Şekil 3.15	Chladni metodu için kullanılan Eminence 6 marka hoparlör	40
Şekil 3.16	Ses yayılım analizi için kullanılan B&K 7781-N6 Pulse Access FFT Analiz Yazılımı	41
Şekil 3.17	Ses yayılım analizi için kullanılan B&K 8204 Minyatür Darbe Çekici .	42
Şekil 3.18	Ses yayılım analizinde kullanılan B&K 4189-A-021 mikrofon	42
Şekil 3.19	Ses yayılım analizinde kullanılan B&K 3050-A-060 ses kartı	43
Şekil 3.20	Ses yayılım analizi tespiti için kullanılan düzenek	43
Şekil 4.1	Kimyasal modifikasyon reaksiyon sürelerine bağlı olarak odun örneklerinde meydana gelen ağırlık kazancı (WPG) değişimi.	45
Şekil 4.2	Servi örneklerinin WPG (%) değerlerine bağlı olarak hacimsel değişim	47
Şekil 4.3	Dut örneklerinin WPG(%) değerlerine bağlı olarak hacimsel değişimi .	47
Şekil 4.4	Farklı Kimyasal Modifikasyon sürelerine bağlı olarak kazanılan WPG (%) değerlerine göre servi örneklerinin şişme katsayı değerleri (S (%)).	48
Şekil 4.5	Farklı Kimyasal Modifikasyon sürelerine bağlı olarak kazanılan WPG (%) değerlerine göre dut örneklerinin şişme katsayı değerleri (S (%))....	49

Şekil 4.6	Servi odun örneklerinin farklı kimyasal modifikasyon sürelerine göre elde edilen WPG(%) değerlerine bağlı olarak kazanılan (ASE(%)) değerleri.....	50
Şekil 4.7	Dut odun örneklerinin farklı kimyasal modifikasyon sürelerine göre elde edilen WPG(%) değerlerine bağlı olarak kazanılan (ASE(%)) değerleri	51
Şekil 4.8	Servi odun örneklerinin propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi öncesi ve sonrası elde edilen FTIR analizleri	52
Şekil 4.9	Dut odun örneklerinin propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi öncesi ve sonrası elde edilen FTIR analizleri	53
Şekil 4.10	Modifikasyonlu ve Kontrol ses tablalarının 254 Hz doğal frekanslarındaki görünüşleri.....	54
Şekil 4.11	Soldaki modifikasyonlu ses tablasının 532 Hz doğal frekansındaki görünüşü, Sağdaki kontrol ses tablasının 513 Hz doğal frekansındaki görünüşü	55
Şekil 4.12	Kimyasal Modifikasyon işlemi uygulanan ve kontrol ses tablalarının ses yayılım analizi.....	56
Şekil 4.13	Farklı günlerde kontrol kemeçesine yapılan ses yayılım analizi.....	57

Tablolar Listesi

Tablo 4.1 Odun örneklerinin kimyasal tahlil sonuçları	44
Tablo 4.2 Küçük boyutlu örneklerin kimyasal modifikasyon sonrası ağırlık kazançları (WPG)	45

Kısaltmalar ve Semboller Listesi

Kısaltmalar

ASE	Şişmeye Karşı Etkinlik Değeri (%)
S	Şişme katsayısı (%)
WPG	Ağırlık kazancı (%)
FTF	Frekans Tepki Fonksiyonu

Semboller

<i>dB</i>	Genellikle ses düzeyi için kullanılan bir birimdir.
<i>Hz</i>	Birim saniyedeki titreşim sayısını veren birimdir.
<i>Pa</i>	Basınç birimidir

Bölüm 1

Giriş

Müzik, insanlığın ilk zamanlarından günümüze kadar varlığını sürdürmüş ve insanlığın gelişimiyle doğru orantılı bir şekilde gelişimine devam etmiştir. İnsanlık tarihine bakıldığında fizyolojik olarak varoluşunu sürdürebilen her insan psikolojik doygunluğa ulaşmak için iletişim kurma ihtiyacı duymaktadır. İletişim bazen sözlü bazen yazılı bazen de görsel olarak gerçekleşebilir. İlkel bir kabileden hayvan kemiğinden üretilen flütün üflenmesiyle başlayan haberleşme sesleri bugün yaşamımızın vazgeçilmez bir parçası olan müziğin temel taşlarını oluşturmaktadır. Bu ilk enstrümanlar zamanla gelişerek seslerin daha düzenli ve stabilize halde çıkması için çeşitli ağaç, metal, hayvan derisi gibi farklı materyaller kullanılarak bugünkü enstrümanlara evrilmiştir. Müziğin gelişimde çalgıların yeri tartışılmaz bir gerçektir ve müzik aletleri yapımında ahşap malzeme kullanımı sıkça tercih edilmektedir. Ahşap malzemenin sahip olduğu akustik özellikleri ve estetik açıdan göze güzel geliyor olması çalgı yapımında tercih edilmesindeki en önemli sebeptir. Ahşap malzeme bu kadar iyi özelliklere sahip olmasının yanı sıra dezavantaj olarak nitelendirilecek özellikleri bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, farklı rutubet koşullarına bağlı olarak atmosferdeki su molekülleri ile etkileşime girmesidir. Bunun sonucunda ortamdaki nem değişimi; akort kaçması, sap dönmesi ve çalgının onarımını gerektirecek hasarların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için ahşap malzemeye farklı modifikasyon yöntemleri kullanılarak boyutsal sabitlik kazandırılması amaçlanmıştır. Literatürde geçmişte yapılmış olan çalışmalar incelendiği zaman birçok araştırmacı modifikasyon işlemi aracılığıyla ahşap malzemeye boyutsal sabitlik kazandırmayı hedeflemişlerdir [1-11]. Ancak yapılan modifikasyon işlemlerinin, özellikle bu tez çalışmasında üstünde duracağımız modifikasyon yöntemi olan kimyasal modifikasyon işleminin ahşap malzemenin

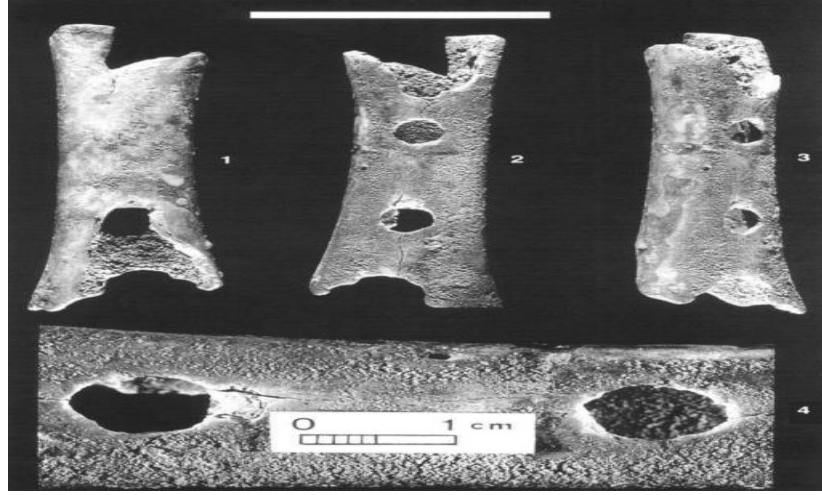
akustik özellikleri üzerine etkileriyle ilgili yapılan çok fazla çalışma olmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada çalgı yapımında kullanımı sıkça tercih edilen dut (*Morus spp*) ve servi (*Cypruss spp*) odun örnekleri propiyonik anhidrit kullanılarak kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmuştur. Uygulama sonrasında odun örneklerinin akustik özelliklerinde ve boyutsal sabitliklerinde meydana gelecek olan değişimin araştırılması hedeflenmiştir. Kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmuş olan odun örneklerinden klasik kemençe çalgısı üretilip kimyasal modifikasyonun akustik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir.

1.1 Çalgıların Tarihsel Gelişimi

İnsanlık tarihi incelediğinde ilk insanların müzik ile nasıl tanışmış oldukları tam anlamıyla bilinmemektedir. Ama insanların müzik aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurdukları düşünülmektedir. Elleriyle ritim yaparak, ıslık çalarak, taşları veya odunları birbirlerine vurup çıkartmış oldukları sesler aracılığıyla iletişim kurdukları ve bu çıkartmış oldukları sesleri ritmik bir şekilde tekrar etmeleri sonucunda müziğin doğduğu düşünülmektedir [12].

Geçmişte yaşamış olan bazı ilkel kabileler incelendiğinde, ilk insanların ağaçların içlerini çıkartıp ağaçlara vurarak ses çıkardıkları düşünülmektedir. Bu düşünce ilk insanların perküsyon yani ritim çalgılarıyla ilk olarak tanışmış olabilme kanısını güçlendirmektedir. Lakin ahşap malzeme doğada çözünebilen bir malzeme olduğu için günümüze kadar deforme olmadan ulaşmayı başaramamıştır [12].

Slovenya’da yapılmış olan bir arkeolojik kazıda Divje Babe mağarasında, genç bir mağara ayısının uyluk kemiği kullanılarak üretilmiş olan bir flüt keşfedilmiştir. Bu flütün orta paleolitik döneme ait olduğu belirtilmektedir. Bu flütün dünya üzerindeki en eski çalgı olduğu kabul edilmektedir [13]. Flütün resmi Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Dünya üzerindeki en eski çalgı aleti [14]

Literatürdeki başka çalışmalar incelendiğinde, Mezopotamya’da yaşamış müzisyenler inandıkları tanrı ve tanrıçaları için çok sayıda çalgı aleti yaptıkları ve özel kutlamalar için müzikler çalındığı bilinmektedir. Mezopotamya’da 5500 yıllık olduğu bilinen telli çalgılar ve davullar bulunmuştur [29].

Mezopotamya’da yaşamış sümerlilerin kral mezarlarında, Sir Leonard Woolley tarafından yürütülen arkeolojik çalışmalarda kraliçe Puabi’ye ait olduğu düşünülen bir lir keşfedilmiştir [29].



Şekil 1.2: Sir Leonard Woolley’in lir çalgısının keşfine ait fotoğraf [48]

1.1.1 Kemençenin Tarihsel Gelişimi

Kemençe kelimesi etimolojik olarak incelendiğinde farsça küçük yay anlamına gelen “*keman*” kelimesi ile küçültme ismi yapan “*çe*” ile birleşmesinden ortaya çıkmıştır [16].

Yerli ve yabancı literatürler incelendiğinde klasik kemençe çalgısının kökeni ile ilgili farklı görüşler görülmektedir. Bu görüşlerin ortaya çıkmasında en büyük rol oynayan sebep çalgıların birbirlerine görünüş olarak benzemesi ancak birbirlerinden farklı çalgılar olarak isimlendirilmeleridir [15].

Literatürde orta çağda kullanılmış olan “*Lyra*” isimli bir çalgıdan bahsedilmektedir. Çalgının aynı kemençede olduğu gibi armut şeklinde olduğu ve aynı kemençede olduğunu gibi iki yarım daire şeklinde ses deliklerinin olduğu ve köprünün kemençede olduğu gibi ses deliklerinin tam ortasında olduğunu belirtilmiştir [15].

Görünüş olarak armudi şeklinde olan ve telleri tırnak teması ile çalınan bu yaylı çalgının tarih içindeki serüveni; 10. Yüzyılda Bizans topraklarında *lyra dicta* ismiyle başlamıştır. Sonrasında 13. Yüzyılda *rebec* ismiyle Avrupa’da görülmüştür. Girit ve çevre adalarda 15.yüzyılda *lyra* ismiyle kullanılmıştır. 18.yüzyılda Osmanlı’da öncesinde *lyra* ismiyle anılıp sonrasında kemençe olarak adlandırılıp kullanılmıştır. Son olarak 19. Yüzyılda Bulgaristan’a *gadulka* ismiyle ulaşmıştır [43]. Bu çalgıları görselleri sırasıyla Şekil 1.3, Şekil 1.4, Şekil 1.5, Şekil 1.6 ve Şekil 1.7’de gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Bizans dönemine ait olan fildişi kutusun üzerine işlenmiş olan *lyra dicta*nın tasviri [43]



Şekil 1.4: Rebec algısının görseli [44]



Şekil 1.5: Lyra algısının görseli [45]



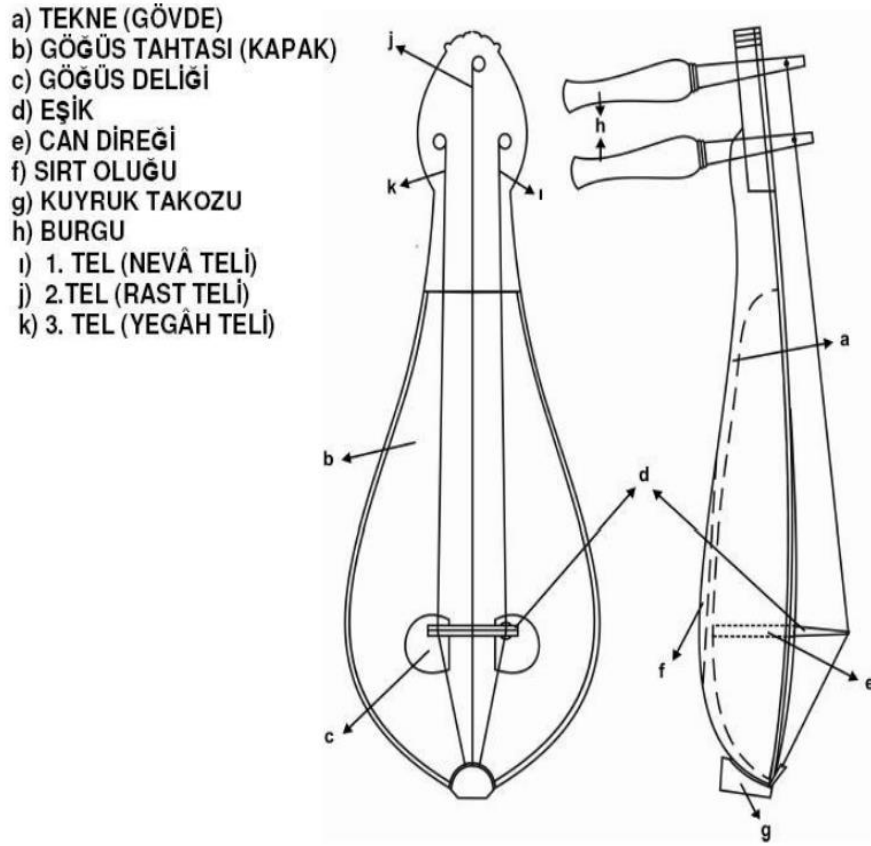
Şekil 1.6: Klasik kemençe çalgısının görseli [46]



Şekil 1.7: Gadulka çalgısının görseli [47]

1.2 Klasik Kemeçe Yapımı

Klasik kemeçe çalgısının yapımı için izlenen 4 temel aşama vardır. Bunlar sırasıyla kemeçe için kullanılacak olan gövdenin hazırlanması, gövdeye uygun şekilde ses tablasının hazırlanması, klavyenin yapımı ve montajı, son olarak aksesuarların hazırlanması ve çalgının tellenmesidir. Klasik kemeçe çalgısının bölümleri şekil 1.8’de verilmiştir.



şekil 1.8: Klasik kemeenin bölümleri [35]

1.2.1 Klasik Kemeçe Gövdesinin Hazırlanması

Kemeçe gövdesinin yapımı için 20 x 6 x 50 cm hacme sahip bir odun ideal llilere sahiptir [15]. Kemeenin gövdesinin yapımı 3 aşamadan oluşmaktadır; kemeçe gövdesinin şablonlara göre kesilmesi, Kemeçe gövdesinin dış formunu bombe

şablonlarına göre şekillendirilmesi ve son olarak kemeçe gövdesinin içinin oyulup ölçülendirilmesidir.

1.2.1.1 Kemeçe Gövdesinin Kesimi

Klasik kemeçe gövdesinin yapımı için temin edilen odunun kesim aşamasının hatasız, şablonlarının çiziminin daha kolay olabilmesi ve daha rahat bir şekilde kesim yapılabilmesi için kullanılacak odun planya makinesi kullanılarak her bir yüzeyin birbirine 90° olması sağlanmaktadır. Sonrasında gövde odunu yan görünüm şablonu kullanılarak markalanır. Yan görünüm şablonuna göre çizilmiş olan gövde odunu şerit testere makinası yardımıyla kesilmektedir. Kesim işlemi bittikten sonra önden görünüm şablonuyla markalanan gövde odunu tekrar şerit testere makinası kullanılarak kesilmektedir.

1.2.1.2 Kemeçe Gövdesinin Dış Formunun Şekillendirilmesi

Kesilip işlenmek için hazır hale gelen gövde odunu bombe şablonlarına göre ıskarpela, törpü ve pastrangula kullanılarak şekillendirilir. Gövdenin dış formunun son hali sistre kullanarak bombe şablonlarına uygun şekillendirilir. Yapım aşamasında kullanılan aletler sırasıyla Şekil 1.9, Şekil 1.10 ve Şekil 1.11’de gösterilmiştir.



Şekil 1.9: Yapım aşamasında kullanılan ıskarpela [36]



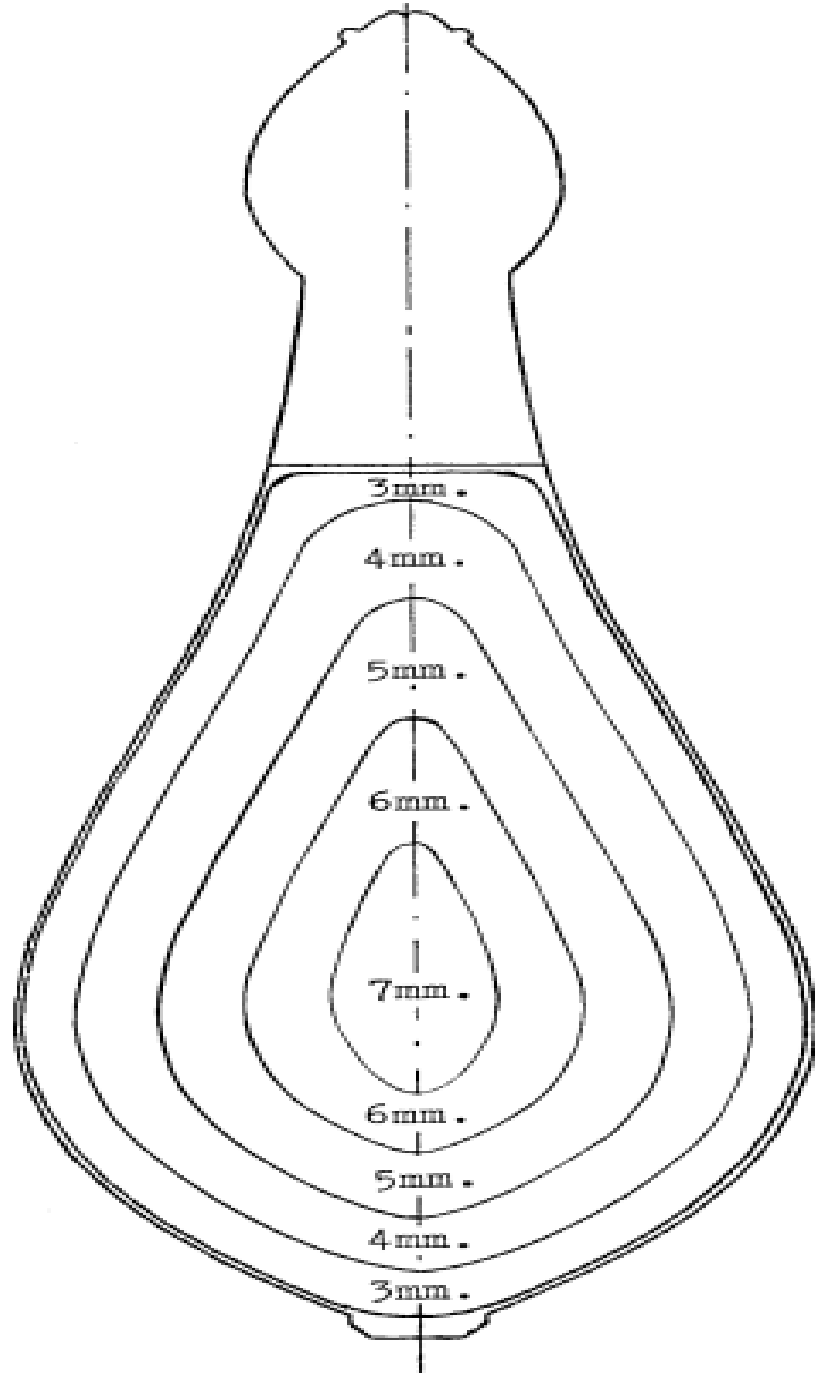
Şekil 1.10: Yapım aşamasında kullanılan törpü [37]



Şekil 1.11: Yapım aşamasında kullanılan pastrangula [38]

1.2.1.3 Kemeç Gövdesinin Oyulup Ölçülendirilmesi

Gövdenin üzerine monte edilecek olan klavyenin yeri belirlendikten sonra kenarlarından ve klavyenin gelecek olduğu yerden 5 mm pay bırakılarak oyulması gereken yer gövde üzerine çizilir. Sonrasında gövde oluklu iskarpela ve parmak rende yardımıyla projeye uygun şekilde ölçülendirilir. Ölçülendirmenin kontrolü için komparatör (saatli kumpas) kullanılmaktadır. Ölçülendirilmek için kullanılan örnek bir proje ve komparatör Şekil 1.12 ve Şekil 1.13’de gösterilmiştir.



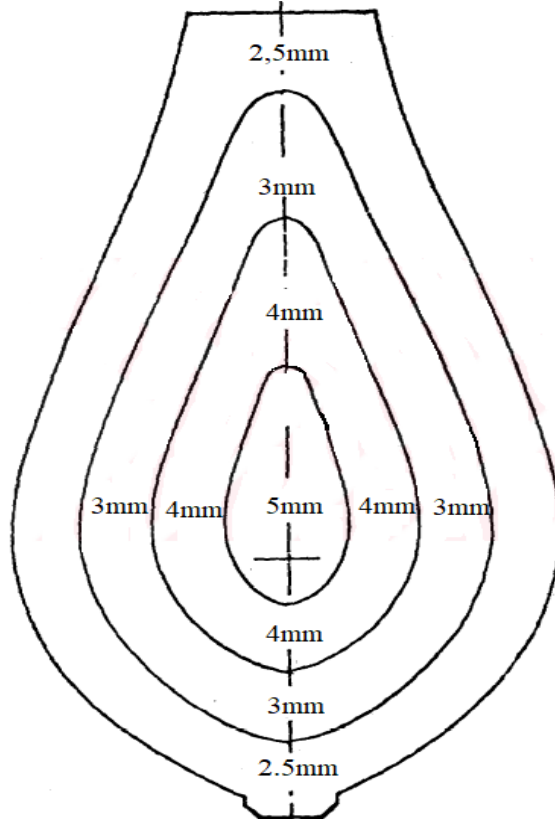
Şekil 1.12: Klasik kemençe gövde odunun ölçülendirme projesi [15]



Şekil 1.13: Ölçülendirilmelerin yapımında kullanılan komparatör

1.2.2 Kemeçe Ses Tablasının Hazırlanması

Gövdeye göre çizilip kesildikten sonra ses tablasının dış bombesi bombe şablonlarına uygun olacak şekilde parmak rende yardımıyla şekillendirilir. Dış bombesi tamamlandıktan sonra ses tablasının iç ölçülendirilmesine başlanır. İç ölçülendirme oluklu ıskarpela ve parmak rende kullanılarak projeye uygun şekilde ölçülendirilir. Ölçülendirilen ses tablasının ölçülerinin kontrolü için komparatör kullanılır. Ölçülendirme işlemi bittikten sonra ses deliği şablonu kullanılarak ses deliklerinin yerleri belirlenip kıl testere yardımıyla ses delikleri kesilir. Sonrasında ses tablası gövdeye tutkal yardımıyla yapıştırılmaktadır. Ölçülendirilmek için kullanılan örnek bir proje Şekil 1.14’de gösterilmiştir. Ses tablasının yapım aşamasında kullanılan aletler sırasıyla Şekil 1.15, Şekil 1.16 ve Şekil 1.17’de gösterilmiştir.



Şekil 1.14: Klasik kemençenin ses tablasının ölçülendirmesine örnek proje [15]



Şekil 1.15: Ses tablasının yapımında kullanılan parmak rende [39]



Şekil 1.16: Ses tablasının yapımında kullanılan oluklu ıskarpelalar [40]



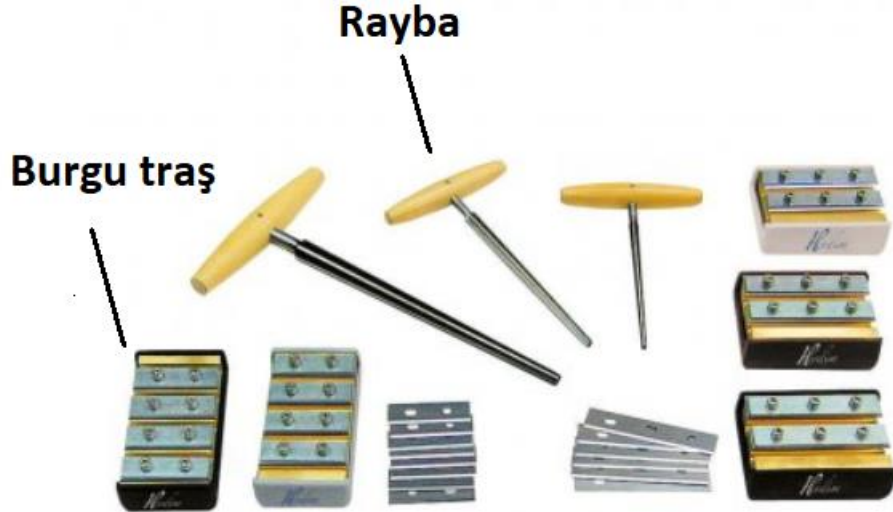
Şekil 1.17: Ses tablasının yapımında kullanılan kıl testere [41]

1.2.3 Klavyenin yapılması ve Hazırlanması

Gövde üzerinde klavye için belirlenmiş yere göre kesilen odun gövde yüzeyine alışması için tesviye edilir. Gövde ve klavye yüzeyleri birbirlerine tam olarak kesiştikleri zaman klavye yapıştırılmak için hazırdır. İşkence kullanılarak klavye ve gövdenin bir birine iyi bir şekilde yapışması amaçlanmaktadır.

1.2.4 Klasik Kemençenin Tellenmesi

Kemençenin tellenebilmesi için telleri tutacak olan burguların işlenmesi ve kuyruk parçasının yapılması gerekmektedir. Kuyruk kısmı için metal bir tel kullanılıp kemençenin formuna göre şekillendirildikten sonra kaynak yapılmaktadır. Klavye üzerinde burguların takılacağı yerler belirlendikten sonra burğu delikleri delinir ve delinen delikler rayba kullanılarak istenilen genişliğe getirilir. Burguların burğu deliklerinin genişliğine uygun şekilde tesviye edilmesi için burğu traş aleti kullanılır. Burgular ve kuyruk hazırlandıktan sonra şablona göre kesilip son tesviyesi yapılmış olan köprü ve kalınlığı istenilen ölçüde ayarlanmış olan can direği hazırlanır. Tüm bunlar hazırlandıktan sonra çalgı tellenir. Burğu delikleri ve burgular için kullanılan rayba ve burğu traş aleti Şekil 1.18’de gösterilmiştir.



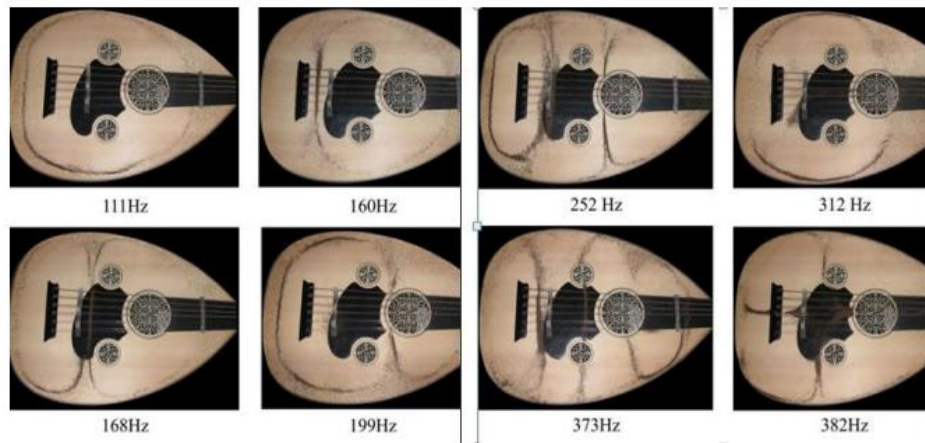
Şekil 1.18: Burğu traş ve rayba [42]

1.3 Akustik Analiz

Yaygın biçimde kullanılan akustik ölçüm yöntemleri arasında bulunan *chladni* metodu ve ses yayılım analizi çalgının doğal frekanslarını, mod genliklerini ve çalgıda oluşan titreşim modlarının hangi frekans aralığında olduğunu ve ses oluşumuna ne kadar katkı sağladığını analiz etmek için kullanılan analiz yöntemleridir.

1.3.1 Chladni Metodu

Ernst Chladninin geliştirdiği bu teknik sayesinde incelenmek istenen yüzeyinin mod şekillerini ve oluşan doğal frekanslarını incelenmek istenen yapıya herhangi bir temas olmadan ve analizi için herhangi başka bir alet yardımı olmadan yapıldığı için yapının ağırlığı dışında bir ağırlık eklenmeden elde edilmesine imkân sağlar. Analiz için ölçülecek olan ses tablasının yüzeyine eşit miktarda toz serpilir. Toz için kurutulup inceltelen çay taneleri kullanım için uygun sayılmaktadır. Hoparlör aracılığıyla belirli frekans aralıklarındaki ses dalgaları tablaya uygulanır ve uygulanan frekans aralığı ile ses tablanın sahip olduğu doğal frekans örtüştüğü zaman ses tablası tınlar ve titreşmeye başlar. Sonrasında ses tablasının yüzeyine serpilmiş olan toz tanecikleri ses tablasının titreşmeyen bölgelerine kaymaktadır. Bunun sonucunda mod şekilleri gözlemlenmekte ve doğal frekansları saptanmaktadır [56]. *Chladni* metoduna göre mod analizi yapılmış olan ud kapağının resmi Şekil 1.19'da gösterilmiştir.



Şekil 1.19: *Chladni* metodu uygulanmış olan ud ses tablası [56]

1.3.2 Ses Yayınım Analizi

Telli çalgıların akustik analizlerinin incelenmesinde kullanılan ölçüm yöntemlerinden biri ses yayılım analizidir. Ses yayılım analizini, ölçüm yapılacak olan çalgının titreşim modlarının saptanması ve titreşim modlarının ses oluşumuna etkisinin ne düzeyde olduklarının belirlenmesinde çok önemli bir analiz yöntemidir. Bu analiz yöntemi çalgının eşik bölgesinden darbe çekici ile eşğin uyarılması ve bunun sonucunda meydana gelen ses basıncının mikrofon aracılığıyla ölçülmesi tekniğidir. Bu analiz yöntemi çalgının titreşim modlarının ne derecede ses yayılımına katkısı olduğunun tespitinin yapılmasına olanak sağlamaktadır [56].

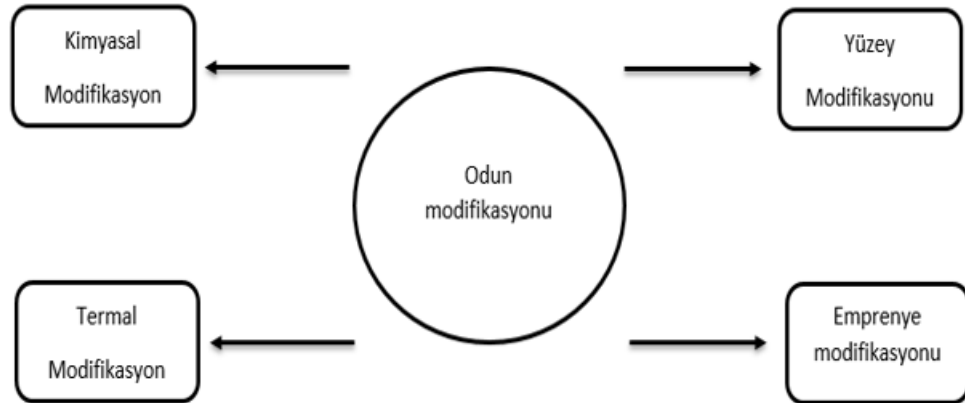
Analiz için çalgı bir düzenek yardımıyla sabitlenmekte ve mikrofonun eksenine göre farklı açılarda veri toplanmaktadır. Ses yayılım analizinin yapılmış olduğu benzer bir düzenek Şekil 1.20’de gösterilmiştir.



Şekil 1.20: Keman üzerinde yapılmış olan ses yayılım analizi [57]

1.4 Odun Modifikasyonu

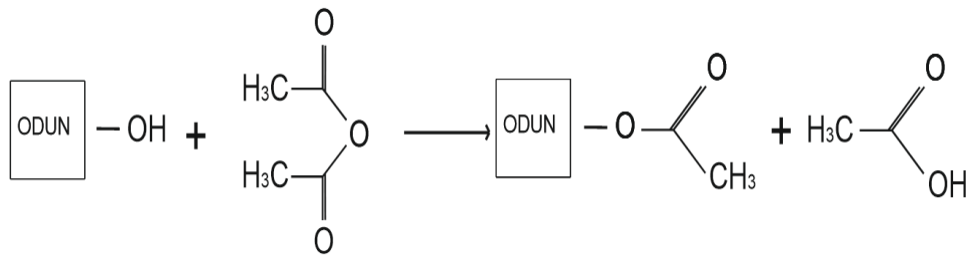
Ahşap malzemenin estetik açıdan göze hitap etmesi, mekanik özelliklerinin özgül ağırlıklarına oranla oldukça yüksek olması, işlenme aşamasında kolay işlenebilir olması gibi bunlara benzer birçok iyi özelliği sayesinde farklı alanlarda kullanımı çokça tercih edilmektedir. Bu kadar iyi özelliklere sahip olup kullanılabilirliği çok yüksek olmasına rağmen ahşap malzemenin dezavantajları vardır. Farklı rutubet koşullarına bağlı olarak atmosferdeki su molekülleri ile etkileşime girmesi dezavantajlar arasındadır. Bu odunun boyutsal stabilizesini etkilediği için olumsuz sayılabilecek özelliklerinden biridir. Bir dezavantaj ise odunun biyolojik açıdan böcek, mantar ve UV ışınları gibi dış faktörlerden etkilenip deforme olmasıdır. Bu olumsuz özellikleri göz önüne alındığı zaman ahşap malzemenin kullanım alanları kısıtlanmaktadır. Bunun önüne geçebilmek için odunun hücre çeperlerinde bulunan bileşenlere farklı kimyasallar veya yüksek sıcaklık uygulanarak modifiye edilme işlemi ve bu işlemlerin tamamı odun modifikasyonu diye adlandırılmaktadır [17-19]. Kısacası odun modifikasyonu işlemi odunun yapısını geliştirme, sahip olduğu olumsuz özellikleri ortadan kaldırmayı amaçlayan işlemlerin tamamı olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada oduna anhidritler kullanılarak uygulanan kimyasal modifikasyon işlemi üzerinde odaklanacağız. Odun modifikasyon yöntemleri Şekil 1.21’de şematize edilmiştir.



Şekil 1.21: Odun modifikasyon yöntemlerinin şeması

1.5 Kimyasal modifikasyon

Kimyasal modifikasyon işlemi; odunun hücre çeperinde bulunan serbest OH (hidroksil) grupları ile kimyasal arasında katalizör eşliğinde ya da katalizör olmadan gerçekleşen bir reaksiyondur. Odunun hücre çeperinde bulunan bu serbest OH grupları odununun olumsuz özellikleri olmasına sebebiyet vermektedir [20-22]. Odunun yapısında bulunan OH fonksiyonel grupları odunun bünyesinde yüksek oranda bulunmasının yanı sıra odunun ortamdaki nem ile etkileşim içinde olmasına sebep olmaktadır. Bu odunun boyutsal sabitliğini olumsuz etkilemektedir. Bunun önüne geçebilmek için kullanılan kimyasal modifikasyon işlemleri özellikle literatürde sıkça kullanımı tercih edilen asetilasyon işlemi odunda serbest halde bulunan hidrofilik karakterdeki serbest fonksiyonel grupları yerine hidrofobik olan kimyasallar ile yer değiştirip odun yapısına kimyasalların bağlanması hedeflenmektedir [18]. Odunun kimyasal modifikasyonu işleminde farklı kimyasallar çalışılmış olsa bile (anhidritler, formaldehitler, izosiyanatlar vb.) literatür incelendiğinde odunun kimyasal modifikasyon işlemi için en çok tercih edilen yönteminin asetillendirme olduğu gözlemlenmiştir [1,3,50,54,58,59]. Asetik anhidrit ile ahşap malzeme arasında gerçekleşen kimyasal modifikasyon işleminin mekanizması Şekil 1.22’de şematize edilmiştir.



Şekil 1.22: Odun ile asetik anhidrit arasında gerçekleşmiş olan reaksiyonun mekanizması

Literatürde ilk olarak odunun asetillendirme reaksiyonu 1928 yılında Fuchs tarafından Almanya’da gerçekleştirilmiştir. Fıstık çamı (*Pinus pinea*) odunundan elde ettiği odun örneklerine sülfürik asit katalizör eşliğinde asetik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirmiş bunun sonucunda odun örneklerinde %40 seviyesinin üstünde ağırlık kazancı olduğunu tespit etmiştir [5].

Tarkow ve ark., 1953 yılında yürütmüş oldukları odunun kimyasal modifikasyonu ile ilgili yapılan ilk çalışmalardan biri olan çalışmalarında; sarı huş, sitka ladini ve ıhlamur ağacı odunları kullanılarak hazırlanmış olan kaplamaları asetik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmuştur [1].

Asetillendirme reaksiyonu sırasında odun ile etkileşime giren asetil grupları odunun hacminde artışa sebep olur ve odunun boyutsal sabitlik kazanmasını sağlar. Odunun yapısında yer edinen asetil grupları odunun %20 seviyesinde ağırlık kazanımına (WPG) sebep olmaktadır [18].

Odun örneklerinin içinde bulunan ekstratif maddelerin kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında odun örneklerinde meydana gelen ağırlık kazanımına etkisi olduğu bilinmektedir. Kimyasal modifikasyon işlemi sırasında ekstraktif maddelerin kimyasal içinde çözüldükleri için WPG değerlerinin düşük çıktığı belirtilmiştir. Bunun önüne geçebilmek için kimyasal modifikasyon işlemi öncesinde kullanılacak olan odun örneklerinin yapılarında sahip oldukları ekstratif maddelerden uzaklaştırılması gerekmektedir [18].

Kimyasal modifikasyon ile gerçekleştirilen reaksiyonun etkili olabilmesi, kullanılmış olan kimyasal maddenin odunun yapısındaki hücre çeperlerine ne denli ulaşabildiğine bağlıdır. Bunun için çeşitli kimyasallar kullanılarak odunda bulunan boşlukları şişirerek reaksiyonun etkinliğinin artırılması çalışmaktadır. Yaygın olarak kullanılmakta olan kimyasallardan bir tanesi piridindir. Piridin sayesinde odunda bulunan OH gruplarına ulaşılabilirlik artmaktadır [18].

1.5.1 Boyutsal Sabitlik

Çetin ve Özmen, 2001 yılında yürütmüş oldukları çalışmalarında karaçam (*Pinus nigra*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) odunlarını tercih ederek hazırlamış oldukları odun örneklerini piridin katalizör eşliğinde farklı sıcaklık derecelerinde krotonik anhidrit kullanılarak kimyasal modifikasyon işlemini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilmiş olan veriler incelendiğinde uygulanan farklı sıcaklıkları sonucunda aynı WPG değerleri elde edilip boyutsal sabitlikleri üzerine anlamlı bir değişimin olmadığı ve elde edilen ağırlık kazancı WPG değerinin %30 ve üzerinde değerler olduğu bildirilen modifikasyon işleminde %90 seviyesinde bir ASE değeri meydana geldiği bildirilmiştir [2].

Hill ve ark., 2000 yılında yürüttükleri çalışmalarında karaçam (*Pinus nigra*) odunundan hazırladıkları odun örneklerini asetik anhidrit ve farklı katalizatör eşliğinde kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılmış olan katalizatörler N-metil pirolidin (NMP), 4-dimetilamino piridin (DMAP), piridin ve N-metil pirolidone (NMPO) 48 olup farklı oranlarda kimyasal modifikasyon işlemine katılmışlardır. Kullanılan farklı katalizörlerin, katalizör kullanılmadan gerçekleştirilen reaksiyonlara göre WPG değerlerinin yüksek olduğu ve gerçekleşen reaksiyonun hızlandırıldığı belirtilmiştir. Gerçekleşen en hızlı reaksiyonun DMAP katalizörü kullanılarak gerçekleştiği gözlemlenmiştir [4].

Sander ve ark., 2003 yılında yaptıkları çalışmalarında asetilasyon işlemi sonrasında odun örneklerinin anatomik yapılarında meydana gelen değişimlerini incelemiştir. Çalışmada ladin (*Picea abies*), kayın (*Fagus sylvatica*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) odun örnekleri hazırlanıp katalizatörsüz bir şekilde asetik anhidrit kullanılarak kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonrasında odun örneklerinde %18-%20 arasında WPG değeri edildiğin gözlemlenmiştir. Elde edilmiş olan WPG değerlerine göre odunda şişme gözlemlenmesine rağmen odun örneklerinin hücre çeperlerinde meydana gelen bir hasar tespit edilememiştir. Odun yapısında bulunan geçitlerin, ince paranzim hücreleri ve trahe hücrelerinin sahip oldukları perforasyon tablalarının tam anlamıyla dolduğu gözlemlenmiştir [23]

Çetin ve ark., 2002 yılında yürüttükleri çalışmalarında karaçam (*Pinus nigra*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) odunları kullanılarak hazırladıkları odun örneklerine farklı

iki anhidrit (asetik ve krotonik) kullanarak, farklı reaksiyon sıcaklıklarında (60 ve 120°C) kimyasal modifikasyon işlemini gerçekleştirmişlerdir. Reaksiyon sonrasında her iki anhidrit içinde %90 seviyesi üzerinde boyutsal sabitlik kazandırıldığı ifade edilmiştir. Reaksiyon sonrasından benzer WPG değerlerinin elde edilmiş olduğu örneklerde reaksiyon sıcaklığı ile boyutsal sabitlik arasında bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir [24].

Çetin ve ark., 2009 yılında yürüttükleri çalışmada okaliptus (*Eucalyptus grandis*) diri odunu kullanarak hazırladıkları odun örneklerine piridin katalizör eşliğinde propiyonik anhidrit kullanarak 80,100 ve 120°C derecede farklı sıcaklıklarda ve farklı süreler eşliğinde modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre 100°C'de 3 saat reaksiyonu gerçekleştirilen odun örneklerinde maksimum %26 WPG değeri elde edildiği ve odun örneklerine %80 seviyesinin üzerinde boyutsal stabilite kazandırıldığı tespit edilmiştir [10].

Aydoğmuş, 2019 yılında yaptığı tez çalışmasında ladin (*Picea orientalis*), akçaağaç (*Acer pseudoplatanus*) ve maun (*Khaya ivorensis*) odunları kullanılarak hazırlanan odun örneklerine propiyonik anhidrit kullanarak 120°C derecede maksimum 9 saatlik reaksiyon süresi olacak şekilde kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonucunda ladin odun örnekleri %26 WPG değeri için %82 ASE değeri kazanmıştır. Akçaağaç odun örnekleri %20 WPG seviyesinde %81 ASE değeri kazanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilmiş olan en az ASE kazanımı maun odunu örneklerinde gözlemlenmiştir. Maun odunları için %20 WPG seviyesinde %50 ASE değeri elde edilmiştir [25].

Oduna uygulanan esterifikasyon işlemleri sonrasında denge rutubet değerinde azalma gözlemlendiği için oduna boyutsal sabitlik kazandırılması odunun akustik malzeme üretiminde kullanım imkanını arttırmaktadır [26].

Bölüm 2

Literatür Özeti

Kabir ve ark., 1998 yılında yürüttükleri çalışmada odunun sahip olduğu lif açısının ve sahip olduğu rutubetin ses iletim hızı üzerinde çok fazla etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada rubber wood (*Hevea brasiliensis*) odunundan hazırlanmış olan odun örnekleri farklı lif açıları ve farklı rutubet seviyelerinde ki değerlerinde meydana gelen ses iletim hızı ve sertlik değerleri incelenmiştir. Araştırmanın sonucunda elde edilen sonuçlar doğrultusunda lif açısı ve rutubet seviyesinin artması ses iletim hızında ve sertlik değerlerinde azalma yaşandığı tespit edilmiştir [30].

Calegari ve ark., 2011 yılında yaptıkları çalışmada okaliptus (*Eucalyptus grandis*) odunlarından hazırlanmış olan odun örneklerinin rutubet miktarı ve özgül ağırlığında meydana gelen değişimin sonucunda ultrasonik ses iletim hızına etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde rutubet miktarı arttıkça ultrasonik ses hızının azaldığı ve yoğunluk arttığında ultrasonik ses hızının arttığı belirlenmiştir [31].

Odunun radyal yönde sahip olduğu iyi akustik özelliklerinin sahip oldukları öz ışınların varlığından dolayı kaynaklandığı ifade edilmiştir [32].

Bunun dışında odun hücrelerinin sahip olduğu geometrik düzen ve yine sahip oldukları ilkbahar ve yaz odunlarının katılım oranıyla, dağılımlarının malzemenin akustik özelliklerine etkisi olduğunu belirtmiştir. Odunda rutubet seviyesinin artması sonucunda radyal yön ile teğet yön kıyaslandığında ses iletim hızında radyal yönde daha yüksek seviyede bir azalma gözlemlendiğini belirtmiştir [33].

Oliveira ve ark., tarafından 2006 yılında yürüttükleri bir çalışmada odunun boyuna yöndeki yoğunluğun ultrasonik ses iletim hızı üzerinde ki etkisi incelenmiştir. Çalışma içeriğinde kullanılmış olan karayip çamı (*Pinus caribea*), jatoba (*Hymenaea spp.*), okaliptüs (*Eucalyptus grandis*), (*Goupia glabra*) türlerinden odun örnekleri 5x5x5 cm

hacimde hazırlanıp örneklerde sahip olunan yoğunluğun ses iletim hızına olan etkisi gözlemlenmiştir. Araştırmanın sonucunda ultrasonik ses iletim hızının boyuna yöndeki yoğunluk artışı ile doğru orantılı bir artış gösterdiği belirtilmiştir [34].

Obataya., 1999 yılında yürütmüş olduğu bir çalışmada klarnet çalgısının ağız kısmında bulunan kamış parçası için farklı türlerde odun örneklerini asetik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutup modifikasyonun etkisini modifiye edilmiş ve edilmemiş örnekleri kıyaslayarak saptama çalışmıştır. Klarnetin ağız kısmında çalgıdan ses çıkmasını sağlayan kamış parçası şeker kamışından üretilir. Uzun süreli çalışmalarda tükürüğünde etkisiyle kamış rutubetlenmekte ve boyutsal sabitliğini koruyamadığı için deforme olmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için alternatif olacağı düşünülen farklı 9 odun türünden hazırlanmış kontrol ve asetik anhidritle modifikasyon işlemi görmüş olan kamışların özellikleri incelenmiştir. Sonrasında üretilmiş olan bu kamışlar klarnet çalgısını icra eden kişiler tarafından icra edilip yorumlamaları istenmiştir. 100 x 10 x 1 mm hacminde olacak şekilde hazırlanan pavlonya (*Paulownia tomentosa*), Japon meşesi (*Quercus mongolica*), sarı kavak (*Liriodendron tulipifera*), Japon sediri (*Cryptomeria japonica*), Glehn ladini (*Picea glehnii*), kiraz (*Prunus sargentii*), Sitka ladini (*Picea sitchensis*), Japon huşu (*Betula maximowicziana*) ve balsa (*Ochroma lagopus*) odun türleri 120°C derece sabit sıcaklıkta 8 saat süresince asetik anhidrit kullanılarak modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre modifikasyon yapılan örneklerin boyutsal sabitlikleri de incelenmiş ve hem boyutsal sabitlikleri hem de akustik özelliklerinin şeker kamışından üretilmiş olan örneklere kıyasla daha iyi çıktığı belirtilmiştir [49].

Yano ve ark., 1993 yılında yürütmüş oldukları çalışmada ladin (*Picea sitchensis Carr.*) türünden elde edilen odun örneklerine asetik anhidrit kullanılarak kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen modifikasyonlu odun örneklerinden kullanılarak piyanonun sahip oldukları bazı parçaları (Clamped plate, Creep ve Pin block) üretilmiştir. Sonrasında üretilen bu parçaların akustik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın sonucunda elde edilmiş verilere göre kimyasal modifikasyon işlemi uygulanan örneklerde normal örneklere kıyasla akustik özelliklerinde bit miktar düşüş yaşandığı tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmanın

sonucunda kimyasal modifikasyon işleminin odunun akustik özelliklerini iyileştirip iyileştirmediği tam olarak tespit edilmemiştir [50].

Ahmed ve Adamopoulos., 2018 yılında yaptıkları çalışmada çalgı yapımında kullanılan ağaç türlerinden (dişbudak, kızılağaç, akçaağaç ve maun) ve bunlara alternatif olabileceği düşünülerek hazırlanan ısıtılmış işlem görmüş huş, dişbudak ve kavak odunları, ve kimyasal modifikasyon işlemi yapılmış olan akçaağaç, kayın ve radyata çamı odun örneklerine furfuralasyon işlemi gerçekleştirilmiş Fenol formadehit ile emprenye edilmiş sarıçam ve melamin formaldehit ile emprenye edilmiş kayın odun örnekleri ticari bir firmadan temin edilmiştir. 12,5 x 25 x 350 mm hacminde hazırlanmış odun örnekleri 3 farklı (%35, %65 ve %85) nem seviyesinde ki akustik özellikleri araştırılmıştır. Araştırmanın sonucuna göre kimyasal modifikasyon işlemi uygulanmış odun örneklerinin emprenye uygulanmış odun örneklerine kıyasla daha iyi akustik özellikleri olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun yanı sıra kimyasal modifikasyon işlemi ve termal modifikasyon işlemi uygulanmış odun örneklerinin çalgı yapım alanında kullanılan kızılağaç, akçaağaç, dişbudak ve maun ağaçlarına alternatif olabileceği saptanmıştır [51].

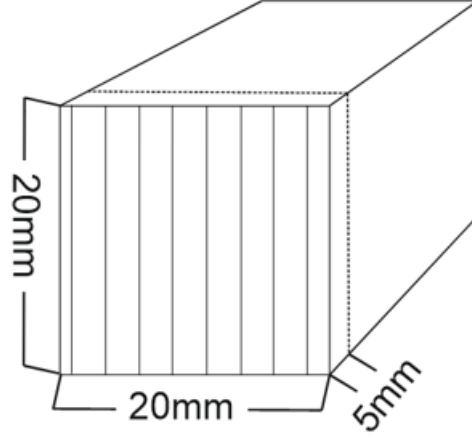
Bölüm 3

Materyal ve Metot

Bu çalışmada çalgı yapımında sıkça kullanılan dut (*Morus spp*) ve servi (*Cupresus spp*) odun türünden örnekler alınarak propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilip, kimyasal modifikasyon sonrasında küçük boyutlu örneklerde modifikasyonun etkileri incelenip tayin edilmiştir. Büyük boyutlu örneklerde ise dut ve servi servi odun türünden klasik kemençe üretilip, servi odunundan üretilen ses tablasının modifikasyon sonrasında akustik değerlerindeki değişim incelenmiştir.

3.1 Materyal

Bu çalışma için çalgı yapımı özellikle klasik kemençe yapımında sıkça tercih edilen dut (*Morus spp*) ve servi (*Cupresus spp*) odunu ülkemizde çalgı yapım için odun türlerini tedarik eden AkustikWood şirketinden satın alınmıştır. Tercih edilen dut ve servi odunları belirli bir kalite standardı ve çalgı yapımı için uygunluğu dikkate alınarak temin edilmiştir. Dut ve servi odunları Ege Üniversitesi Devlet Türk Musiki Konservatuvarı Çalgı Yapım bölümünün kesimhanesinde sırasıyla Teğet x Radyal x Kalınlık, 23 x 23 x 0,6 mm ölçülerinde olacak şekilde kesilip son hali 20 x 20 x 05 mm olacak şekilde kalibre cihazında ölçülendirilmiştir. Odun örneklerinin olması gereken ölçüleri Şekil 3.1’de şematize edilmiştir. Odun örneklerinin kalibrasyon işlemi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



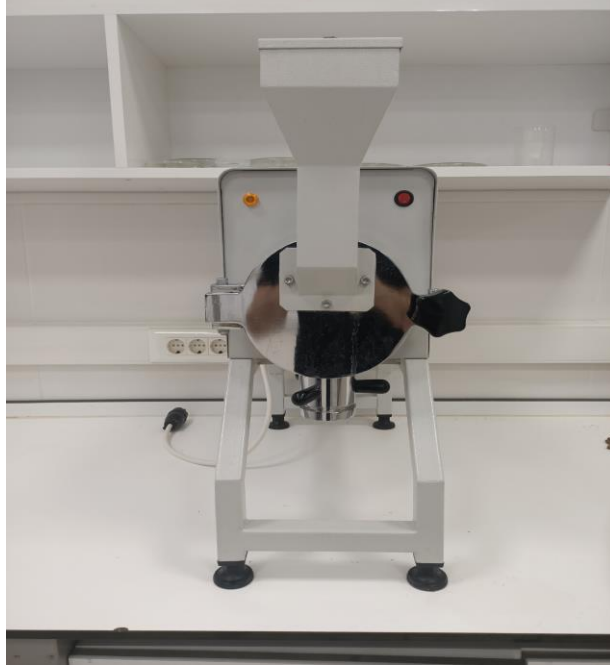
Şekil 3.1: Odun çıtalarından deney örneklerinin hazırlanması



Şekil 3.2: Odun örneklerinin kalibrasyon işlemi

3.1.1 Örneklerin Öğütülmesi

Öğütülmek için uygun boyutlarda hazırlanan odun örnekleri öğütülüp odun unu haline getirilmiştir. Odun örneklerinin öğütülmesi işlemi gerçekleştirilen cihaz şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Odun örneklerinin öğütülmesi için kullanılan öğütme cihazı

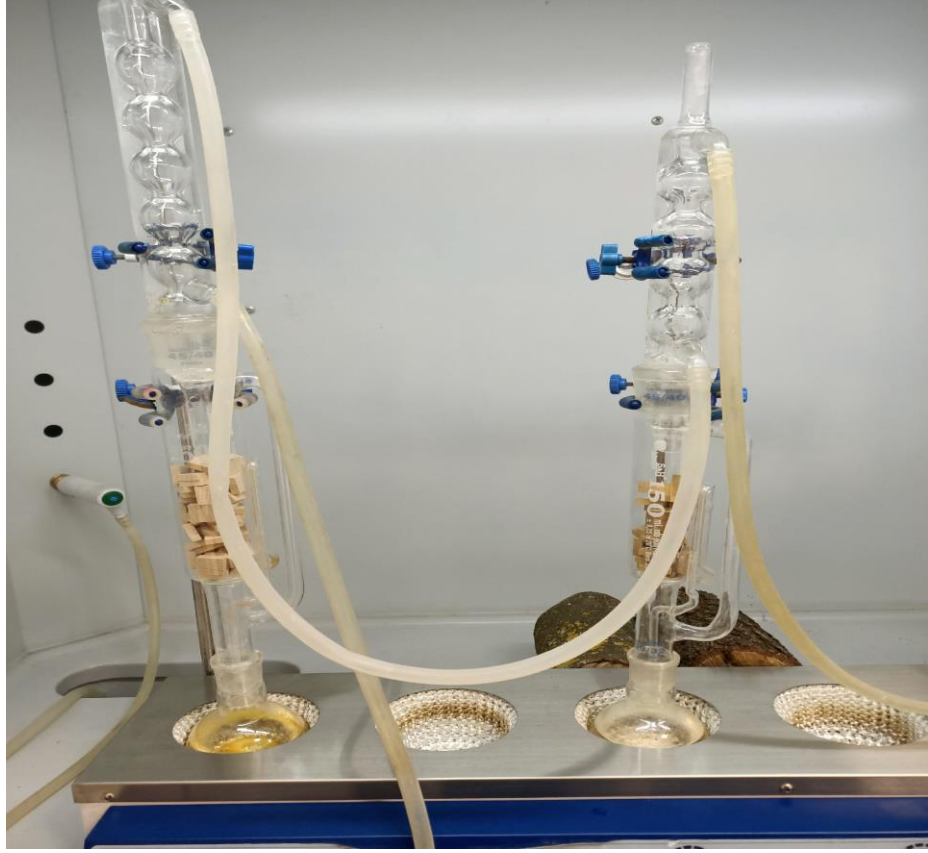
3.1.2 Odun Örneklerinden Rutubetin Uzaklaştırılması

Odun örneklerinin bulundukları rutubetin uzaklaştırılması için sıcaklığı önceden $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış etüv içerisinde değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmiştir. Etüv içerisinde bekleme süresi tamamlanan örnekler oda sıcaklığına gelene kadar desikatör içinde bekletilip sonrasında rutubet almamaları için plastik torbalarda ağzları sıkıca kapatılarak muhafaza edilmiştir.

3.2 Odun Örneklerinin Kimyasal Analiz Yöntemleri

3.2.1 Ekstraksiyon İşlemi

Odun örnekleri bünyesinde barındırdıkları ekstraktif maddelerden arındırılması için hacimce 4/1/1 oranında tolüen/etanol/aseton içeren çözücü ile sokslet ekstraksiyon düzeneğinde odun örneklerine 6 saat ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Ekstraksiyon işlemi için kullanılan düzenek Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Ekstraksiyon işleminin yapıldığı düzenek

3.2.2 Holoselüloz Tayini

Çalışma için hazırlanan odun örneklerinin holoselüloz tayini (Wise ve Karl, 1962) klorit yöntemi ile hesaplanmıştır [52]. Ekstraksiyon uygulaması tamamlanmış, öğütülmüş ve odun unu haline getirilmiş odun örneklerinden 2,5 gram odun unu örneği 250 ml'lik erlen içine konulmuştur. Odun unu örneği eklenen erlen içerisine sırayla 80 ml saf su, NaClO₂ (Sodyum Klorit), 0,5 ml asetik asit eklenerek sıcaklığı 70-80°C olan yağ banyosu içerisine koyulmuştur. Toplam 6 porsiyon olmak üzere saat başı asetik asit ve sodyum klorit ilave edilip erlen içerisinde ki karışım aralıklarla karıştırılmıştır. Holoselüloz tayini için kullanılan deney düzeneği Şekil 3.5'te gösterilmiştir. İşlem sonrasında sıcak olan karışım soğuması için bekletilmiştir. Bekleme işlemi tamamlandıktan sonra tam kuru halde tartımı önceden alınan kroze üzerinde saf su ve aseton ile süzme aşaması gerçekleştirilmiştir. Süzme sonrasında elde edilen süzüntü olan kısım alınıp 103±2°C'ye ayarlanmış etüv içerisinde değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmiştir sonrasında tartım işlemi yapıp yüzde holoselüloz tayini yapılmıştır. Holoselüloz tayini aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\text{Holoselüloz}(\%) = \frac{W_o}{W_s} \times 100$$

W_o = İşlem öncesi örneklerin tam kuru ağırlığı

W_s = İşlem sonrası örneklerin tam kuru ağırlığı



Şekil 3.5: Delignifikasyon uygulamasının yapıldığı düzenek

3.2.3 Alfa Selüloz Tayini

Çalışma için hazırlanan odun örneklerinin alfa selüloz tayini TAPPI-T203 standartlarına göre yapılmıştır. Holoselüloz tayini tamamlandıktan sonra elde edilen odun örneklerinden tam kuru halde 2 gram örnek alınmıştır. Alınan örnekler 200 ml'lik beher içerisine konularak üzerine 10 ml %17,5'lik sodyum hidroksit (NaOH) eklenip cam baget yardımıyla karıştırılıp 5 dakika bekletilmiştir. Bekleme işlemi bittikten sonra örnekler üzerine 10 dakika arayla toplamda 3 porsiyon olacak şekilde 5 ml sodyum hidroksit eklenmiştir. İşlem sonrasında örneklerin üzerine 33 ml saf su ilave edilip 1 saat beklenmiştir. Bekleme işlemi bittikten sonra elde edilen karışım kroze üzerine süzülüp sonrasında süzülen karışımın üzerine 100 ml %8,3'lük NaOH çözeltisi, %10'luk asetik asit (CH₃COOH) ve 250 ml saf su dökülüp yıkama işlemi sonlandırılmıştır. Yıkama işlemi bittikten sonra süzüntü olarak kalan kısım alınıp 103±2°C'ye ayarlanmış etüv içerisinde değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmiştir. Bekleme işlemi tamamlandıktan sonra örneklerin tartımları alınıp % alfa selüloz değerleri belirlenmiştir. % alfa selüloz değerleri aşağıda verilen formül yardımıyla belirlenmiştir. Şekil 3.6'da alfa selüloz tayini için hazırlanan örnekler gösterilmiştir.

$$\text{Alfa selüloz (\%)} = \frac{A\ddot{o}}{A_s} \times 100$$

A \ddot{o} = İşlem öncesi örneklerin tam kuru ağırlığı

A_s = İşlem sonrası örneklerin tam kuru ağırlığı



Şekil 3.6: Alfa selüloz miktarının hesaplanması için hazırlanan örnekler

3.3 FTIR Analizi

Analiz için uygun hale getirilen kontrol örnekleri ve propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi görmüş odun örneklerinden sistre yardımıyla toz partikülleri elde edilmiştir. Kuru odun toz oranının %1 olmasına dikkat edilerek KBr ilave edilen karışım preslenerek pelet haline getirilmiştir. Oluşturulan peletlerin Shimadzu FTIR 8400S cihazı kullanılarak ölçümü gerçekleştirildi. Yapılan analizde oluşturulan grafikler incelenerek sonuçlar kaydedildi. Şekil 3.7’de FTIR analizlerinin yapıldığı cihaz gösterilmiştir.



Şekil 3.7: FTIR analizlerinin gerçekleştirildiği cihaz

3.4 Boyutsal Sabitlik Testi

Hazırlanan kontrol ve kimyasal modifikasyon işlemi görmüş örnekler tam olarak suya batacakları kabın içerisinde 5 gün boyunca bekletilmiştir. Yıkama işlemi 5. Günde sona erdirilip örneklerin hacmi ve ağırlık ölçümleri kaydedilmiştir. Ölçüm sonrasında örnekler 103°C sabit sıcaklıkta 2 gün boyunca bekletilmiştir. Bekleme süresi sona erdiğinde etüv içinde tam kuru hale gelen örneklerin hacmi ve ağırlık ölçümleri tayin edilmiştir. Toplam 7 gün süren, yıkama ve kurutma işlemlerini kapsayan bu döngü 5 kez tekrar edilmiştir. Bu işlemler sonucunda elde edilen veriler ışığında şişmeye karşı etkinlik ve şişme katsayısı hesaplanıp boyutsal sabitlik tespit edilmiştir. Yıkama işleminin gerçekleştirildiği düzenek Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

$$\text{Şişmeye karşı etkinlik} = ASE (\%) = \frac{Sk - Sm}{Sk} \times 100$$

Sk = Modifikasyon uygulanmamış Odun Şişme Katsayısı

Sm = Modifikasyon işlemi uygulanmış Odun Şişme Katsayısı

$$\text{Şişme katsayısı} = S(\%) = \frac{Vy - Ve}{Ve} \times 100$$

Vy = Yıkama işlemi sonrası Odunun hacmi

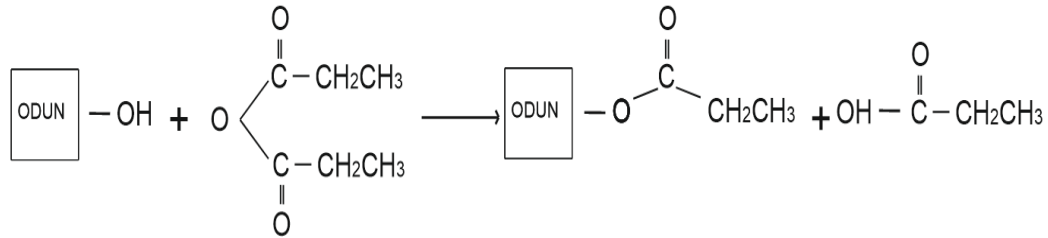
Ve = Etüvde kurutulmuş Odunun hacmi



Şekil 3.8: Yıkama işleminin gerçekleştirildiği düzenek

3.5 Kimyasal Modifikasyon İşlemi

Deney kapsamında kullanılacak olan odun örneklerine propiyonik anhidrit kullanılarak kimyasal modifikasyon gerçekleştirilmeden, reaksiyon sırasında kullanılacak odun miktarına bağlı olarak kullanılması gereken anhidrit miktarının tespit edilmesi gerekmektedir. Bu miktarın belirlenebilmesi için toplam OH içeriği üzerinden hesaplar yapılmıştır. Odunun hücre çeperindeki polimerler ile propiyonik anhidritin OH grupları arasında meydana gelen ve odunun hidrofobik özellik kazanmasını sağlayan anhidrit modifikasyon reaksiyonunun mekanizması Şekil 3.9'da şematize edilmiştir.



Şekil 3.9: Odun ile propiyonik anhidrit arasında gerçekleşen kimyasal modifikasyonun mekanizması

3.5.1 Küçük Boyutlu Örneklerin Kimyasal Modifikasyon İşlemi

Kimyasal modifikasyon işlemi öncesinde küçük boyutlu örneklerin bünyelerinde barındırdıkları ekstraktif maddelerden uzaklaştırılması için küçük boyutlu örneklere 6 saat boyunca hacimce 4/1/1 tolüen/aseton/etanol içeren çözücü ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilen örnekler farklı reaksiyon sürelerinde (¼, ½, 1, 2, 3, 6 saat) kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmak için cam reaktöre yerleştirilmiştir. Cam reaktörün içine örneklerin ağırlığına göre belirlenen miktarda propiyonik anhidrit, DMF (dimetil formamid) ve katalizör olarak piridin eklenip cam reaktör sabit sıcaklık 120°C olan yağ banyosuna yerleştirilip reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon düzeneği Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında odun örneklerine bir kere daha ekstraksiyon işlemi yapılmış ve meydana gelen (%) WPG değeri hesaplanmıştır. (%) WPG değeri aşağıda verilen formül sayesinde tespit edilmiştir.

$$WPG(\%) = \frac{Mm - Mn}{Mn} \times 100$$

Mm = Kimyasal modifikasyon işlemi sonrası odunun tam kuru ağırlığı

Mn = Kimyasal modifikasyon işlemi öncesi odunun tam kuru ağırlığı



Şekil 3.10: Küçük boyutlu odun örneklerinin kimyasal modifikasyon işleminin gerçekleştirildiği düzenek

3.5.2 Büyük Boyutlu Örneklerin Kimyasal Modifikasyon İşlemi

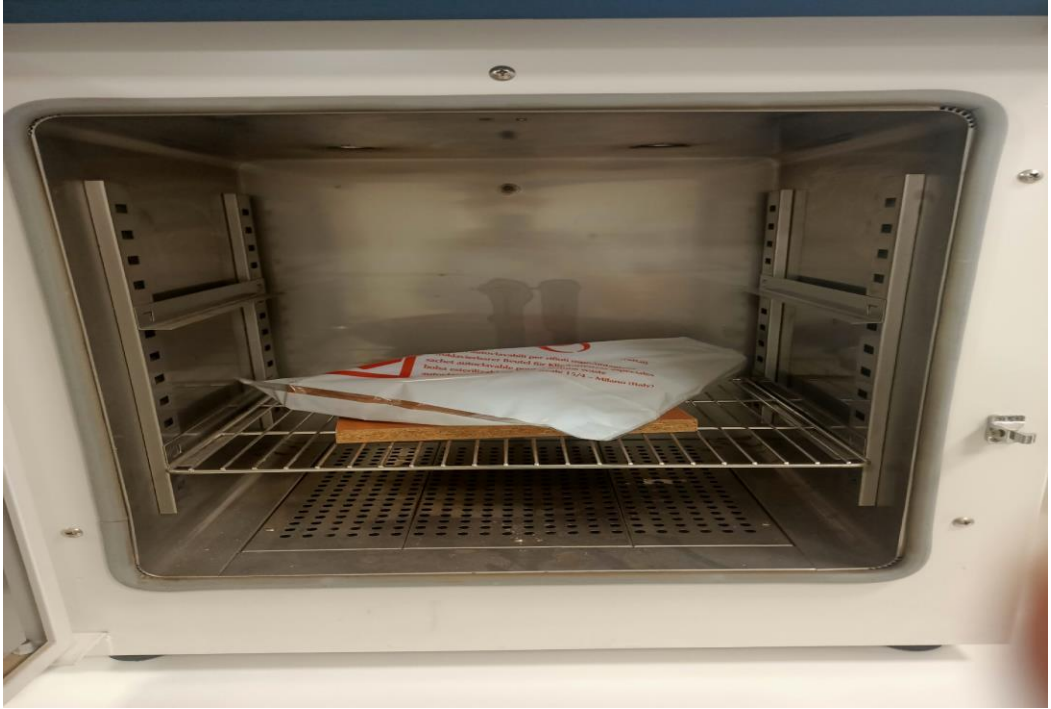
Cam reaktör içine yerleştirilen örnekler propiyonik anhidrit, DMF (dimetilformamid) ve katalizör olarak piridin içeren karışım içerisinde 24 saat bekletildikten sonra örnekler kimyasal karışımın içinden çıkartılıp vakumlu poşete yerleştirildikten sonra 6 saat boyunca $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ sabit sıcaklıkta olan etüv içerisinde bekletilmiştir. Büyük boyutlu örneklerin modifikasyon işlemi Şekil 3.11, 3.12 ve 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11: Büyük boyutlu dut örneğinin kimyasal modifikasyonun gerçekleştiği düzenek



Şekil 3.12: Büyük boyutlu servi örneğinin kimyasal modifikasyonun gerçekleştiği düzenek



Şekil 3.13: Büyük boyutlu örneklerin vakumlu poşette etüv içinde bekletilme aşaması

3.6 Büyük Boyutlu Örneklerle Enstrüman Hazırlanması

Klasik kemençenin yapımı için Ege Üniversitesi Çalgı Yapım Yaylı Ana Sanat Bölümü'nden kemençe yapımında kullanılan proje ve şablonlar temin edilmiştir. Klasik kemençe şablonuna göre çizilip şerit testere yardımıyla kesilen büyük boyutlu dut örneğinin dış formu törpü, ıskarpela ve pastarangula kullanılarak bombe şablonlarına göre şekillendirilmiştir. Dış bombesi yapıldıktan sonra klasik kemençenin iç ölçülendirilmesi ıskarpela ve parmak rendeler kullanılarak projeye göre gerçekleştirilmiştir. Klasik kemençenin gövdesi hazırlandıktan sonra aynı latadan temin edilmiş biri kimyasal modifikasyon işlemi görmüş birisi normal servi ses tablaları gövdeye göre çizilip şerit testere kullanılarak kesilmiştir. Klasik kemençe ses tablalarının bombeleri ve iç ölçülendirmeleri parmak rende ve sistre kullanarak birbirlerine eş olarak yapılmıştır.

3.7 Akustik Ölçümlerin Yapılması

3.7.1 Chladni Metodu

Chladni metodu; incelenmek istenen yapının yüzeyinin temas olmayacak şekilde mod şekillerini ve tabii frekanslarını ölçmek için kullanılmıştır. Ölçüm için kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmuş ve normal olan servi ses tablalarının üzerine toz serpilmiştir. Bu çalışmada toz olarak inceltilmiş çay taneleri kullanılmıştır. Sonrasında bir hoparlör yardımıyla belirli frekanslarda ses dalgaları uygulanmış ve ses tablalarının doğal frekansları bulunmuştur. Chladni testi için kullanılan düzenek Şekil 3.14 ve 3.15'de gösterilmiştir.



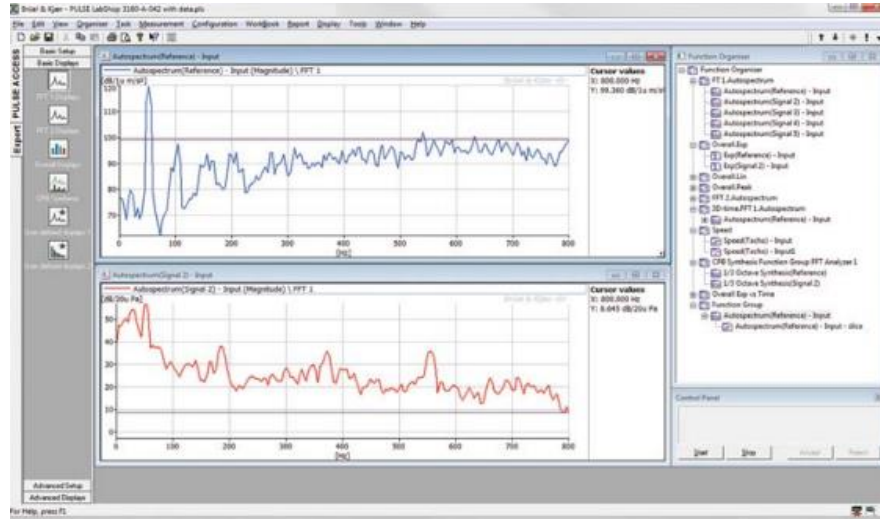
Şekil 3.14: Chladni testi için kullanılan GW Instek AFG-2005 marka fonksiyon jeneratörü ve TONYLEE VS600 marka power amfi



Şekil 3.15: Chladni metodu için kullanılan Eminence 6 marka hoparlör

3.7.2 Ses Yayınım Analizi

Kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında işlenip kemeñçe gövdesi haline getirilen dut gövdesine önce modifikasyon işlemi uygulanmamış servi ses tablası yapıştırılıp ses yayınım ölçümü yapılmıştır. Sonrasında ses tablası çıkartılıp modifikasyon işlemine tabi tutulan servi ses tablası yapıştırılıp 1 gün sonrasında ses yayınım analizi yapılmıştır. Yapılan bu ölçümlerin farklı günlerde olmasından kaynaklı ortamın nemine bağlı olarak ölçümlerin etkisini tespit etmek için ölçüm yapılan günlerde kontrol kemeñçesinin ses yayınım analizi yapılmıştır. Ses yayınım analizi için Brüel&Kjaer firmasının ürettiği B&K 4189-A-021 model mikrofon, B&K 8204 model darbe çekici, 6 kanallı B&K 3050-A-060 model ses kartı ve B&K 7781-N6 Pulse Access isimli FFT analiz yazılımı kullanılmıştır. Kullanılan ekipmanlar, düzenek ve yazılım şekil 3.16, şekil 3.17, şekil 3.18, şekil 3.19 ve şekil 3.20’de gösterilmiştir.



şekil 3.16: Ses yayınım analizi için kullanılan B&K 7781-N6 Pulse Access FFT Analiz Yazılımı



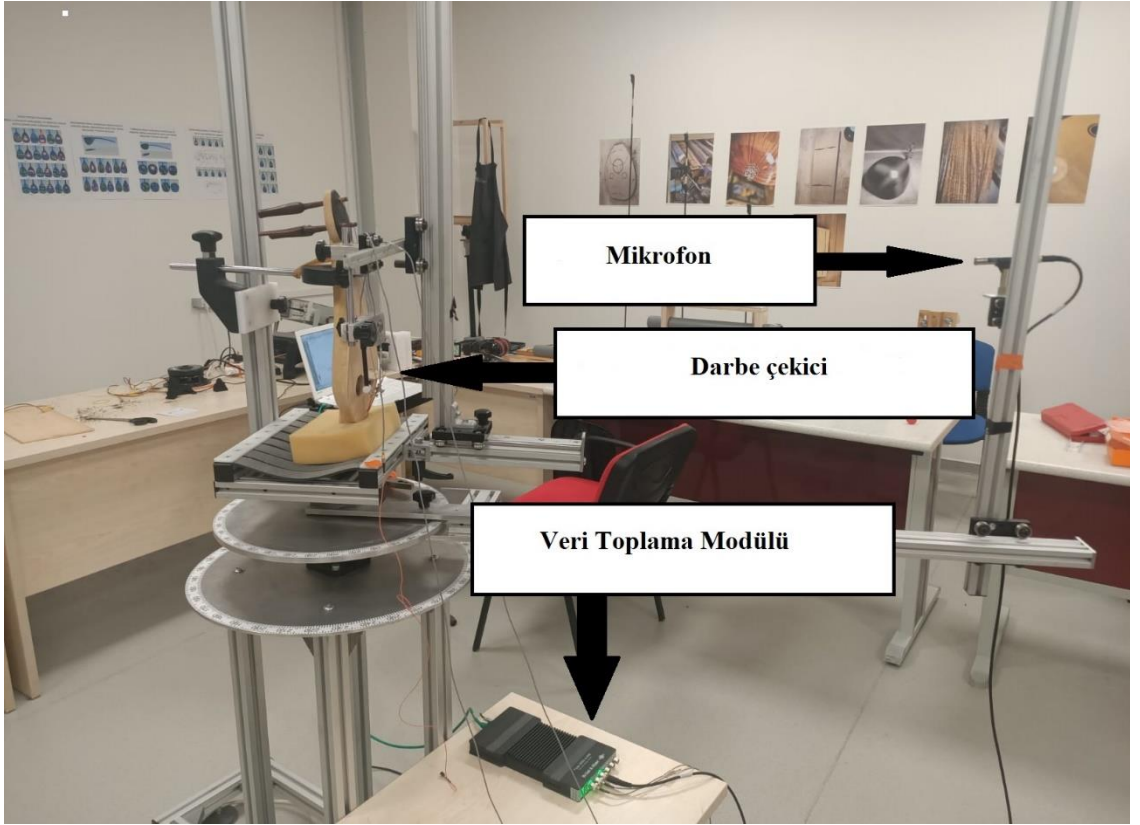
Şekil 3.17: Ses yayılım analizi için kullanılan B&K 8204 Minyatür Darbe Çekici



Şekil 3.18: Ses yayılım analizinde kullanılan B&K 4189-A-021 mikrofon



Şekil 3.19: Ses yayılım analizinde kullanılan B&K 3050-A-060 ses kartı



Şekil 3.20: Ses yayılım analizi tespiti için kullanılan düzenek

Bölüm 4

Bulgular

4.1 Kimyasal Tahlil Sonuçları

Bu araştırmada kullanılan dut (*Morus spp*) ve servi (*Cupresus spp*) odun örneklerinin kimyasal tahlil sonuçları aşağıdaki Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Odun örneklerinin kimyasal tahlil sonuçları (*Ekstraktif maddelerden arındırılmış odunun kimyasal bileşen yüzdeleri)

Odun Türü	Holoselüloz (%)*	Lignin (%)*	α -selüloz (%)*	Hemiselülozlar (%)*	Ekstraktif Madde (%)
Servi	66,6	33,4	51,9	14,7	%8,43
Dut	43,06	56,94	40,01	3,05	%6,13

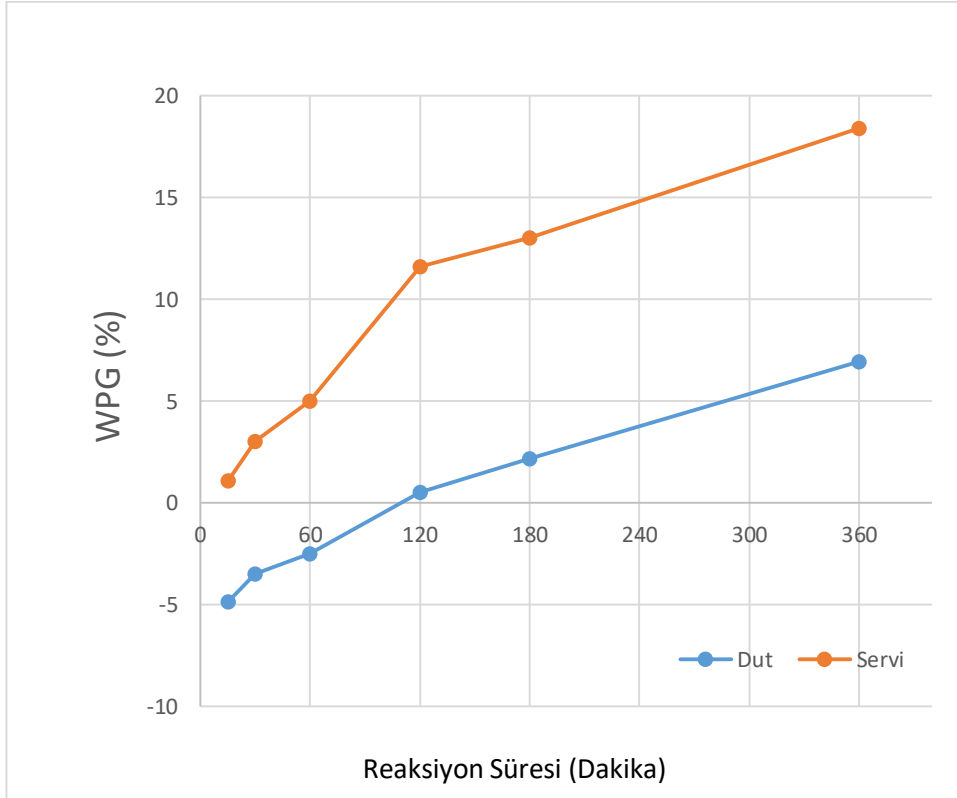
4.2 Küçük Boyutlu Odun Örneklerinin Kimyasal Modifikasyon Sonrası WPG Değerleri

Bu araştırmada kullanılan dut (*Morus spp*) ve servi (*Cupresus spp*) odun örneklerine Propiyonik anhidrit kullanılarak kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 1 gram odun örneği için 1,134 propiyonik anhidrit kullanılmıştır. Odun örneklerine 120°C sabit sıcaklıkta farklı reaksiyon süreleri baz alınarak kimyasal modifikasyon uygulanmıştır. Modifikasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra odun örneklerinin ağırlık kazançları Tablo 4.2 ve Şekil 4.1’de gösterilmiştir. İki odun örneği içinde WPG değeri modifikasyon süresi ile doğru orantılı bir artış göstermiştir. WPG değerinin en

yüksek olduğu örneklerin 6 saat kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmuş servi odun örnekleri olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.2: Küçük boyutlu örneklerin kimyasal modifikasyon sonrası ağırlık kazançları (WPG). Parantez içinde standart sapma değerleri gösterilmiştir.

Modifikasyon Süresi (Saat)	WPG (%)	
	Dut	Servi
0,25	-4,85 (0.7)	1,10 (0.6)
0,5	-3,49 (4.2)	3,01 (0.8)
1	-2,49 (1.2)	4,97 (2.0)
2	0,5 (1.4)	11,6 (0.5)
3	2,14 (1.1)	13,03 (0.5)
6	6,91 (0.4)	18,4 (0.2)



Şekil 4.1: Kimyasal modifikasyon reaksiyon sürelerine bağlı olarak odun örneklerinde meydana gelen ağırlık kazancı (WPG) değişimi.

Literatürde yapılan çalışmalar gözlemlendiğinde; Li ve ark., 2000 yılında yaptıkları çalışmalarında 110 °C sabit sıcaklıkta (*Chamaecyparis obtusa*) odunları kullanılarak hazırlanan odun örneklerini propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulmuş ve modifikasyon sonrasında örneklerde %25,6 WPG değeri tespit edilmiştir [53].

Rowel ve Banks., 1987 yılında yürüttükleri çalışma için kullandıkları sarıçam ve ıhlamur odunlarından hazırladıkları örnekleri 120°C sabit sıcaklıkta 6 saat boyunca asetik anhidrit kullanarak kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirdikten sonra sarıçam odun örnekleri için % 22,1, ıhlamur odun örnekleri için %14,6 WPG değeri tespit etmiştir [3].

Larsson ve Simonson., 1994 yılında ladin odunundan elde edilen örneklerin asetik anhidrit kullanılarak gerçekleştirilen kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında %23,5 WPG değeri tespit etmişlerdir [9].

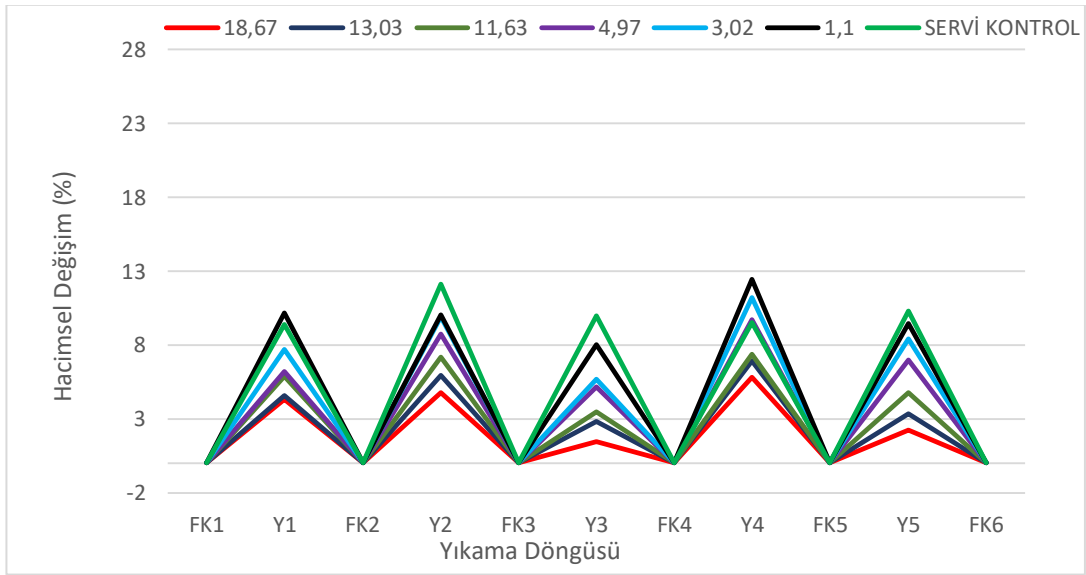
Aydoğmuş., 2019 yılında yaptığı tez çalışmasında ladin, akçaağaç ve maun odunları kullanarak elde ettiği odun örneklerini 9 saat boyunca propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirdikten sonra sırasıyla %29,39, %21,89 ve %20,59 WPG değeri elde etmiştir [25].

Çetin ve ark., 2009 yılında yürüttükleri çalışmada kullandıkları okaliptüs odunundan elde ettikleri odun örneklerinin 6 saat boyunca propiyonik anhidrit kullanılarak gerçekleştirdikleri kimyasal modifikasyon sonrasında %26 WPG değeri tespit etmiştir [10].

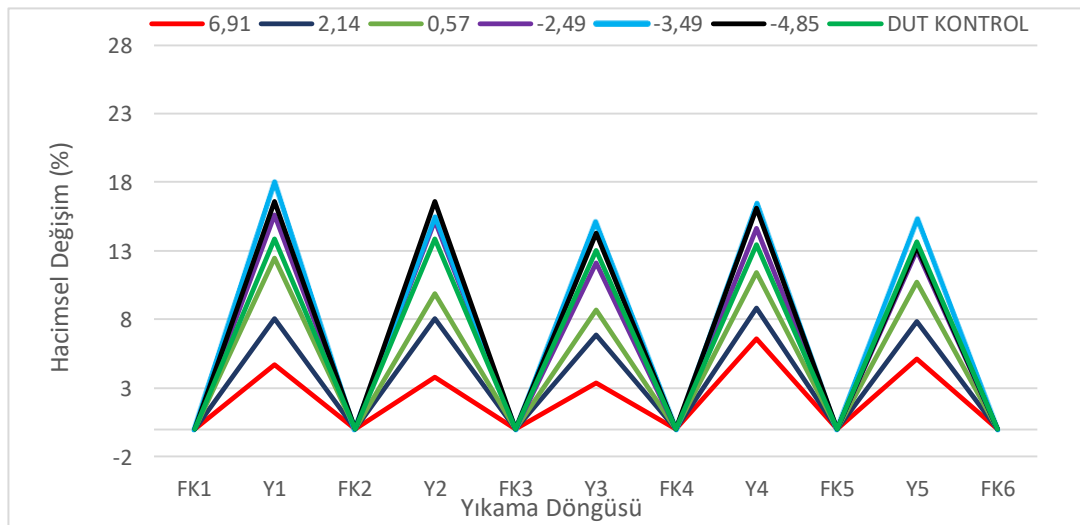
Birkanshaw ve Hale., 2002 yılında yaptığı çalışmada ladin, çam ve melez odunları kullanarak elde ettikleri odun örneklerinin asetik anhidrit ile gerçekleştirilen kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında sırasıyla %16,9, %19,5 ve %17,1 WPG değeri elde etmiştir [8].

4.3 Kimyasal Modifikasyon İşlemi Sonrasında Örneklerin Hacimsel Değişim Sonuçları

Kimyasal modifikasyonu gerçekleştirilmiş servi ve dut odun örneklerinin ağırlık kazanımına bağlı olarak uğradıkları hacimsel değişimler sırasıyla servi ve dut olmak üzere Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde her iki örnek içinde kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında WPG (%) arttıkça hacimsel değişimlerinde azalma gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2: Servi örneklerinin WPG (%) değerlerine bağlı olarak hacimsel değişim



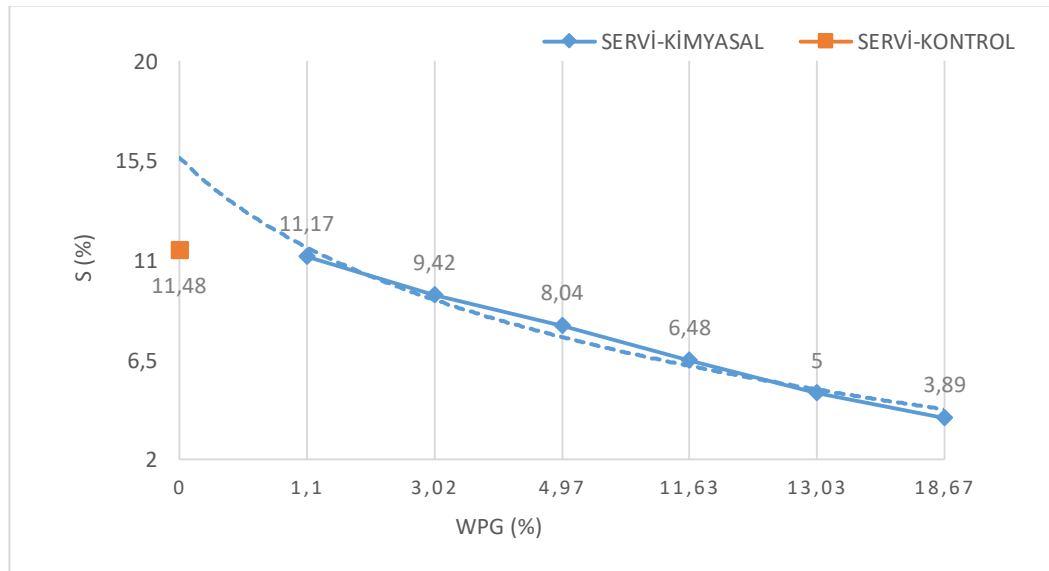
Şekil 4.3: Dut örneklerinin WPG(%) değerlerine bağlı olarak hacimsel değişimi

4.4 Şişme Katsayısı ve ASE Değerlerinde Gözlemlenen Sonuçlar

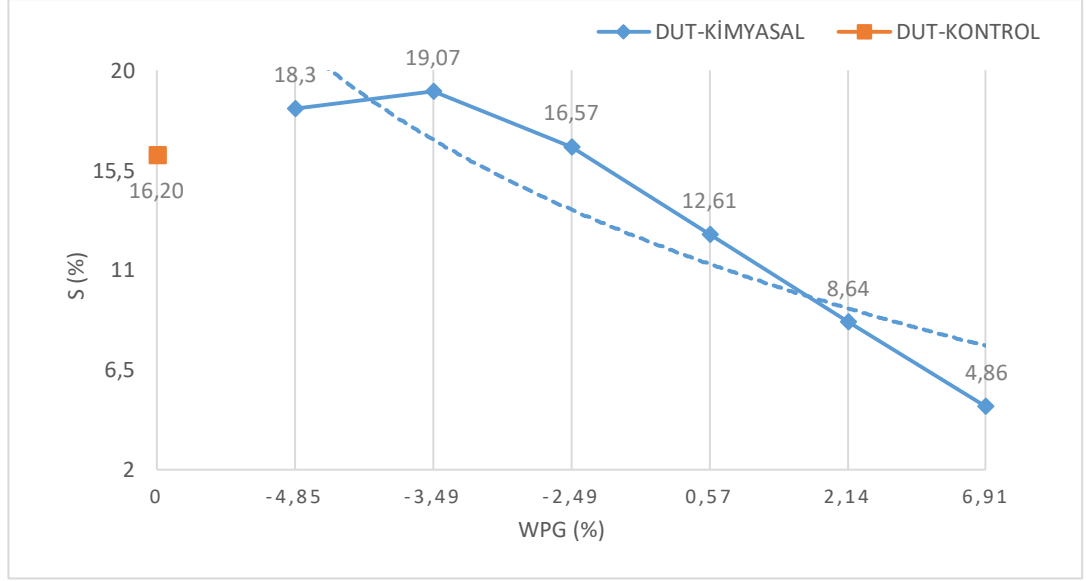
4.4.1 Şişme Katsayısı Değerlerinde Gözlemlenen Sonuçlar

Odun örneklerinin kimyasal modifikasyon işlemi uygulamasından sonra elde ettikleri şişme katsayısı (S (%)) değeri servi ve dut odunları için sırasıyla Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiş her iki odun örneği içinde WPG değerinin artmasına bağlı olarak şişme katsayısı (S (%)) değerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Servi odunundan elde edilmiş kontrol örneklerinin modifikasyon işlemi öncesi %11,48 (S (%)) değeri kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulduktan sonra %3,89 (S (%)) olarak değişim göstermiştir. Dut odunundan elde edilmiş kontrol örneklerinde şişme katsayısı %16,20 (S (%)) olarak gözlemlenirken, kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulan örneklerin değerleri %4,86 (S (%)) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.4: Farklı kimyasal modifikasyon sürelerine bağlı olarak kazanılan WPG (%) değerlerine göre servi örneklerinin şişme katsayı değerleri (S (%))



Şekil 4.5: Farklı kimyasal modifikasyon sürelerine bağlı olarak kazanılan WPG (%) değerlerine göre dut örneklerinin şişme katsayı değerleri (S (%))

4.4.2 ASE Değerlerinde Gözlemlenen Sonuçlar

Odun örneklerinin kimyasal modifikasyon işlemi uygulamasından sonra elde ettikleri şişmeye karşı etkinlik derecesi (ASE) değeri servi ve dut odunları için sırasıyla Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiği zaman her iki odun örneği içinde kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında kazanılan ağırlık kazancı (WPG) değeri arttıkça şişmeye karşı etkinlik derecesinde (ASE) artış gözlemlenmiştir. Servi odunundan elde edilen odun örneklerinin kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında elde ettiği ağırlık kazancı değeri %18,67 WPG değerinde %66,1 ASE değeri elde edildiği gözlemlenmiştir. Dut odunundan elde edilen odun örneklerinin kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında elde ettiği ağırlık kazancı değeri %6,91 WPG değerinde %70 ASE değeri elde edildiği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilen odun örneklerine boyutsal sabitlik kazandırılması mümkündür.

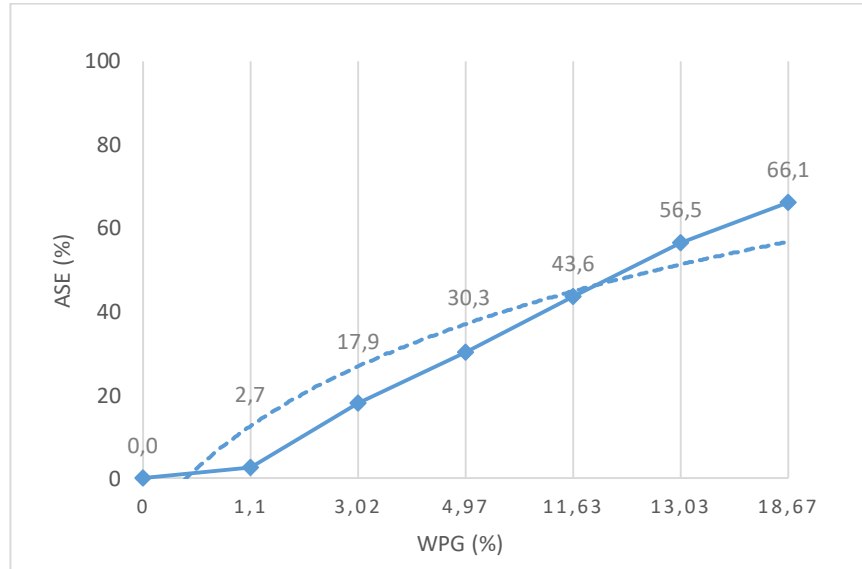
Literatürde geçmişte yapılmış olan çalışmalara bakıldığında Çetin ve ark., 2009 yılında yaptıkları çalışmada okaliptüs odununu 6 saat boyunca propiyonik anhidritle kimyasal modifikasyon işlemine tabi tutulduktan sonra okaliptüs odun örneklerinin

%26 seviyesinde WPG değeri için %83 seviyesinde ASE değeri elde ettiği tespit edilmiştir [10].

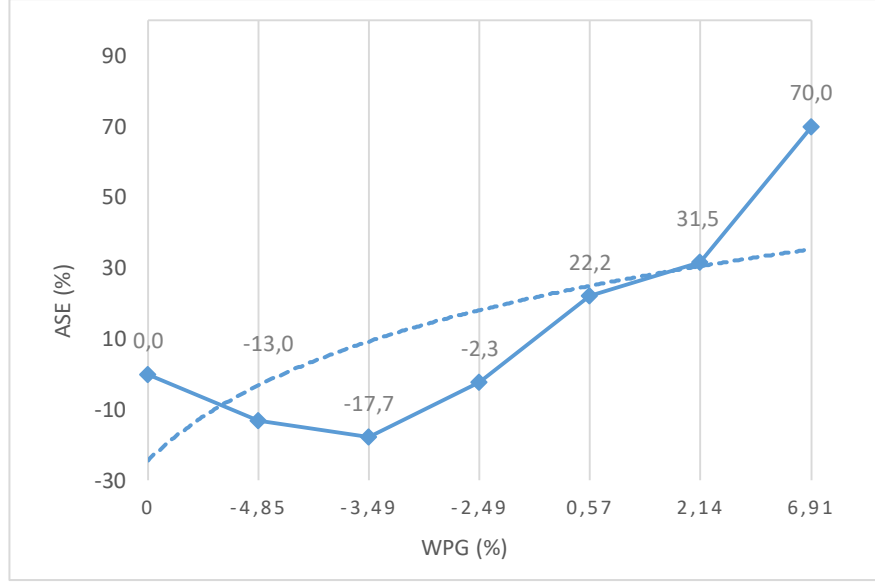
Li ve ark., 2000 yılında yaptıkları çalışmada *hinoko* odun örneklerine propiyonik anhidrit kullanarak kimyasal modifikasyon işlemi uyguladıktan sonra %30 WPG değeri için %80 seviyesinde ASE değeri bulmuşlardır [53].

Aydoğmuş, 2019 yılında yaptığı tez çalışmasında kullandığı ladin, akçaağaç ve maun odun örneklerine propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi uyguladıktan sonra ladin odunu örnekleri için %26 WPG’de %82 ASE değeri, akçaağaç odunu örnekleri için %21 WPG’de %81 ASE değeri, maun odunu örnekleri için %20 WPG’de için %50 seviyesinde ASE değerlerini tespit etmiştir [25].

Stamm ve Tarkow 1946 yılında yaptıkları çalışmada ladin ve akçaağaç odunlarından elde ettikleri örnekleri propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemine tabi sonra kimyasal modifikasyon sonrasında ASE değeri %70-80 seviyelerinde olduğunu tespit etmişlerdir [54].



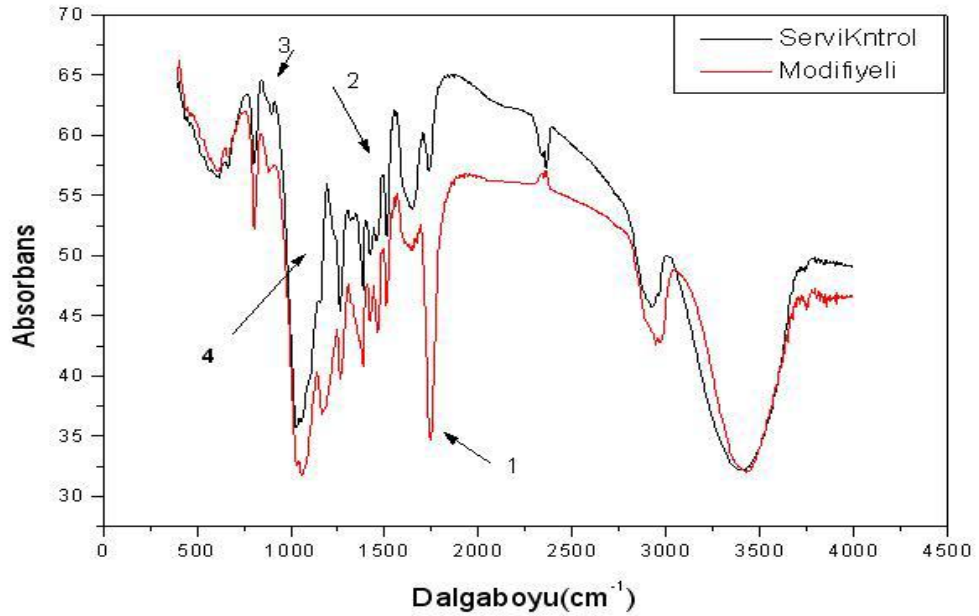
Şekil 4.6: Servi odun örneklerinin farklı kimyasal modifikasyon sürelerine göre elde edilen WPG(%) değerlerine bağlı olarak kazanılan (ASE(%)) değerleri



Şekil 4.7: Dut odun örneklerinin farklı kimyasal modifikasyon sürelerine göre elde edilen WPG(%) değerlerine bağlı olarak kazanılan (ASE(%)) değerleri

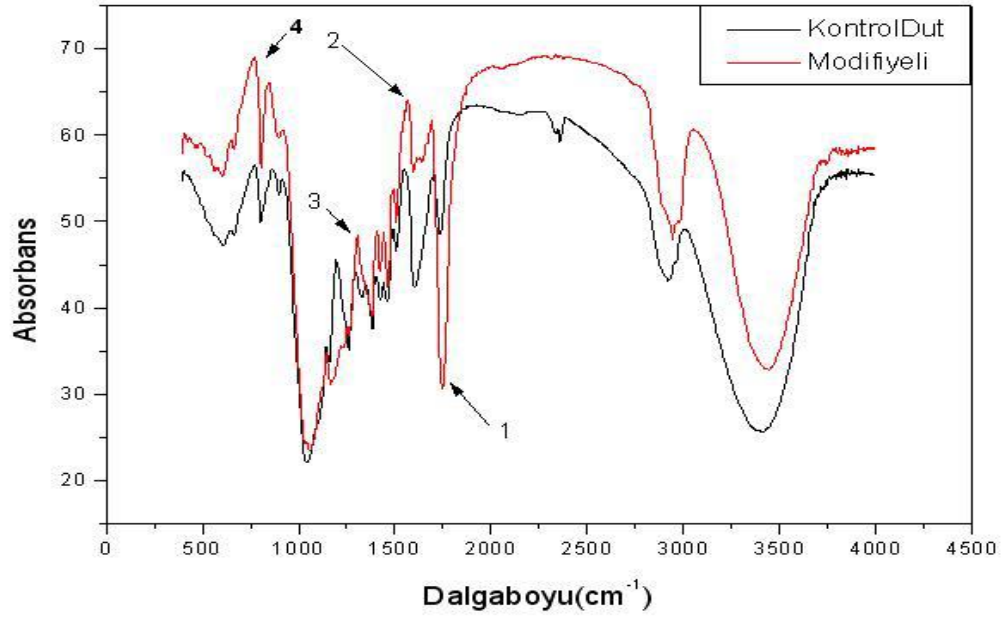
4.5 FTIR Analizleri Sonuçları

Küçük boyutlu servi ve dut odun örneklerine propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra gerçekleşen reaksiyonun krakterizasyonu FTIR spektra analizi ile gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla servi ve dut örneklerinin kimyasal modifikasyon işlemi görmüş ve görmemiş kontrol grupları için FTIR spektrum sonuçları Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Her iki odun türünde propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon sonucunda 1735-1750 cm^{-1} aralığında yeni oluşmuş olan bir pik gözlemlenmiştir bu yeni pik propil grubunun odunda bulunan doymamış gruplar ile ester bağı oluşturup kimyasal olarak bağlanmış olduğunu kanıtlamaktadır. Gözlemlenen bu yeni pik noktasının karbonil gruplarının (C=O) oduna bağlanması sonucu meydana gelmiştir [55].



1.pik (C=O), 2.pik (C-H), 3.pik (C-H), 4.pik (C-O)

Şekil 4.8: Servi odun örneklerinin propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi öncesi ve sonrası elde edilen FTIR analizleri



1.pik (C=O), 2.pik (C-H), 3.pik (C-O), 4.pik (C-H)

Şekil 4.9: Dut odun örneklerinin propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi öncesi ve sonrası elde edilen FTIR analizleri

1000-1300 cm⁻¹ arasında olduğu gözlemlenen pikler karboksil gruplarından (C-O) kaynaklandığı düşünülmektedir. 805, 1464 ve 2987 cm⁻¹ aralıklarında gözlemlenen pikler propil gruplarında bulunup sp hibritleşmesi yapan (C-H) bağından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.6 Akustik Ölçümlere Ait Bulgular

4.6.1 Chladni Metoduna Ait Bulgular

Kimyasal modifikasyon işlemi uygulanan ses tablası ile işlem uygulanmayan ses tablasının doğal frekanslarını bulabilmek için *chladni* metodu gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucunda kimyasal modifikasyon işlemi uygulanmayan ses tablası için doğal frekanslarının 254 Hz ve 513 Hz olduğu, kimyasal modifikasyon işlemi uygulanan ses tablası için doğal frekanslarının 254 Hz ve 532 Hz olduğu saptanmıştır. *Chladni* metodu sonucu bulunan doğal frekanslar Şekil 4.10 ve 4.11’de gösterilmiştir.



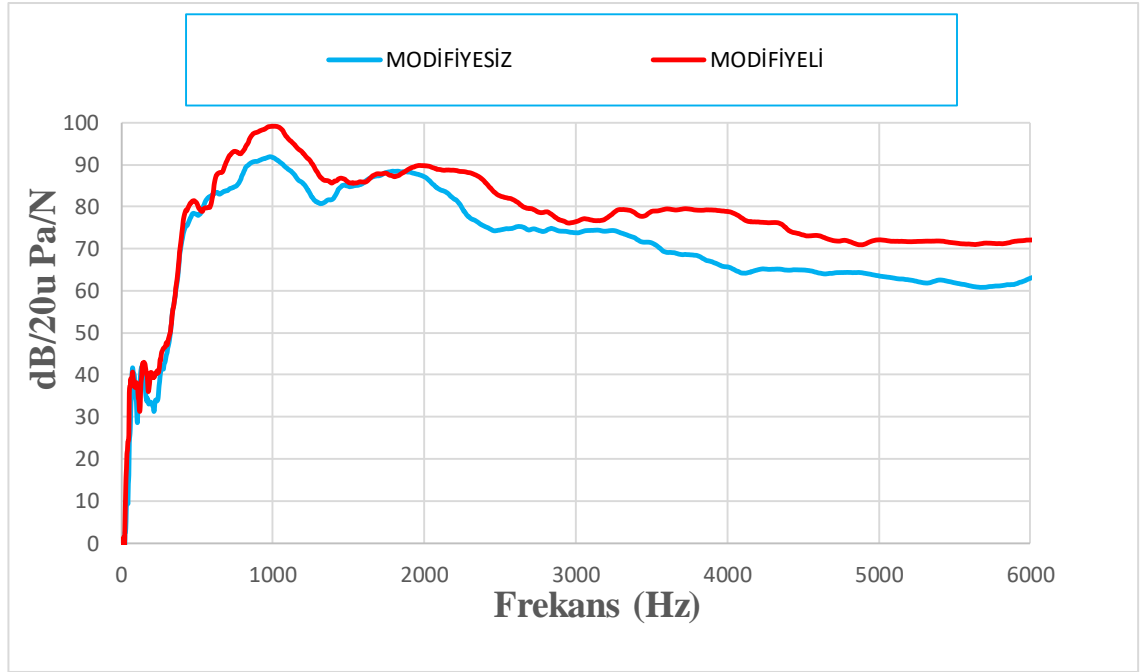
Şekil 4.10: Modifikasyonlu ve Kontrol ses tablalarının 254 Hz doğal frekanslarındaki görünümleri (Soldaki kimyasal modifikasyonlu, Sağdaki kontrol ses tablası)



Şekil 4.11: Soldaki modifikasyonlu ses tablasının 532 Hz doğal frekansındaki görünümü, Sağdaki kontrol ses tablasının 513 Hz doğal frekansındaki görünümü

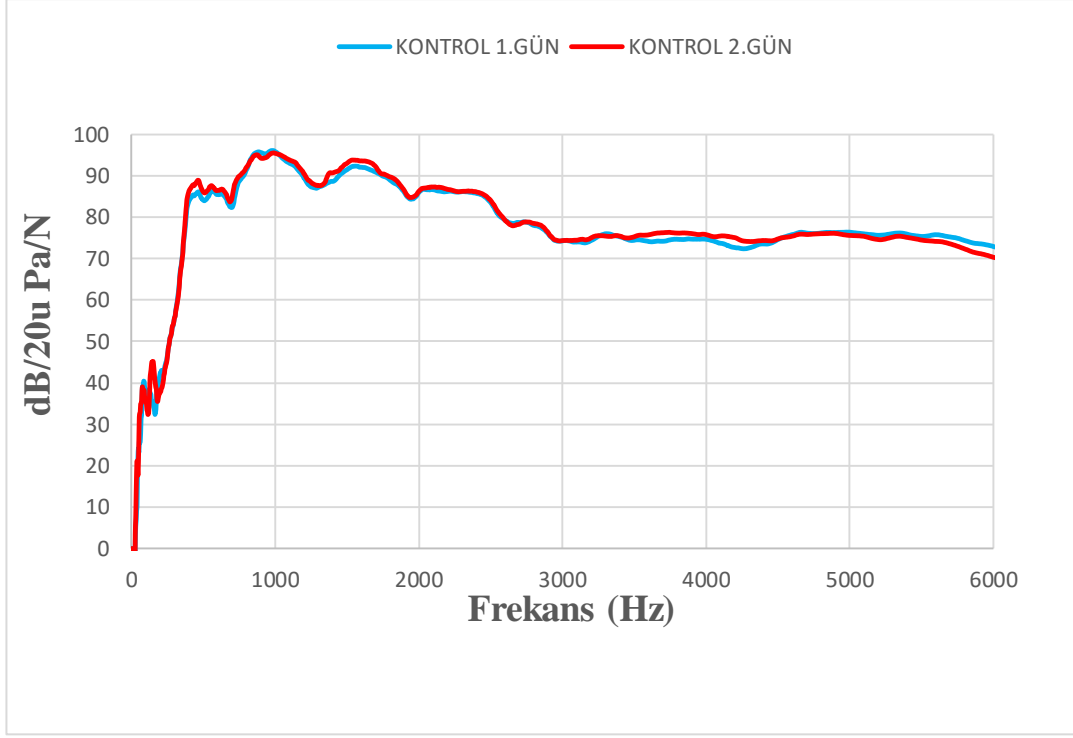
4.6.2 Ses Yayınım Analizine Ait Bulgular

Propiyonik anhidrit ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiş servi ses tablası ile işlem görmemiş servi ses tablası ve ses tablası değişimi için beklenen 1 günlük süreç sonrasında ortamdaki neme bağlı olarak ses yayılımının ne kadar değiştiğini gözlemlemek için kullanılan kontrol kemeçesinin ses yayılım analizi. B&K 7781-N6 Pulse Access FFT yazılımı kullanılarak elde edilmiş ve sonuçların ses yayılım grafikleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.12: Kimyasal Modifikasyon işlemi uygulanan ve uygulanmayan ses tablalarının ses yayılım analizi

Kimyasal modifikasyon işlemi uygulanmış olan ses tablası ve normal olan ses tablasının ses yayılım analizlerinin sonucunda elde edilen grafik incelendiği zaman kimyasal modifikasyon işleminin servi odununda ses yayılımına pozitif anlamda katkı sağladığı saptanmıştır.



Şekil 4.13: Farklı günlerde kontrol kemeçesine yapılan ses yayılım analizi

Ölçümlerin farklı günlerde gerçekleştirilmiş olmasından dolayı, dış etkenlerin ölçüme olan etkisinin gözlemlenmesi için yapılmış olan kontrol kemeçesinin farklı günlerde ki ses yayılım analiz grafiği incelendiğinde gün farkının ihmal edilebilir bir seviyede olduğu saptanmıştır.

Bölüm 5

Sonuç ve Öneriler

Bu tez çalışmasında kullanılmış iki farklı odun türü olan dut (*Morus spp*) ve servi (*Cupresus spp*) odunlarından hazırlanmış olan odun örnekleri propiyonik anhidrit kullanılarak piridin ve DMF katalizör eşliğinde 120°C sabit sıcaklıkta farklı reaksiyon sürelerinde (¼, ½, 1, 2, 3 ve 6 saat) kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleşen kimyasal modifikasyon işleminin sonucunda elde edilen verilerin ışığında reaksiyon süresi ile (WPG %) değerleri arasında pozitif yönlü bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen en yüksek WPG değerleri 6 saatlik reaksiyon sonucunda sırasıyla dut için %6,91, servi için %18,4 olduğu saptanmıştır. Gerçekleşmiş olan kimyasal modifikasyonun başarılı bir şekilde gerçekleştiği FTIR analizi yapıp elde edilen veriler incelendiğinde 1750-1730 cm⁻¹ arasında yeni oluşan pik ile her iki odun örneği içinde kimyasal modifikasyonun gerçekleştiğine göstermektedir. Propiyonik anhidrit kullanılarak gerçekleştirilmiş olan kimyasal modifikasyonun odun örneklerinin boyutsal sabitliklerinin belirlenmesi için analiz yapılmıştır. Bunun sonucunda her iki odun örneğinde (WPG%) değeri arttıkça şişme katsayısı (S (%)) değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. ASE değerleri incelendiğinde ise (WPG (%)) artışı oldukça her iki odun örneği içinde (ASE (%)) değeri artış göstermiştir. Dut odun örneği için %6,91 WPG değeri için %70 seviyesinde bir ASE değeri kazandığı, servi odun örneği için %18,4 WPG değeri için %66,1 seviyesinde ASE değeri kazandığı saptanmıştır.

Büyük boyutlu dut (*Morus spp*) ve servi (*Cupresus spp*) odunlarının modifikasyon işlemi gerçekleştirilip klasik kemençe çalgısı üretilmiştir, klasik kemençe çalgısında servi ses tablasına uygulanan kimyasal modifikasyon işleminin çalgının doğal frekanslarına olan etkisi incelenmiştir. Bunun incelenmesi için gerçekleştirilmiş olan *chladni* metodu ve ses yayılım analizinin sonucunda kimyasal modifikasyon işlemi

uygulanmış olan ses tablasının modifikasyon işlemi uygulanmamış ses tablasına göre mod genliklerinde ve doğal frekanslarında artış olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiş olan ses tablasının ses yayılımı analizi sonucu incelendiğinde kimyasal modifikasyon işleminin ses yayılımına pozitif anlamda etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda verilmiş olan verilerin ışığında propiyonik anhidrit kullanılarak gerçekleştirilmiş olan kimyasal modifikasyon işlemi sonrasında odun malzemesine boyutsal sabitlik kazandırılabilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir. Çalgı yapımı için kullanılacak olan odunlara kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirilerek oduna boyutsal sabitlik kazandırılması yapılacak çalgının dış etkenlerden daha az etkilenmesini sağlayacağı için çalgının kullanım ömrünü uzatabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Tarkow, H., Stamm, A. J., & Erickson, E. C. (1953). Acetylated wood
- [2] Cetin, N. S., & Ozmen, N. (2001). Dimensional changes in Corsican and Scots pine sapwood due to reaction with crotonic anhydride *Wood Sci. Technol.* 35 257–67
- [3] Rowell, R. M., & Banks, W. B., (1987). Tensile Strength and Toughness of Acetylated Pine and Lime Flakes *Br. Polym. J.* 19 3–6
- [4] Hill C. A. S., Cetin, N. S., & Ozmen, N. (2000). Potential catalysts for the acetylation of wood *Holzforschung* 54 269–72
- [5] Rowell, R. (2005). *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*
- [6] Bongers, H. P., & Beckers, E. (2003). Mechanical properties of acetylated solid wood treated on pilot plant scale *European Conference on Wood Modification*
- [7] Rowel, R. M., Lichtenberg, R. S., & Larsson P. (1993). Stability of acetylated wood to environmental changes *Wood Fiber Sci.*
- [8] Birkinshaw, C., & Hale, M. D., 2002 Mechanical properties , physical properties and fungal resistance of acetylated fast grown softwoods I Small specimens *Irish For.* 49–58
- [9] Larsson, P., & Simonson, R., (1994) A study of strength , hardness and deformation of acetylated Scandinavian softwoods *Holz als Roh- und Werkst.* 83–6
- [10] Çetin N. S., Gültekin, G., Özmen, N., & Birinci, E. (2009). Propionik Anhidrit Modifikasyonu ile *Eucalyptus grandis* Diri Odununa Boyutsal Sabitlik Kazandırılması *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* pp 647–55
- [11] Jorissen, A., Bongers, F., Kattenbroek, B., & Homan, W. (2005). The influence of acetylation of *Radiata* pine in structural sizes on its strength properties 108–16
- [12] Sachs, C. (2006). *The History of Musical Instruments*
- [13] Kunej D, Turk I. (2000). New perspectives on the beginnings of music: Archeological and musicological analysis of a middle paleolithic bone “flute.”

- In: Wallin N, Merker B, Brown S. Editors. The origins of music. Cambridge: MIT Press; 2000. pp: 235–269.
- [14] D'errico F, et al. Middle Palaeolithic origin of music? Using cave-bear bone accumulations to assess the Divje Babe I bone 'flute'. *Antiquity* 1998; 72: 65–79
- [15] Buyruklar, A, Tunç. Klasik kemençenin tarihi gelişimi ve dört telli kemençenin yapımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1994.
- [16] Akyay, K, Nabi. Türk müziği enstrüman adları etimolojisi, Yüksek Lisans Tez, Kırklareli Üniversitesi, 2014.
- [17] Fengel, D., & Wegener, G., (1984). *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions* Waster & Grugter 613
- [18] Hill, C. A. S. (2006). *Wood Modification Chemical, Thermal and Other Processes* (John Wiley & Sons)
- [19] Rowell, R. M. (1983). *Chemical Modification of Wood For. Prod. Abstr.* 6 363–81
- [20] Brown, R. M., & Saxena, I. M. (2007). *Cellulose: Molecular and Structural Biology* (Springer New York)
- [21] Sjöström, E. (1993). *Wood chemistry, fundamentals and applications* vol 252
- [22] Hon, D. N. S., & Shiraishi, N. (2013). *Wood And Cellulosic Chemistry* vol 53
- [23] Sander, C., Beckers, E. P. J., Militz, H., & Veenendaal, W. Van. (2003). *Analysis of acetylated wood by electron microscopy* 37 39–46
- [24] Özmen, N., & Çetin, N. S. (2002). The reaction of crotonic anhydride with Scots and Corsican pine: Investigation of kinetic profiles and determination of activation energies *Turkish J. Agric. For.* 27 7–13
- [25] Aydoğmuş, A. (2009). Kimyasal Modifikasyon İşleminin Müzik Aletlerinin Ses Tınısı Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tez, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
- [26] Norimoto, M. (1993). *Structure and Properties of Chemically Treated Woods Recent Research on Wood And Wood-Based Materials* vol 1, ed N Shiraishi, H Kajita and M Norimoto pp 135–54
- [27] Hill, C. A. S., & Jones, D. (1999). Dimensional changes in Corsican pine sapwood due to chemical modification with linear chain anhydrides *Holzforschung* 53 267–71
- [28] Rowell, R. M., & Young, R. A. (1978). *Modified Cellulose* vol 45

- [29] Woolley CL. U (1934). *Ur Excavations Volume II The Royal Cemetery. A Report on the Predynastic and Sargonid Graves Excavated Between 1926 and 1931 (Text and Plates)*. London: Oxford University Press
- [30] Kabir, M. F., Daud, W. M., Khalid, K., & Sidek, H. A. (1998). Effect of Moisture Content and Grain Direction on the Dielectric Properties of Rubber Wood at Low Frequencies *Holzforschung* 52 546–52
- [31] Calegari, L., Gatto, D. A., & Stangerlin, D. M. (2011). Influence of moisture content , specific gravity and specimen geometry on the ultrasonic pulse velocity in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden WOOD *Ciência da Madeira* 106 (Braz. J. Wood Sci.), Pelotas 64–74
- [32] Bucur, V. (2006). *Acoustic of Wood (Springer Series in Wood Science)*
- [33] Bucur, V., & Feeney, F. (1992). Attenuation of ultrasound in solid wood 30 76–81
- [34] Oliveira, F. G. R., & Sales, A. (2006). Relationship between density and ultrasonic velocity in Brazilian tropical woods *Bioresour. Technol.* 97 2443–6
- [35] Tuncel, E. (2008). *Klasik kemençe sazında pozisyon ve yay bağlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi*
- [36] <https://www.dictum.com/en/western-type-babc/stubai-chisels-3k-kork-profi-6-piece-set-in-cotton-tool-roll-701399>
- [37] <https://www.dictum.com/en/hand-cut-rasps-baha/hattori-rasp-cabinet-cut-3-704572>
- [38] <https://www.dictum.com/en/veritas-planes-baeb/veritas-spokeshave-rounded-sole-pm-v11-blade-703988>
- [39] <https://www.dictum.com/en/planes-replacement-blades-jba/ibex-finger-plane-arched-sole-blade-width-10-mm-703302>
- [40] <https://www.indiamart.com/proddetail/wood-carving-chisel-14828468830.html>
- [41] <https://www.dictum.com/en/coping-saws-baah/japanese-coping-saw-712517>
- [42] <https://www.dictum.com/en/herdim-reamers-jbg/herdim-peg-shaper-and-reamer-22-piece-set-730300>
- [43] Çolakoğlu G., & Karahasanoglu (2008) *Armutî kemençe: Farklı toplumlar, farklı işlevler ve farklı sosyal kimlikler, itüdergisi/bCilt:5, Sayı:2, 57-68*
- [44] https://www.thomann.de/gb/thomann_alto_rebec_set.htm
- [45] https://en.wikipedia.org/wiki/Cretan_lyra#/media/File:Creatn_Lyre2.jpg

- [46] <https://www.sultaninstrument.com/products/classical-kemenche-tirnak-kemence>
- [47] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/58/Gdulka-bow_copy.jpg/1280px-Gdulka-bow_copy.jpg
- [48] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Woolley_holding_the_hardened_pl_nihat
- [49] Obataya, E. (1999) Suitability of acetylated woods for clarinet reed J. Wood Sci. 45 106–12
- [50] Yano, H., Norimoto, M., & Rowell, R. M. (1993). Stabilization of Acoustical Properties of Wooden Musical-Instruments by Acetylation Wood Fiber Sci. 25 395–403
- [51] Ahmed, S. A & Adamopoulos, S. (2018). Acoustic properties of modified wood under different humid conditions and their relevance for musical instruments Appl. Acoust. 140 92–9
- [52] Wise, E. L., & Karl, H. L. (1962). Cellulose and hemicelluloses in pulp and paper science and technology. (New York.: Pulp edited by C. Earl Libby. McGraw Hill-Book Co.,)
- [53] Li, J. Z., Furuno, T., & Sadanobu, K. (2000). Chemical modification of wood by anhydrides without solvents or catalysts J. Wood Sci. 215–21
- [54] Stamm, A. J., & Tarkow, H., (1946). Dimensional Stabilization of Wood For. Prod. J. 493–505
- [55] Silverstein, R., Webster, F., & Kiemle, D. (2005). Spectrometric identification of organic compounds, Seventh Edition vol 30
- [56] Değirmenli, Emir. 2018. “Türk Müziği Çalgılarından ’ud’ da Ses Oluşumunun İncelenmesi ve Telli Çalgıların Ses Karakteri Açısından Tasarımlarının Belirlenmesine Dair Yöntem Önerisi.” Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [57] Curtin, J. (2009). Measuring Violin Sound Radiation Using An Impact Hammer. Journal of the Acoustical Society of America, 22(1), 186-209.
- [58] Obataya, E., Furuta, Y., & Gril, J. (2003). Dynamic viscoelastic properties of wood acetylated with acetic anhydride solution of glucose pentacetate 152–7
- [59] Çetin, N. S., Özmen, N., & Birinci E. (2011). Acetylation of wood with various catalysts J. Wood Chem. Technol. 31 142–53

Özgeçmiş

Adı Soyadı: Yiğit YURTERİ
E-mail: yurteri47@gmail.com

Eğitim:

2014–2018 Ege Üniversitesi, Devlet Türk Musiki Konservatuvarı, Lisans
2019–2022 İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği,
Yüksek Lisans