

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TAVUK TÜYÜ LİFLERİNDEN SES YALITIM AMAÇLI
DOKUSUZ YÜZEY YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ**

**Hazırlayan
Süreyya KOCATEPE**

**Danışman
Prof.Dr. Nazım PAŞAYEV**

Doktora Tezi

**Ocak 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TAVUK TÜYÜ LİFLERİNDEN SES YALITIM AMAÇLI
DOKUSUZ YÜZEY YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ**

(Doktora Tezi)

**Hazırlayan
Süreyya KOCATEPE**

**Danışman
Prof.Dr. Nazım PAŞAYEV**

**Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
tarafından 115M725 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Ocak 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Süreyya KOCATEPE



YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

“Tavuk Tüyü Liflerinden Ses Yalıtım Amaçlı Dokusuz Yüzey Yapılarının Geliştirilmesi” adlı Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

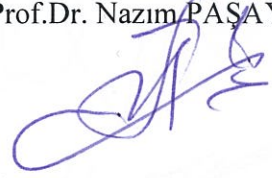
Hazırlayan

Süreyya KOCATEPE



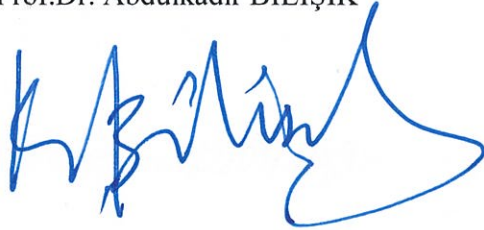
Danışman

Prof.Dr. Nazım PAŞAYEV



Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof.Dr. Abdülkadir BİLİŞİK



Prof.Dr. Nazım PAŞAYEV danışmanlığında Süreyya KOCATEPE tarafından hazırlanan “Tavuk Tüyü Liflerinden Ses Yalıtım Amaçlı Dokusuz Yüzey Yapılarının Geliştirilmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **Doktora** tezi olarak kabul edilmiştir.

14/01/2019

JÜRİ:

Danışman : Prof.Dr. Nazım PAŞAYEV

Üye : Doç.Dr. M.İbrahim BAHTİYARİ

Üye : Doç.Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Üye : Doç.Dr. Musa KILIÇ

Üye : Doç.Dr. Ozan KAYACAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 22/01/2019 tarih ve 2019/05-08 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim sırasında çalışmalarımı yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen, her anlamda desteğini sürekli hissettiğim kıymetli hocam sayın Prof. Dr. Nazım PAŞAYEV'e sonsuz teşekkür ederim.

Doktora tezim sırasında Tez İzleme Komitesi'nde bulunan değerleri hocalarım Doç.Dr. İbrahim BAHTİYARİ ve Doç.Dr. Oğuz DEMİRYÜREK'e desteklerinden ötürü teşekkür ederim. Desteklerinden dolayı çalışma arkadaşlarım Tekstil Yüksek Mühendisi Nesli MARAŞ, Tekstil Yüksek Mühendisi Ayşegül ERDEM, Öğretim Görevlisi Ayşenur MUTLU, Öğretim Görevlisi Dr. Onur TEKOĞLU ve Öğretim Görevlisi Müslüm EROL'a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında deneysel çalışmalarımın bir kısmını yürüttüğüm Erciyes Üniversitesi Teknoloji ve Uygulama Merkezi (TAUM) ve çalışanlarına teşekkür ederim. 115M725 nolu proje ile tezimi finansal olarak destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu zamanlara gelmemde en büyük paya sahip olan, bütün eğitim ve öğretim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini asla üzerimden çekmeyen canım annem ve babama sonsuz teşekkür ederim.

Tekâmül yolculuğumda bilimin hayatımıza olan katkısı yadsınamaz bir gerçektir. Yazdığım bu doktora tezini beni bu gerçeğe her türlü desteği ile bir adım daha yaklaştıran babam Mehmet KOCATEPE'ye ithaf ediyorum.

Süreyya KOCATEPE

Kayseri, Ocak 2019

TAVUK TÜYÜ LİFLERİNDEN SES YALITIM AMAÇLI DOKUSUZ YÜZEY YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ

Süreyya KOCATEPE

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Doktora Tezi, Ocak 2019
Danışman: Prof. Dr. Nazım PAŞAYEV**

ÖZET

İnsan sağlığına zarar veren ve istenmeyen ses olarak tanımlanabilen gürültü özellikle son yıllarda insan hayatını olumsuz etkileyen bir problem haline gelmiştir. Gürültü kişide fiziksel, fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına neden olur. Bu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması için gürültü ile mücadele yöntemleri giderek artmaktadır. Kapalı mekânlarda, uçak ve otomobillerde akustik konforun temin edilmesi amacıyla birçok yöntem ve malzemeler geliştirilmektedir. Ses emici materyallerin geliştirilmesi bu amava yönelik yapılan çalışmalardandır. Son yıllar doğal liflerden ve atık materyallerden üretilen ses emici malzemeler daha yaygın kullanım bulmaktadır.

Bu tez çalışması ses emici malzemeler üretiminde hammadde olarak doğal bir materyal olan tavuk tüylerinden yararlanılması ile ilgilidir. Mevcut haliyle kullanıma elverişli olmayan tavul tüyleri çalışma kapsamında lif haline getirilmiş ve bu liflerden dokusuz yüzey tipi ses emici malzemeler üretilmiştir. Tavuk tüyü liflerinin boşluklu içyapısından dolayı çift gözenekli yapıya sahip bu dokusuz materyaller yüksek ses izolasyon özellikleri sergilemiştir. Tez kapsamında tavuk tüylerinin temizlenmesi ve liflere dönüştürülmesi prosesi, üretilmiş liflerin mekanik ve fiziksel özellikleri, bu liflerden geliştirilmiş yalıtım malzemelerinin yapısal özellikleri ve akustik performansı incelenmiştir. Elde edilen veriler geliştirilmiş malzemelerin piyasadaki ses yalıtım materyallerine ciddi bir alternatif oluşturabileceği kanaatine getirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ses Yalıtımı, Ses Yalıtım Malzemeleri Ses Yutucu Malzemeler, Tavuk Tüyü, Tavuk Tüyü Lifleri, Dokusuz Yüzeyler, Ses Yutum Katsayısı, Ses İletim Kaybı

PRODUCTION OF NONWOVEN SURFACES FROM CHICKEN FEATHER FIBERS FOR SOUND INSULATION

Süreyya KOCATEPE

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

PhD Thesis, January 2019

Supervisor: Prof.Dr. Nazım PAŞAYEV

ABSTRACT

Noise which can be defined as harmful and undesirable sound has become a problem that has adversely affected human life in recent years. Noise cause physical, physiological and psychological disturbances for people. To counteract these negative effects, noise-fighting methods are increasing. In indoor places, aircraft and automobiles, many methods and materials have been developed to provide acoustic comfort. One of these methods is to develop sound absorbing materials. Especially, sound absorbing materials produced from natural fibers and waste materials have an important place.

This thesis is about using chicken feathers which is a natural material in the production of sound absorbing materials. However, chicken feathers are not suitable for use as its natural form. In the study, chicken feathers were transformed the fibers and sound absorbing materials were produced via using nonwoven production techniques. The nonwoven surfaces, which have a double porous structure due to the microporous internal structure, exhibited high sound insulation properties. In this thesis, cleaning of chicken feathers and production of fibers, the mechanical and physical properties of the produced fibers, the Structural properties and the acoustic performance of sound insulation materials produced from these fibers were investigated. The resulting data have led to the conclusion that the developed materials could be a serious alternative to the sound insulation materials on the market.

Keywords: Sound Insulation, Sound Insulation Materials, Sound Absorber Materials, Chicken Feather, Chicken Feather Fibers, Nonwoven Surfaces, Sound Absorption Coefficient, Sound Transmission Loss

İÇİNDEKİLER

TAVUK TÜYÜ LİFLERİNDEN SES YALITIM AMAÇLI DOKUSUZ YÜZEY YAPILARININ GELİŞTİRİLMESİ	
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER	xv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

SES YALITIMI HAKKINDA TEMEL TANIMLAR VE BİLGİLER

1.1. Akustik ve Sesin Tanımı, Sesin Fiziksel Özellikleri	3
1.1.1. Akustik ve Ses Tanımı	3
1.1.2. Sesin Fiziksel Özellikleri	3
1.1.2.1. Ses frekansı	4
1.1.2.2. Sesin dalga boyu	4
1.1.2.3. Sesin hızı	6
1.1.2.4. Sesin genliği ve titreşim hızı	6
1.1.2.5. Desibel	7
1.1.2.6. Ses Gücü ve Ses Gücü Seviyesi	7
1.1.2.7. Ses Yoğunluğu ve Ses Yoğunluğu Seviyesi	7
1.1.2.8. Sesin Yansıması, Kırılması ve Yutulması	8

1.2. Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkileri	8
1.3. Gürültü ile Mücadele Yöntemleri.....	10
1.4. Ses Yalıtım Materyalleri.....	11
1.4.1. Ses yalıtımında kullanılan lifsi malzemeler.....	13
1.4.1.1. Ses Yalıtımında Kullanılan Geleneksel Lifsi Malzemeler.....	14
1.4.1.1.1. Cam Yünü.....	14
1.4.1.1.2. Taş Yünü.....	16
1.4.1.1.3. Ahşap Yünü	17
1.4.1.1.4. Tekstil esash malzemeler	17
1.4.2. Ses Yalıtımında Kullanılan İnovatif Lifsi Malzemeler	18
1.4.2.1. Gözenekli Malzemeler ve Rezenatörler	22
1.4.2.2. Geri Dönüşüm Malzemeleri.....	24
1.4.2.3. Kompozitler	24
1.5. Lifsi Ses Yalıtım Materyallerini Karakterize Eden Parametreler	25
1.6. Sonuçlar.....	29

2. BÖLÜM

DOKUSUZ YÜZEY ÜRETİMİ

2.1. Dokusuz Yüzeyler Üretimi	30
2.1.1. Doku Oluşturma	32
2.1.1.1. Kuru Serme Yöntemleri.....	33
2.1.1.1.1. Mekanik Serme (Carding) Yöntemi.....	33
2.1.1.1.2. Hava Akımı ile Serme Yöntemi	34
2.1.1.2. Islak Serme Yöntemi	34
2.1.1.3. Filament (Sonsuz Elyaf) Serme Yöntemleri	35
2.1.1.3.1. Sonsuz Elyaf Serme (Spunbond) Yöntemi.....	36
2.1.1.3.2. Eriyik Püskürtme (Meltblown) Yöntemi	37
2.1.1.3.3. Elektrostatik Serme Tekniği	38
2.1.1.3.4. Ani Olarak Doku Oluşturma	39

2.1.2. Doku Bağlama (Sabitleme)	39
2.1.2.1. Mekanik Bağlama (Mechanical-Bonding) Yöntemleri	40
2.1.2.1.1. İğneleme (Needle-Punch) Yöntemi	40
2.1.2.1.2. Dikme (Stich-Bonding)Yöntemi	41
2.1.2.1.3. Su Jeti ile Bağlama (Spunlace)Yöntemi	42
2.1.2.2. Kimyasal Bağlama (Chemical-Bonding) Yöntemleri	43
2.1.2.2.1. Emdirme (Saturation, Empregnasyon) Yöntemi	44
2.1.2.2.2. Köpük Aplikasyonu ile Bağlama (Foam Bonding) Yöntemi	45
2.1.2.2.3. Püskürtme (Spray Bonding) Yöntemi.....	45
2.1.2.2.4. Baskı ile Bağlama (Print Bonding) Yöntemi	46
2.1.2.3. Isıl Bağlama Yöntemleri.....	47
2.1.2.3.1. Sıcak Silindir ile Bağlama (Kalender).....	47
2.1.2.3.2. Silindir ve Boşluklu Sistem ile Isıl Bağlama (Calender Point Bonding).....	49
2.1.2.3.3. Sıcak hava akımı ile bağlama.....	49
2.1.2.3.4. Ultrason tekniği ile bağlama	50
2.2. Bölüm Üzere Sonuçlar	51

3. BÖLÜM

TAVUK TÜYÜ LİFLERİNDEN SES YALITIM MALZEMELERİ GELİŞTİRİLMESİ PERSPEKTİFİ

3.1. Tavuk Tüyü ve Özellikleri.....	51
3.2. Tavuk Tüyünden Lif Elde Edilmesi Perspektifi.....	54
3.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Özellikleri	56
3.3.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Yapısal ve Fiziksel Özellikleri.....	56
3.3.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Mekanik Özellikleri	57
3.3.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Fiziksel Özellikleri	59
3.3.4. Tavuk Tüylerinin Kimyasal Özellikleri	61
3.4. Tavuk Tüyü Liflerinden Dokusuz Yüzey Üretimi	65

3.5. Bölüm Üzere Sonuçlar	66
---------------------------------	----

4. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Tavuk Tüylerinin Yıkaması ve Dezenfekte Edilmesi	67
4.1.1. Yaklaşım.....	67
4.1.2. Materyal	68
4.1.2.1. Tavuk Tüyü Materyali	68
4.1.2.2. Yıkama Maddesinin Seçilmesi.....	69
4.1.2.3. Dezenfekte Maddesinin Seçilmesi	70
4.1.3. Yöntem	70
4.1.3.1. Yıkama.....	70
4.1.3.2. Yıkama Programlarının Tasarlanması	71
4.1.3.3. Yıkama Sonuçlarının Değerlendirilmesi	72
4.1.4. Tavuk Tüyünün Kurutulması	74
4.1.4.1. Kurutma Şartlarının Belirlenmesi	74
4.1.4.2. Yıkanmış Tüylerin Kurutulması	74
4.2. Tavuk Tüyünden Lif Üretimi.....	75
4.2.1. Materyal	75
4.2.2. Yöntem	76
4.3. Tavuk tüyü liflerinin bazı özelliklerinin incelenmesi.....	78
4.3.1. Materyal	78
4.3.2. Yöntem	79
4.3.2.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi	79
4.3.2.1.1. SEM ve EDX Analizi	79
4.3.2.1.2. Çekme Testi	80
4.3.2.1.3. FT-IR Analizi	81
4.3.2.1.4. Tavuk Tüyü Liflerinin Higroskopik Özelliklerinin İncelenmesi	82

4.3.2.1.4.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Havadan Nem Alma Özelliğinin İncelenmesi.....	83
4.3.2.1.4.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Islak Ortamda Nem Alma Özelliğinin İncelenmesi.....	84
4.3.2.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Isıl Özellikleri	86
4.3.2.2.1. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)	86
4.3.2.2.2. Termogravimetrik Analiz (TGA)	87
4.4. Tavuk Tüyü Liflerinden Ses Yalıtım Malzemeleri Üretimi	88
4.4.1. Materyal	88
4.4.2. Yöntem	89
4.4.2.1. TTL'den Dokusuz Yüzey Numune Üretimi	89
4.4.2.1.1. TTL'den Dokusuz Yüzey Numune Üretimi İçin Doku Oluşturma ve Bağlama Yöntemlerinin Seçilmesi	89
4.4.2.1.2. TTL'den Dokusuz Yüzey Numune Üretiminde Kullanılan Doku Oluşturma Tertibatı.....	89
4.4.2.1.3. TTL'den Dokusuz Yüzey Üretiminde Kullanılacak Bağlayıcı Maddeler	91
4.4.2.1.4. Termal Bağlama Yöntemiyle TTF'den Dokusuz Yüzey Üretimi Şartlarının Belirlenmesi	91
4.4.2.1.5. Üretim Parametrelerinin Numunelerin Akustik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi.....	93
4.4.2.2. TTL'den Mekanik Bağlama Yöntemiyle Ses Yalıtım Yüzeylerinin Üretimi.....	94
4.4.2.3. TTL'den Kimyasal Bağlama Yöntemiyle Ses Yalıtım Yüzeylerinin Üretimi.....	95
4.5. Üretilmiş Ses Yalıtım Malzemelerinin Bazı Özelliklerinin İncelenmesi	98
4.5.1. Materyal	98
4.5.2. Yöntem	99
4.5.2.1. TTL'den Üretilmiş Numunelerinin Yapısal Parametrelerinin İncelenmesi	99

4.5.2.1.1. Numunelerin Ağırlık Ölçümü	99
4.5.2.1.2. Numunelerin Kalınlık Ölçümü	100
4.5.2.1.3. Numunelerin Yüzeysel ve Hacimsel Ağırlıkları İle Gözenekliliğinin Hesaplanması.....	100
4.5.2.1.4. Numunelerin Hava Geçirgenlik Testleri.....	101
4.5.2.2. TTL'den Üretilmiş Numunelerinin Akustik Parametrelerinin İncelenmesi	102
4.5.2.2.1. Empedans Tüpünün Çalışma Prensibi	102
4.5.2.2.2. Ses Yutum Katsayısının Ölçülmesi	104
4.5.2.2.3. Ses İletim Kaybının Ölçülmesi.....	105

5. BÖLÜM

BULGULAR

5.1. Tavuk Tüylerinin Lif üretimine Hazırlanması İle İlgili Araştırmalar	108
5.1.1. Yıkama İle Bağlı Sonuçlar	108
5.1.1.1. SEM Analizi Sonuçları.....	108
5.1.1.2. Çekme Testi Sonuçları	113
5.1.2. Kurutma İle Bağlı Sonuçlar	120
5.2. Tavuk Tüyü Liflerine Uygulanan Testlerin Sonuçları	122
5.2.1. FT-IR Analizinin Değerlendirilmesi	122
5.2.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Higroskopik Özelliklerinin Test Sonuçları.....	124
5.2.2.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Havadan Nem Alma Yeteneğine Bağlı Bulgular	124
5.2.2.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Islak Ortamda Su Emme Yeteneğine Bağlı Bulgular	127
5.2.2.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Suyun Etkisi Altında Şişme Yeteneğine Bağlı Sonuçlar	128
5.3. Tavuk Tüyü Liflerinden Üretilmiş Yüzeylerin Analizi	128
5.3.1. TTL'den Üretilmiş Yüzeylerin Yapısal Parametrelerinin İncelenmesi ...	128

5.3.1.1. Termik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Yapısal Analizi	128
5.3.1.1.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Ölçülmesi	129
5.3.1.1.2. Numunelerin EDX Analizi	131
5.3.1.2. Mekanik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeyin Yapısal Analizi	133
5.3.1.3. Kimyasal Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeyin Yapısal Analizi	133
5.4. Tavuk Tüyü Liflerinden Üretilmiş Dokusuz Yüzey Numunelerinin Akustik Parametrelerinin Analizi	134
5.4.1. Termik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Dokusuz Yüzeylerin Akustik Özelliklerinin Analizi	134
5.4.1.1. Üretim Parametrelerinin Numunelerin Akustik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi İle İlgili DeneySEL Veriler	147
5.4.1.1.1. Çok Faktörlü Deney Tasarımı	147
5.4.1.1.2. Optimizasyon Meselesinin Çözümü	166
5.4.2. Mekanik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Akustik Özelliklerinin Analiz Edilmesi	169
5.4.3. Kimyasal Yöntemle Elde Edilmiş Yüzeylerin Akustik Özelliklerinin Analiz Edilmesi	172

6. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

6.1. Tüylerin Lif Üretimine Hazırlanması İle İlgili Sonuçlar	177
6.1.1. Tavuk Tüylerinin Yıkanması İle İlgili Araştırma Sonuçları	177
6.1.2. Yıkanmış Tüylerin Kurutulmasıyla İlgili Araştırma Sonuçları	179
6.2. Üretilmiş Dokusuz Yüzey Numunelerinin Mikroskopik Analiz Sonuçları	180
6.3. FT-IR Analizine Bağlı Sonuçlar	180
6.4. Tavuk Tüyü Liflerinin Higroskopik Özelliklerinin Test Sonuçları	181

6.4.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Havadan Nem Alma Yeteneğine Bağlı Sonuçlar	181
6.4.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Islak Ortamda Su Emme Yeteneğine Bağlı Sonuçlar.....	182
6.4.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Suyun Etkisi Altında Şişme Yeteneğine Bağlı Sonuçlar.....	182
6.5. Tavuk Tüyü Liflerinden Üretilmiş Yüzeylerin Analiz Sonuçları.....	182
6.5.1. Termik Bağlama Yöntem İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Analizi	183
6.5.1.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Analizi	183
6.5.1.2. Numunelerin Akustik Test Sonuçlarının Analizi	183
6.5.1.3. Çok Faktörlü Deney Sonuçları.....	186
6.5.2. Mekanik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Analizi.....	187
6.5.2.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Analizi	187
6.5.2.2. Numunelerin Akustik Test Sonuçlarının Analizi	188
6.5.3. Kimyasal Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Analizi.....	188
6.5.3.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Analizi	188
6.5.3.2. Numunelerin Akustik Test Sonuçlarının Analizi	189

7. BÖLÜM

GENEL SONUÇLAR	195
KAYNAKLAR	199
ÖZGEÇMİŞ.....	211

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>
μm :	: Mikrometre
dk :	: Dakika
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
DYPE	: Düşük yoğunluklu polietilen
EDX	: Enerji Dağıtıcı X Işını
EVA	: Etilen vinil asetat
f	: Frekans
FT-IR	: Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre
g :	: Gram
GPa :	: GigaPascal
Hz	: Hertz
kg	: Kilogram
m :	: Metre
mg :	: Miligram
mm :	: Milimetre
MPa :	: MegaPascal
$^{\circ}\text{C}$:	: Santigrad derece
PE	: Polietilen
PP	: Polipropilen
PVA	: Polivinil asetat
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
T	: Periyot
T_g	: Cam geçiş sıcaklığı
TGA	: Termogravimetrik Analiz
TTL	: Tavuk tüyü lifi
W :	: Watt
α :	: Alfa
β :	: Beta

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Camyününün frekanslara bağlı ses yutma katsayıları	15
Tablo 1.2. Taş yününün frekanslara bağlı ses yutma katsayıları.....	16
Tablo 1.3. Ahşap yününün frekanslara bağlı ses yutma katsayıları	17
Tablo 2.1. Hammadde türüne göre dokusuz yüzey üretim teknikleri	31
Tablo 2.2. Tülbent esaslı kumaş üretiminde kullanılan doku oluşturma teknikleri	32
Tablo 2.3. Tülbent esaslı kumaşlarda doku bağlama teknikleri	39
Tablo 3.1. Tavuk tüyü lifleri, hindi tüyü lifleri ve yün liflerinin mekanik özellikleri.....	57
Tablo 3.2. Bazı doğal liflerin suda şişme oranları	60
Tablo 3.3. Tavuk tüylerinin kimyasal analizi	61
Tablo 3.4. Tavuk tüylerinin amino asit içeriği	65
Tablo 4.1. Setaş firmasına ait olan yıkama maddelerinin özellikleri	70
Tablo 4.2. Rudolf Group firmasına ait olan yıkama maddelerinin özellikleri	70
Tablo 4.3. Yıkama makinesi karakteristikleri	70
Tablo 4.4. Yönetilebilen faktörlerin değişim parametreleri	73
Tablo 4.5. Deney planı	73
Tablo 4.6. Lif üretim makinesinin çalışma parametreleri ve değişim aralıkları.....	78
Tablo 4.7. Lif numunelerinin havadan nem alma kabiliyetini incelemek için deney şartları	83
Tablo 4.8. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan kumaş özellikleri.....	88
Tablo 4.9. Seçilmiş bağlayıcı polimer maddelerin bazı özellikleri	91
Tablo 4.10. Bağımsız değişen faktörler hakkında bilgiler.....	93
Tablo 4.11. Bağımlı değişenler hakkında bilgiler	93
Tablo 4.12. Bağımsız faktörlerin değişim seviyeleri.....	94
Tablo 4.13. Deney faktörleri, değişim aralıkları ve seviyeleri	96
Tablo 4.14. Deney tablosu	96
Tablo 4.15. PVA tutkalının özellikleri	97
Tablo 5.1. Yıkama öncesi ve sonrası lif kesitlerinin SEM görüntülerinin analizi.....	113

Tablo 5.2. Tavuk tüyü liflerinin çekme testi sonuçları.....	114
Tablo 5.3. Farklı yıkama konsantrasyon çözeltilerinde yıkanmış tüylerden elde edilmiş liflerin çekme testi sonuçları	115
Tablo 5.4. Veri grupları üzere dağılışın normalliği testi sonuçları.....	116
Tablo 5.5. Varyansların türdeşliği testi sonuçları.....	116
Tablo 5.6. Dunnett testi ve ANOVA sonuçları	117
Tablo 5.7. Çok faktörlü deney planı ve sonuçları.....	118
Tablo 5.8. Deney sonuçlarının ANOVA tablosu.....	118
Tablo 5.9. Optimizasyon meselesinin çözümü	119
Tablo 5.10. Yıkanmış ve yıkanmamış tüye ait FT-IR analizi sonucu madde içeriği ...	123
Tablo 5.11. Deneylerde kullanılan lif numunelerinin kuru ağırlığı.....	124
Tablo 5.12. Liflerin havadan nem alma kabiliyetinin test sonuçları	124
Tablo 5.13. Malzemelerin havadan aldıkları nem oranlarının ANOVA sonuçları	125
Tablo 5.14. Liflerin su emme kapasitesinin tayini ile ilgili deney sonuçları.....	127
Tablo 5.15. Malzemelerin sudan aldıkları nem oranlarının ANOVA sonuçları	127
Tablo 5.16. Natural değerlerle numunelerin parametreleri	129
Tablo 5.17. Üretilmiş numunelerin bazı parametreleri.....	130
Tablo 5.18. TTL'den dikiş yöntemi ile elde üretilmiş numunenin bazı parametreleri.....	133
Tablo 5.19. TTL'den kimyasal yöntem ile elde üretilmiş numunenin bazı parametreleri.....	133
Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları	147
Tablo 5.21. Çok faktörlü deney planının özeti	160
Tablo 5.22. Çok faktörlü deney planı analizinde model seçimi	161
Tablo 5.23. Ses yutma katsayısı değerleri için ANOVA özeti.....	162
Tablo 5.24. Ses iletim kaybı değerleri için ANOVA özeti.....	163
Tablo 5.25. Çok faktörlü deney sonucu ses yutma katsayısı için alınmış matematiksel modeller	166

Tablo 5.26. Çok faktörlü deney sonucu ses iletim kaybı için alınmış matematiksel modeller.....	167
Tablo 5.27. Isıl bağlama yöntemiyle dokusuz yüzey üretimi için önerilen çalışma parametreleri.....	167



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Dalga Boyu.....	4
Şekil 1.2.	Bir dalga boyunun ortamda yayılması	5
Şekil 1.3.	Sesin farklı ortamlarda yayılma hızları	6
Şekil 1.4.	Ses dalgalarının yüzeye çarptıktan sonraki davranışı	8
Şekil 1.5.	Cam yünü	14
Şekil 1.6.	Taş Yünü	16
Şekil 1.7.	Ahşap yünü.....	17
Şekil 2.1.	Mekanik serme işlemi	33
Şekil 2.2.	Havalı Serme Tekniği.....	34
Şekil 2.3.	Islak serme yönteminin prensip şeması.....	35
Şekil 2.4.	Sonsuz elyaf serme prensibi	36
Şekil 2.5.	Eriyik püskürtme ünitesi	38
Şekil 2.6.	Elektrostatik serme yöntemi.....	38
Şekil 2.7.	İğneleme Hareketi	40
Şekil 2.8.	İplik kullanılan dikme yöntemi	42
Şekil 2.9.	Su jetli doku sabitleme	43
Şekil 2.10.	Kimyasal bağlama yöntemi.....	44
Şekil 2.11.	Emdirme yöntemi	44
Şekil 2.12.	Köpükle sabitleştirme ünitesi	45
Şekil 2.13.	Püskürtme ile bağlama tekniği	46
Şekil 2.14.	Baskı ile bağlama	46
Şekil 2.15.	Noktasal yapıştırma için gravürlü rulolar.....	48
Şekil 2.16.	Silindir ve boşluklu sistem ile ısı bağlama.....	49
Şekil 2.17.	Sıcak hava akımı ile sabitleştirme ünitesi	50
Şekil 3.1.	Kuş tüyünün yapısı.....	51
Şekil 3.2.	Kuş tüyü sapının iç yapısı	52
Şekil 3.3.	Tavuk vücudunun farklı bölgelerinden alınmış tüyler	52

Şekil 3.4.	Tipik kontur tüyü.....	53
Şekil 3.5.	Barbs olarak adlandırılan tüycüklerin SEM görüntüleri	53
Şekil 3.6.	Tavuk tüylerinin ikincil ve üçüncül yapısının SEM görünümü	54
Şekil 3.7.	Keratine ait termogravimetrik eğriler.....	60
Şekil 3.8.	Saç telinin yapısı	63
Şekil 3.9.	α -keratinin yapısı.....	64
Şekil 3.10.	β -keratin filament yapısı.....	64
Şekil 4.1.	TAD Piliç şirketinden temin edilen tavuk tüyleri	68
Şekil 4.2.	Yıkamada kullanılan kimyasal maddeler	69
Şekil 4.3.	Tüylerin yıkanması.....	71
Şekil 4.4.	Tüy kurutma ve ayırıştırma makinesinin prensip şeması.....	74
Şekil 4.5.	Tavuk tüyünden lif üretim makinesinin prensip şeması.....	76
Şekil 4.6.	Tavuk tüyünden lif üretim makinesi	77
Şekil 4.7.	Tavuk tüyünde üretilmiş lifler (solda) ve sap (sağda) parçalar	78
Şekil 4.8.	Leo440 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM)	80
Şekil 4.9.	Liflerin SEM ve EDX analizi için hazırlanması	80
Şekil 4.10.	Çekme test cihazı, a:cihaz, b:çene, c:kontrol paneli	81
Şekil 4.11.	FT-IR analiz cihazı.....	82
Şekil 4.12.	Nüve marka iklimlendirme test kabini	83
Şekil 4.13.	Liflerin su emme kapasitesinin tayini için tasarlanmış deney düzeneği	85
Şekil 4.14.	Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) cihazı.....	86
Şekil 4.15.	Termogravimetrik analiz (TGA) cihazı.....	87
Şekil 4.16.	Tavuk tüyü lifleri serme tertibatı	90
Şekil 4.17.	Serme tertibatı	90
Şekil 4.18.	Serme tertibatında liflerin yüzeye serilmesi.....	90
Şekil 4.19.	Deneylerde kullanılan polietilen, etilenvinilasetat ve bikomponent lif.....	91
Şekil 4.20.	Tavuk tüyü liflerinden dokusuz yüzey oluşum aşaması.....	92
Şekil 4.21.	Numunelerin üretildiği sıcak pres ve üretilmiş dokusuz yüzey numunesi	92

Şekil 4.22. Tavuk tüyü liflerinden mekanik yöntemle üretilen kapitone yüzey numuneleri.....	95
Şekil 4.23. Mekanik bağlama yöntemiyle üretilmiş numuneler.....	95
Şekil 4.24. Tavuk tüyü liflerinden kimyasal yöntemle üretilen dokusuz yüzey numuneleri.....	98
Şekil 4.25. Islak serme ve kimyasal bağlama yöntemi ile üretilmiş numuneler	98
Şekil 4.26. Elektronik hassas terazi.....	99
Şekil 4.27. Kumaş kalınlık ölçer cihazı.....	100
Şekil 4.28. Hava geçirgenlik test cihazı	102
Şekil 4.29. BSWA TECH markalı empedans tüpü cihazı	103
Şekil 4.30. Ölçümü yapılacak numunelerin tüplere yerleştirilmesi	104
Şekil 4.31. Ses yutma katsayısı ölçümü	104
Şekil 4.32. Ses yutum katsayısı (a) ve ses iletim (b) katsayısı ölçümü için tüp pozisyonu	105
Şekil 4.33. Ses iletim kaybı ölçümü	106
Şekil 5.1. Yıkanmamış tavuk tüyü ve tavuk tüyü liflerinin SEM görüntüleri.....	109
Şekil 5.2. Sadece suda yıkanmış liflerin kök ve orta kısımlarının yüzey ve kesitinin SEM görüntüleri	109
Şekil 5.3. Rucogen Yes ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri	110
Şekil 5.4. Verolan SSA ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri	111
Şekil 5.5. Setalan IK 30 ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri	112
Şekil 5.6. Setawash PY Conz ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri	112
Şekil 5.7. 80°C’de yıkanmış olan tüylerden elde edilen lifin SEM görüntüsü.....	113
Şekil 5.8. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları	117
Şekil 5.9. Bağımlı değişkenlerin faktörlere göre tepki yüzeyleri.....	119

Şekil 5.10. Optimal şartlarda yıkanmış tüylerden alınan liflerin yüzey ve kesit görüntüleri	119
Şekil 5.11. Ayrı ayrı faktörlerin çıkış parametrelerine etkileri şekil.....	120
Şekil 5.12. İşlem görmemiş tavuk tüyü numunesine ait TGA ve DTGA termogramları	121
Şekil 5.13. İşlem görmemiş tavuk tüyü numunesine DSC grafiği	121
Şekil 5.14. İşlem görmemiş tavuk tüyü numunesine ait DSC grafiğinden yakın kesit	122
Şekil 5.15. Yıkanmamış(kırmızı) ve yıkanmamış(mavi) tüye ait FT-TR analizi sonucu.....	123
Şekil 5.16. Liflerin havadan nem alma oranının ortam nemine göre değişmesi	126
Şekil 5.17. Liflerin havadan nem alma oranının ortam sıcaklığına göre değişmesi....	126
Şekil 5.18. Farklı materyallerin bünyelerinde tuttukları su miktarının sıcaklığa bağlı değişimi	128
Şekil 5.19. Dokusuz yüzey numunelerinin içyapısının SEM görüntüleri	131
Şekil 5.20. Polietilen ile oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin EDX analizi sonuçları	132
Şekil 5.21. Etilenvinilasetat ile oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin EDX analizi sonuçları	132
Şekil 5.22. Bikomponent lif ile oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin EDX analizi sonuçlar	132
Şekil 5.23. 10gr lif ve 3gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	134
Şekil 5.24. 10gr lif ve 5gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	135
Şekil 5.25. 20gr lif ve 6gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	135
Şekil 5.26. 20gr lif ve 10gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	136
Şekil 5.27. 10gr lif ve 3gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	136

Şekil 5.28. 10gr lif ve 5gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	137
Şekil 5.29. 20gr lif ve 6gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	137
Şekil 5.30. 20gr lif ve 10gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	138
Şekil 5.31. 10gr lif ve 3gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	138
Şekil 5.32. 10gr lif ve 5gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	139
Şekil 5.33. 20gr lif ve 6gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	139
Şekil 5.34. 20gr lif ve 10gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	140
Şekil 5.35. 10gr lif ve 3gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	141
Şekil 5.36. 10gr lif ve 5gr eva üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	141
Şekil 5.37. 20gr lif ve 6gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	142
Şekil 5.38. 20gr lif ve 10gr eva üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	142
Şekil 5.39. 10gr lif ve 3gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	143
Şekil 5.40. 10gr lif ve 5gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	143
Şekil 5.41. 20gr lif ve 6gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	144
Şekil 5.42. 20gr lif ve 10gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	144
Şekil 5.43. 10gr lif ve 3gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri	145

Şekil 5.44. 10gr lif ve 5gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri	145
Şekil 5.45. 20gr lif ve 6gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri	146
Şekil 5.46. 20gr lif ve 10gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri	146
Şekil 5.47. Tutkal çeşidinin akustik parametrelere etki grafiği.....	164
Şekil 5.48. Numune kalınlığının akustik parametrelere etki grafiği	164
Şekil 5.49. Numunede lif miktarının akustik parametrelere etki grafiği.....	165
Şekil 5.50. Numunede tutkal miktarının akustik parametrelere etki grafiği	165
Şekil 5.51. EVA ile kabul edilebilir nitelikte numuneler üretmek için faktörlerle çalışma alanı.....	168
Şekil 5.52. DYPE ile kabul edilebilir nitelikte numuneler üretmek için faktörlerle çalışma alanı.....	168
Şekil 5.53. Bikomponent lif ile kabul edilebilir nitelikte numuneler üretmek için faktörlerle çalışma alanı	169
Şekil 5.54. 10gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses emilim katsayısı eğrileri	170
Şekil 5.55. 10gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses iletim kaybı eğrileri	170
Şekil 5.56. 20gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses emilim katsayısı eğriler	171
Şekil 5.57. 20gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses iletim kaybı eğrileri	171
Şekil 5.58. 20gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	172
Şekil 5.59. 20gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	173
Şekil 5.60. 20gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	173

Şekil 5.61. 20gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	174
Şekil 5.62. 30gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	174
Şekil 5.63. 30gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	175
Şekil 5.64. 30gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri	175
Şekil 5.65. 30gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri	176

GİRİŞ

İnsan sağlığına zarar veren ve istenmeyen ses olarak tanımlanabilen gürültü kişide fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına neden olur. Bu nedenle günümüzde gürültüyü engellemede çok çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerden biri de kapalı alanlarda kullanılan ses yalıtım amaçlı ses emici materyallerdir. Piyasada farklı hammaddeler kullanılarak ses emici materyaller üretilmektedir. Bu malzemeler arasında sahip olduğu özellikler açısından tekstil esaslı dokusuz yüzeyler ön plana çıkmaktadır.

Dokusuz yüzeylerin üretiminde atık malzemelerden yararlanılması bu malzemeleri daha düşük maliyetlerle üretmeye olanak sağlar. Piyasada var olan ses emici malzemelere teknolojik ve ekonomik yönden farklı bir bakış açısı kazandırmak amacıyla bu çalışma kapsamında doğal bir protein lifi olan tavuk tüyü liflerinden ses yalıtım amaçlı dokusuz yüzey malzemeleri üretilmiştir.

Dünyada her sene ortalama 15 mln. ton, Türkiye’de ise yaklaşık 30 bin ton tavuk tüyü, tavuk eti üretiminde yan ürün olarak ayrıştırılmaktadır. Yapısı itibariyle kimyasal açıdan dayanıklı olan ve doğada güç indirgenen tavuk tüyleri imha amacıyla gömülmekte veya yakılmaktadır. Yakma yönteminin kullanılması hava kirliliği açısından tehdit oluştururken gömülerek tüylerin yok edilmesi de toprak kirliliği açısından ciddi sıkıntılar ortaya çıkarmaktadır. Bütün bu noktalar dikkate alındığında sahip olduğu bazı değerli özellikler bakımından tavuk tüylerinin sanayiye kazandırılması hem ekonomik hem de ekolojik açıdan fayda sağlayacaktır.

Fakat tavuk tüyleri mevcut haliyle kullanıma elverişli değildir. Tüy formunda kullanım alanı oldukça kısıtlıdır. Tüylerin lifsi yapıya sahip kısmının sap kısmından ayrılmasıyla kullanım açısından daha üniversal duruma getirilmesi mümkündür. Ancak günümüzde tavuk tüyünden bu yöntemle lif üretimi teknolojisi mevcut değildir. Böyle bir teknoloji Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde 115M725 numaralı TÜBİTAK

araştırma projesi kapsamında geliştirilmiştir. Bu üretim teknolojisi kullanılarak gözenekli içyapıya sahip tavuk tüylerinden lif elde edilmiş ve bu liflerden akustik amaçlı dokusuz yüzey materyalleri üretilmiştir.

Tez kapsamında hem teorik hem de deneysel olarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarını içeren tez çalışması 7 bölümden oluşmaktadır. Her bölümde yürütülen çalışmalar detaylı bir şekilde anlatılmış, çalışmalar görsel verilerle desteklenmiştir. Yapılan çalışmalar kısaca özetlenecek olursa;

1. 2. ve 3. bölümlerde literatür araştırmalarının sonuçları verilmiştir. Araştırma kapsamında; ses, sesin yayılması, yansıması, yutulması ile ilgili teorik araştırmalar, ses yalıtımı ve ses yalıtım malzemeleri ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar, tavuk tüyleri ve lifin üretime hazırlanması ile ilgili araştırmalar, tavuk tüyü ve özellikleri, tavuk tüyünden üretilen lifler ve özellikleri ile ilgili araştırmalar, dokusuz yüzeyler ve üretimi ile ilgili araştırmalar analiz edilmiştir.

4. bölümde numune üretimi için seçilmiş materyaller, belirlenmiş araştırma yöntemleri yer almıştır. Tavuk tüylerinden dokusuz üretilmesi: tüylerin yıkanması, dezenfekte edilmesi, life dönüştürülmesi ve yüzey üretimi işlemlerini kapsamaktadır. Tüylerin, liflerin ve üretilmiş yüzey numunelerinin özelliklerinin test yöntemleri de bu bölümde verilmektedir.

5. bölümde yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen çıktılarına yer verilmiştir. Tüylerin yıkanma ve kurutmaya bağlı sonuçları, tüylerden lif elde edilmesine bağlı sonuçlar, liflere uygulanan testlerin sonuçları, üretilmiş yüzeylerin yapısal ve akustik parametrelerinin ölçüm sonuçları ve istatistiksel analiz sonuçları bu bölümde ifadesini bulmuş, veriler görsellerle desteklenmiştir.

6. bölüm 5. Bölümde elde edilen sonuçların yorumlanması ile ilgilidir. 7. bölümde ise çalışmanın genel sonuçları yer almıştır.

Çalışması kapsamında tez konusu ile ilgili birçok ulusal ve uluslararası etkinliğe katılım gösterilmiş ve bu konu ile ilgili akademik yayınlar yapılmıştır.

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından desteklenmiş 115M725 numaralı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

1. BÖLÜM

SES YALITIMI HAKKINDA TEMEL TANIMLAR VE BİLGİLER

1.1. Akustik ve Sesin Tanımı, Sesin Fiziksel Özellikleri

1.1.1. Akustik ve Ses Tanımı

Ses yaşamımızda önemli bir rol üstlenir. Biz insanların en önemli algılama yetilerinden biri de ses algısıdır. Her gün binlerce farklı ses türüne maruz kalırız. Havada mekanik bir titreşim yarandığında bu titreşim, titreşimi yaratan nesnenin denge pozisyonunun etrafındaki hava zerreciklerini hareket ettirir ve ses oluşur. Sesin yaranması ve duyulması için bir ses kaynağı, sesin içerisinden geçeceği bir ortam ve bir alıcı gerekir [1].

Akustik ise yansıma, kırılma, absorbsiyon ve kırınımın etkilerini içeren sesin bilimsel bir çalışması olarak tanımlanır. Ses bir dalga olayı olarak düşünülebilir. Ses dalgası, ortamdaki parçacıkların enerji aktarımına geçici olarak paralel yönde yer değiştirdiği ve daha sonra orijinal konumuna geri döndüğü uzunlamasına bir dalgadır [2].

Ses dalgalarının yayılma hızı ortamdan ortama değişir. Gaz ortamlarda sesin yayılma hızı; sıcaklık ve bağıl neme göre değişkenlik gösterir. Sesin yayılma hızı; katı ortamlarda, gaz ortamdan daha fazladır. Örneğin ses dalgalarının normal şartlarda havadaki yayılma hızı 344m/s, sudaki hızı 500m/s ve betonarme bir elemanda ise 3000-3500m/s'dir [1].

1.1.2. Sesin Fiziksel Özellikleri

Ses bir grup özelliklerle karakterize edilir. Bunlar ses frekansı, dalga boyu, ses hızı, genliktir.

1.1.2.1. Ses frekansı

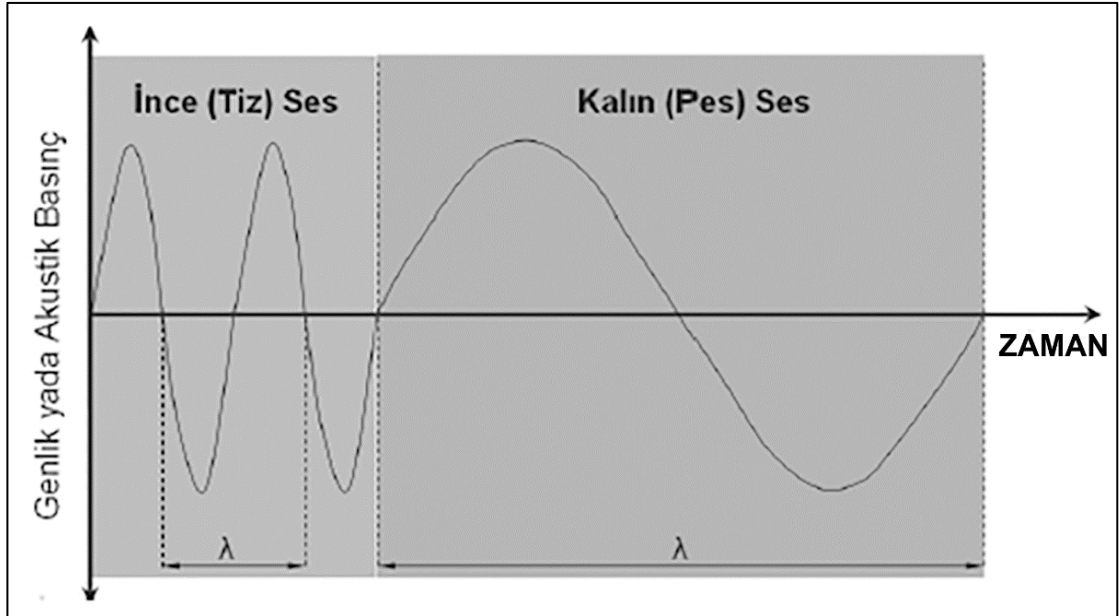
- Frekans ses titreşimini tanımlayan bir parametredir: bir titreşim bütün bir sıkışma ve yayılma döngüsünden oluşur.
- Saniyedeki titreşim sayısı ile ifade edilir.
- Hertz birimiyle ölçülür (Hz, saniyedeki döngü sayısı)
- Frekans sesin tonunu belirler [3].

Sesin frekansı ve dalga boyutu bağlantılıdır:

$$Dalga\ boyu(\lambda) = \frac{Hız(c)}{Frekans(f)}$$

1.1.2.2. Sesin dalga boyu

- İki sıkışma veya iki gevşeme bölgesi arasındaki mesafeye *dalga boyu* denir.
- Dalga boyu birimi metre'dir (m).
- Düşük frekanslı sesler uzun dalga boylarına sahiptir ve bas ses olarak algılanırlar.
- Yüksek frekanslı olan tiz seslerin ise dalga boyları oldukça kısadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Dalga Boyu [1]

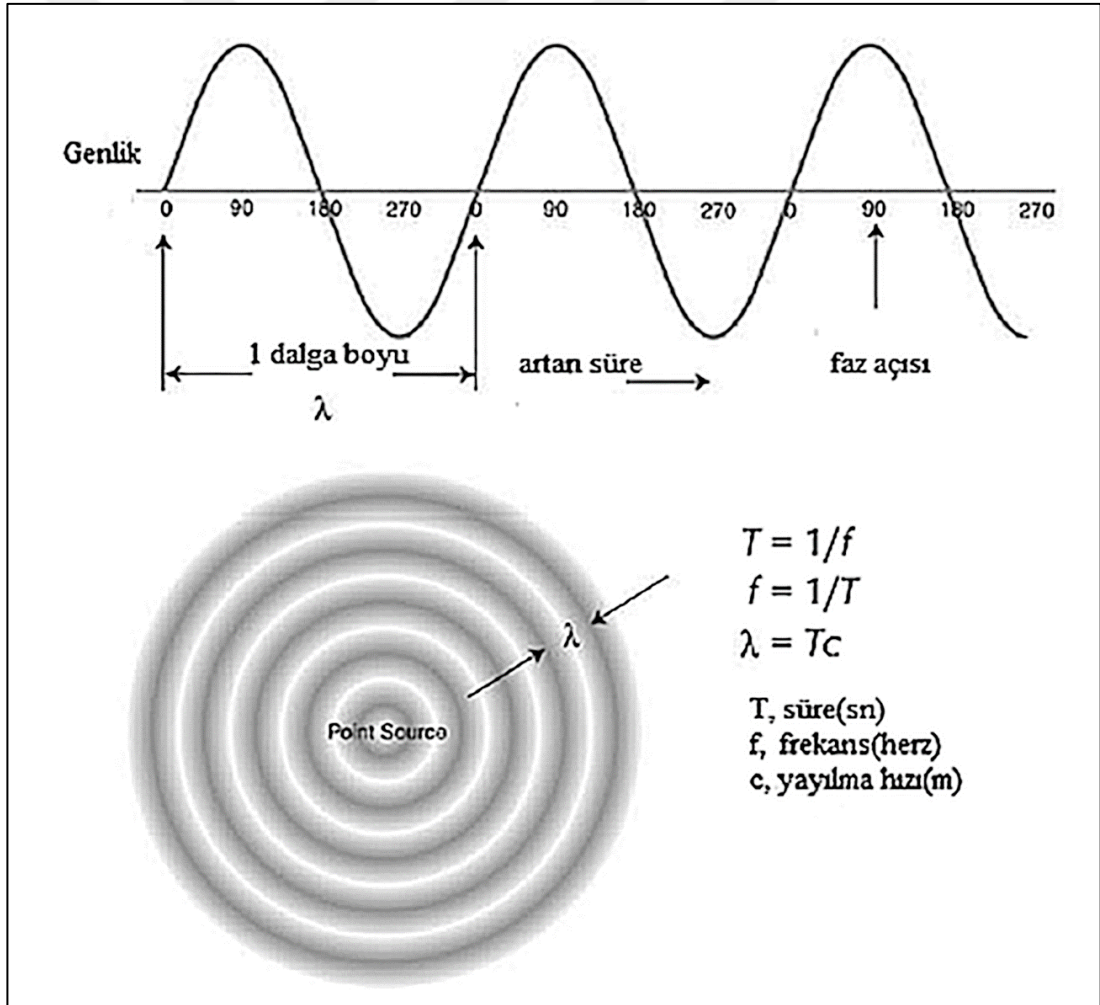
Bir titreşimin frekansı f biliniyorsa, titreşim döngüsü için zaman periyodu T onun tersi olarak basit bir formülle ifade edilir.

$$T = \frac{1}{f}$$

Dalga periyodu ve yayılma hızı biliniyorsa, bir dalganın fiziksel boyutu aşağıdaki denklemlerle belirlenebilir.

$$\tau = Tc = \frac{c}{f}$$

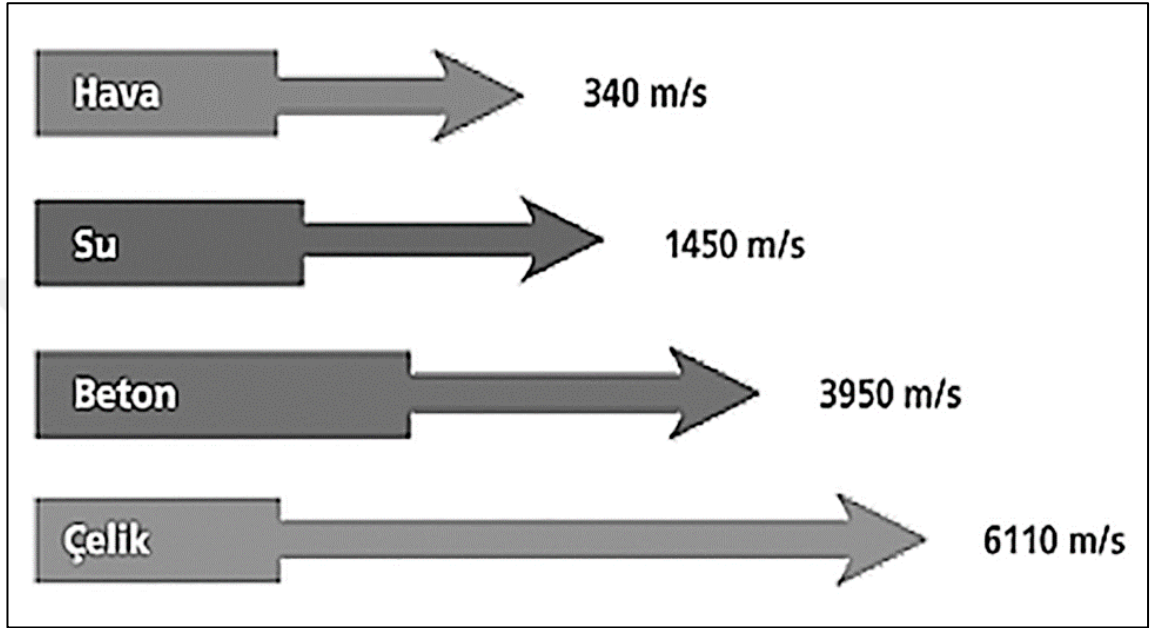
Dalgalar, dalganın doğasına ve geçirdiği ortama bağlı olan bir hızda yayılır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Bir dalga boyunun ortamda yayılması [4]

1.1.2.3. Sesin hızı

- Sesin hızı, hareket ettiği ortamın esneklik katsayısının kareköküne orantılıdır.
- Bir maddenin yoğunluğu ne kadar yüksek ise, ses o madde içerisinde o kadar hızlı yayılır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Sesin farklı ortamlarda yayılma hızları

1.1.2.4. Sesin genliği ve titreşim hızı

Genlik, ses dalgalarında meydana gelen dikey büyüklüğünün bir ölçüsü olarak tanımlanır. Dalgaların genliğini, ses dalgalarını meydana getiren sıkışmalar ve genişlemeler arasındaki fark belirler. Havada veya farklı bir ortamda bulunan nesnelerin titreşmesi sonucu ses dalgaları üretilir. Örneğin bir gitarın teli titreştiğinde, meydana gelen periyodik salınım hareketi sayesinde belli bir frekansta hava moleküllerinin sıkışır ve genişler. Böylece telde oluşan enerji havaya aktarılmış olur. Teldeki titreşim genliğine göre enerjinin miktarı değişir. Örneğin tele fazla enerji yüklendiğinde, tel daha fazla bir genlikte titreşmeye başlar. Telde meydana gelen titreşimin genliği ne kadar fazla ise ortamda bulunan tanecikler (örneğin hava molekülleri) vasıtasıyla taşınan enerji de denli fazla olur. Enerjinin artması sesin şiddeti de o kadar büyük olacak anlamına gelir [5].

1.1.2.5. Desibel

Sesin ölçülebilen karakteristiklerinden biri sesin taşıdığı enerjidir. Birim alana düşen ses şiddeti ses yoğunluğu olarak adlanır ve W/m^2 ile ölçülür. Ancak adı sesin bu birimle ifadesi sırasında bir problem yaşanmaktadır. İnsanın duyabileceği en düşük ses enerjisi $0,000000000001 W/m^2$, yani $10^{-12}W/m^2$ civarındadır. 50 m mesafeden uçan reaktif uçak sesinin yoğunluğu sadece $10W/m^2$ kadardır. Uzak gemisinin kalkış platformundan 100m mesafede ise ses yoğunluğu $1000W/m^2$ teşkil etmektedir [6]. Görüldüğü gibi çok büyük aralıkta değişen bu parametre ile işlemler yapmak o kadar da kolay değildir. Buna göre de ses yoğunluğunu ifade etmek için $10^{-12}W/m^2$ değerini baz alarak istenen ses yoğunluğunu baz değerin 10'a çarpımı sayısı ile ifade etmek teklif olunmuştur. $10^{-12}W/m^2$ baz değerinin bir defa 10'a çarpılmasıyla alınan ses yoğunluğu değeri telefonun mucidi Alexander Graham Bell'in şerefine 1 Bel olarak tanımlanmıştır. Bu durumda örneğin reaktif uçağın çıkardığı ses yoğunluğunu ifade etmek için etalon değer 13 defa 10'a çarpılmalıdır. Diğer bir değişle reaktif uçağın ses yoğunluk değeri olan $10W/m^2$ etalon değerden 10^{13} defa büyüktür. Yani reaktif uçağın ses yoğunluğu 13 Bel teşkil etmektedir. Buna göre de pratikte 1Belin onda biri olarak desibelden yararlanıyorlar. Desibelin tanımından gelerek ses yoğunluğu için aşağıdaki ifade kullanılabilir:

$$Ses\ yoğunluğu = 10 \cdot \log_{10} \frac{Ölçülen\ ses\ yoğunluğu}{etalon\ ses\ yoğunluğu} dB$$

1.1.2.6. Ses Gücü ve Ses Gücü Seviyesi

Bir kaynaktan birim zamanda yayılan ses enerjisine ses gücü denir. Birimi Watt'tır. Kaynağın yaydığı sesin karakteristik bir ölçüsüdür. Ses gücü kaynağın bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleriyle, kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir özelliktir. Ses şiddeti ses enerjisinin zamana oranıdır:

$$Ses\ şiddeti = \frac{Ses\ enerjisi}{zaman} \left[\frac{J}{s} \right]$$

1.1.2.7. Ses Yoğunluğu ve Ses Yoğunluğu Seviyesi

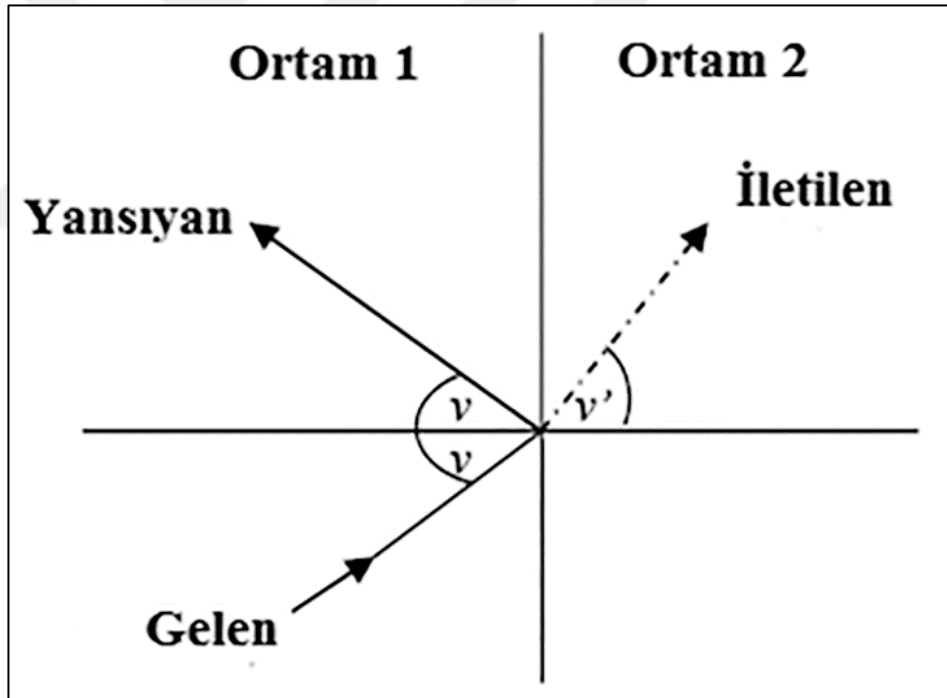
Ses yoğunluğu, birim alana düşen ses şiddeti miktarıdır. Birimi W/m^2 'dir. Genel kullanımı kolaylaştırmak için sıklıkla mevcut ses yoğunluğunun işitilebilen en düşük ses yoğunluğuna logaritmik cinsten oranı olarak desibelle ifade edilir.

1.1.2.8. Sesin Yansıması, Kırılması ve Yutulması

Eko, ses dalgalarının yansımasıdır. Ses dalgalarının yansıma ve kırılması ışık şüalarının yansıma ve kırılmasıyla benzerliğe sahiptir. Bir ses dalgası normal düzlemde sınır tabakaya bir v açısı ile çarptığı zaman, sınır tabakadan çarptığı aynı v açısı ile geri yansır. Üçüncü dalga, sınırın diğer tarafında bulunan ortamdan, aşağıdaki denkleme göre sınırın normaline olan bir v' açısı ile geçecektir:

$$\frac{c}{\sin v} = \frac{c'}{\sin v'}$$

Burada c 1. Ortamda ses dalgasının hızını, c' ise 2. Ortamda ses dalgasının hızıdır [7].



Şekil 1.4. Ses dalgalarının yüzeye çarptıktan sonraki davranışı [7]

1.2. Gürültünün İnsan Üzerindeki Etkileri

İnsan sağlığına zarar veren ve istenmeyen ses olarak tanımlanabilen "gürültü" özellikle son iki asırdır sanayinin gelişmesi ile birlikte insan hayatını olumsuz etkileyen bir problem haline gelmiştir. Gürültünün insanlar üzerindeki olumsuz etkisi, hem işitme

duyusu üzerinde oluşturduğu geçici ve kalıcı etkiler, hem de fizyolojik ve psikolojik etkiler olarak dikkat çekmektedir [8].

Ses ve gürültü arasındaki fark insandan insana değişkenlik gösterir. Bazı insanlar kulağına gelen sesler güzel bir müzik olarak algılanırken, bazı insanlar için bu durum rahatsızlık verebilir. Rahatsızlık seviyesinin sınırı da insandan insana değişir. Fakat gürültünün insan sağlığını olumsuz etkilediği, psikolojik ve fizyolojik bir takım olumsuz etkilere yol açtığı ve kaza oluşum riskini de artırdığı bilinen bir gerçektir.

Gürültünün insanlarda yarattığı rahatsızlıkların başlıca nedeni hiç kuşkusuz ses düzeyinin yüksekliği ve yoğunluğudur. Gürültü insanlarda fiziksel, fizyolojik ve psikolojik rahatsızlıkların ortaya çıkmasına sebep olmasının yanı sıra performansı olumsuz etkilediği de bilinmektedir. Ayrıca insan sağlığına verdiği zararların yanı sıra sözlü iletişimde bir takım zorluklar meydana getirmesi ve uyarı sinyallerini maskeleymesi gibi olumsuz etkileri de vardır.

Fiziksel Etkileri: Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkilerdir. Geçici ve kalıcı olarak iki bölümde incelenebilir. Geçici etkilerin en çok karşılaşılanı geçici işitme eşiği kayması ve duyma yorulması olarak bilinen işitme duyarlılığındaki geçici kayıptır. Etkilenmenin çok fazla olduğu ve işitme sisteminin eski özelliklerine kavuşmada tekrar gürültüden etkilendiği durumlarda işitme kaybı kalıcı olmaktadır.

Fizyolojik Etkileri: Gürültünün oluşturduğu fizyolojik etkiler kısa ve uzun etkiler olarak iki şekilde sınıflandırılmıştır. Kısa süreli etkiler, gürültü kesildikten hemen sonra ortadan kalkarken, uzun süreli etkiler ise saatler, günler hatta daha uzun süreler devam edebilir. Gürültünün belli başlı bilinen fizyolojik rahatsızlıkları; stres, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, kas gerilmeleri, solunumda hızlanma, uykusuzluktur. Bunların dışından mide rahatsızlıklarından olan ülser ve gastrit ile migren gibi hastalıkların ortaya çıkmasında gürültünün etkisinin olabileceği ileri sürülmektedir.

Psikolojik Etkileri: Gürültünün kişilerin psikolojilerine etkileri, kişilerin duygusal yapısıyla yakından ilişkilidir. Çoğu zaman gerilim, sinir bozukluğu, korku, tedirginlik, şüphecilik, dil dolanması gibi psikolojik rahatsızlıklara neden olmaktadır. İnsanın moralini olumsuz etkiler ve performansını azaltır.

Performansa Etkileri: Gürültü bazı durumlarda yapılan işi de olumsuz etkilemektedir. Mesela doğru bir ritim varsa işçiler ritimlerini veya hızlarını bu gürültüye göre ister istemez değiştirebilirler. Gürültünün neden olduğu yorgunluk bazı çalışmalarda endüstriyel kazalara neden olmaktadır. İş verimini azaltması ve işitilen seslerin anlaşılabilmesi gürültünün performansa olan etkileridir.

1.3. Gürültü ile Mücadele Yöntemleri

Gürültünün insan sağlığında meydana getirdiği olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak veya bu etkileri standartlarla belirlenmiş değerlere indirebilmek için çok sayıda yöntemler geliştirilmiştir ve bu yönde çalışmalar başarılı bir şekilde hızla devam etmektedir.

Ölçülen gürültü seviyesi ile gürültünün standartların izin verdiği seviyesi arasındaki fark, gürültü seviyesinde ne kadar bir azalma yapılması gerektiğini gösterir. Gürültü kontrolü çalışmalarında ilk adım, frekans analizleri yardımı ile toplam gürültü seviyesine katkısı en fazla olan gürültü kaynaklarının ve bunların gürültü tiplerinin tespit edilmesidir.

Gürültü seviyesinin düşürülmesi aşağıda sıralanan üç temel yaklaşımla gerçekleştirilir:

1. Gürültüyü kaynaktan kontrol altına almak,
2. Gürültüyü kaynaktan alıcı arasında kontrol altına almak,
3. Gürültüyü alıcıda, gürültüye maruz kalan kişide kontrol altına almak [9].

Gürültüyü kaynaktan kontrol altına alma yöntemleri, gürültünün kaynaktan azaltılmasına dayanmaktadır. Bu şekilde kaynağın gürültüsünden bütün çevre korunmuş olur. Bu yol gürültü seviyesinin düşürülmesinde bilinen en etkili yoldur.

Kaynaktan gürültü kontrolünün genel ilkeleri aşağıdakilerdir:

1. Planlama ve bakımla gürültü kontrolü
2. İşletme şartlarının değiştirilmesi
3. Daha sessiz olan yöntemlerin seçilmesi
4. Kaynağın yerinin değiştirilmesi

5. Susturucu kullanılması
6. Titreşim yalıtımı
7. Titreşimin sönümlenmesi
8. Gürültü kaynağının üzerinin örtülmesi

Gürültüyü kaynak ile alıcı arasındaki bölümde kontrol altına alma yöntemleri gürültüyü yayılma alanında kontrol altına almaya göz önünde bulundurmaktadır. Bu yöntemlere aşağıdakiler örnek olabilir:

1. Alanın müsait olduğu durumda, makineler arası uzaklıklarının ayarlanması yöntemi
2. Duvar, taban ve tavan gibi yüzeylere ses yutucu özellik gösteren malzemelerin yerleştirilmesi
3. Ses kırıcı bariyer ve benzer özellik gösteren duvar uygulamaları [10].

Gürültünün alıcıda kontrol altına alınması gürültüye maruz kalan kişi üzerinde koruyucu tedbirlerle gerçekleştirilir. Bu tedbirleri şöyle sıralayabiliriz:

1. Gürültüye maruz kalan kişiyi gürültünün olduğu alandan uzaklaştırmak,
2. Gürültü parametrelerini standartlara göre düzenlemek
3. Gürültüye maruz kalma süresini düşürmek veya gürültülü yerlerde çalışanları rotasyonla çalıştırmak,
4. Kişisel koruyucu kulaklıklar kullanmak [11].

Gürültünün kontrolde tutulmasında 2. ve 3. Grup yöntemlerden bazıları ses yalıtım malzemelerinin kullanımına dayanmaktadır. Buna göre de efektif ses yalıtım materyallerinin geliştirilmesi gürültü ile mücadele açısından çok önemlidir.

1.4. Ses Yalıtım Materyalleri

Günümüz şartlarında piyasada ses izolasyonu amaçlı kullanılmakta olan malzemelerden beklenen özellikler artmakta ve malzemenin kullanım alanında kolaylık sağlanması yönünde çalışmalar devam etmektedir. Ses yalıtım malzemelerinin kalınlık ve ağırlığında azaltılmaya gidilmesi, çok katmanlı kombine yapıların üretilmesi, düşük

maliyetli efektif üretim teknolojilerinin geliştirilmesi, ses yalıtım açısından daha iyi özellik sergileyen yeni malzemelerin bulunması ve uygulanması temel hedeflerdendir.

Ses yalıtımı için kullanılan araçlar pasif ve aktif araçlar olmak üzere iki temel gruba ayrılır. Aktif araçlar pasif araçlardan farklı olarak ses yalıtımı için harici bir enerjiye ihtiyaç duyarlar. Pasif araçlar ise genellikle gözenekli materyallerden oluşur ve ses yalıtımı için harici bir enerjiye gerek duymazlar. Bu materyaller otomotiv sektöründe, oda akustiğinde, endüstriyel gürültü kontrollerinde ve stüdyo akustiğinde yaygın olarak kullanılır. Yapısal açıdan ses yalıtım malzemeleri 4 grupta sınıflandırılır. Bunlar; lifsi, hücreli, taneli ve karışık yapılardır.

Gözenekli materyallerden lifli yüzeylerin ses absorblama uygulamalarında kullanımı en eski çağlardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Modern üretim çeşitli liflerden elde edilen tekstil yüzeylerinin farklı sanayi dallarında ses izolasyonu amacıyla kullanımına imkan sağlamaktadır. Günümüzde ses izolasyonu uygulamalarında kullanılan lifsi materyaller yapay ve doğal liflerden üretilmektedir. İçeriği boşluklu ve hücreli doğal liflerin kullanımı sayesinde ses yalıtım yapılarındaki hava boşluğu miktarı artışı yüzeyin ses izolasyon özelliklerini iyileştirmektedir. Son yıllarda içeriği boşluklu yapay liflerin üretimi ve dokuma ve örme kumaşlarda kullanımı bu malzemelerin ses yutum performansını olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca lif inceliğinin artışı örneğin nano veya mikro boyutta liflerin kullanımı iplikteki hava boşluğunun ve yüzey alanının artışına neden olduğu için ses absorpsiyon miktarı artırmaktadır.

Hücreli materyaller genellikle poliüretan, çoğu zaman da alüminyum gibi metal alaşımlardan üretilmektedir. Lifsi ve hücreli yapıya sahip malzemelerin bir arada kullanımı karışık yapıda ses yalıtım malzemelerinin bir grubunu oluşturmaktadır. Bu malzemeler hem lifler arasındaki, hem de liflerin içerisindeki boşluklar sayesinde daha efektif yalıtım özellikleri sergilemektedir.

Ses yalıtım malzemelerinin yalıtım özellikleri bir dizi faktörlerden etkilenmektedir. Literatüre göre bu faktörler genel hatlarıyla aşağıdakileri kapsamaktadır.

- Hücreli materyallerin ses absorpsiyon mekanizmasını etkili bir şekilde gerçekleştirebilmesi için hücreli materyallerdeki gözeneklerin açık olması,

gözeneklerin hücreli materyalin bir yüzeyinden diğer yüzeyine hava geçişine izin veriyor olması gerekmektedir [12].

- Kalınlık, ses yalıtım malzemelerinin büyük bölümünde ses yutum performansını belirleyen önemli bir faktördür [13, 14].
- Ses yalıtımı açısından malzemelerin hava akış direnci önemli bir özelliktir. Hava akış direnci yüksek olan malzemelerin ses yalıtım özelliği düşüktür. Sesi yutan malzemelerin gözenekleri başka maddelerle kapanmış olduğunda ses yutum değerleri önemli ölçüde azalabilmektedir [14].
- Ses yutucu malzemeleri oluşturan hammaddenin türü ses yutumunu etkileyen önemli faktörlerdendir [15, 16].
- Yalıtımda kullanılan malzemelerin hacimsel yoğunluk değerleri, malzemenin kalınlığı ve malzemeyi oluşturan lifin çapı ses yutum değerlerini etkilemektedir. Araştırmalar lif inceliği arttıkça, ses yutum katsayısının arttığını göstermiştir [13, 16].
- Malzemede kullanılan liflerin enine kesitlerindeki düzensizlik arttığı zaman yüzey alanı da arttığı için lifler ve hava arasındaki sürtünmenin artmasına bağlı olarak daha yüksek ses yutumunu meydana getirmektedir [17].

1.4.1. Ses yalıtımında kullanılan lifsi malzemeler

Ses yalıtımında kullanılan lifsi malzemeler genellikle gözeneklidir ve bu malzemeler sesin yutulması sayesinde yalıtım sağlamaktadırlar. Bu maddeler arasında lifsi içeriğe sahip ham maddeler gittikçe daha çok kullanılmaktadır. Bu, liflerden üretilen materyallerin hafifliği ve ucuzluğu ile birlikte lifler arasında ucu açık gözeneklerin varlığıyla şartlanan ses absorpsiyon özelliklerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır [12]. Lifsi içeriğe sahip malzemelerin ses absorpsiyon özelliği lifler arasında hava boşluklarının varlığına bağlıdır. Bu malzemelerde sesin yutulması, ses dalgalarının enerjisinin liflerin ve lifler arasındaki havanın titreşimine ve birbirine sürtünmesine sarf edilerek dağılmasına dayanmaktadır [18].

Lifsi içeriğe sahip ses yutucu malzemeler arasında farklı yöntemlerle ve farklı şekillerde üretilmiş dokusuz yüzeyler, kumaşlar, kompozit ve çok katmanlı yapılar

seçilmektedirler. Lifsi malzemelerin ses yutucu özellikleri birçok araştırmacılar tarafından incelenmiştir ve bu konuda yapılan araştırmaların sayısı her yıl artmaktadır.

1.4.1.1. Ses Yalıtımında Kullanılan Geleneksel Lifsi Malzemeler

Hammadde bakımından mineral ve polimer esaslı doğal, suni ve sentetik maddeler günümüzde ses yutucu malzemeler olarak kullanılsa da kullanım açısından lifsi malzemeler daha çok tercih sebebidir. Liflerden üretilmiş malzemeler hafifliği ve üretim avantajları açılarında daha çok tercih edilmektedir. Aynı zamanda gözenekli içyapıları bu malzemeleri ses absorpsiyonu açısından avantajlı kılmaktadır [12]. Bu malzemelerde sesin yutulması, ses dalgalarının enerjisinin liflerin ve lifler arasındaki havanın titreşimine ve liflerin birbirine sürtünmesi sonucu açığa çıkmasına dayanmaktadır [18].

Ses yalıtım amaçlı piyasada bulunan geleneksel lifsi malzeme çeşitleri çok değildir. Bunlardan en iyi bilinen örnekler cam yünü, taş yünü ve ahşap yünüdür.

1.4.1.1.1. Cam Yünü

Cam yünü silis kumunun çok yüksek sıcaklıklarda (1200-1250°C' de) ergitilerek elyaf formuna getirilmesiyle elde edilir. Her türlü yapıda, dış ve iç duvarlarda, çatı katı döşemelerinde, çift cidarlı sandviç duvarlarda ısı ve ses yalıtımı için kullanılan bir malzemedir. Cam yünü farklı şekillerde üretilmektedir (levha, dökme, boru, şilte). Ancak dökme cam yünleri, yalıtım sektöründe çokta tercih edilen bir ürün değildir.



Şekil 1.5. Cam yünü

Isı yalıtımı, ses yalıtımı ve akustik düzenleme malzemesi olarak kullanılan cam yünü ürünlerinin kullanım sıcaklığı $-50...250^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Söz konusu ürünlerde sıcaklık ve nemin etkisiyle boyut değişikliği görünmez, malzeme zamanla bozulmaz, çürümez, küf tutmaz, korozyon ve paslanma yapmaz. Böcek ve mikroorganizmalar tarafından tahrip edilemez. Kırılgan yapıya sahip malzeme alerji yapmaz [19].

Hava doğumlu seslerin ve darbe seslerinin izole edilmesinde kullanılan ve A sınıfı yanmaz özellik sergileyen camyünü; güneşin yaydığı mor ötesi ışınlarından etkilenmez [1]. Ses yalıtımı uygulamalarında en çok tercih edilen malzemelerden biri olan cam yünü; kraft kağıdı kaplı şilteler yada cam tülü, özel olarak kaplanmış veya kaplamasız camyünü levha formlarında kullanılmaktadır (Tablo 1.1)

Tablo 1.1. Camyününün frekanslara bağlı ses yutma katsayıları

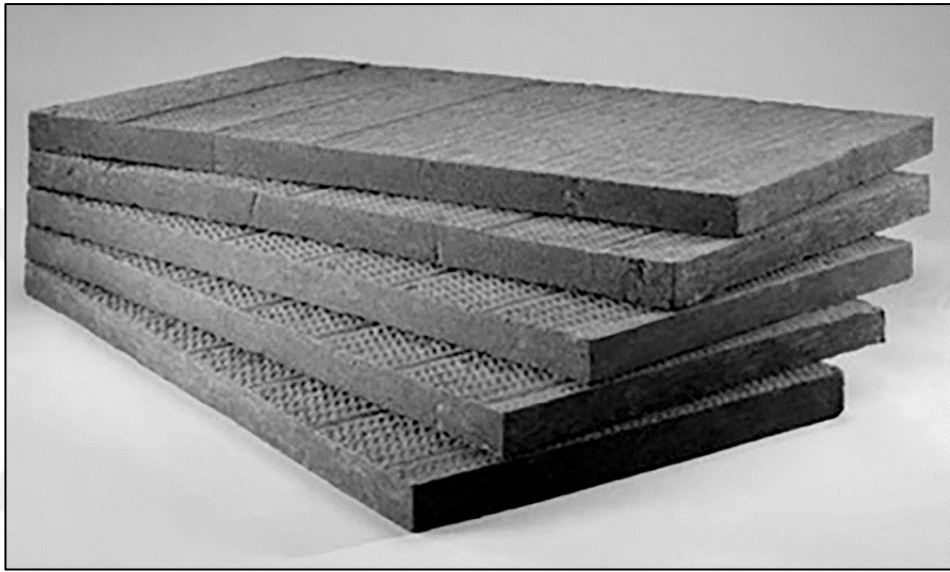
Malzemeler	Frekanslara göre α değerleri					
Camyünü 32kg/m^3 ($d = 50\text{ mm}$)	125	250	500	1000	2000	4000
	0,20	0,65	0,95	0,90	0,80	0,85

Genel olarak, cam yününün kanserojen bir etki yaratmadığı bilirse de, ABD’ de bazı bölgelerde içerdiği bir takım bağlayıcılardan ötürü kanserojen olarak sınıflandırılır. Cam yününe karşı bu tarz negatif yaklaşımların nedeni; kanserojen bir madde olan asbest ile fiziksel benzerliklerinin olması ve çalışma esnasında cildi, gözleri ve solunum yollarına zarar vermesinden kaynaklanır. Ayrıca cam liflerinin deriyi mekanik olarak kazıması, dermatit olarak bilinen rahatsızlığın ortaya çıkmasına neden olur. Kullanım alanında liflerin üzeri açık kaldığı durumlarda rüzgârın etkisiyle havada uçan lifler, solunum esnasında sağlık açısından tehlike arz etmektedir.

Üretim sırasında bir takım kimyasalların kullanılması da cam elyafında tehlikeler oluşturmaktadır. Örneğin kobalt bileşikler astım ya da dermatit gibi birtakım rahatsızlıklara sebep olur. Asetonun ise sinir sisteminde uyuşturucu bir etkisi olduğu bilinmektedir. Bağlayıcı özellik sergileyen formaldehit deriden veya solunum vasıtasıyla önemli ve ciddi olumsuz etkiler gösterebilir [19].

1.4.1.1.2. Taş Yünü

Taş yünü, bazalt taşının yüksek sıcaklıklarda (1350-1400°C’de) eritilerek elyaf formuna getirilmesi ile elde edilen bir malzemedir (Şekil 1.6). Hava doğumlu seslerin ve darbe seslerinin izole edilmesinde kullanılan bu malzeme; güneşin yaydığı mor ötesi ışınlarından etkilenmemektedir. Akustik amaçlı kullanılmak istendiğinde çıplak alçı levha kullanılarak kompozit formda üretilen özel taşıyünü levhalar kullanılır [1].



Şekil 1.6. Taş Yünü [19]

Taş yünün ses yalıtımında kullanımıyla ilgili bazı veriler Tablo 1.2’te yer almıştır.

Tablo 1.2. Taş yününün frekanslara bağlı ses yutma katsayıları [1]

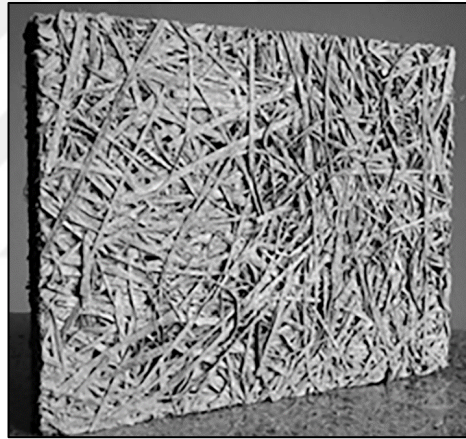
Malzemeler	Frekanslara göre α değerleri					
	125	250	500	1000	2000	4000
Taşıyünü 90kg/m ³ (d=50 mm)	0,20	0,65	0,95	0,90	0,80	0,85

Taş yünü kullanım şekli ve amacı doğrultusunda farklı yoğunluk ve boyutlarda farklı kaplama malzemeleri ile boru, şilte ve dökme formunda üretilerek ısı ve ses yalıtım amaçlı ve alev koruyucu özellik sergileyen yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Malzemenin kullanım sıcaklık aralığı 750...1000°C civarındadır. Herhangi bir nem ve sıcaklığa maruz kalan malzemenin boyutlarında bir değişiklik görülmez. Zaman geçtikçe malzeme bir bozulma, küflenme, aşınma, paslanma veya yanma gibi bir

durum görülmez. Çeşitli haşerelere ve mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır. Alerjik etki göstermez [19]. Fakat cam yününe olduğu gibi üzeri malzemenin üzerinin açık kalması durumunda mikro parçacıklar şeklinde havaya dağılarak solua esnasında kişide sağlık bakımından tehlike arz edebilir.

1.4.1.1.3. Ahşap Yünü

Ahşap liflerinin belirli bir bağlayıcı ile sıkıştırılması sonucu levha formunda farklı yoğunluklarda ($450...650\text{kg/m}^3$) üretilen açık gözenekleri olan bir yalıtım malzemesidir. Hava doğumlu seslerin yalıtımında kullanılan ve yangına karşı tepki sınıfı B olan ahşap yünü; güneşin yaydığı mor ötesi ışınlarından etkilenmez (Tablo 1.4). Sağlık için tehlikesizdir [1].



Şekil 1.7. Ahşap yünü [20]

Tablo 1.3. Ahşap yününün frekanslara bağlı ses yutma katsayıları [1]

Malzemeler	Frekanslara göre α değerleri					
Ahşap yünü 90kg/m^3 ($d=35\text{ mm}$)	125	250	500	1000	2000	4000
	0,36	0,59	0,57	0,52	0,71	0,83

1.4.1.1.4. Tekstil esaslı malzemeler

Tekstil esaslı malzemelerin ses yalıtım özellikleri önemli derecede ses yutumuna dayanmaktadır. Bu malzemeler arasında dokuma ve örme kumaşlar nispeten daha düşük yalıtım özellikleri sergilemektedir. Buna göre de genelde çok katmanlı malzemelerde bir katman olarak, ya da evlerin enteryöründe dekoratif amaçla kullanılmaktadır.

Dokuma yapıların akustik özelliklerini etkileyen çok sayıda faktörler vardır. Dokunun örgü tipi, yoğunluk ve sıklık parametreleri, hav yüksekliği ve hav yoğunluğu vs. dokuma kumaşların akustik özelliklerini etkileyen faktörlerdir.

Lifsi içeriği sahip olan malzemelerin yalıtım amaçla en yaygın kullanılanı dokusuz yüzeylerdir. Ses yalıtım özelliği bakımından dokusuz yüzeyler birçok açıdan ele alınmış ve bu konuda çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bu alanda Zwicker ve Kosten öncü sayılabilir [18].

Dokusuz yüzeyler doğal, suni ve sentetik esaslı olup, mineral veya polimer içeriğe sahiplerdir [21]. Bu malzemeler ucuz ve yüksek yalıtım özelliklerine sahip olduklarından dolayı piyasada yaygın olarak kullanılırlar. Yapısından dolayı önemli bir ses emici malzeme olan dokusuz yüzeyler sıvı absorbanı, esnekliği, dayanıklılığı, yumuşaklığı vs. özelliklerinden dolayı daha avantajlı durumdadır. 1980'lerden günümüze kadar, dokusuz yüzeylerde hızlı gelişmeler meydana gelmiştir. Özellikle kompozitlere dayalı dokusuz yüzeylerin ses emme özelliklerine bağlı olarak çok sayıda araştırma yapılmıştır [17].

Lif tipi, lif büyüklüğü, malzeme inceliği, yoğunluk, yapıştırma yöntemi, hava akımı direnci ve gözeneklik, dokusuz yüzey malzemelerinde ses emme karakterini etkileyen en önemli fiziksel parametrelerdir. Ayrıca düşük bölgesel ağırlık ve yüksek incelik geliştirilen dokusuz yüzey örneklerinin daha iyi ses emicilik değerleri gösterdiği literatürde görülmüştür [17]. Dokusuz yüzey malzemelerin ses emici karakteristiği literatürde araştırılanlara bağlı olarak kumaş inceliği ile ilişkilidir. Gözenekli malzemelerde ses emilimi malzeme kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir [16].

1.4.2. Ses Yalıtımında Kullanılan İnovatif Lifsi Malzemeler

Ses yalıtım materyali olarak polimer içerikli malzemeler kullanım açısından son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Taş yünü ve cam yünüden üretilen gözenekli ses yalıtım malzemelerine kıyasla polimer içerikli malzemeler oldukça hafif, bozulma süreleri geç, insan sağlığına zarar vermeme, toksisite oranının düşüklüğü nedeniyle tercih edilmektedir. Yapılan araştırmalar sentetik içerikli materyallerin çeşitli kombinasyonlarından ses yalıtımında efektif şekilde yararlanılmasının mümkün olduğunu ortaya koymaktadır [17]. Ancak bütün bunlar sentetik içerikli malzemelerin

geleneksel malzemelere göre daha pahalı ve doğada indirgenme açısından problemli olması gerçeğini de yok etmemektedir. Bu nedenle son zamanlarda araştırmacılar artık doğada kolay indirgenen ve üretim atıklarından elde edilen doğal materyallerden ses yutucu malzemeler geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürütmektedirler.

Üretim atıkları çevre temizliği ve geliştirilen ses yutucu malzemelerin düşük maliyeti açısından önemlidir. Bu açıdan tekstil üretimi atıkları ve geri dönüşüm malzemelerinin yeniden işlenmesi iyi sonuçlar vermektedir [22, 23]. Çeşitli hurda ve atıklardan da ses yutucu malzemelerin geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır [24].

Örneğin Ersoy ve Küçük yapmış oldukları çalışmada çay yapraklarının işlenmesi sırasında endüstriyel atık olarak ortaya çıkan yapraklardan 3 farklı tabakada elde ettikleri yapıların ses emicilik özelliklerini test etmişlerdir. Yaptıkları deneylerde 1cm kalınlığında çay yaprağı atık malzemesinden elde edilen yapının 6 katmanlı dokuma tekstil kumaşları tarafından sağlanan ses emicilik özelliği ile hemen hemen eşit seviyede olduğunu görmüşlerdir. 20mm kalınlıkta sıkı bir şekilde desteklenmiş durumda çay yaprağından elde edilen elyaf ve dokusuz yüzey malzemelerinin 500-3200 frekans aralığında hemen hemen eşdeğer seviyede ses emilimi sergilediğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca çay yaprağı liflerinin tek kat pamuklu kumaş ile desteklenmesinin ses emme özelliklerini önemli ölçüde arttırdığını söylemişlerdir [25].

Kalinova, anizotropik dokusuz yüzeylerde ses emme katsayısının teorik değerlendirilmesi üzerine yapmış olduğu çalışmada lif inceliğini ve lif çapının ses emilimi ile olan ilişkisini incelemiştir. Çalışmada kumaş yoğunluğu sabit tutulduğu zaman, azalan lif çapı ile birlikte liflerin özgül yüzeyinin arttığı görülmüştür. Daha küçük lif çapında, hava ile gözenekli yüzey arasındaki sürtünmenin daha büyük bir interaktif yüzey üzerinde oluştuğunu varsaydılar ve bu nedenle ses emme katsayısının arttığını ispat ettiler [26].

Thilagavathi ve arkadaşları ise yapmış oldukları çalışmada, bambu, muz ve jüt liflerini polipropilen elyafları ile 50:50 oranında karıştırarak iğneleme tekniğini kullanarak üç çeşit dokusuz yüzey malzeme geliştirmişlerdir. Ses emme katsayısını empedans tüpü yöntemi ile test etmişlerdir. Tüm numunelerin kalınlık, alan, rijitlik, gerilme mukavemeti, uzama, yapısal özellikler, hava geçirgenliği ve ısı iletkenliği gibi konfor özellikleri gibi fiziksel özelliklerin karşılaştırılması yapılmıştır. Kompakt yapısı ile

bambu/polipropilen karışımından üretilen dokusuz yüzeyin daha yüksek çekme mukavemeti, daha yüksek sertlik, daha düşük uzama, daha düşük termal iletkenlik, daha düşük hava geçirgenliği ve diğer numunelere oranla daha iyi eme katsayısı göstermesi bunun sonucunda da otomotiv sektöründe iç mekânların gürültü kontrolünde kullanılması için uygun görülmüştür. 800 Hz’de bambu/polipropilen ve jüt/polipropilen karışımlı dokusuz yüzeylerin absorpsiyon katsayısı hedef seviyeye eşdeğerdir. Ancak muz/polipropilen karışımından üretilen dokusuz yüzey malzemenin emicilik değeri diğer malzemelere kıyasla %22 daha düşüktür. Fakat daha yüksek frekanslarda (1600Hz), kalınlığı arttırılan bütün dokusuz yüzey ürünlerinde hedeflenen seviyeden daha düşük bir sonuç elde edilmiştir [27].

Başka bir çalışmada Zulkifli, Hindistan cevizi ve palmye liflerinin akustik özelliklerini incelemek için çalışmalarını yürütmüştür. Çalışmalarda Hindistan cevizi lifi lateks tabakası ile palmye lifi ise PVA ile muamele edilmiştir. Her ikisinden de elyaf tabakaları oluşturmak için 30 dk süreyle yüksek hassasiyetle hidrolik makineyle basınç altından sıkıştırılmıştır. Her iki tabakanın da ses emilim katsayıları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Hindistan cevizi lifinin 0,50 ortalama bir gürültü emme katsayısı verdiğini göstermektedir [28].

Wassilieff ise yaptığı çalışmada hurma elyafı ve hindistancevizi elyafı lifinin, cam yünü, taş yünü ve asbest gibi sentetik esaslı lifli malzemelerin yerini alma potansiyeli olduğu gösterilmiştir. Çalışmadan çıkan sonuçlar lif ebatının ses emiliminin iyileştirilmesinde önemli rol oynadığını göstermiştir. Bu mikrogözenekli malzemelerde elyaf boyutunun azaltılması akustik absorpsiyonu belirgin biçimde arttırmaktadır. Doğal liflerin emme özellikleri, malzemenin yoğunluğunu artırarak arttırılabilir. Doğal elyaflar, ekstra matris malzemesine bağlı olarak artan kütle yoğunluğundan dolayı daha iyi emme özellikleri sağlar [29].

Mahzan ve arkadaşları ise ses emilim özelliği için pirinç kabuğu ile güçlendirilmiş kompozitlerin ses emici materyal olarak kullanılmasını araştırmışlardır. Çalışmada pirinç kabuğu temizlendikten sonra oda sıcaklığında (25°C-30°C) kurutulmuştur. Kurutulan pirinç kabuğu daha sonrasında takviyeli kompozit üretmek amacıyla bir bağlayıcı madde olan poliüretan köpük ile karıştırılmıştır. Kullanılan pirinç kabuğunun yüzde oranına göre altı farklı numune üretilerek empedans tüpü yardımıyla test

edilmiştir. Sonuçlar pirinç kabuğunun en iyi yüzdesinin %25 olduğu zamanlarda elde edildiğini göstermektedir. Elde edilen ses emme katsayısı, düşük frekans bölgesinde en iyi performansın elde edildiğini ortaya koymuştur. Sonuçlar ayrıca pirinç kabuğu takviyeli kompozitlerin diğer doğal malzemelerle karıştırıldığında daha iyi ses katsayısına sahip olduğunu göstermiştir [30].

Koizimi yaptığı başka bir çalışmada ses emici malzeme üretmek için doğal bir kaynak olan bambu elyafını kullanmıştır. Deneyler sonucunda bambu elyafı malzemesinin cam yününe eşdeğer akustik özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Ses emme katsayısı yoğunluk arttıkça artmıştır. Ayrıca ses emilim etkilerini arttırmak için de farklı yoğunluklara sahip numunelerin en iyi kombinasyonu bulunmaya çalışılmıştır. Yüksek ses emme katsayısı daha yüksek yoğunluğa sahip malzemenin ses kaynağına yakın yere yerleştirildiği zaman elde edildiği görülmüştür. Ayrıca bambu elyafı malzemesini oluşturmak için bambu elyafı kullanılarak bir elyaf tahtası(kompozit şeklinde) yapılmış ve buda aynı yoğunluğa sahip kontrplak ile karşılaştırılmıştır. Bambu elyafından elde edilen kompozitin yüksek frekans aralığında ses emme katsayısının daha iyi olduğu görülmüştür [31].

Yapılan çalışmalarda dokusuz yüzey üretiminde hammadde olarak sentetik liflerin yanı sıra karışımda kullanılan doğal liflerin oranının artması malzemenin ses emicilik yeteneğinin arttığı görülmüştür [32, 17].

1.4.2. Ses Yalıtımında Kullanılan Diğer Malzemeler

Tüm malzemeler bir miktar ses emme özelliğine sahip olmasına rağmen, akustik malzemeler ses enerjisinin çoğunu absorbe edebilen malzemelerdir [33, 27]. Akustik malzemeler çeşitli kaynaklardan gelen gürültü seviyelerini kontrol etmek ve azaltmak için kullanılabilir. Akustik malzemeler iki tür olabilir: (a) emici tip ve (b) gürültüyü azaltan tip. Bu malzemeler ses dalgalarının enerjisini reseptöre ulaşmadan önce azaltırlar. Ses dalgalarının enerjisinin azaltılması için aşağıda sıralanan çeşitli yöntemler kullanılabilir.

1. Ses enerjisini absorbe eden akustik bariyerlerin kullanımı
2. Ses ve reseptör arasındaki mesafenin artırılması

3. Ses bölmelerinin kullanımı

4. Antinoz ses jeneratörlerinin kullanımı

Birçok akustik malzeme ses enerjisini azaltmaya yönelik çalışır. Hem lifli hem de gözenekli olan bu malzemeler genellikle doğası gereği dayanıklı veya bazı durumlarda reaktif rezonatörler olabilirler [34]. Dayanaklı malzemeler arasında köpükler, keçe, cam elyafı, dokusuz yüzeyler ve mineral yünleri bulunur; rezonatörler ise sinterlenmiş metal ve duvar blokları içerirler. Bu ürünler, yansıyan dalgaların amplitüdünü azaltarak, ses frekansına bağlı olarak değişen derecede izolasyon sağlarlar. Bir malzemenin ses emme özellikleri, malzemenin kalınlığına, elastik modülüne, akış direncine ve gözenekliliğine bağlıdır. Esnek tekstil yapıları, düşük frekanslı sesler için sert ürünlerin eşdeğer kalınlığından daha uygundur [15, 35]. Düşük frekanslı seslerde, kalınlık ne kadar artarsa belli bir sınıra kadar ses Emilimi o kadar iyi olur. Gözenekli malzemeler veya rezonant yapılar ses yutucu olarak kullanılabilir [36]. Ses Emilimi için, ana mekanizmalar emici malzemelerin içindeki ses enerjisinin dağılımı ve ses emici malzemenin sınırlarının eşleştiği akustik empedanslardır. Gözenekli emicilerde, birbirine bağlı gözeneklerin bir ağında ses yayılımı meydana gelir ve akustik enerji viskoz ve termal etkilerle giderilir. Rezonant emiciler iki yaygın forma sahiptir; membran/panel emiciler ve Helmholtz emicileri. Gözenekli emiciler, orta ve yüksek frekans aralığında etkiliyken, rezonans emiciler ise sadece dar frekans aralığında etkilidir.

1.4.2.1. Gözenekli Malzemeler ve Rezenatörler

Çeşitli malzemeler, ses dalgasının enerjisini ısıya dönüştürdüğünde dalga bu malzemedan geçer [36, 37]. Bununla birlikte, %90'dan fazla gözenekliliğe sahip malzemeler yapıya sesin girmesine izin verir. Gözenekli malzemelerde bir dizi iç içe geçmiş gözenek, ses enerjisini ısıya dönüştürmeye yardımcı olur. Gözenekli yapının en iyi örneği, açık hücreli köpüklerdir. Kapalı gözenekler daha az sürtünme direncinden dolayı ses Emiliminde daha az etkili olurlar. Eğer malzemenin arkasında bir hava boşluğu varsa, malzeme düşük frekanslı sesi daha etkili şekilde emebilir. Ses dalgaları gözenekli bir malzemeye dahil olduğunda, hava molekülleri gözenekli materyalin içinde ses dalgasıyla aynı frekansta salınmaya başlar. Gözeneklerin içindeki hava periyodik sıkıştırma ve gevşeme olayına uğrar. Düşük ses frekanslarında, sesin enerjisi izotermal

koşullarda değişirken, yüksek frekanslarda sıkıştırma adyabatik olarak gerçekleşir. Isı değişime bağlı olarak ses enerjisi kaybı, izotermal ve adyabatik sıkıştırma arasındaki frekans aralığında meydana gelir. Ses yayılımı fiber düzlemine paralel olduğunda bu kayıp daha yüksek olur. Bu nedenle, ses akustik materyalden geçerken ses dalgası enerjisi kaybı, (a) sürtünme kayıpları, (b) momentum kayıpları ve (c) sıcaklık dalgalanmaları ile ilişkilendirilebilir.

Düşük frekanstaki sesin, bizim daha az duyarlı olmamızdan ve büyük dalga uzunluğuna sahip olmasından dolayı yutumu zordur [36]. Farklı frekanslara sahip ses dalgaları farklı yoğunluğa sahip malzemeler tarafından daha iyi emilir. Örneğin gözenekli lifli yapılar katı panellerde kıyaslandığında yüksek frekanslı ses emiliminde daha iyi hizmet sunarlar.

Akustik amaçla kullanılan gözenekli malzemeler gözenekli köpük veya lifli yapılar olarak sınıflandırılabilir [37]. Ses emici malzemeler ses bariyerlerinden farklıdır. Ses emiciler, ses dalgalarının emilmesi ile çalışır, oysa bariyerler genel olarak ses iletim kaybını tmin eder. Genel olarak, ses yutucular gözeneklidir ve hafiftir, bariyerler katı ve ağırdır. İyi bir ses emici zayıf bariyer sağlayabilir. Bariyerlerin aksine, emici malzemelerin kütesinin ses emilimiyle direk bir ilişkisi yoktur [38]. Bazı sesler gözenekli malzemeler içinden geçebildikleri için ses emiciler her zaman bariyerler ile birlikte çalışırlar. Bu durumda, bariyer ses enerjisini ısıya dönüştürebilir. Dolayısıyla engeller yansıtılan gürültünün gücünü azaltır ve sesin kapalı yerlerde birikmesini önler.

Mevcut durumda kullanılan çok sayıda hafif gözenekli akustik malzeme olmasına rağmen, bu malzemelerin düşük ve orta frekanslarda sesler için etkinliği nispeten zayıftır. Nanoteknolojinin birçok alana uygulanması, düşük frekans ses aralığındaki emilim için umut verici olmuştur [39, 40]. Yenilikçi nanofiberlerin ve bunlardan türetilen gözenekli yapıların uygulanması ile daha düşük frekanslarda gürültü kontrolünde etkili bir şekilde çalışılabilir.

Ses emilimi için kullanılan bir diğer malzeme de rezonatörlerdir. Rezonatör emiciler, akustik enerjiyi titreşimle dağıtma prensibi üzerine çalışırlar. Rezonant emiciler ve gözenekli emici malzemeler arasındaki en önemli fark, birincinin frekans aralığının dar, diğerinin ise geniş bir frekans aralığında enerjinin yayılmasına dayanır [41]. Rezonant

emici malzemelerin iki yaygın türü vardır. Bunlar membran/panel emici ve Helmholtz rezonatörleridir.

1.4.2.2. Geri Dönüşüm Malzemeleri

Çevresel kaygıların artması bazı ürünlerin geri dönüştürülebilir ve biyolojik olarak bozunabilir olmasını talep etmektedir [42]. Doğal lifler, biyolojik olarak parçalanabilir, yenilebilir, kolay erişilebilir ve çevre dostu ürünlerdir. Doğal lifler günümüzde ses yalıtım amaçlı daha fazla kullanılır hale gelmiştir. Geri dönüşümü sağlanabilen bu materyaller ömrü son bulduğunda tekrar kullanılabilirler. Doğal liflerin geri dönüşümünden üretilmiş ürünler ses kaynağı ve alıcı arasına yerleştirildiğinde ses enerjisini etkin bir şekilde emebilirler [38, 43, 44]. Tekstil ve konfeksiyon ürünlerinin gittikçe artan üretimi ve tüketimi, çok miktarda atıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu atıkların miktarı ekosistem için endişe veren boyutlara ulaşmış durumdadır. Bu nedenle, geri dönüşüm ve yeniden kullanım kavramı çevresel yükün azaltılmasında önemli bir rol oynamakta ve kaynakların etkin kullanımına yardımcı olmaktadır. Yapıda kullanılan malzeme ister geri dönüştürülmüş ister ham malzeme olsun, ses emme verimliliği, büyük oranda yalıtım malzemesinin gözenekli yapısına ve kalınlığına bağlıdır. Akustik uygulamalarda geri dönüşümlü malzemeler üzerinde literatürde çeşitli araştırmaların yapıldığı görülmüştür [44, 45, 23, 46].

1.4.2.3. Kompozitler

Doğal liflerden elde edilmiş kompozitler akustik amaçlı çeşitli alanlarda kullanılmaktadır [27]. Kompozitler, yapı itibarıyla düşük ağırlık, yüksek mukavemet ve sertlik gibi iyi özelliklere sahip malzemelerdir. Değişen dünya ile birlikte çevresel kaygıların artması, konvansiyonel kompozitlerden olan cam, karbon ve aramid gibi sentetik lifsi malzemelerin kullanımını azaltmıştır. Öte yandan, çevre dostu ve biyolojik olarak bozunabilirliği nedeniyle, doğal liflerden yapılan kompozitler birçok teknik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Doğal lif takviyeli kompozitler geleneksel polimer kompozitler üzerine oranla artan bir geri dönüşüm özelliği sağlamaktadır. Bu yönde çeşitli araştırmalar yapılmıştır [47].

1.5. Lifsi Ses Yalıtım Materyallerini Karakterize Eden Parametreler

Lifli malzemelerin ses yalıtım özelliklerini etkileyen çeşitli parametreler vardır. Bu parametreler literatürde geniş şekilde yer almaktadır.

Materyalin Kalınlığı

Yalıtım malzemelerinin kalınlığı ses emilimini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Malzeme yüzeyindeki akustik empedans, ortamdakiyle eşleşirse ses orta seviyeye yansıtılamaz, yapı ne kadar kalınlaşırsa ses emilimi o kadar büyük olur. Bu durumda etkili bir ses emiliminin olması için, yapının kalınlığı var olan ses dalgasının dalga boyunun en az onda biri kadar olmalıdır. Bu da düşük frekanslı sesin emilmesi için daha kalın yapıların gerekli olduğunu gösterir. Yapı yüzeyindeki akustik empedans ortaminkinden farklıysa, sesin çoğu ortama yansır. Bu durumda yapıların kalınlığı, ses emilimi açısından pek etkili olmaz [48].

Lif Boyutu

Lifsi yapıların akustik enerji akışı dirençleri düşükse, yapının karakteristik empedans ve yayılım sabiti orta seviyede değer gösterir. Bu durumda, yapıya karşı rijit bir duvar yok ise, yapı sonsuz kalınlıktaysa ve ses enerjisini bir şekilde dağıtabilirse, yapının ses emilimi büyük olabilir. Bununla birlikte, büyük elyaf boyutu, yapıda küçük akış direncine neden olmaz ve yapının küçük akış direnci de yüksek ses emilimiyle sonuçlanmaz [48].

Koizumi ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada, lif çapındaki azalma ile ses emme katsayısının arttığını bulmuşlardır. Çünkü ince lifler ses dalgalarının etkisiyle kalın liflerden daha kolay harekete gelirler [31]. Lee ve arkadaşları ise çalışmalarında, ince liflerin normal ses emicilik katsayısı değerlerini artırdığını ortaya koymuşlardır. Bu artış lifleri hava akış direncinin artmasından kaynaklanmaktadır [22]. Koizumi aynı zamanda 1,5'tan 6 denyeye kadar değişen ince liflerin kaba liflerden akustik yalıtım açısından daha iyi performans gösterdiklerini sunmuşlardır. Hatta Koizumi ve arkadaşları mikro incelikteki liflerin (1 denyeden küçük) akustik performansta dramatik bir artış sağladıklarını görmüşlerdir [31].

Hava Akımı Direnci

Lifsi malzemelerin ses emicilik karakteristiğini etkileyen en önemli özelliklerden biri malzemenin birim kalınlığına düşen özel akış direncidir. Gözenekli malzemelerin

akustik özelliklerini tanımlayan karakteristik empedans ve yayılım sabiti, Mingzhang Ren ve Finn Jacobsen'nin geliştirdiği materyalin akış direnci ile büyük ölçüde yönetilmektedir [49]. Dokusuz yüzeylerde birbiri içine geçmiş olan elyaflar akustik dalga hareketine direnç sağlayan sürtünme elemanlarıdır. Genelde, ses bu malzemelerin içine girdiği zaman, dalgalar dolambaçlı yerler boyunca hareket etmeye çalıştıkça, genliği sürtünme ile azalır. Böylece, ses enerjisi ısıya çevrilmiş olur [45]. Bu sürtünme miktarı hava akımı direnci olarak isimlendirilir ve aşağıdaki formüldeki gibi tanımlanır [45]:

$$R = \frac{\Delta p}{\Delta T u}, [\text{mks Rayls/m}]$$

Burada R_1 - Özel akış direnci, [mks Rayls/m], u - numune boyunca parçacık hızı, [m/s], Δp - Parçacık hızının yönünde ölçülen numunenin kalınlığı boyunca ses basınç farkı, [newton/m²], ΔT - artan kalınlıktır, [m]

Gözeneklik

Gözeneğin sayısı, büyüklüğü ve tipi gözenekli malzemelerde ses emilim açısından en önemli faktörlerdendir. Sürtünme yoluyla ses dağılımının gerçekleşmesi için ses dalgasının gözenekli malzemeye girmesi gerekir. Bu durum malzeme yüzeyinde yeterince gözenek olmasını talep etmektedir [50]. Malzemenin H gözenekliliği, malzemedeki boşlukların V_a hacminin toplam V_b hacmine oranı olarak tanımlanmaktadır:

$$H = \frac{V_a}{V_b}$$

Gözenekli ses emici malzemeler genellikle %90'dan fazla havadan oluşmaktadır. Küçük gözenekler malzeme boyunca içinden sızan sesin dağılmasına neden olur. Yüksek frekanslarda gözenekli bir malzemenin havaya benzer bir akustik empedansı vardır. Gerçekleşen olayın enerjisi gözenekli malzemeye girer ve orada emilir.

Düşük frekanslarda, gözenekli malzemelerin katmanı akustik olarak sertlik gibi davranır. Bu da büyük bir yansımanın yanı sıra az miktar emilim sağlar. Gözenekli bir malzemenin en önemli parametreleri şunlardır;

- Akış direnci (r)- bir birim ortalama akış hızı tarafından indüklenen (sabit) basınç
- Tabaka kalınlığı. İyi bir emilim gerektirir. $\tau < 6l$. [4].

Kıvrımlılık

Kıvrımlılık, numune kalınlığına kıyasla, gözenekler boyunca geçiş yolunun uzamasının bir ölçüsü olarak değerlendirilir. Knapen ve arkadaşlarına göre, kıvrımlılık lifsi malzemenin içyapısının akustik özellikleri üzerindeki etkisini tanımlar [51].

Yoğunluk

Malzemenin yoğunluğunun çoğu zaman, malzemenin ses emicilik davranışını yöneten önemli bir faktör olduğu düşünülür. Gözenekli yapı durumunda, hacimsel yoğunluk akustik absorpsiyon önemli bir rol oynamaktadır Aynı zamanda, akustik malzemelerin maliyeti direk olarak onun yoğunluğu ile ilgilidir. Yapının yoğunluğu büyük olduğu zaman, yapının akış dirençleri de büyüktür, yapının karakteristik empedansı ve yayılım sabiti ortamdaki değerlerden önemli derecede farklı olabilir. Bu durum yapıda düşük ses emilimine neden olur [48]. Örneğin, bir bambu elyafı malzemesinin normal insidans ses emme katsayısının yoğunluğu ile birlikte arttığı deneysel olarak kanıtlanmıştır [52]. Koizumi ve arkadaşları ise yapmış oldukları çalışmada, numunenin yoğunluğu arttığı için orta ve yüksek frekanstaki ses emme değerinin arttığını göstermişlerdir [31]. Görünen yoğunluk büyük olduğunda birim alan başına düşen lif sayısı da artar. Yüzey sürtünmesi arttığı için, enerji kaybı artar, bu yüzden ses emicilik katsayısı artar. Üstelik Koizumi ve arkadaşları dokusuz yüzey malzemelerin ses emicilik davranışlarında yoğunluk etkisinin olduğunu aşağıda verilen maddelerle göstermişlerdir.

- Daha az yoğun ve daha açık yapı, düşük frekansların sesini emer.
- 2000 Hz in üzerindeki frekanslar için daha yoğun yapılar performans gösterir.

Tascan ve Vauhghn'da yapmış oldukları çalışmada dokusuz yüzey kumaşların toplam yüzey alanı ve kumaş yoğunluğunun ses emicilikle olan ilişkisini incelemişlerdir. Deneyler sonunda kumaş yoğunluğunun dokusuz yüzey kumaşların ses izolasyonu davranışını pozitif yönde etkilediğini ortaya koymuşlardır [15].

Yüzey İşlemleri

Daha önceden de söylendiği gibi akustik malzemeler binalarda kullanılır ve bu malzemelerin ışığı yansıtma davranışı ve iyi bir görünüme sahip olma gibi bazı özellikleri karşılaması gerekir. Sıklıkla binalarda kullanılan bu akustik malzemeler boyalarla veya bazı bitim malzemeleri ile kaplanır [53]. Bu nedenle yüzey kaplamalarının ses üzerinde yarattığı etkiyi incelemek gerekir. Açık yüzey tipli

malzemelerin çoğunun boya uygulanması konusunda elverişli olmadığı bulunmuştur. Bu nedenle yapılan bir çalışmada malzeme yüzeyine çok ince bir kat boya uygulanması önerilmiştir [54]. Bu işlem püskürtme tabancası yardımıyla yapılabilir. Keçe ve poliüretan köpük gibi malzemeler söz konusu olduğunda, istenilen yüzey kaplamasını elde etmenin tek yolunun Helmholtz rezonatör tipi delikli kaplamayla kaplanması olduğu görülmektedir. Bazı yazarlar [50, 55] bu tür kaplamanın ses emilimine olan etkisini incelemişlerdir. Ingard yaptığı çalışmada, düşük frekanslarda daha yüksek frekansların aksine ses emiliminin arttığını göstermiştir [56]. Bazen lifli malzemeler, düşük frekanslarda ses emilim özelliklerini arttırmak için yüzey titreşimi olan bir film ile kaplanırlar [50].

Yüzey Empedansı

Bir malzemenin akustik direnci ne kadar yüksekse, belirli bir kalınlıkta sesin dağılımı da o kadar yüksek olur. Aynı zamanda tabakanın yüzey empedansı da dirençle birlikte artar ve yüzey tabakasında daha fazla yansıma meydana gelir, bu da daha düşük bir soğurma kabiliyeti sağlar. Hatta tüm süreç frekansa bağlıdır, daha düşük frekans bantları için gerekli katman kalınlığı direnç azaldığında artar [57].

Ses Frekansı

Yukarda belirtilen tüm parametrelerin yanında, malzemelerin ses emme özellikleri frekansın bir fonksiyonudur. Performans genellikle frekans arttıkça artar. Böylece dünyadaki uygulamalarda ses emici malzemeler, yayılan ses türüne göre seçilir. Örneğin otomotiv gürültü kontrolünde, yüksek malzemeleri emme kabiliyetine sahip daha ince malzemeler kullanılır. Aynı zamanda, daha düşük frekansları emebilen daha kalın malzemeler kapı panelleri ve halı arkası malzemeleri için kullanılır [2]. Bu nedenle, ses emici materyallerin etkili bir şekilde kullanılabilmesi için kontrol edilmesi gereken frekans aralığını bilmek önemli bir unsurdur. Genellikle dokusuz yüzeyler ve köpük gibi gözenekli malzemeler daha yüksek frekanslarda iyi performans gösterirler [58]. Düşük frekanslı emilimi artırmak için, malzeme kalınlığı artırılmalıdır.

Farklı yapı ve özellikte malzemeler üretilmek istenildiği takdirde mevcut durumda kullanılan teknolojinin parametreleri değiştirilerek veya farklı özelliklere sahip malzemeler bir araya getirilerek istenilen özelliklerde yeni yalıtım malzemelerin elde edilmesi mümkün olacaktır.

1.6. Sonuçlar

Sonuç olarak lifsi içeriğe sahip tekstil malzemelerinin ses yalıtım amacıyla kullanımının ne kadar anlamlı ve önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Çünkü yukarda bahsedilen malzeme özelliklerinin büyük bir kısmı tekstil malzemelerinde, özellikle de dokusuz yüzeylerde ve örme kumaşlarda vardır. İçyapısı gözenekli boşluklu yapıya sahip, enine kesitinde düzensiz karakter taşıyan liflerden elde edilen malzemeler ses yalıtımı bakımından yüksek performans gösterdikleri için daha çok tercih edilmektedir.

Yukarda bahsedildiği gibi günümüzde ses yalıtımında yaygın olarak kullanılan ses yutucu malzemeler için hammadde olarak mineral ve polimer esaslı doğal, suni ve sentetik içeriğe sahip hammaddeler kullanılmaktadır. Bu maddelerden üretilen materyaller bilindiği üzere hafif ve ucuz olup, lifler arasında ucu açık gözeneklerin varlığı ile malzemeye yüksek ses emilim özelliği sağlayacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında tavuk eti üretiminde yan ürün olarak elde edilen ve çok büyük bir kısmı atık halde bulunan tavuk tüyünden sanayi yöntemi ile lif elde edilecek, elde edilen liflerden oluşturulmuş dokusuz yüzey malzemelerinin ses yutum ve iletim özellikleri incelenecektir. Gözenekli içyapıya sahip olan tavuk tüyü lifinden [59] elde edilecek olan malzeme pasif bir ses yalıtım malzemesi olacaktır. Liflerin içerisinde gözenekli boşlukların varlığı, bu liflerden üretilmiş dokusuz yüzeylerin makro ve mikro gözeneklere sahip olmasını sağlayacaktır. Bu durum ise ses iletimi sırasında daha fazla enerji kaybı anlamına gelmektedir.

2. BÖLÜM

DOKUSUZ YÜZEY ÜRETİMİ

2.1. Dokusuz Yüzeyler Üretimi

Tülbent esaslı kumaşlar Türk standartlarında dokunmamış kumaşlar şeklinde ifade edilmektedir. Endüstride tülbent esaslı kumaşlar dokusuz yüzeyler, dokunmayan (nonwoven) kumaşlar şeklinde isimlendirilmektedir. Tülbent esaslı kumaşlar, dokuma ve örme dışındaki tekniklerle, doğrudan liflerden (filament veya kesikli) çeşitli doku oluşturma teknikleriyle tülbent olarak üretilen ve sonrasında çeşitli mekanik, kimyasal ve ısı gibi doku bağlama teknikleriyle sabit hale getirilen materyallerdir [60].

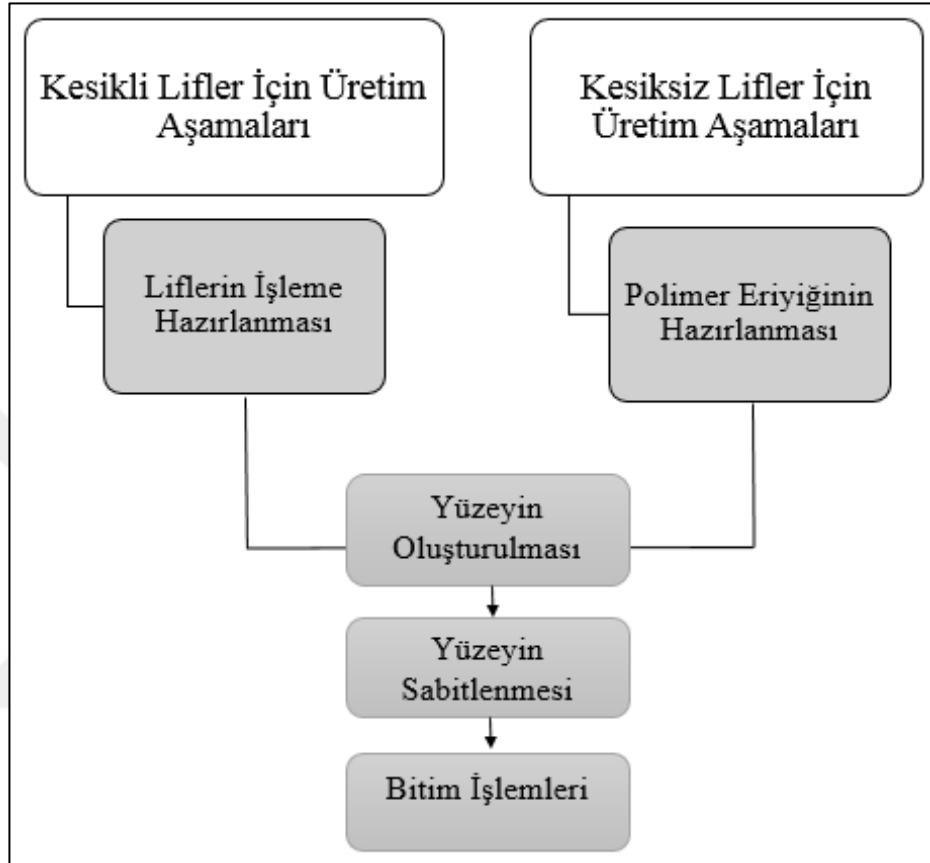
EDANA (European Disposables and Nonwovens Association)'nın tanımına göre dokusuz yüzeyler dokuma ve örme haricinde herhangi bir şekilde birbirine bağlanmış olan kesikli veya kesiksiz lif topluluğudur. Islak yöntemlerle elde edilen keçe ve kâğıt dokusuz yüzey değildir [61].

ASTM standartları tülbent esaslı kumaşları mekanik, kimyasal ve ısı yöntemleriyle veya bunların birkaçının birlikte kullanımıyla kesikli ve filament lifleri birbirine bağlamak suretiyle oluşturulmuş yüzeyler olarak tanımlanmaktadır. Kâğıt, dokuma kumaş, örme kumaş, tafting tekniğiyle üretilmiş kumaşlar ve yün liflerinden oluşturulan geleneksel keçeler, tülbent esaslı kumaşların dışındadır.

Dokusuz tekstil yüzeylerin üretiminin işlem akışı kullanılan hammaddenin türüne göre değişmektedir. Eğer hammadde olarak kesik elyaf kullanılıyorsa yapılacak ilk işlem elyafın hazırlanması işlemidir. Elyafın açılması, harmanlanması, yağlanması vb. işlemler iplikçilik sistemlerinde olduğu şekildedir. Daha sonra sırasıyla tülbent oluşturma, oluşturulan tülbentin sabitlenmesi ve ihtiyaç duyulduğu taktirde gereken terbiye işlemleri ile nonwoven tekstil malzemesine nihai şekli verilir [62].

Seçilen hammadde türüne göre dokusuz yüzey üretim basamakları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Hammadde türüne göre dokusuz yüzey üretim teknikleri



Dokusuz kumaşlar, son yıllarda kaydettiği büyüme oranıyla, tekstil ve konfeksiyon sanayinin önemli bir bölümünü oluşturmaya başlamıştır. Gün geçtikçe bu alanda yeni ürünler, üretilmekte ve pazarda tüketicinin beğenisine sunulmaktadır. Çok geniş yelpazede tüketim alanı olan dokusuz kumaşlar hijyen ürünleri üretiminde, tarım ve ziraatta, otomotiv sektöründe, inşaatta, giyim, ayakkabı ve çanta üretiminde, filtreler, ev ürünleri, tıp sektörü, ambalajlama, koruyucu ürünler üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

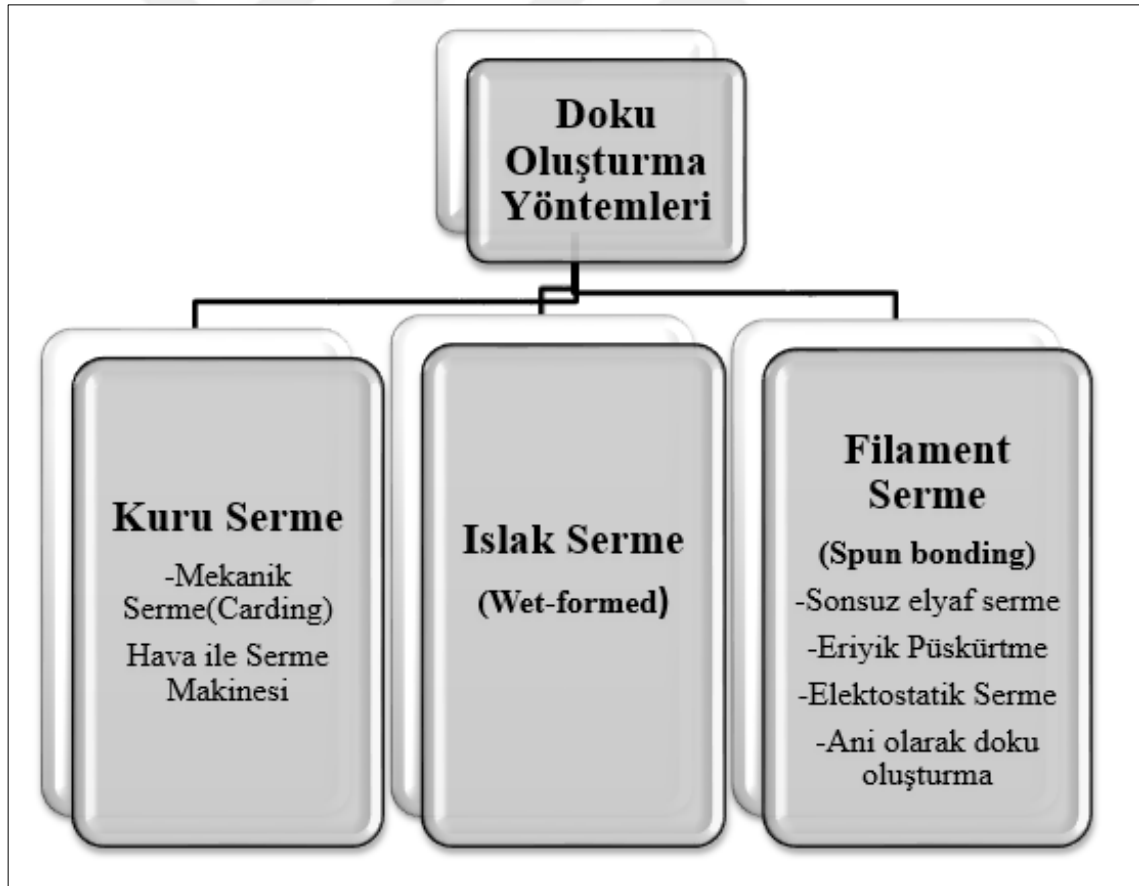
Kullanım alanına göre dokusuz kumaşlardan aşağıdaki özelliklerden bazılarına veya bir kaçına sahip olması istenmektedir: aşınmaya dayanırlık, gözeneklilik, boyanabilirlik, emicilik, yumuşaklık, aleve dayanıklılık, antistatiklik, yapıştırılabilirlik, yırtılmaya karşı dayanıklılık vs.

Dokusuz yüzey üretimi doku oluşumu ve dokunun sabitlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu aşamalarda geliştirilmiş farklı teknikler ve makineler kullanılmaktadır.

2.1.1. Doku Oluşturma

Liflerin istenen özelliklere sahip tülbent yüzey haline getirilmesi için liflerin boyu, inceliği, kıvrımı, kimyasal yapısı ve diğer özellikleri göz önüne alınmalıdır [60]. Tülbent yapılı dokusuz yüzey üretiminde ilk adım olan doku oluşturma, filament serme, ıslak serme ve kuru serme teknolojisi olarak üç farklı teknikle yapılmaktadır. Oluşturulacak ürünün kullanım özelliklerine göre ve üretimde kullanılacak hammaddeye uygun şekilde bu yöntemlerden biri seçilmektedir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Tülbent esaslı kumaş üretiminde kullanılan doku oluşturma teknikleri

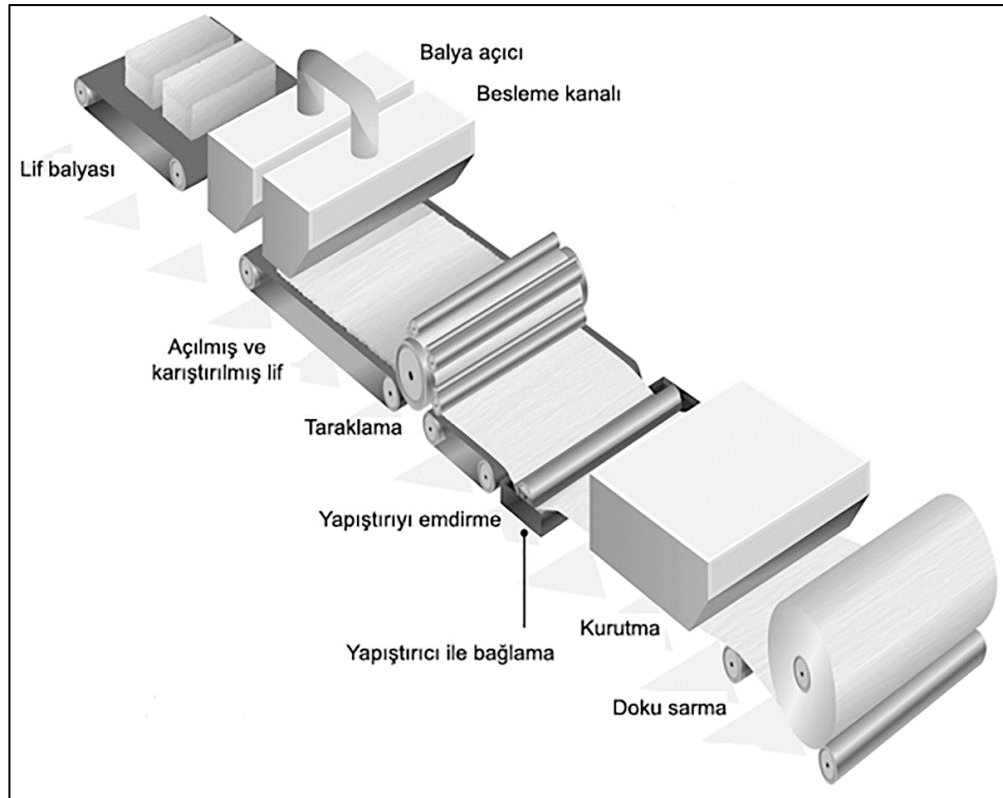


2.1.1.1. Kuru Serme Yöntemleri

Bu yöntemle yapılan üretimde kesikli elyaf kullanılmakta olup, elyaf hazırlama işlemi iplikçilik sistemlerinde olduğu gibi liflerin balyalardan alınmasıyla başlamakta, balya açma, karıştırma, kaba açma, ince açma aşamaları ile sona ermektedir. Doku oluşturma süreci ise; mekanik ve pnömatik işlemler ya da bunların kombinasyonu şeklinde olan işlemler vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir [63].

2.1.1.1.1. Mekanik Serme (Carding) Yöntemi

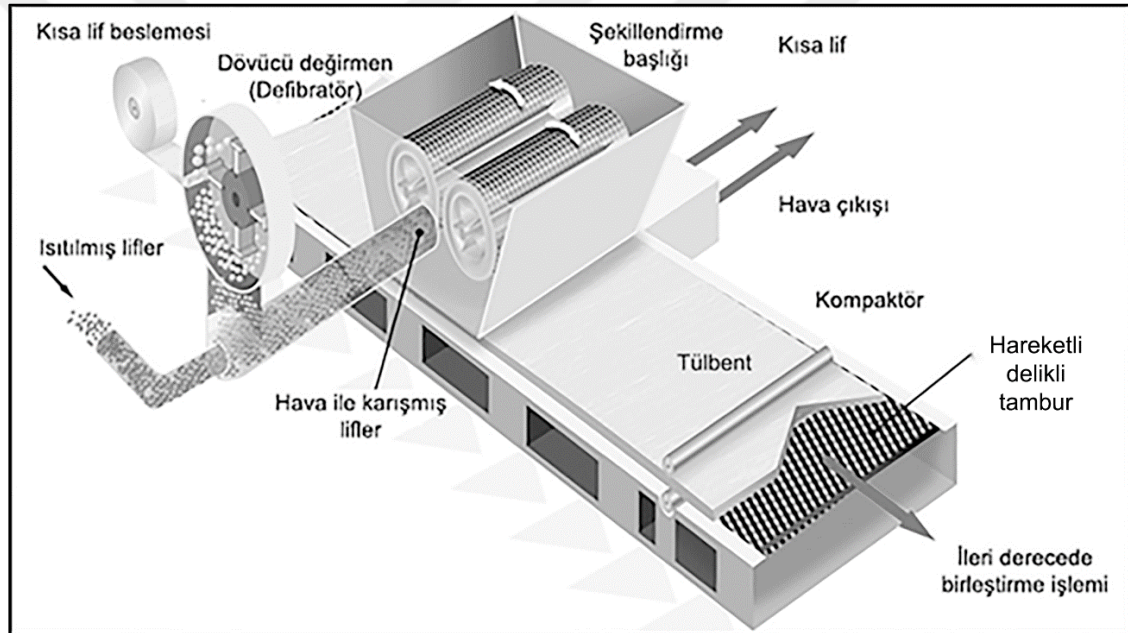
Günümüz dokusuz yüzey üretiminde en sık tercih edilen doku oluşturma yöntemi mekanik sermedir. Mekanik serme yoluyla elde edilmiş tülbent esaslı dokusuz yüzeyler üç tabaka halinde incelenebilir. İlk tabaka olan üst yüzey, ikinci tabaka orta veya dolgu tabakası, üçüncü tabaka ise taşıyıcı (taban) tabaka olarak nitelendirilir. Ancak uygulamaya geldiğimizde iki tabakadan oluşan yapıları da görmek mümkündür. Mekanik sermede balya formunda bulunan elyaflar ürünün özelliğine göre ince açma veya kaba açma işlemlerinden geçtikten sonra taranarak paralel duruma getirilirler. Mekanik serme işlemini oluşturan aşamalar şekil 2.1'den açıkça görülmektedir.



Şekil 2.1. Mekanik serme işlemi [61]

2.1.1.1.2. Hava Akımı ile Serme Yöntemi

Havalı akımı ile serme tekniği; hava akımı vasıtasıyla iletilen elyafların üzerinde delikleri bulunan bir tambur üzerine hava emişi yardımıyla toplanmasına dayanmaktadır. Farklı makineler kullanılarak bu yöntemi farklı şekillerde uygulamak mümkündür. Delikli tamburdan emilen hava sayesinde tambur üzerinde meydana gelen doku sabitleme amaçlı doku sabitleme ünitesine iletilir (Şekil 2.2). Hava ile serme işleminde bilinen en açık özellik işlemde kısa elyafların kullanılmasıdır. Bu teknikte telef adı verilen lif döküntüsü önemli miktarda azalmakta ve doku olarak daha yumuşak formda yapılar elde edilmektedir.



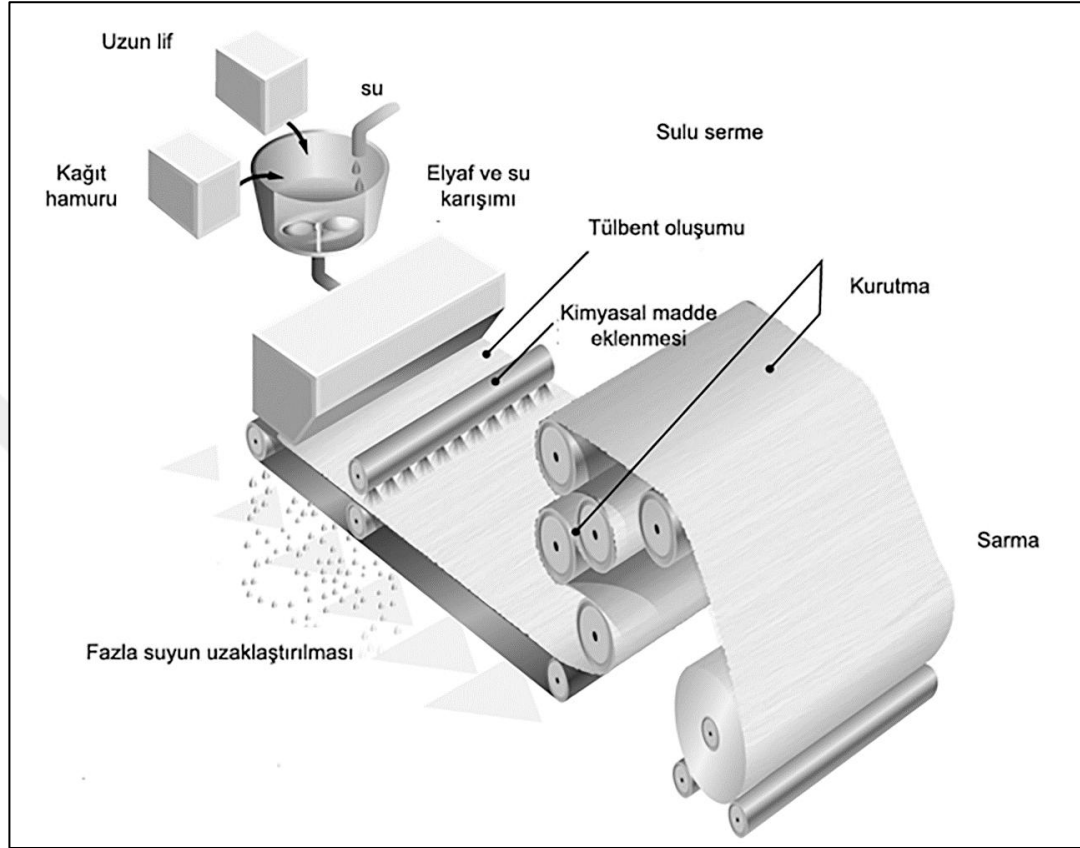
Şekil 2.2. Havalı Serme Tekniği [61]

Bu işlem tek adımda daha kalın, daha hacimli, izotropik özelliklere sahip dokusuz yüzeylerin üretimine imkân vermektedir.

2.1.1.2. Islak Serme Yöntemi

Bu yöntem, kısa liflerin suda süspansiyonunun hareketli bir bant üzerine pompalanarak bir tülbent haline getirilmesine dayanan bir doku serme tekniğidir [64]. Oluşan tülbent daha sonra kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Kurutma işleminden önce, dokuya kimyasal eklenerek, kurutuduktan sonra dokunun sabitlenmesi sağlanır (Şekil 2.3). Bu yöntemin üretim hızı çok yüksektir. Ancak maddi açıdan düşünüldüğünde dokunun

kurutulması için yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyulması yöntemin pahalı olduğunu ortaya koyar.



Şekil 2.3. Islak serme yönteminin prensip şeması [61]

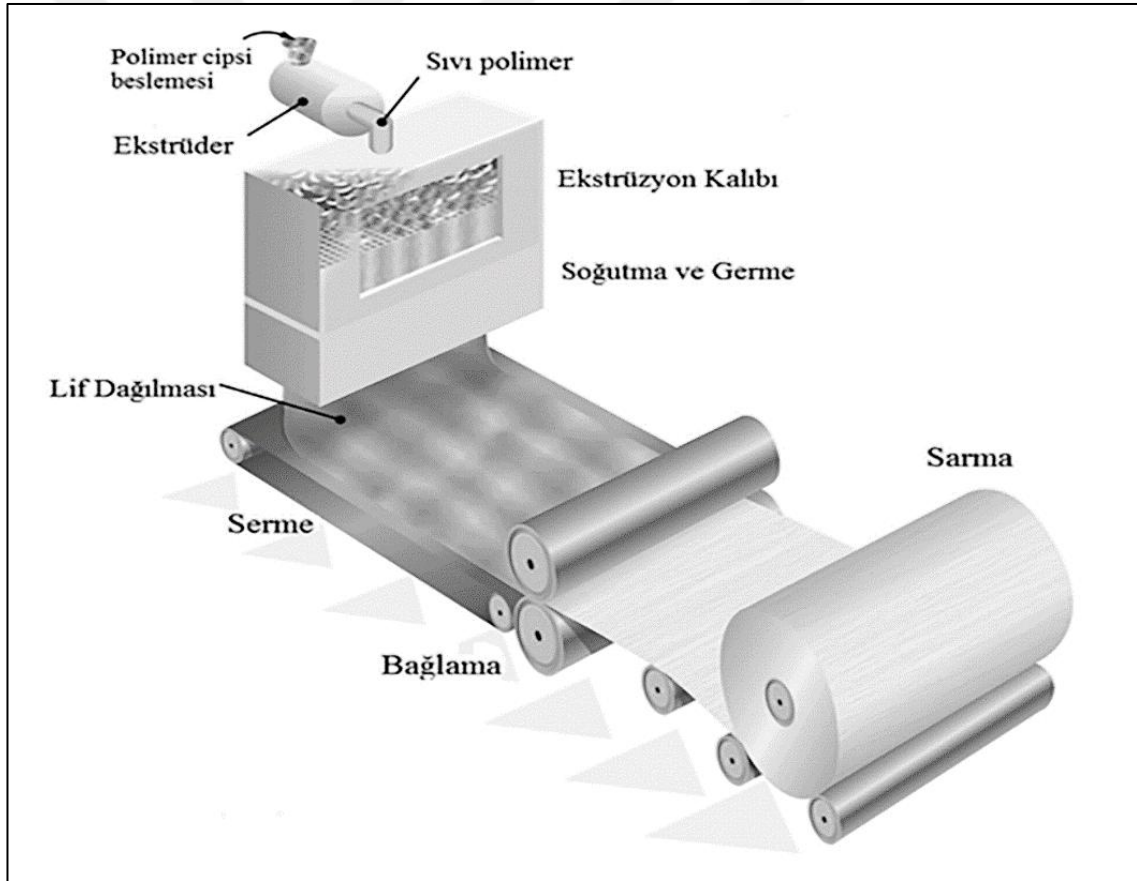
2.1.1.3. Filament (Sonsuz Elyaf) Serme Yöntemleri

Filament serme yönteminde, filamentler polimer hammaddesinden ekstrüde edilmekte, çekilmekte ve vatka haline getirilmektedir. Elyaf serme ve sabitleme işlemleri sürekli olduğundan, bu proses polimerden nihai ürüne uzanan mümkün olan en kısa tekstil üretim rotasını çizmektedir. Buna ilaveten filament serme yöntemi daha da çok yönlü hale getirilmiştir [66].

Kesiksiz doku oluşturma teknikleri sonsuz elyaf serme, eriyik püskürtme, elektrostatik serme ve ani doku oluşturma olmak üzere 4 farklı şekilde gerçekleştirilebilmektedir [67].

2.1.1.3.1. Sonsuz Elyaf Serme (Spunbond) Yöntemi

Filament serme yöntemi, ekstrüzyon ile başlar. Görünürde tüm ticari makineler termoplastik polimerleri ve eriyik ekstrüzyonu kullanmaktadır. Polyester ve polipropilen en çok kullanılanlardır. Ancak poliamid ve polietilen de kullanılabilir. Polimer cipsi bir dişli ekstrüdere kontinü olarak beslenir ve bu ekstrüder eriyik polimeri bir dozajlama pompasına sevk eder. Daha sonra polimer eriyiği bir dizi düzeye veya alternatif olarak her biri çok sayıda delik içeren dikdörtgen bir dize levhasına sevk edilir. Deliklerden pompalanan polimer eriyiği hemen katılır ancak bu esnada bir miktar çekim veya gerilme olması kaçınılmazdır [66]. Daha sonra ise; oluşturulan lifler gözenekli yapıda olan taşıyıcı bant üzerine serilmektedir.



Şekil 2.4. Sonsuz elyaf serme prensibi [61]

Doku oluştuktan sonra uygulanan ısı, mekanik ya da kimyasal yöntemlerle doku içerisindeki liflerin birbirine tutunması sağlanarak yüzey elde edilir [63]. Bu sistemle vasıtasıyla üretilen dokusuz yüzeyler daha düşük hacimli, tutum bakımından daha sert ve dökümsüz; ancak mukavemet açısından daha dayanıklı olmaktadır (şekil 2.4)

Tülbent oluşumunun ardından dokusuz yüzey normal olarak ısıtılmış kalenderler vasıtasıyla birleştirilir. Bunun ardından elde edilen nihai ürünün paketlenir ve ambalajlanarak sevk edilir.

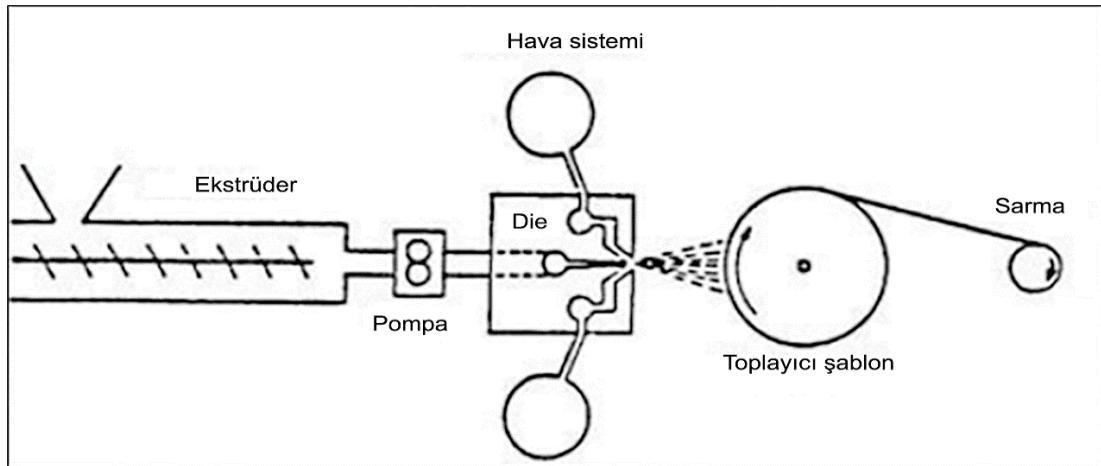
2.1.1.3.2. Eriyik Püskürtme (Meltblown) Yöntemi

Bu yöntemle tülbent oluşumu direk polimerden veya granüllerden üretilen yüzey teknolojisi ile aynıdır. Eriyik püskürtme yöntemi ile üretilen polimer esaslı madde düzelerden gönderildikten sonra çok yüksek sıcaklıktaki hızlı hava ile taşınmakta ve böylece inceltilip bir yüzey üzerine birikmektedir. Bu teknoloji sayesinde ince mikro liflerden tülbent esaslı dokuların üretilmesi gerçekleştirilir. Gelişen bu teknoloji farklı çap boyutlarına sahip (2-4 μ m kadar küçük, 10-15 μ m kadar büyük) liflerin üretimini mümkün kılmaktadır [60]. Eriyik püskürtme işlemi aşağıda sıralanmış aşamalardan oluşmaktadır:

- Polimerin eritilmesi, polimer eriyiğinin sevk edilmesi ve filtrasyonu.
- Sıcak hava ile birlikte polimerin ekstrüzyonu ve filamentlerin meydana getirilmesi.
- Tel şablonlu toplayıcı tambur veya kayış yüzeyinde tülbent oluşturulması.
- Tülbentin sabitleştirilmesi.

Polimerin eritilmesi, sevki ve filtrelenmesi spunbond sistemi ile aynıdır. Eriyik püskürtme yönteminde “die” adı verilen özel bir filament oluşturma bölmesi kullanılmaktadır. Eriyik, filament oluşturma bölmesi deliklerinden çekilir. Yüksek hızdaki hava akımları polimer eriyiğini mikrolif haline getirmek üzere inceltir. Mikrolifleri bünyesinde taşıyan sıcak hava akımı toplayıcı şablona doğru hareket ederken etrafındaki havayı da büyük miktarlarda çeker. Bu olay liflerin soğuyup katılaşmasına neden olur. Aynı anda lifler kısmen çekilir ve karışırlar. Toplayıcı şablonun üzerinde tülbent oluşturan lifler, karışma ve kohezif yapışma sayesinde bir arada tutulurlar. Bu işlem bir çok uygulama için yeterli olmaktadır bazı durumlarda ilave bir kalandır ile ısı sabitleştirme işlemi uygulanabilir (Şekil 2.5).

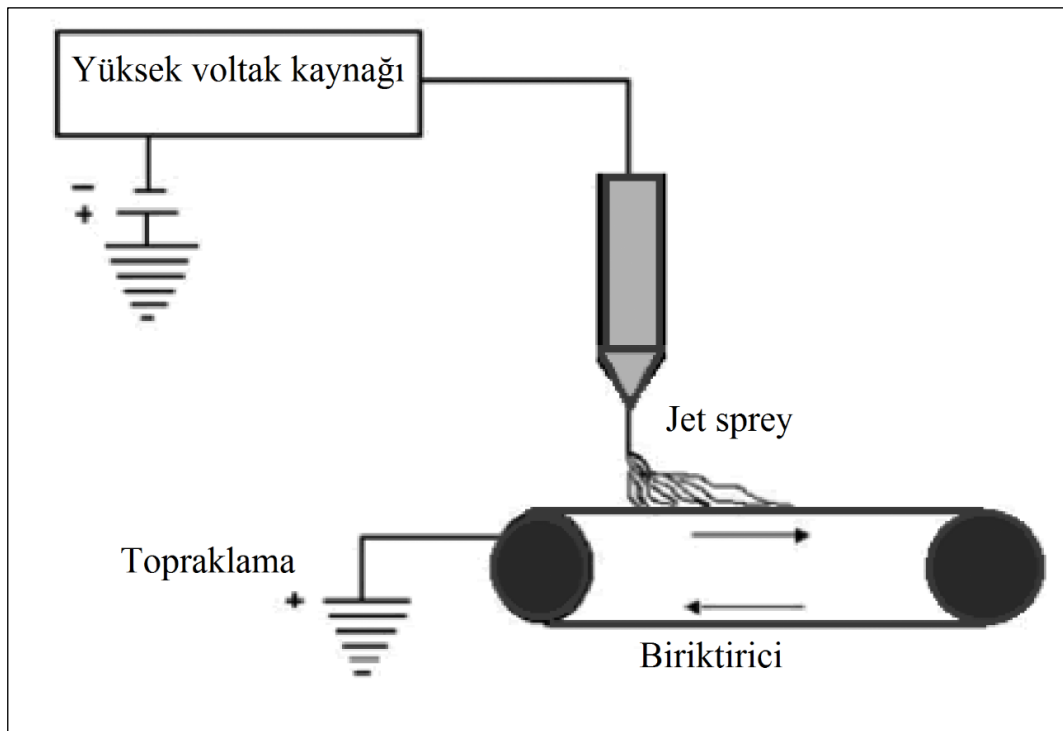
Eriyik püskürtme yöntemi kullanılarak üretilen tülbentler temizlik bezinden, filtrelere, yalıtım sektöründen, yağ absorpsiyonuna kadar çeşitli amaçlar için endüstriyel alanda yaygın biçimde kullanılmaktadır [62].



Şekil 2.5. Eriyik püskürtme ünitesi [68]

2.1.1.3.3. Elektrostatik Serme Tekniği

Elektrostatik serme tekniği 1970'li yılların sonunda geliştirilen teknolojidir ve polimer eriyiğini yaklaşık 30 Kv'lık bir elektrostatik alan kuvvetleri yardımıyla lif haline getirmektedir (Şekil 2.6). Bu yöntemle sayesinde üretilen malzemeler mekanik olarak zayıf özelliklere sahiptir ve sürtünmeye karşı dayanımları düşüktür. Bu yüzden başka tekstil malzemeleri ile takviye edilerek kullanılırlar. Yaygın kullanım alanı filtrasyon ürünleridir [62].



Şekil 2.6. Elektrostatik serme yöntemi [69]

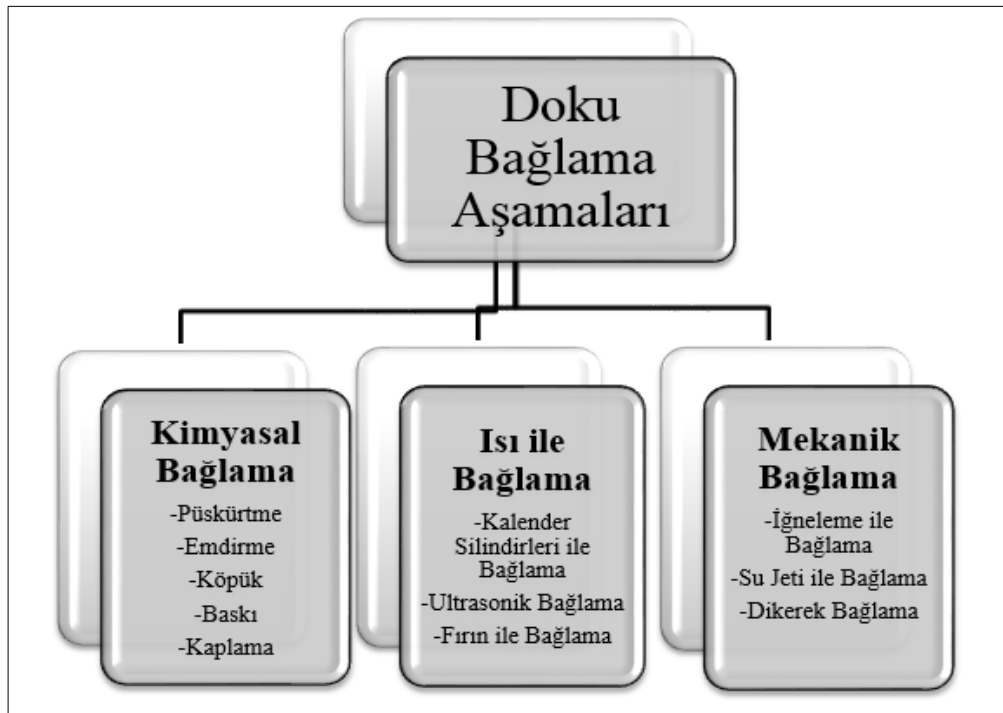
2.1.1.3.4. Ani Olarak Doku Oluşturma

Bu teknik uygun bir solüsyonda çözülmüş yüksek yoğunluktaki bir polimerin sabit basınca getirilmiş bir kabın içerisine püskütülmesi esasına dayanan, sonsuz elyaf lı üretim sistemine yakın özellikler sergileyen bir üretim metotudur. Kap içindeki çözücü hızlı bir şekilde buharlaşır ve arkasında süregelen bir elyaf yığını oluşturur. Oluşan elyaf yığını, belirlenen bir levha üzerinde toplanır ve böylece doku elde edilmiş olur [63].

2.1.2. Doku Bağlama (Sabitlenme)

Tülbent esaslı kumaşların üretimi sürecinde ikinci aşama doku bağlama aşamasıdır. Doku oluşturma aşamasından çıkan tülbent dokunun formunu korumak için dokunun sabitlenmesi gerekir. Hangi alanda kullanılacaksa o özelliklere göre tülbent dokulara uygun doku bağlama işlemi seçilir. Örneğin hijyen, filtre gibi alanlarda tülbent esaslı yapının yüksek mukavemet göstermesine ihtiyaç yoktur. Eriyikten püskürtme teknolojisi ile üretilen tülbent esaslı dokular filtre gibi alanlarda kullanıldığından, doku bağlama işlemi çok sık uygulanmaz. Selüloz liflerinden ıslak serme teknolojileriyle üretilen esaslı dokuların mukavemeti hidrojen grubunun bağlama gücü kullanılarak sağlamaktadır [60].

Tablo 2.3. Tülbent esaslı kumaşlarda doku bağlama teknikleri [60]



Tablo 2.3’de lif türüne, özelliklerine ve doku oluşturma yöntemine uygun olarak doku bağlama yöntemleri verilmiştir. Bir dokusuz yüzey oluşturulacağı zaman şekilde yer alan tekniklerden biri kullanılabilir ya da bu tekniklerin bir araya gelmesiyle kombine bir işlem uygulanarak yüzey üretimi gerçekleştirilebilir.

2.1.2.1. Mekanik Bağlama (Mechanical-Bonding) Yöntemleri

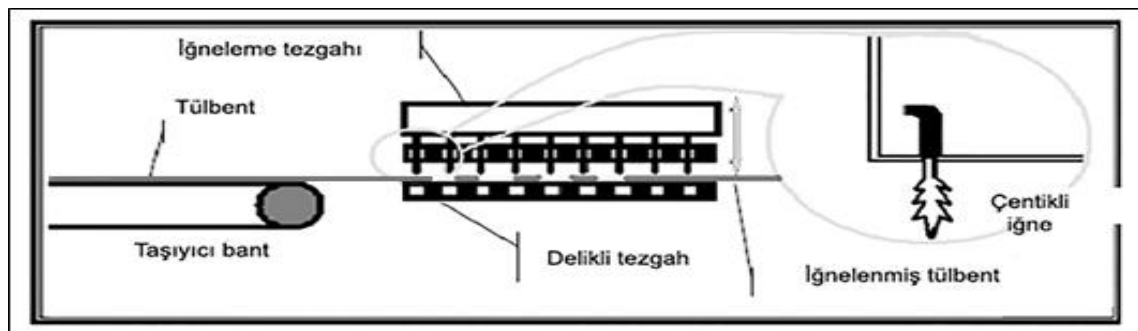
Farklı tekniklerle elde edilen elyaf ve tülbent yapılarının bir yüzey olarak kullanılabilmesi için dokuyu oluşturduktan sonra mekanik bağlama tekniklerindeki amaç elyafların birbirlerine tutturulması ile bir yüzey oluşturulmasıdır. Aşağıda mekanik bağlama teknikleri açıklanmıştır.

2.1.2.1.1. İğneleme (Needle-Punch) Yöntemi

İğneleme yöntemi dokusuz yüzey üretiminde bilinen en eski yöntemdir. Bu yöntemi ilk kez Amerika’da James Hunter makinesinde 1948 yılında uygulanmıştır. 1957 yılında üretilmiş hızlı iğneleme tezgâhı Hunter 8 modeli, günümüzde de hala kullanılmaktadır.

İğneleme yöntemiyle sabitlenmiş bir nonwoven tekstil malzemesi, çentikli iğneler yardımıyla bazı liflerin aşağı ya da yukarı doğru çekildiği tülbentlerden meydana gelir. Bu iğneleme hareketi ile lifleri karıştırır ve dokuyu bir arada tutarak üç boyutlu yapı oluşumu sağlanmış olur.

İğneleme yönteminde doğal ve sentetik lifler kullanıldığı kadar cam, seramik, paslanmaz çelik, aramid vb. özel lifler de kullanılabilir. Şekil 2.7’de tipik bir iğneleme makinesi şeması görülmektedir [62].



Şekil 2.7. İğneleme Hareketi [70]

İğnelenmiş dokusuz yüzeyler aşağıda belirtildiği gibi geniş bir ürün karakteristiği sunar:

1. Tüm yönlerde eşit uzama,
2. Kompozit üretiminde farklı tip lif tabakalarının birbirine tutturulabilmesi,
3. Yüksek derecede opaklık,
4. Yapı mukavemetini yükseltme.

Bu yöntem kompozit üretiminde etkin olarak kullanılmaktadır ve ürün kalınlığını, sayısını ve çeşidini sınırsız artırabilmektedir. Aynı zamanda bilinen tekstil hammaddeleri dışında birçok bileşenin de kullanıldığı bir yöntemdir. Genellikle endüstride kullanılan maddeler aşağıda sıralanmıştır:

- Tıbbi amaçla kullanılan kuru otlar
- Süper emiciler (inkontinans ürünleri, bebek bezleri)
- Çim tohumu, gübreler (yeşillendirme amaçlı erozyon uygulamalarında)
- Yüksek derecede şişen bentonitler (atıkların yapımında kullanılan sızdırmazlık tabakaları)
- Hidrolik mühendisliği
- Kum, çakıl ve diğer malzemeler [71]

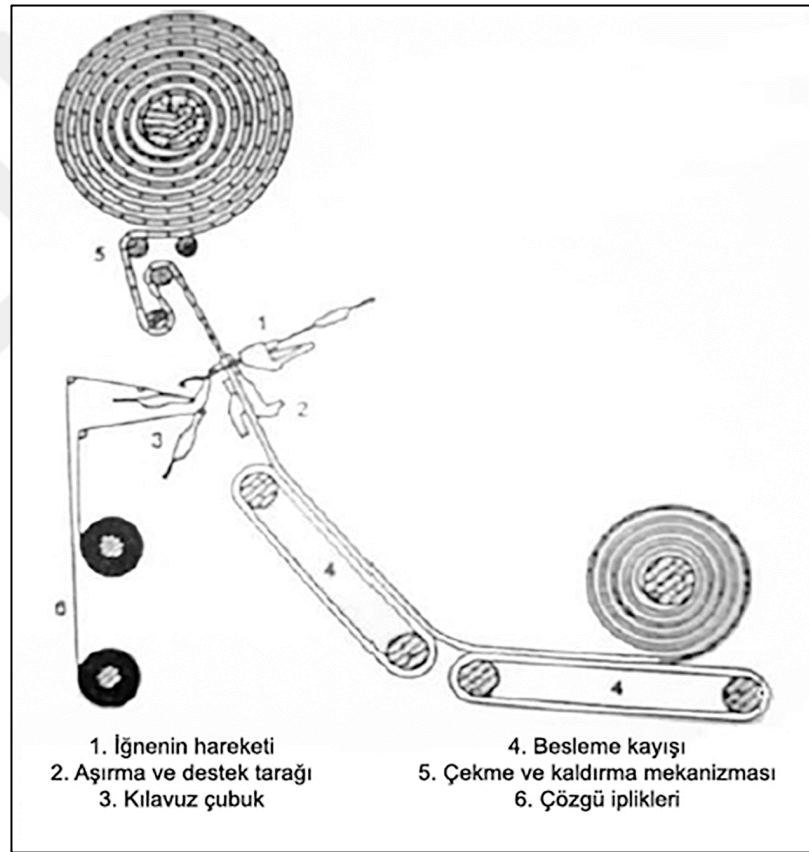
2.1.2.1.2. Dikme (Stich-Bonding)Yöntemi

Dikme işlemi, iplik kullanıldığı veya kullanılmadığı iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. Bu yöntemle sabitlenen nonwoven tekstil ürünlerinin sergilediği özellik, iğneleme yöntemiyle sabitlenmiş tekstil malzemelerinin özelliklerine benzemektedir [62].

Bu yöntemde, meydana gelen doku iğneleme yönteminde olduğu gibi benzer şekilde iğne yardımıyla iplikle dikilmektedir (Şekil 2.8). Dikiş işlemi bilinen düz dikiş benzer yöntemle gerçekleştirilebilmesinin yanı sıra, çözgülü örme tekniğinde kullanılan dikiş tekniği ile de yapılabilmektedir. Bu yöntemde oluşan elyaf yüzeyi hareket eden bir bant sayesinde dikişin yapılacağı yere sevk edilir, iğliği taşıyan iğnenin dokuya olan giriş ve çıkışı sayesinde dikiş işlemi gerçekleşir. Elde edilen doku, iğneleme metoduyla üretilen

yüzeylerle benzer özellikler gösterir. Bu nedenle başta jeotekstil olmak üzere döşemelik ve astar malzemesi olarak birçok sektörde yaygın kullanım alanına sahiptir [63].

Bu yöntem kullanılarak üretilen nonwoven tekstil malzemeleri döşemelik vakum torbaları, jeotekstil, filtre ve astar üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dikilmiş nonwoven kumaşlar, klasik kumaşlarla kıyaslandığında birçok uygulamada konvansiyonel kumaşların yerini almaktadır. Bu noktada en önemli nedenlerden birisi yüzeylerin dokuma kumaşlara göre daha hızlı bir biçimde üretilmesinden kaynaklanmaktadır

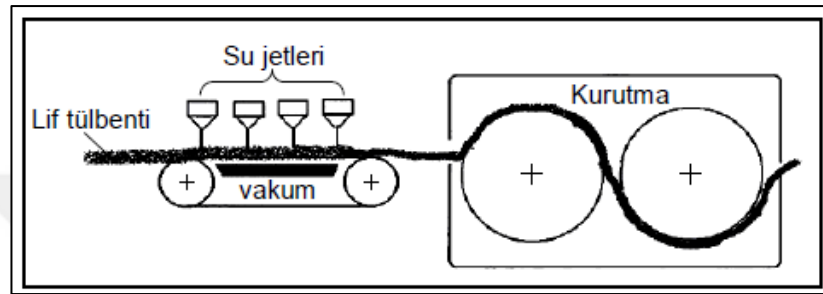


Şekil 2.8. İplik kullanılan dikme yöntemi [62]

2.1.2.1.3. Su Jeti ile Bağlama (Spunlace)Yöntemi

Eğilme rijitliği bakımından daha düşük lifler için uygun olan bu yöntemin esası; suyun yüksek basınç sayesinde liflerle karıştırılmasına ve böylece birbirine dolaştırılmış liflerin doku meydana getirmesine dayanmaktadır

Bahsedilen tekniğin çalışma prensibi Şekil 2.10’da açıkça görülmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, bu yöntemde dokuya dikey formda yerleştirilmiş su jetleri kademeli biçimde artan basınçla su fışkırtmakta ve böylece dokuyu oluşturan lifler birbirine tutunmakta, diğer taraftan da dokunun altında bulunan vakum sayesinde de dokudan fazla suyun uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Son aşamada ise meydana getirilen doku kurutma işleminden sonra sarılmaktadır [63].



Şekil 2.9. Su jetli doku sabitleme [72]

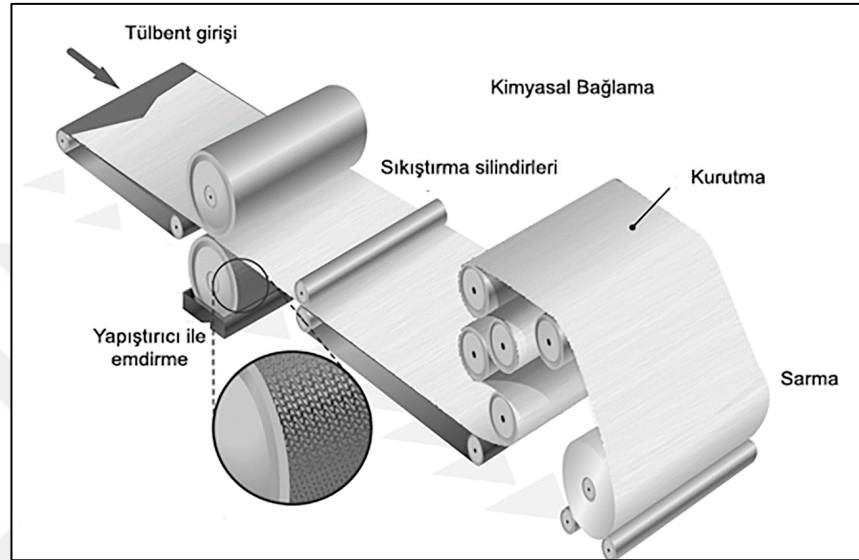
Su jeti ile sabitlenmiş nonwoven tekstil ürünleri, diğer nonwoven ürünlerine kıyasla yumuşaklık, dökümlülük, tuşe, düzgünlük ve mukavemet açılarından daha iyi özelliklere sahiptir. Desenlendirme olanakları oldukça fazladır. Kumaşların boya ve bitim işlemlerine karşı uyumu yüksektir. Buna karşılık; yatırım maliyetlerinin yüksek olması, fazla enerji tüketimi, kumaşların örgü ve dokuma kumaşlara kıyasla geri dönüşebilirliğinin olmaması, suyun filtrasyon ihtiyacı, kontrollü ve hassas işlem zorunluluğu üretim miktarına kısıtlama getirmektedir [62].

Bu tekniğin kullanılması ile üretilen dokunmamış ürünler tıbbi paketler, önlükler ve başlıklar gibi hijyen sektörüne yönelik ürünlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca temizlik bezleri, tıbbi süngerler, makyaj ve temizlik pedleri, koruyucu endüstriyel kıyafetler, yatak dolgu malzemesi, suni deri-folk zemin malzemesi, ev tekstilleri, duvar dekorasyon kâğıtları, filtre malzemesi gibi daha birçok alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır [73].

2.1.2.2. Kimyasal Bağlama (Chemical-Bonding) Yöntemleri

Kimyasal doku bağlama yönteminin esası; polimer emülsiyonu, dispersiyonu ya da çözeltisi gibi kimyasal maddelerin ya da reçinelerin kullanılması sayesinde elyafların birbirine tutunmasına ve bağlanmasına dayanmaktadır. Bu teknikte kimyasal maddenin (binder) dokuya uygulanması, bağlayıcının pıhtılaştırılması, kurutma ve fikse adımları

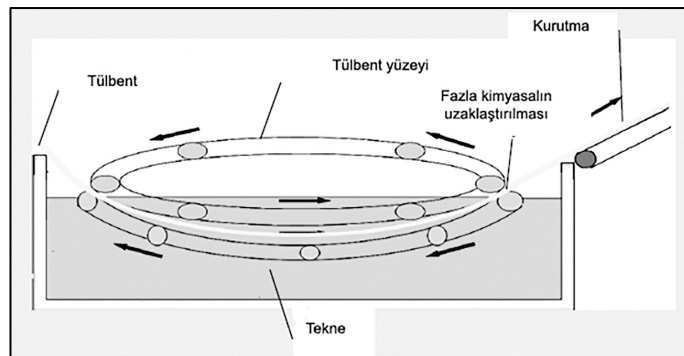
sayesinde doku meydana getirilir. Emdirme, püskürtme, desenli aktarma, pudra şeklinde aktarma ve köpükle aktarma olmak üzere beş farklı biçimde kimyasal madde yüzeye aktarılır (Şekil 2.10). Kimyasal bağlama yönteminde en yaygın biçimde kullanılan kimyasal bağlayıcı maddeler; akrilat polimer ve kopolimerleri, stiren-bütadien kopolimerleri ve etilen vinilasetat kopolimerleridir [67].



Şekil 2.10. Kimyasal bağlama yöntemi [61]

2.1.2.2.1. Emdirme (Saturation, Empregnasyon) Yöntemi

Yöntemin esası; tülbent formundaki dokunun tekne içindeki binder+su dispersiyonunun içine daldırılarak (kumaş hareketli, tekne sabit) veya silindir üzerine alınan flotte ile (kumaş sabit tekne hareketli) üzerine emdirilmesine ve silindirlerle basınç uygulanmasına dayanır. (şekil 2.11). Dokunun emdiği çözelti miktarına göre sıkma basıncı değiştirilebilir. Kurutma adımıyla yüzeydeki fazla su ısı ile birlikte uzaklaştırılır. İşlem kısa sürede tamamlanır.

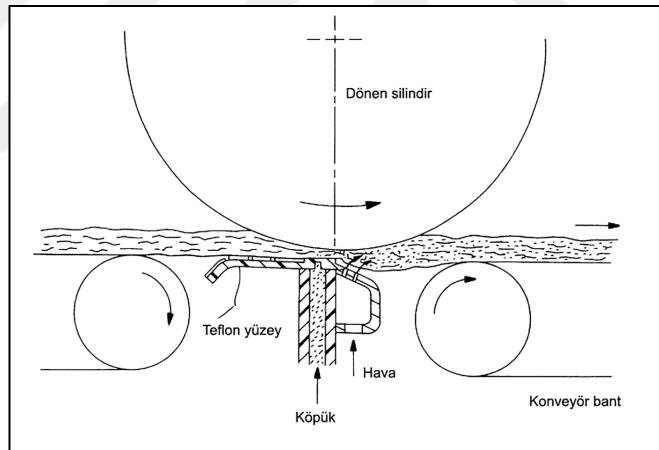


Şekil 2.11. Emdirme yöntemi [70]

2.1.2.2.2. Köpük Aplikasyonu ile Bağlama (Foam Bonding) Yöntemi

Köpükle aplikasyon yönteminde kullanılan bağlayıcı madde, hava sayesinde ince tabakalı bir köpük formunda kumaşa emdirilmektedir. Klasik sistemlerin aksine bu sistemde kimyasal maddede suyun yerine havanın kullanılması konsantrasyonun düşmesine neden olacağından kimyasal madde arasına hava baloncuklarının yerleşmesi ile de kurutma kendiliğinden gerçekleşir. Bu durum maliyeti düşüreceği gibi aynı zamanda ve üretim hızı artırır [74]. Emdirme yöntemine kıyasla bu yöntemde daha yumuşak, esnek ürünlerin üretimi sağlanır. Bağlayıcı dispersiyonunda ise az miktarda suyun kullanılması yüzeyin daha kısa sürede kuruyacağı anlamına gelir [62].

Şekil 2.12’te köpük aplikasyon yönteminde kullanılan bağlama ünitesinin şeması verilmiştir.



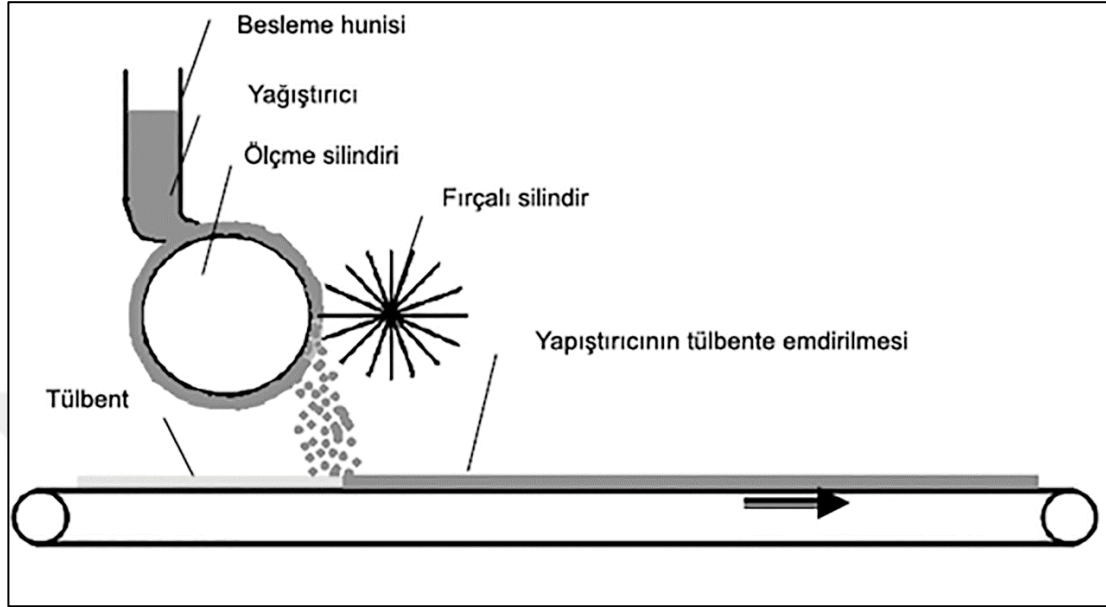
Şekil 2.12. Köpük ile sabitleştirme ünitesi [75]

2.1.2.2.3. Püskürtme (Spray Bonding) Yöntemi

Bu yöntem harekette olan dokusuz yüzey üzerine tek veya çift taraflı olarak konuşlandırılmış, basınçlı hava ile çalışan düzelerden su-binder karışımının püskürtülmesi ile bağlama yapılmasına dayanır (Şekil 2.13).

Hava basıncının yerine hidrolik basınç veya merkezkaç kuvveti ile çalışan düzeler de kullanılabilir. Püskürtme işlemi sırasında kullanılan binderin viskozitesinin aynı olması gereklidir. Aksi halde bağlayıcı madde miktarında değişim olur. Bu da istenmeyen bir durumdur [74]. Uygulanan yapışkanın miktarının ölçülebilmesi, düzgün yapışkan

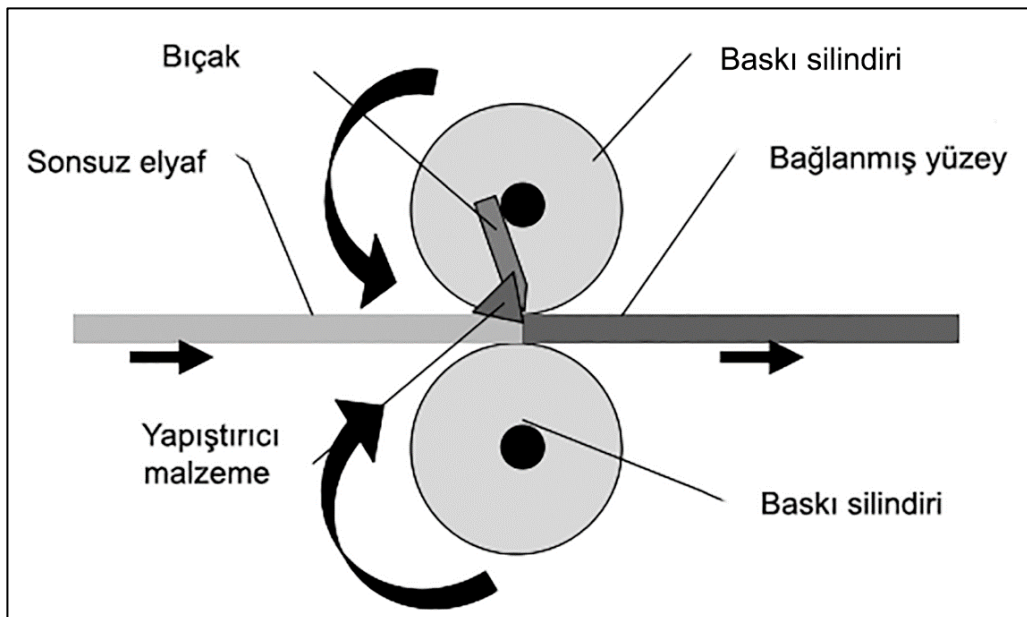
dağılımı ve kumaşa yumuşak bir tutumun elde edilmesi sistemin avantajları arasındadır [70].



Şekil 2.13. Püskürtme ile bağlama tekniği [70]

2.1.2.2.4. Baskı ile Bağlama (Print Bonding) Yöntemi

Bağlama işleminde kıvamlaştırılmış bağlayıcı madde rotasyon, film druk kabartma gravür, flekso-druck yöntemleri kullanılarak basınç yardımıyla yüzeye aplike edilir (şekil 2.14)



Şekil 2.14. Baskı ile bağlama [70]

2.1.2.3. Isıl Bağlama Yöntemleri

İlk defa ısı bağlama yöntemi ile 1940 yılında üretim yapılmıştır [70]. Bu yöntemin esası; termoplastik polimerlerden elde edilen elyafların oluşturduğu dokuların ısı özelliklerinden yararlanılarak üretim yapılmasına dayanır. Bu teknikte, dokuyu meydana getirecek esas hammaddenin yanında yapıya başka bağlayıcı maddelerinde eklenmesi gerekir. Bağlayıcı maddelerin, kolay erimesi ve kolay çözünmeleri elyaflarla daha sıkı bir bağ kurarak yapışmalarına olanak sağlar. Bu maddeler lif formunda, pudra veya püskürtülebilen sıvı formlarda kullanılmaktadır.

Isıl bağlama yönteminde ısıyın yüzeye uygulanma şekline göre beş farklı yöntemle işlem gerçekleştirilmektedir [65];

- Sıcak silindirler yardımıyla bağlama (Calendering)
- Boşluklu silindirler yardımıyla bağlama (Point Bonding)
- Sıcak hava ile bağlama (Oven Bonding)
- Ses dalgaları ile bağlama (Ultrasound Bonding)
- Radyasyon ile bağlama (Radiant Bonding)

2.1.2.3.1. Sıcak Silindir ile Bağlama (Kalender)

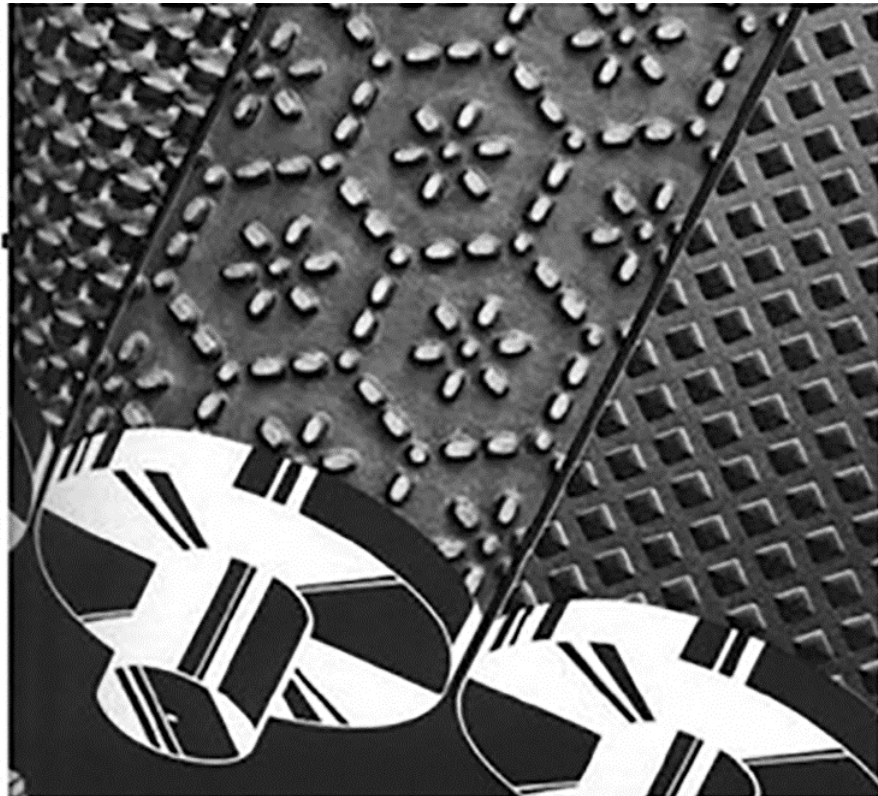
Kalender ile sabitlenmede yöntemin esası, lif tülbendininiki sıcak silindir arasından geçmesine dayanır. Silindirler tülbende basınç uygular ve bu sayede bağlama gerçekleşir. Kısa ısıtma sürelerinin olması yöntemi kısıtlar. Silindirlerin tülbende yüksek basınç uygulaması ürünlerin düşük hacimli olmasına neden olur. Silindirler düz, kabartmalı veya çizgisel formda olabilir. Kumaşlar, silindirlerin farklı yüzey şekillerine göre desenlendirilmiş olarak üretilir.

Bu yöntemle üretilen nonwoven tekstil malzemeleri, hijyen sektörü başta olmak üzere filtre, tek kullanımlık ürünler, ıslak mendil ve ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır [62]. Sıcak silindirle bağlamanın 3 farklı çeşiti vardır: bölgesel bağlama, noktasal bağlama ve kabartma tekniği ile bağlama.

Bölgesel bağlama: Bu işlem bir yün keçesi, pamuk veya özel yapıların sıcak metal rulolar kullanılarak yüzey elde etme tekniğidir. Bağlanacak tülbendin ağırlığına ve istenilen bağlanma derecesine bağlı olarak iki, üç veya dört kalender kullanılabilir. Üç

silindirli sistemlerde ortada ısıtılmış silindir bulunurken, dört silindirli sistemlerde üstte ve altta ısıtılmış silindirler bulunur. Bu işlemde kullanılan amorf veya kopolimer bağlayıcı elyaflar, taşıyıcı ve bağlayıcı elyaflar arasındaki tüm geçiş noktalarında birleştirme sağlar. Yalıtım ve kaplama yüzeylerinde yaygın olarak kullanılan bu sistemle üretilen ürünler incedir ve serttir. Malzeme her zaman çift taraflıdır, ancak bu etki iki ve üç silindirli kalenderlerle üretilmiş materyallerde en belirgindir. Dört rulolu kalenderler bu etkiyi en aza indirir [76].

Noktasal bağlama: Bu yöntem, sağlık ve tıbbi ürünler, tek kullanımlık bezler gibi materyallerde kullanılan termal bir birleştirme yöntemidir. Desenli metal rulo ve pürüzsüz veya desenli metal ruloların kullanıldığı ısıtılmış ana bir silindirin bulunduğu sistemlerdir (Şekil 2.15). Şekilde görüldüğü üzere ikinci rulo uygulamaya bağlı olarak ısıtılmış olabilir veya olmayabilir. Tipik bir üretim hattında tülbent, bir kalendere sıkıştırmaya yol açan bir apron tarafından beslenir ve lif sıcaklığı yapışkanın eridiği sıcaklığa yükseltilir, silindirdeki oyulmuş noktaların uçları ile pürüzsüz silindir arasına sıkışan parçalar birbirine yapışır. Isıtma süresi genellikle milisaniye kadardır. Kumaş özellikleri, proses sıcaklığı ve basıncına, temas süresine, söndürme hızı gibi diğer parametrelere bağlıdır.

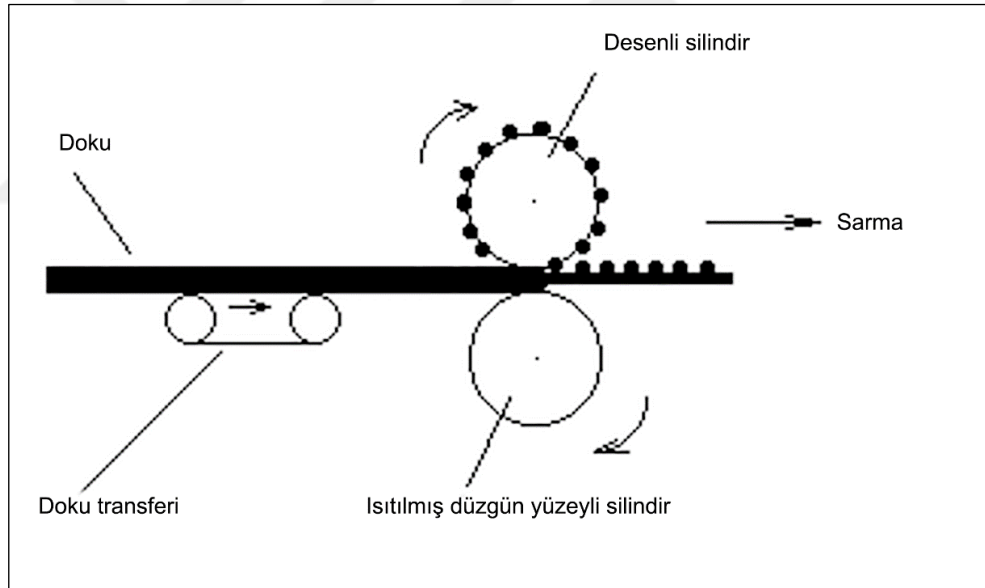


Şekil 2.15. Noktasal yapıştırma için gravürlü rulolar [76]

Kabartma Tekniği: Bu metot şekillendirilmiş bir sıcak kalenderleme yöntemidir. Yani bu teknikte alan bağları üç boyutludur, kabartmalıdır.

2.1.2.3.2. Silindir ve Boşluklu Sistem ile Isıl Bağlama (Calender Point Bonding)

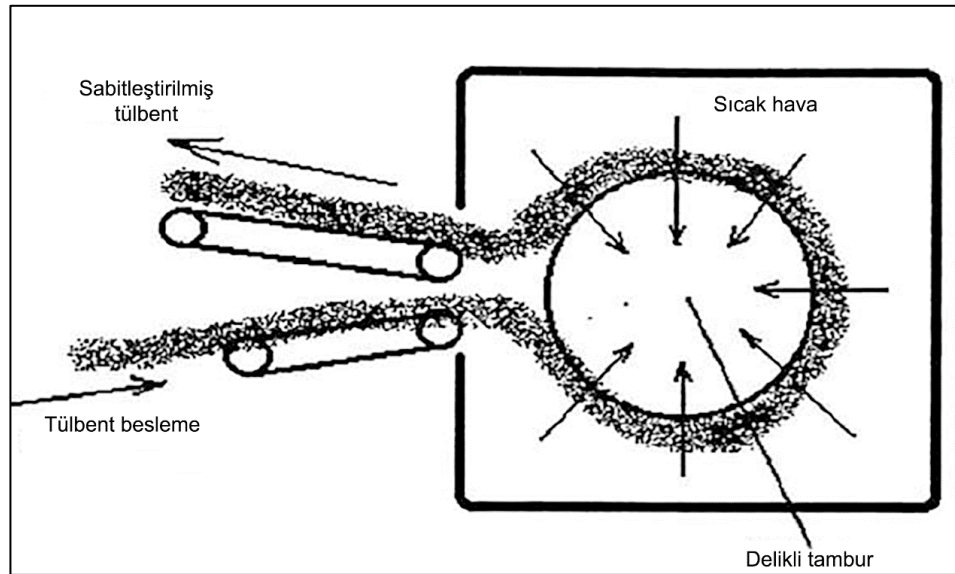
Bu yöntem malzemeye ısıнын içerisi boşluklu sıcak silindirlerle uygulanmasına dayanmaktadır (Şekil 2.16). Bu teknikte bölgesel bağlama yerlerinde boşluklu silindirin dizaynına göre değişik desenler oluşturmak mümkündür. Desen tipine göre bölgesel, noktasal veya kabartma tipli olmak üzere üç farklı yöntem mevcuttur. Isı, basınç, geçiş hızı, silindir deseni ve soğutucu silindirlerin yeri önemli bir faktördür. Ayrıca bu teknikle desen türüne göre oldukça sağlam dokular elde edilebilir. Bu teknikle en başta tela üretimi olmak üzere, çocuk bezleri, kadın bağları, ayakkabı iç kaplaması, suni deri altı gibi çeşitli tülbent esaslı dokusuz yüzeyler üretilmektedir [73].



Şekil 2.16. Silindir ve boşluklu sistem ile ısı bağlama [73]

2.1.2.3.3. Sıcak hava akımı ile bağlama

Bu yöntem, hem sabitleme hem de laminasyon teknikleri için uygundur. Tülbent, bir ısı sabitleme bölmesinden geçer. Bölmenin içinde, kontrollü bir sıcaklığa ve hıza sahip sıcak hava dolaşır ve tülbentin içinden bir fan yardımıyla emilir. Böylece havanın ısısı lifler arasında etkili bir şekilde dolaşmış olur (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Sıcak hava akımı ile sabitleştirme ünitesi [76]

Tülbent; yatay şekilli elekli bir kayış veya perfora bir tambur üzerinde taşınır. Bölmenin çıkışında yakın bir konuma baskı silindirleri yerleştirilebilir. Bu silindirler, bağlayıcının bağlanma alanları oluşturmasını ve kumaş kalınlığının azaltılmasını sağlar. Sabitleme işlemi bittiğinde tülbent soğutulur ve bağlanma alanları katılaşarak istenilen form elde edilmiş olur [62].

2.1.2.3.4. Ultrason tekniği ile bağlama

Bu işlem, tülbent içerisindeki liflerin lokalize alanlarına frekansı yüksek ses dalgalarının uygulanmasına dayanmaktadır [76]. Alet, bir dizi ultrasonik boynuz ve desenli bir silindirden oluşmaktadır. Metal boynuz, 20000 Hz'de titreşen mekanik bir jeneratöre bağlıdır. Titreşim, boynuzdan lif tülbendine, boynuz ve desenli silindirin kabartma noktalarının bulunduğu yerde iletilir [62]. Sıkışma kuvvetleri tarafından meydana gelen baskı karşılıklı geldiğinde elyafları yumuşatacak ısı enerjisi dönüşür. Ultrasonik titreşim kaynağından uzaklaştırıldıktan sonra, yumuşayan lifler soğur ve bağ noktaları katılaşır. Bu yöntem, mekanik olarak birleştirilmiş malzemelerin spot veya desenli biçimde yapıştırılmasında yaygın bir şekilde kullanılır.

Termoplastik sentetik elyaflar kullanıldığında bağlayıcı maddeye gerek yoktur. Doğal lifleri birleştirmek için, bir miktar sentetik lif ile doğal lif harmanlanmalıdır. Bu teknikle üretilen kumaşlar, nefes alabilen, emici ve güçlü bir yapıya sahip olurlar. Bu bağlama yöntemi kompozit ve laminatlar yapmak için de kullanılır [76].

2.2. Bölüm Üzere Sonuçlar

Mevcut dokusuz yüzey üretim teknikleri gözden geçirilerek tavuk tüyü liflerinden dokusuz yüzey üretimi için en uygun yöntem kuru serme ile ısıt bağlama yöntemi ve ıslak serme ile kimyasal bağlama yöntemidir.



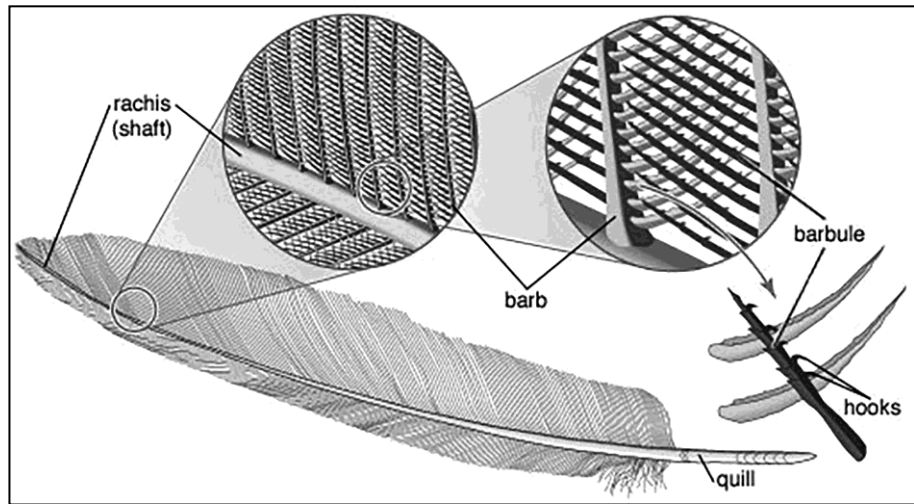
3. BÖLÜM

TAVUK TÜYÜ LİFLERİNDEN SES YALITIM MALZEMELERİ GELİŞTİRİLMESİ PERSPEKTİFİ

3.1. Tavuk Tüyü ve Özellikleri

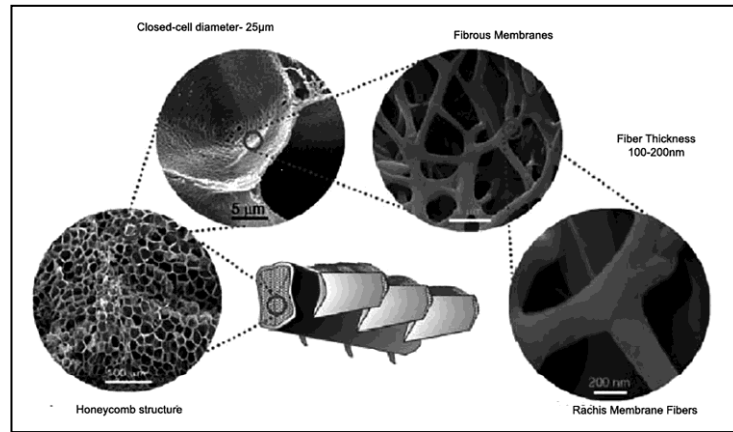
Dallı ve hiyerarşik bir yapıya sahip olan tavuk tüyü basitçe 3 kısımdan oluşmaktadır: *rachis* adı verilen tüy sapı, tüy sapından dallanarak *barbs* olarak isimlendirilen sakal kısmı ve bu sakallardan çıkarak *barbules* diye tanımlanan küçük çengeller.

Kuş tüylerinin merkez sapından dallanan sakallardan oluşmuş telek şeklindeki kısmı tüylerin birincil yapısı olarak adlandırılmıştır [77]. *Barbs* olarak isimlendirilen birbirine yakın tüycükler ve üzerindeki *barbules* denilen daha küçük tüycükler tüylerin ikincil yapısını, bu tüycüklerle üzerindeki çengeller ise üçüncül yapısını oluşturmaktadır (Şekil 3.1)



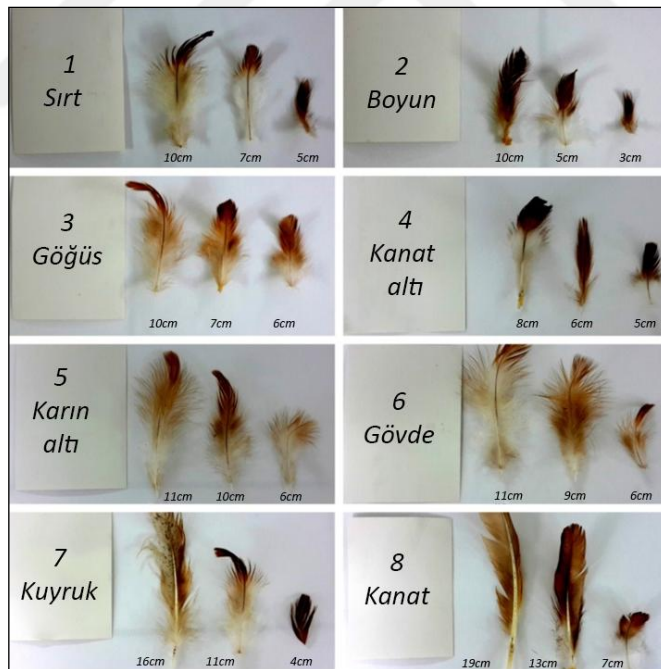
Şekil 3.1. Kuş tüyünün yapısı [78]

İçyapı itibarıyla kuş tüyleri sap kısmı odacıklar şeklinde gözeneklerden oluşmuştur. Şekil 3.2’de tüy sapının içyapısı görülmektedir.



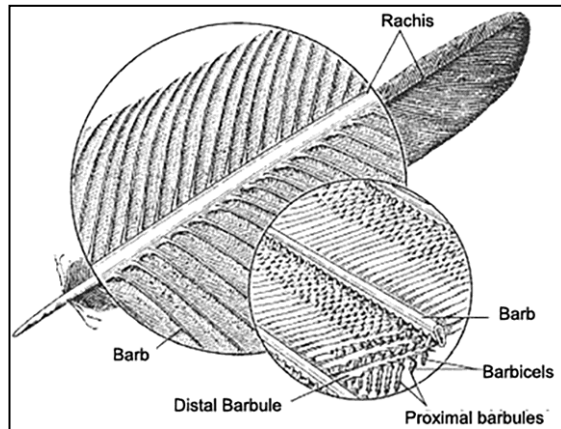
Şekil 3.2. Kuş tüyü sapının iç yapısı [79]

Bazı araştırmacılar farklı kuşların tüylerinin yapısını ve özelliklerini araştırarak sap yapılarının benzerlik oluşturduğunu vurgulamışlardır [80, 81]. Tavuklarda tüy sapının uzunluğu yerleşimine bağlı olarak değişiklik göstermekte, çapı ise uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Tavuk vücudunun farklı bölgelerinden alınmış tüyler [82]

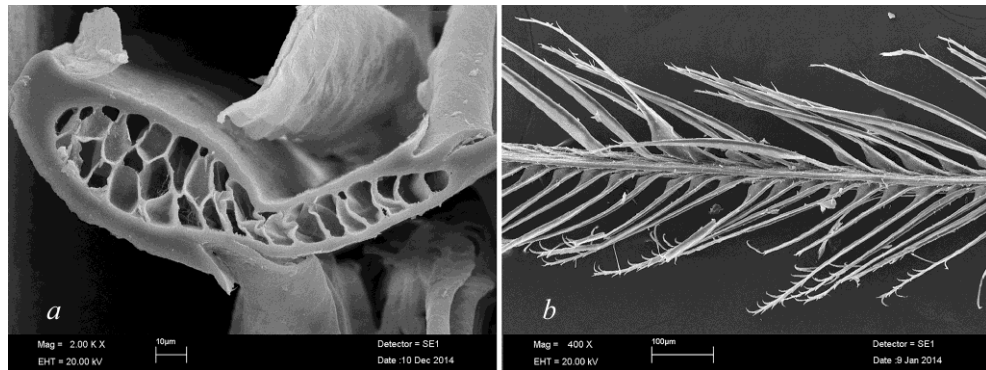
Sakal olarak isimlendirilen tüylerden dallanmış yapılar tüylerin ikincil kısmını oluşturur. Birbirine çok yakın vaziyette bulunan küçük tüyler küçük çengellerle birbirine bağlı durumdadır. Bu çengellerde tavuk tüylerinin üçüncül yapısını oluştururlar [83, 84, 85]. Şekil 3.4.'te kontur tüylerinin tipik yapısı verilmiştir.



Şekil 3.4. Tipik kontur tüyü [86]

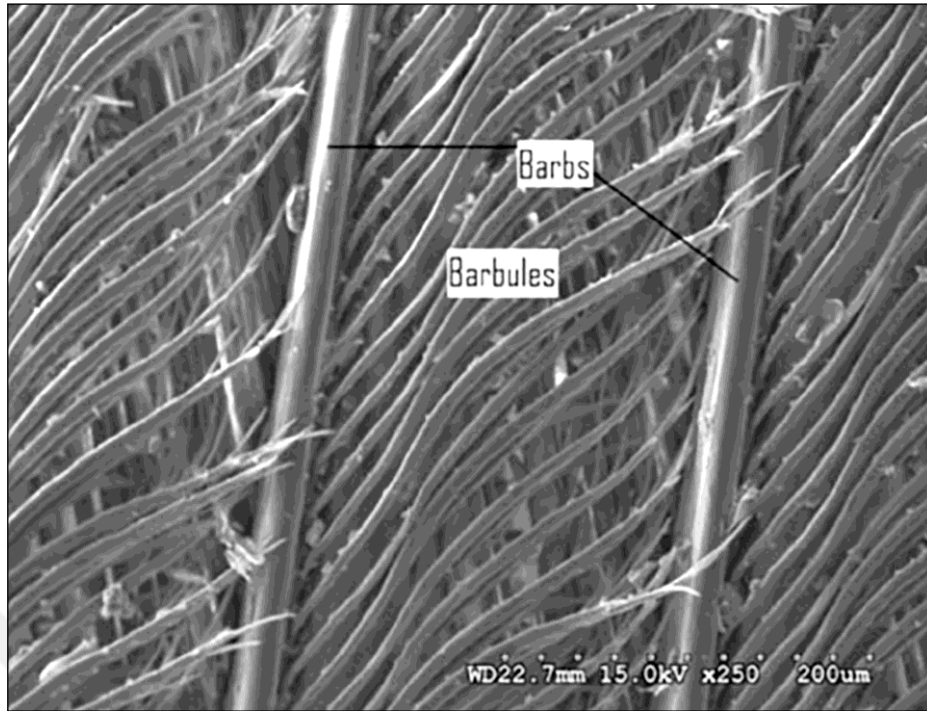
Daha önce yapmış olduğumuz çalışmalara göre tavuktan alınan tüy miktarının tavuğun ortalama ağırlığının yaklaşık olarak %5'ni oluşturduğu, tüyün sap ve “sakal” kısmının ağırlık açısından oranlarının yaklaşık olarak 50:50 olduğu, *barbs* tüycüklerinin uzunluğunun 1,0...3,5cm arasında, üçte ikisinin uzunluğunun ise 1,0...2,4cm arasında değiştiği belirlenmiştir [82].

SEM analizinde incelenmiş olan *barbs* tüycüklerinin her birinin teleksi formda tavuk tüyüne benzediği ve odacıklı içyapıya sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Barbs olarak adlandırılan tüycüklerin SEM görüntüleri [87]
a – tüycüğün içyapısı, b – tüycüğün dış görünümü

Barbules tüycüklerinin uç kısmı bir kancayı andırmaktadır [88]. Bu kancaya benzer yapı sayesinde dallanmış formda olan yapılar birbirinin arasına geçerek yapıyı bir arada tutar (Şekil 3.6.), [89, 84].



Şekil 3.6. Tavuk tüylerinin ikincil ve üçüncül yapısının SEM görünümü [84]

Tavuk tüylerinin ikincil yapısını oluşturan sakalsı yapıları sap kısmından ayrıştırarak life dönüştürmek mümkündür. Ancak sap kısmı için aynı şey söylenemez. Oldukça kaba olan sap kısmı tekstilde kullanım açısından elverişli değildir. Fakat ikincil yapıyı teşkil eden ve barbs olarak isimlendirilen belli mekanik özelliklere ve uzunluğa sahip tüycükler protein lifleri olarak kullanım açısından elverişlidir.

3.2. Tavuk Tüyünden Lif Elde Edilmesi Perspektifi

Tavuk tüyünden sakalsı kısmın mekanik kesme yoluyla sap kısmından ayrıştırılması sonucu elde edilen lifsi yapı şartı olarak *tavuk tüyü lifleri* şeklinde tanımlanmıştır. Literatürde doğal bir protein lifi olan tavuk tüyü lifinin morfolojik ve fiziksel özellikleri ile ilgili çalışmalar yeterince çoktur.

Tavuk tüyü lifleri sahip oldukları özelliklerden dolayı kıymetlidir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda bu liflere olan rağbet artmış, birçok araştırmacı da çalışmalarında bu liflere yer vermiştir. Tüylerden lif elde edilmesine yönelik makine geliştirilmesi ile ilgili bazı çalışmalar da mevcuttur. Geliştirilmiş olan makinelere patentler bile alınmıştır [90]. Fakat buna rağmen tüylerden lif elde edilmesi konusunda henüz ticari anlamda bir gelişim söz konusu değildir.

Ekonomik açıdan dikkate alındığında tavuk tüyü lifleri son derece düşük maliyetli (yaklaşık olarak 0,001\$/kg), ekolojik ve kolay ulaşılabilen olması suretiyle yenilenebilen doğal protein malzemesidir. Dünyada her yıl yaklaşık 15 mln. ton tavuk tüyü beyaz et üretiminde atık olarak ortaya çıkmakta ve bu rakamın hızla arttığı görülmektedir [91]. Bunların üzerine bir de yumurta tavuklarının yumurtlama döneminin sonunda, yumurta veriminin ve kalitesinin artırılması ve eldeki popülasyondan daha ekonomik yararlanma sağlamak için üreticilerin döktürdüğü tavuk tüyleri de ilave edildiğinde, rakamın daha da arttığı görülecektir [92].

Elde olunan tavuk tüylerinin bir kısmının protein yemi üretimi, inşaat sektörü (betona karıştırarak), kompozit paneller üretimi gibi farklı amaçlar için kullanımı bulunmaktadır. Bununla birlikte tavuk tüylerinin önemli bir kısmı atığa ayrılmaktadır. Dünya çapında her sene ortalama 4 mln. ton tavuk tüyü atılmaktadır [93]. Sadece Türkiye’de yılda yaklaşık 30 bin ton tavuk tüyü atık olarak ayrıştırılmaktadır ve kimyasal açıdan dayanıklı olduğu için doğada son derece güç indirgenen bu malzeme gömülmekte veya yakılmaktadır.

Atıkların yok edilmesinde kullanılan yakma, gömme ve gübreye dönüştürme yöntemlerinin her biri çevreye ciddi zararlar vermektedir [94]. Kanatlı atıklarının yakma yöntemi kullanılarak yok edilmesi hava kirliliğine neden olurken, bu atıkların gömülmesi de toprak kirliliğinin artmasına ve toprak veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Eğer bu malzeme lif üretiminde kullanılabilseydi

- a) Türk sanayisi her sene fonksiyonel olarak kullanılabilir 10 bin tondan fazla kıymetli protein lifi elde edebilirdi,
- b) Çevre kirliliğine neden olan etkenlerden birisi ortadan kaldırılabilirdi,
- c) Tavuk tüylerinin yakılması veya gömülmesi için sarf edilen masraflar ortadan kalkardı.

Bütün bu hususlar dikkate alındığında tavuk tüyünün sanayiye kazandırılmasının ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

3.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Özellikleri

Tavuk tüyü liflerinin yapısal, mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerine dair literatürde yapılmış çalışmalar vardır. Aşağıda bu çalışmaların özetleri verilmiştir.

3.3.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Yapısal ve Fiziksel Özellikleri

Tavuk tüyü liflerinin yapısal özelliklerinin araştırılması konusunda yapılan bir çalışmada söz konusu liflerin SEM analizi sonucu çap değerlerinin 5...50 μ m aralığında değiştiği görülmüştür [95]. Bir başka araştırmacı tarafından yapılan ölçümlerde ise tavuk tüyü lif çapının 6 mikron ve lif uzunluğunun ise 8mm civarında olduğu tespit edilmiştir [96]. Dweib ve ekip arkadaşları yapmış oldukları analizlerde ise lif uzunluğunun 3...13cm arasında, çap değerlerinin ise 6...8 μ m arasında olduğunu görmüşlerdir [97]. Bir başka çalışmada Barone ve Schmidt tavuk tüyü liflerinin çap değerinin yaklaşık 5 μ m olduğu belirtilmiştir [98].

Literatürde tavuk tüyü liflerinin uzunluğunun 3-13mm olduğu belirtilse de [91] bu değer 4,5cm'e kadar çıkabilir [84]. Lifler telek şeklinde olup mikro gözenekli içyapıya sahiplerdir [99]. Bu ise bahsedilen liflere çok önemli yalıtım özellikleri kazandırmaktadır. Tavuk tüyü liflerinin uzunluğunun geniş bir aralıkta değişmesinin nedeni sadece tavukların yaşına göre tüyelerinin farklı büyüklükte olması değildir. Aynı tür tavukların farklı vücut bölgelerinden alınan tüyler de uzunluk açısından birbirinden farklıdır (Şekil 3.3).

Daha önce bizim yapmış olduğumuz çalışmada tavuk tüyelerinden elde edilen liflerin uzunluğunun 1,0...3,5cm arasında, çapının 30...60 μ m arasında değiştiği, liflerin uzunluğu ile çapı arasında istatistiksel bir bağlantı olduğu gözlemlenmiş, bu rakamların tavukların cinsine ve beslenme şartlarına bağlı olarak değişebildiği tahmin belirtmiştir. Tavuk vücudu üzere tüylerden alınan liflerin kalınlık açısından dağılımı araştırılmış, en kaba liflerin kanat ve kuyruk, en ince liflerin ise göğüs ve boyun kısımlarından alındığı tespit etmiştir [82].

Son yıllarda gerçekleştirilmiş araştırmalarla tavuk tüyü liflerinin birçok önemli özelliklere sahip olduğu ortaya konulmuştur. Her şeyden önce bu lifler bilinen doğal ve yapay liflerin arasında en hafifidir. Bazı araştırmalara göre özgül ağırlığı yaklaşık olarak

0,8g/cm³ olarak bilinmektedir [100]. Yapılan başka bir çalışmada ise bu değer 1,3g/cm³ olarak ölçülmüştür [101]. Diğer bir çalışmada ise Barone ve Schmidt yapmış oldukları deneyler sonunda tavuk tüyü liflerinin özgül ağırlığının 0,89g/cm³ olduğunu belirtmişlerdir [98]. Kock ise tavuk tüylerinin özgül ağırlığını 0,7...0,9g/cm³ olarak ölçmüş [102], ancak daha sonraki ölçümlerine dayanarak bu değer 1,0...1,2g/cm³ aralığında olduğunu belirtmiştir [103]. Bu farklılıklar tavuk tüyü liflerinin özgül ağırlığının kuşun cinsine, yetiştirildiği ortama ve beslenme şartlarına bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır.

3.3.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Mekanik Özellikleri

Tavuk tüyü liflerinin mekanik özellikleri lifleri oluşturan keratinin yapısında bulunan amino asitlerin yerleşim düzeniyle belirlenmektedir. Yapı içerisinde bulunan molekül zincirleri ve bunlar arasında bulunan bağlar bu özelliklerin belirlenmesinde önemli role sahiptir [104].

Araştırmalar sonucu aynı türden bir kuşun vücudunda bulunan farklı tüylerin farklı mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Evrim sürecinde bu özelliklerin tüy fonksiyonlarına bağlı olarak değiştiği varsayılmaktadır. Tüyü oluşturan keratinin yapısı, polipeptit zincirleri ve bu zincirler arasındaki bağların varlığı bu değişkenliği belirlemektedir [105].

Araştırmacılar Reddy ve Yang tavuk tüyü liflerinin mekanik özelliklerini yün lifi ve hindi tüyleri ile kıyaslamalı şekilde incelemişler (Tablo 3.1). Çalışma liflerin mekanik özelliklerinin tüy tipine bağlı olarak değiştiği sonucunu ortaya koymuştur [84].

Zhan ve arkadaşları tavuk tüyü liflerinin mekanik özelliklerini incelemiş ve yapmış oldukları çalışmada çekme testleri sonucu elastik modülünün yaklaşık 3,6 GPa, kopma uzamasının %6,93 ve kopma mukavemetinin de 203±74MPa gibi ortalama değerlere sahip olduğunu ifade etmişler [104].

Tablo 3.1. Tavuk tüyü lifleri, hindi tüyü lifleri ve yün liflerinin mekanik özellikleri

Lifler	İnceliği denye	Uzunluğu cm	Mukavemeti MPa	Kop.Uz. %	Modülü MPa
Tavuk tüyü lifi	76	1,5-4,5	187,2±59,8	7,7±0,85	4628±1449,5
Hindi tüyü lifi (a)	142	5,2	107,9	7,96	2021,5
Hindi tüyü lifi (b)	55,2	4,1	46,8	16,43	581,1
Yün lifi	11	4,5-11,5	156-234	30-40	3900-5850

Daha önce yaptığımız bir çalışmada tavuk tüylerini yıkamak için kullandığımız yıkama kimyasallarının, liflerin mekanik özelliklerine olan etkisini araştırdık. Araştırmalarımızda farklı yıkama maddeleri kullanarak farklı rejimlerde yıkama sonrası tavuk tüylerinden elde edilen liflerin mekanik özelliklerini test edip, çekme mukavemeti, çekme sırasında maksimum gerginlik, kopma uzaması ve Young modülü gibi değerlerini hesapladık. Çalışmada anyonik, katyonik ve noniyonik olmak üzere üç farklı içeriğe sahip olan yıkama maddesi kullandık. Yıkamalar sonrasında tüylerden elde edilen liflerin mukavemet analizinde en yüksek mukavemet değerinin anyonik yıkama maddesi ile 40°C sıcaklık ve 60' süre sonrasında elde edildiğini gördük. Yine aynı yıkama şartlarında noniyonik madde ile yıkadığımız tüylerden elde edilen liflerin mukavemet değerinin ise anyonik yıkama maddesi ile yıkama sonrası elde edilen verilerden daha kötü olduğunu gördük. En düşük mukavemet değerlerinin ise katyonik yıkama maddesi ile yıkanmış tüylerden elde edilen liflere ait olduğunu tespit ettik. Mukavemet değerleri kötü olsa da, yıkama sonrasında bu liflere değerli özellik kazandıran gözenekli yapının daha iyi korunup, deformasyona uğramadığını gösterebiliriz. Her iki durumda yıkama maddeleri farklı olsa bile, yıkama rejimlerini aynı tutarak, yıkama maddesi değişikliğinin liflerin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini analiz ettik. Deneysel sonuçlara göre liflerin gözenekli içyapısının korunmasının istenildiği durumlarda yıkama maddesi olarak noniyonik içeriğe sahip yıkama maddesi seçilmesi, yüksek mukavemet değerine sahip lifler elde edilmesi istenildiğinde ise anyonik yıkama maddesinin seçilmesinin uygun olduğunu söyleyebiliriz.

Kuş tüylerinin mekanik özelliklerini etkileyen bir diğer faktör nem olduğu dikkate alınırsa, tüy liflerinin mekanik özelliklerinin diğer doğal liflerde olduğu gibi neme bağlı olarak değiştiği açıktır. Literatürde tüyün bünyesinde bulunan nemin artmasıyla tüylerin elastikiyetini azalması [106, 107], tüydeki nemin azalmasıyla yapıdaki keratin molekül zincirlerinin birbirine daha sıkı bağlanması sonucu tüyün daha yüksek sertliğe sahip olması [108] belirtilmiştir. Araştırmalar sonucu tüydeki nem oranının artmasının çekme mukavemetini de düşürdüğü görülmüştür [109].

3.3.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Fiziksel Özellikleri

Tavuk tüyü liflerinin çok önemli parametrelerinden biri liflerin nem içeriğidir. İşlenmiş tavuk tüyü materyalinin nem içeriği işlem şartları ve çevre koşullarına bağlı olarak değişebilir. Tavuk üretimi yapılan çiftliklerin kesimhanelerinde ıslak yolma yöntemi uygulandığında tüyler su ile uzun süre etkileşimde olurlar. Böylece tüylerin sahip olduğu nemin seviyesi ciddi oranda değişir. Literatürde bu konu ile ilgili birkaç çalışma vardır.

Tavuk tüylerini oluşturan polipeptit zincirlerini teşkil eden amino asitlerin birçoğu hidrofob özelliğe sahip olsalar da bunların arasında hidrofil özelliğe sahip olanlar da bulunmaktadır [110]. Su ile kuvvetli etkileşimde olan polar gruplara sahip amino asitler hidrofil özellikler sergilemektedirler. Araştırmacılar kuş tüylerini oluşturan 95 amino asitten 39'nun hidrofil olduğunu göstermektedirler [102]. Bunlardan en önemlisi serine adlı amino asittir ki, tavuk tüylerindeki oranı yaklaşık %16'dır. Serine, moleküllerindeki -OH grupları ile havadan bile nemi emme kabiliyetine sahiptir [111]. Tavuk tüylerinin içeriğinde hidrofob özellikli amino asitlerle hidrofil özellikli amino asitlerin oranı 60:40 gibidir. Bu ise tavuk tüylerinin hidrofob olmasının yanı sıra hidrofil özelliklerinin de olduğunu göstermektedir [110].

Tavuk tüylerinin içerdiği nem hakkında literatürde farklı değerler verilmiştir. Arunkumar ve arkadaşlarının araştırmaları göstermiştir ki, tavuk tüylerinin içeriğinin yaklaşık %8'ni nem oluşturmaktadır [112]. Başka bir çalışmada ise tavuk tüylerinden elde edilmiş liflerin içeriğinde %12-13 nem olduğu belirtilmektedir [95]. Fan ise tavuk tüyü liflerinin nem oranının %7 civarında olduğunu ifade etmiştir [113]. Buradan, tavuk tüylerinde nem miktarı belirleyici bir özellik olsa da, değişken karaktere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu değişkenlik önemli derecede tüylerin imalatına ve ortam şartlarına bağlı olmak suretiyle önemli derecede tavukların cinsinden de etkilenmektedir.

Kock yaptığı çalışmada tavuk tüyü ve tavuk tüyünden elde edilen lif numunelerini 23°C sıcaklık ve %50 nispi nem ortamında tutmuştur. Ölçmeler sonucu hem tüylerde, hem de liflerde nem oranının aynı, yani %16...%20 aralığında olduğunu ve bu nem oranının tüy tiplerine göre değiştiğini gözlemlemiştir [102].

Tavuk tüyü liflerinin higroskopik özellikleriyle ilgili başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak devekuşu tüyleriyle ilgili yapılan bir çalışmada tüy materyalinin %50 nispi nem ortamında % 17, %100 nispi nem ortamında ise %28,4 nem miktarına

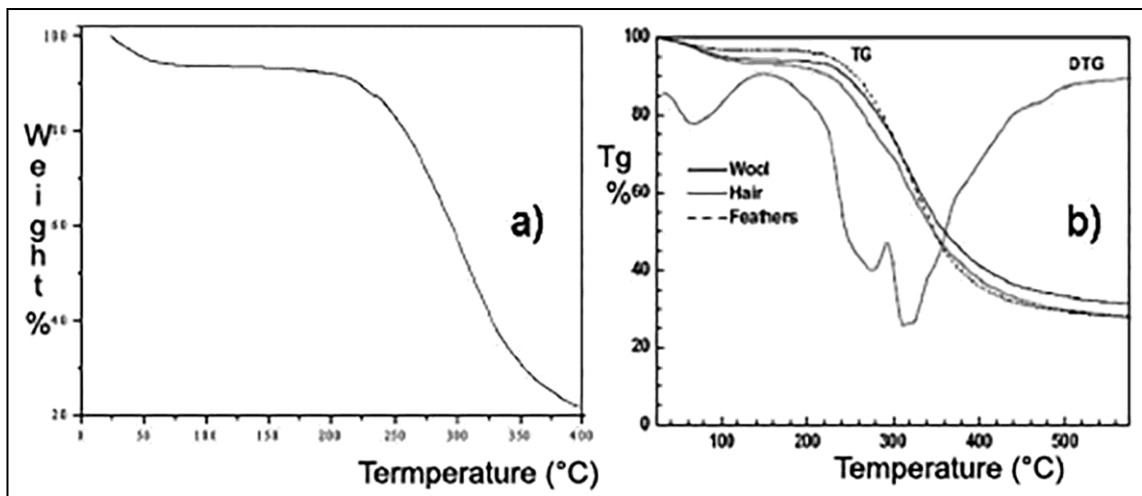
sahip olduğu görülmüştür [106]. Kock ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise, 100...110°C sıcaklık aralığında nemin tavuk tüyü liflerini terk ettiği gösterilmiştir [103].

Doğal liflerin önemli özelliklerinden biri de suyun etkisi altında şişmesidir. Farklı lifler sulu ortamda farklı miktarda şişme gösterir. Tavuk tüylerinin bu özelliği araştırılmamış durumdadır. Tablo 3.2’de bazı liflerin suyun etkisi altında enine ve boyuna şişme değerleri verilmiştir [114].

Tablo 3.2. Bazı doğal liflerin suda şişme oranları

Lif türleri	Liflerin şişme oranı, %	
	Boyuna yönünde	En kesitinde
Pamuk	1...1,2	22...42
Keten	1...1,2	25...40
Yün	1,2...1,5	18...38
Doğal ipek	1,5	20

Tavuk tüyü materyalinin termik özellikleriyle ilgili literatürde bazı çalışmalar mevcuttur. Yapılan bir çalışmada tavuk tüyü liflerine termogravimetrik (TGA) analiz ve diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizi yapılmıştır. DSC analizi sonucunda çıkan grafikte 69°C’de bir değişim görülmüştür. Bu sıcaklıktaki değişimin lifte serbest halde bulunan suyun dışarı çıkması olarak yorumlanmıştır. TGA sonucunda ise 25...55°C sıcaklık skalasında lif kitlesinde %5 oranında bir kayıp meydana geldiği görülmüştür [77].



Şekil 3.7. Keratine ait termogravimetrik eğriler: a) tavuk tüyü lifi, b) yün, saç ve kuş tüyü [77].

Bir başka çalışmada Kock ve arkadaşları tavuk tüylerine yapmış oldukları DSC analizi sonucunda nemin tavuk tüyünü terk ettiği sıcaklığın tüylerin bölümlerine göre 100...110°C arasında değiştiğini göstermişlerdir. Bu sonuçlara göre yaklaşık 110°C üstündeki sıcaklıklarda artık bünyesinde nem barındıran bir lif değil, bütünüyle kuru lif elde edilmiş olur [103].

Schmidt ve Line numuneyi dakikada 10°C ısıtmak suretiyle yaptıkları DSC analizinde numuneyi 350°C'ye kadar ısıtmışlar, analiz sonucu alt tüylerden elde edilen liflerin camsı geçiş sıcaklığının (T_g) yaklaşık olarak 235°C, bu durumun dış tüylerden alınan lifler için ise 225°C olduğunu görmüşlerdir [108].

3.3.4. Tavuk Tüylerinin Kimyasal Özellikleri

Tavuk tüylerinin kimyasal içeriği yaklaşık %91 oranında proteinlerden (keratin), %1 oranında lipidlerden ve %8 oranında da sudan oluştuğu görülmüştür

Tavuk tüylerinin temel yapısını oluşturan kimyasal elementler analiz edildiğinde ise Tablo 3.2'deki sonuçlar karşımıza çıkmaktadır [112].

Tablo 3.3. Tavuk tüylerinin kimyasal analizi

Element	%
Karbon	48,83
Azot	13,72
Hidrojen	6,48
Kükürt	2,16
Diğer	29,81

Bu göstergeler birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir [77, 93, 85, 99, 89, 84, 113]. Tüylerin yaklaşık olarak %90'nı oluşturan keratinler fibriler proteinlere aittir ve yüksek derecede mekanik dayanıma sahiptirler. Farklı amino asitlerin kondenzasyonu (sıklaştırılması) sonucu oluşan fibriler proteinlerin molekülleri ince ve uzun bir yapıya sahiptir ve bu moleküllerin uzun ekseninin kısa eksene olan oranı 80...150'dir. Fibriler proteinlerin büyük çoğunluğu suda çözülmez ve büyük molekül kitlesine sahiptirler. Bu maddeler oldukça düzenli bir yapıda olup, bu düzen farklı polipeptit zincirleri arasındaki ilişkiler sayesinde değişmektedir. Fibriler proteinlerin polipeptit zincirleri

birbirine paralel şekilde yerleşerek uzun lifleri (α -yapı) veya katmanları (β -yapı) oluştururlar [115].

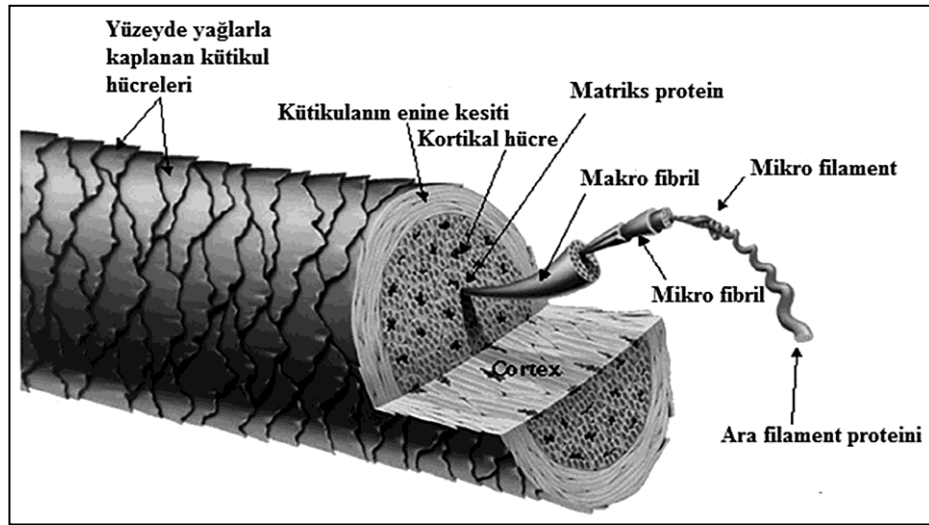
Fibriler proteinlerin üç tipi ayırt edilir:

- α -yapılı fibriler proteinler (keratinler)
- β -yapılı fibriler proteinler (ipek fibrionları)
- Kolajenler.

Deri epidermisinin türevleri olan saç, tırnak, boynuz, kuş gagası vs. yapıların esasını oluşturan keratinler doğada mekanik dayanıklılık açısından sadece eklembacaklıların dış iskeletini oluşturan ve kitin olarak adlandırılan azot içeren polisakkaritlerden oluşmaktadır [115]. Bu keratin yapılı materyaller "ölü dokular" olarak kabul edilir [116].

Keratin saç, yün ve tüylerde bulunur. İnsan saçı keratini ve yün lifi uzun yıllardır tıp ve tekstil alanlarında üzerine çalışılan konulardandır. Fakat tüylerden elde edilen keratinin önemi bu zamana kadar yeterince vurgulanmamıştır. Hâlbuki tüylerden elde edilen ve oldukça düzenli bir konformasyon ile hiyerarşik bir yapıya sahip olan keratin evrimin bir ürünü olan doğal bir biyokompozittir [77].

Saçın yapısında bulunan keratin incelendiğinde ise polipeptit zincirleri tarafından ilk aşamada lif olduğu, kıvrımlar sonucu bu liflerden ipliğe benzer yapılar olduğu ve zamanla hücrenin içi doldurularak keratinin yapısını meydana getirdikleri görülmüştür. Yoğunluğun artması sonucu hücrelerin öldüğü ve hücre duvarlarının pulcuklar halinde kütikül tabakasını oluşturduğu görülmüştür. Canlılarda oluşan tırnak, tüy teleği, pulcuk vb. yapılar da aynı şekilde oluşmaktadır [117]. Çözünebilen keratin proteinleri kimyasal yöntemler kullanılarak disülfid bağlarının kırılmasıyla saç telinden alınır. Eğer bir oksidan kullanılırsa, yapıdaki sistin sisteik asit türevlerine dönüştürülür ve ürün "keratoz" olarak adlandırılır. Eğer bir indirgeyici kullanılıyorsa sistin sisteine dönüştürülür ve ürün "keratin" olarak adlandırılır [118]. Keratin, epitel hücrelerinde en bol bulunan yapısal proteinler olarak tanımlanır [120] ve kollojenlerle birlikte hayvanlarda ki en önemli biyopolimerleri oluştururlar [121].



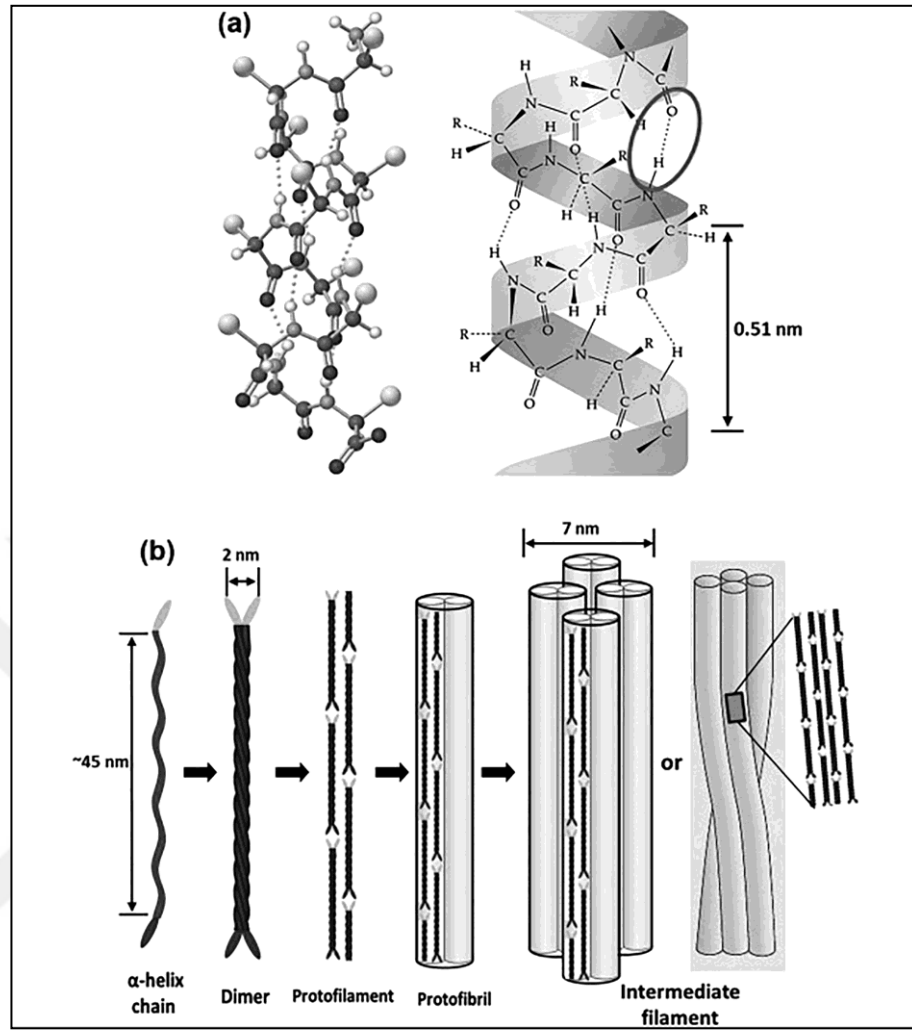
Şekil 3.8. Saç telinin yapısı [119]

Keratinler α -ve β tipi olmak üzere iki şekilde sınıflandırılır. Her ikisi de karakteristik olarak bir filament yapısındadır. Bu, α -keratin için 7nm çaplı filamentler, β -keratin için 3nm çaplı filamentler olarak tanımlanır. Her iki durumda bu iki filament yapısı da bir keratin matrisi içine gömülüdür.

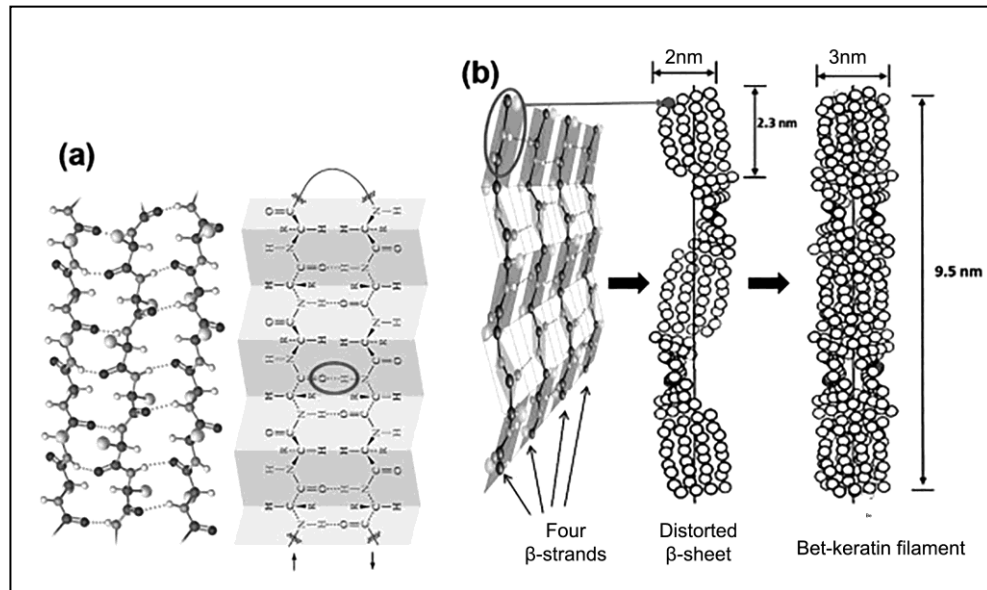
Yapılan bir çalışmada α keratinin mekanik özellikleri incelenmiş ve bazı durumlarda yapı elastik bir deformasyon göstermiştir. Bu sebeple de bu yapılar biyopolimerler olarak adlandırılır. Bunun yanı sıra β -keratin de kapsamlı olarak araştırılmıştır. Araştırma sonunda keratinöz malzemelerin kuvvet altında germe hızına karşı duyarlı olduğu görülmüştür [116].

7,0 pH'a sahip olan α -keratinler yapılarındaki hidrofob asitlerin çok miktarda bulunmasından dolayı suda çözünme özelliğine sahip değildir. Su buharı ile önemli derecede uzayan α -keratinler kuruduktan sonra tekrar eski haline dönerler. Buda polipeptit zincirlerin spiral yapısını oluşturan hidrojen bağlarının sıcaklık ve su moleküllerinin etkisi altında kopması ve soğumadan sonra tekrar bu bağların oluşmasından kaynaklandığıdır [117].

Şekil 3.9 ve 3.10 incelendiğinde filamentlerin oluşumundaki farklılıkların α ve β -keratini birbirinden ayıran en önemli özellik olduğu görülmektedir. Bu konu ile ilgili Pauling, Corey ve Branson'un [122] çalışmasından sonra polipeptid zincirleri için α -heliks yapısı ilk kez Pauling ve Crick [123] tarafından iki helisel yapıda polipeptit zincirlerinden oluşan bir yapı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.9. α -keratinin yapısı [116]



Şekil 3.10. β -keratin filament yapısı [116]

Tüylerden elde edilen keratin lifleri aşınmaya karşı dirençli, çevre dostu, biyolojik olarak parçalanabilen ve organik çözücüler içerisinde çözünmeyen liflerdir. Bu özellikler tavuk tüyünden elde edilen lifleri kompozit malzemeler üretiminde bir takviye malzeme olarak kullanmaya uygun hale getirir [77]. Tavuk tüyü liflerinin özelliklerini belirleyen amino asit içeriği tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Tavuk tüylerinin amino asit içeriği [110]

Fonksiyonel Gruplar	Amino asit	% İçerik
Pozitif yüklü	Arginin	4.30
Negatif yüklü	Aspartik asit	6.00
	Glutamik asit	7.62
Higroskopik	Treonin	4.00
	Serin	16.0
Hidrofobik	Trozin	1.00
	Lösin	2.62
	İzolösin	3.32
	Valin	1.61
	Sistein	8.85
	Alanin	3.44
	Fenilalanin	0.86
	Metionin	1.02
Özel	Prolin	12.0
	Aspartik asit	4.00

3.4. Tavuk Tüyü Liflerinden Dokusuz Yüzey Üretimi

Tavuk tüylerinin lif şeklinde geri kazanımı konusunda çalışmalar olmasına rağmen bu liflerin sanayide kullanımına yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bunun temel nedeni tüylerinden lif üretimi teknolojisinin ve donanımının mevcut olmamasıdır. Bu yüzden kuş tüyü liflerinden dokusuz yüzey üretimi konusu da fazla çalışılmamıştır. Ama bu yönde bazı çalışmalar vardır.

Kuş tüylerinden elde edilen liflerinin telek şekilli yapısı onların bir arada tutunmasına imkân vermez. Bu nedenle kuş tüyü liflerinden dokusuz yüzey oluşturulmasında dokuyu sabitleme amacıyla bağlayıcı madde kullanılmasının daha elverişli olduğu görülmektedir [124].

Xiangyu Jin ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada ördek tüyü liflerinden atık suların temizlenmesinde kullanmak için termal bağlama yöntemiyle dokusuz yüzey

şeklinde filtre geliştirmişler. Çalışmada ördek tüyü liflerini bağlayıcı madde olarak PE/PP içerikli düşük erime sıcaklığına sahip bikomponent liflerin kullanılmasıyla dokusuz yüzey haline getirmişlerdir [127].

Bir çalışmada tavuk tüyü lifleri polyester ve polipropile lifleri ile karışım şeklinde ıslak serme yöntemiyle dokusuz yüzeye dönüştürülmüştür [124]. Fan yapmış olduğu çalışmada tavuk tüylerini polyester elyaf lifleri ile karıştırmış ve iğneleme metodu ile dokusuz yüzey oluşturmuştur [113].

3.5. Bölüm Üzere Sonuçlar

Tavuk eti üretiminde yan ürün olarak ortaya çıkan ve büyük kısmı atık durumunda olan tavuk tüylerinin sanayiye kazandırılması hem ekonomik, hem de ekolojik açılardan son derece önemli olduğu görülmüştür. Ancak günümüzde bu materyalden sanayiye yararlanılması oranı çok düşüktür.

Tavuk tüyünden lif üretilmesi bu materyalin sanayiye kazandırılması yönünde bir yol açabilir. Ancak kuş tüyü lifi üretimi için gerekli teknoloji ve donanımın olmaması bu materyalden yararlanmaya olanak sağlamamaktadır. Böyle bir teknolojinin işlenmesi atık durumunda olup önemli derecede ihtiyatları bulunan bir materyalin sanayiye kazandırılmasına imkân sağlayacaktır.

Tavuk tüyü liflerinin gözenekli içyapısının bu materyale yüksek yalıtım özellikleri kazandırdığını dikkate alacak olursak, söz konusu materyalden yalıtım malzemeleri geliştirilmesi perspektif kullanım alanlarından biri olarak görülebilir.

Bu çalışma tavuk tüyünden lif üretim teknolojisi geliştirilmesi ve bu liflerden ses yalıtım amaçlı malzemeler üretilmesi ile ilgilidir.

4. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Tavuk Tüylerinin Yıkınması ve Dezenfekte Edilmesi

4.1.1. Yaklaşım

Tavuk tüyü liflerinin günümüzde sanayi üretim teknolojisi mevcut değildir. Tez çalışmasının hedeflerinden biri bu teknolojinin geliştirilmesi ile bağlıdır.

Tavuk tüylerinden lif üretiminin iki aşamada gerçekleştirilmesi öngörülmektedir: İlk aşamada tüyler bir hazırlık evresinden geçtikten sonra ikinci aşamada bu tüylerden liflerin üretilcektir. Doğal yapısı itibariyle üzerinde bir çok toz, yağ, vaks, kan bulunduran bu liflerin hazırlık aşamasında öncelikle yıkanması, kurutulması ve dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Sıralanan bu işlemler tekstil ürünlerinde dolgu malzemesi olarak kullanılan kuş tüylerinin imalatında da yapılmaktadır.

Yıkama sırasında tüylerin kirlerden arındırılmasının yanı sıra doğal yapısı itibariyle bünyesinde barındırdığı yağlardan da temizlenmesi gerekir. Çünkü tüylerin üzerinde bulunan bu yağlar, hoş olmayan bir kokuya neden olmanın yanı sıra birçok böcek, sinek gibi haşereler için de cazip bir koku haline gelir.

Tavuk tüylerinin yıkanması ve dezenfekte edilmesi konusunda literatür araştırmalarına bakıldığında zaman birçok araştırmacı tarafından bu amaçla farklı yöntemler ve kimyasallar uygulandığı görülmektedir. Fakat yapılan çalışmalarda araştırmacılar sadece tüylerin temizlenmesini hedeflemiş, tüylerden üretilcek liflerin gözenekli içyapısının yıkama zamanı korunmasını dikkate almamışlar.

Tez kapsamında üretilecek olan tavuk tüyü liflerinin gözenekli içyapısının zarar görmemesi açısından en uygun yıkama rejimi ve yıkama maddesinin seçilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Deneysel çalışmalarda iki farklı yaklaşım uygulanmıştır. 1. Yaklaşımda önce dezenfekte esaslı ön yıkama yapılmıştır. 2. Yaklaşım ise dezenfekte işleminin yıkamadan sonra yapılmasıyla gerçekleştirilmiştir.

4.1.2. Materyal

4.1.2.1. Tavuk Tüyü Materyali

Çalışmada kullanılan tavuk tüyleri Gaziantep ilinde bulunan TAD Piliç şirketinden temin edilmiştir. Şirketin kesimhanesinde tüyler ıslak yolma yöntemiyle elde edildiği için transfer sırasında bozulmaması gerekçesiyle serilerek normal hava şartlarında kurutulmuş ve çuvallara doldurularak tarafımıza iletilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. TAD Piliç şirketinden temin edilen tavuk tüyleri

Tavuk tüyü, hayvanların bulunduğu ortam şartları ve doğal yapılarından dolayı kiri ve yağı barındıran protein esaslı bir malzemedir ve yapısı itibarıyla hoş olmayan kötü bir kokuya sahiptir. Hayvanın yetiştiği ortamın iklimine, hayvanın cinsine ve yaşam şartlarına bağlı olarak kirlilik oranı değişir.

4.1.2.2. Yıkama Maddesinin Seçilmesi

Piyasada farklı özelliklere sahip çok sayıda yıkama maddesi bulunmaktadır. Bu nedenle farklı yıkama maddelerinin tavuk tüyleri üzerindeki etkilerini görebilmek adına yıkama etkisi ve içeriği farklı 4 adet yıkama maddesi ve 1 adet dezenfektan maddesi seçilmiştir. Yıkama maddesi olarak Setaş Kimya San. AŞ ait ticari isimleri Setalan IK30, Setawash PY Conz, Rudolf Group firmasına ait Rucogen Yes ve Verolan SSA olarak bilinen kimyasallar seçilmiştir (Şekil 4.2). Yıkama maddelerinin özellikleri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Yıkamada kullanılan kimyasal maddeler

Tablo 4.1. Setaş firmasına ait olan yıkama maddelerinin özellikleri

Yıkama maddesi	Setalan IK 30	Setawash PY Conz
Kimyasal yapısı	Poliglikoleter	Polimerikdispersant
İyonik yapısı	Noniyonik	Katyonik
Görünümü	Renksiz berrak sıvı	Berrak sıvı
pH aralığı	5,0-7,0 (%2'luk çözelti)	6,0-8,0 (%2'lik çözelti)
Çözünürlük	Su ile her oranda kolay karışır	Su ile her oranda kolay karışır

Tablo 4.2. Rudolf Group firmasına ait olan yıkama maddelerinin özellikleri

Yıkama maddesi	Rucogen Yes	Verolan SSA
İyonik yapısı	Noniyonik	Noniyonik
Görünümü	Renksiz berrak sıvı	Kahverengi sıvı
pH aralığı	6,0-7,0 (%2'lik çözelti)	6,0-7,0 (%2'lik çözelti)
Çözünürlük	Su ile her oranda kolay karışır	Su ile her oranda kolay karışır

4.1.2.3. Dezenfekte Maddesinin Seçilmesi

Dezenfektan olarak ticari ismi ACE olan yağ çözücü katkılı sodyumhipoklorit esaslı çamaşır suyu kullanılmıştır. Sodyumhipoklorit esaslı bu maddenin seçimi yapılan literatür araştırmalarına dayanarak yapılmıştır.

4.1.3. Yöntem

4.1.3.1. Yıkama

Yıkama işlemleri laboratuvar ortamında ev tipi çamaşır makinasında yapılmıştır (Şekil 4.3a). Makinenin teknik karakteristikleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Yıkama makinesi karakteristikleri

Kapasite	5 Kg
Maksimum Sıkma Devri	800 d/dk
Program sayısı	11
Motor tipi	Standart

Yıkama için her seferinde 0,5kg tüy alınmıştır. Yıkama sıcaklığı gerçekleştirilmiş olan TGA ve DSC analizlerine dayanarak 40°C olarak seçilmiştir (bak: Bölüm 5.2.1.).

4.1.3.2. Yıkama Programlarının Tasarlanması

Dezenfeksiyon durumunun etkinliğini tespit edebilmek için dezenfektan maddesi olan çamaşır suyu iki farklı şekilde yıkamaya dâhil edilmiştir. Diğer bir değişle, her bir kimyasal için iki ayrı yıkama programı belirlenmiştir.

Program 1: Dezenfekte işleminin ön yıkama aşamasında gerçekleştirilmesine dayanan bu program üzere yıkamada 20ml çamaşır suyu makinanın ön yıkama kısmına konularak makine çalıştırılmıştır. Makinenin ön yıkama süresi 20 dk belirlenmiştir. Ön yıkama bittikten sonra tüylerden çamaşır suyunun arıtılması için 17 dk'lık kısa bir durulama uygulanmış, daha sonra 20ml yıkama maddesi makinanın esas yıkama bölümüne konularak 1 saatlik esas yıkama işlemi için makine tekrar çalıştırılmıştır. Yıkama, durulama ve sıkma aşamalarını içeren yıkama süreci bittikten sonra tüyler kurutulmaya verilmiştir. Daha sonrasında yıkanan tüylerden test numuneleri alınarak kilitli poşetler içerisine yerleştirilmiştir (şekil 4.3b).



Şekil 4.3. Tüylerin yıkanması

Program 2: Dezenfekte işleminin esas yıkamadan sonra gerçekleştirilmesine dayanan bu program üzere yıkamada 20ml yıkama maddesi makinenin esas yıkama kısmına konularak makine çalıştırılmıştır. Esas yıkama programında makinenin yıkama süresi 1 saattir. Esas yıkama bittikten sonra dezenfeksiyon işlemi için makine ön yıkama programına getirilmiş, 20ml çamaşır suyu ön yıkama gözüne koyulmuş ve makine çalıştırılmıştır. 20 dakika çamaşır suyu ile yapılan işlem sonrası tüylerden çamaşır suyunun arıtılması için 17dk'lık kısa bir durulama programında tüyler durulanmış ve sıkılmıştır. Durulama işlemi bittikten sonra tüyler tüy kurutma makinesinde kurutulmuştur. Kurutulmuş test numuneleri kilitli poşetler içerisine konularak poşetlenmiştir.

Bu yıkama işlemi kullanılan 4 yıkama maddesi için de aynı şekilde tekrar edilmiştir.

Yıkayıp, kurutulan tüylerden lifler kesilmiş ve içyapılarının incelenmesi için SEM analizine gönderilmiştir.

4.1.3.3. Yıkama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yıkama sonuçları tüylerin temizliğine, bu tüylerden üretilmiş liflerin içyapı görünümüne ve çekme testlerine dayanarak yapılmıştır (bak: Bölüm 5.1.1.).

Farklı yıkama maddeleri ve yıkama programları ile yıkanmış tüy partilerinden üretilmiş lifler arasından ortalama boyutlarda: 20 ± 1 mm uzunluğunda lifler alınmış ve bu liflere çekme testi uygulanmıştır. Uygulanmış çekme testleri sonuçlarına yıkama maddeleri ve yıkama programının etki edip etmediğini ortaya çıkarmak amacıyla test sonuçlarından çekme mukavemeti değerlerinin varyans analizi yapılmıştır. Amaç farklı maddelerle farklı programlar üzere yıkanmış tüylerden üretilen liflerin kopma mukavemeti değerlerinin ortalamalarının yıkanmamış tüylerden elde edilen liflerin kopma mukavemeti değerleri ortalamasından farklı olup olmadığını ortaya çıkarmak olmuştur. Bu maksatla verilere Dunnett testi uygulanmış, işlemler için Minitab 17 programı kullanılmıştır.

Yıkanmamış tüylerden üretilmiş liflerin test sonuçları kontrol veriler olarak kabul edilmiştir. Farklı yıkama maddeleri ve yıkama programları ile yıkanmış tüy liflerinin test sonuçları yıkama maddesi adının baş harfleri ve yıkama programını gösteren 1 ve 2

rakamlarıyla kodlanmıştır. Her yıkama maddesiyle iki program üzere yıkama yapıldığı için kontrol grubundan başka 8 grup veri elde edilmiştir.

Önce bütün veri grupları üzere verilerin normalliği ve gruplar üzere varyansların türdeşliği test edilmiştir. Arkasından veri gruplarına çoklu karşılaştırmaya olanak sağlayan Dunnett testi içeren tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Bu analiz sonucu ayrı ayrı yıkama sonuçlarını içeren veri grupları ortalamalarının kontrol gurubuna, yani yıkanmamış tüylerden üretilmiş liflerin kopma mukavemeti değerleri ortalamasına göre önemlilikleri test edilmiştir.

Yıkama çözeltilerinde yıkama maddesi konsantrasyonunun optimal değerlerini belirlemek için daha bir deney yapılmıştır. Bu deney, ön ve son yıkamalardaki NaClO miktarının ve esas yıkamadaki yıkama maddesi miktarının yönetilmesiyle 3^2 şeklinde planlanan tam faktörlü deney olarak gerçekleştirilmiştir. Deney tasarımı ve deney sonuçlarının istatistiksel işlemleri Design Exper 11 programı ile yapılmıştır.

Yönetilen faktörlerin değişim parametreleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Yönetilebilen faktörlerin değişim parametreleri

Deney faktörleri	İşareti	Faktörlerin değişim aralığı	Faktör seviyeleri		
			-1	0	+1
NaClO miktarı, % (v/v)	X_1	2-6	2	4	6
Yıkama maddesi miktarı, % (v/v)	X_2	2-6	2	4	6

Deneylerde çıkış parametresi olarak liflerin çekme testi sonuçlarına bakılmıştır. Tablo 4.5’de deney planı verilmiştir.

Tablo 4.5. Deney planı

	Faktörler		Kopma mukavemeti, $10^{-3}N$	Max. Uzama, $10^{-3}Pa$	Kopma uzaması, $10^{-3}m$
	X_1	X_2			
1	-1	-1			
2	-1	0			
3	-1	1			
4	0	-1			
5	0	0			
6	0	1			
7	1	-1			
8	1	0			
9	1	1			

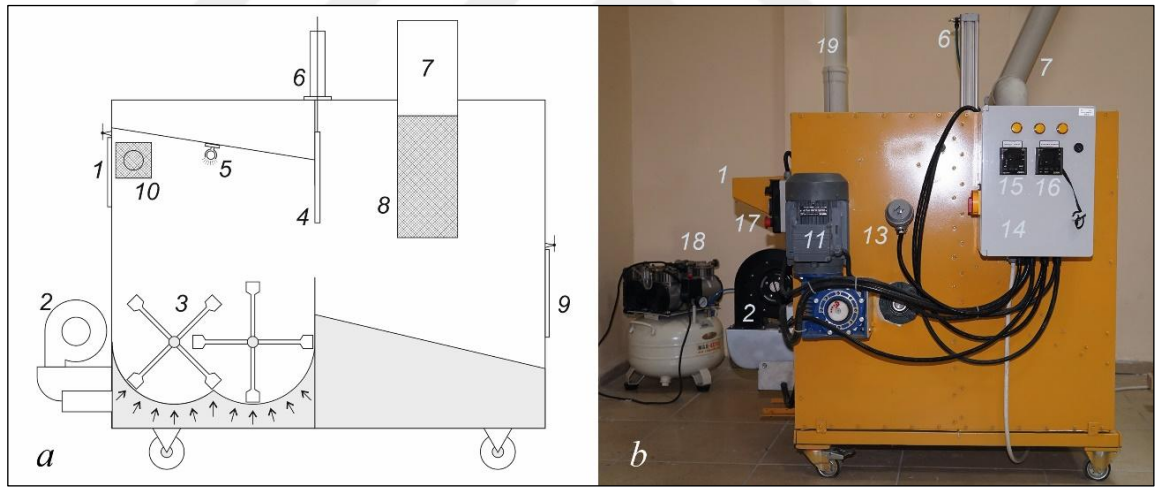
4.1.4. Tavuk Tüyünün Kurutulması

4.1.4.1. Kurutma Şartlarının Belirlenmesi

Tavuk tüyü lifleri gözenekli içyapıya sahip olduğundan dolayı bu özelliğini kaybetmemesi için yıkama sonrasında kurutma sıcaklığının derecesi oldukça önemlidir. Bu nedenle liflerin ısı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla tüylerden elde edilmiş lif numunelerinin DSC ve TGA analizleri yapılmıştır (bak: Bölüm 4.3.2.2.).

4.1.4.2. Yıkanmış Tüylerin Kurutulması

Tavuk tüylerinin yıkamadan sonra kurutulması amacıyla bir kurutma makinesi geliştirilmiştir. Makinenin prensip şeması şekil 4.4a’da verilmiştir. Tasarlanmış makinenin fabrika ortamında hazırlanmış ve deneysel çalışmalarda başarıyla kullanılmaktadır. Şekil 4.4b’de kurutma makinesinin görünümü verilmiştir.



Şekil 4.4. Tüy kurutma ve ayrıştırma makinesinin prensip şeması

Makine şekil 4.4’deki görünümlere göre aşağıda işlevleri açıklanan parça ve bileşenleri içermektedir:

1. Tüylerin makineye yüklenmesi penceresi: Yıkanmış tüyler bu pencereden makineye verilmektedir.
2. Kurutma alanına sıcak hava üfleyen fan: Fanın sıcaklığı 40°C olarak ayarlanmıştır. Sıcaklık seviyesi istenilen durumda düşürülüp ya da yükseltilebilir.

3. Karıştırıcılar: Kurutma alanında homojen kurumayı temin etmek amacıyla tüyleri sürekli karıştırıyor.
4. Kurumuş tüylerin ayrıştırılması için pencere: Kurutma alanında kurutulmuş tüyler bu pencereden toplama alanına geçer. Pencere açıp-kapama kapağına (4a) sahiptir.
5. Ultraviyole lamba: Kurutma alanında tüylere antibakteriyel işlem olarak ultraviyole ışınlar uygulanır. Lamba gerek olduğu zaman kapatılabilir.
6. Kurutma alanıyla toplama alanı arasındaki pencere kapağını açıp kapatmak için vana.
7. Kurutma sırasında oluşan tozların çıkış borusu: Kurutma sırasında tüylerden kopan parçacıklar şeklindeki tozun makineden uzaklaştırılmasına hizmet eder.
8. Toz toplayıcı: Kurutma sırasında oluşan tozları toplar.
9. Kurutulmuş tüylerin toplama alanından alınması için açılıp kapatılabilen pencere.
10. On/Off düğmesi
11. Karıştırıcıyı harekete getiren motor
12. Yönetim panosu

Kurutma süresi istenildiği zaman ayarlanabilecek şekildedir. Prototip olarak geliştirilen bu makine yaklaşık 2kg tavuk tüyünü 20 dakikada kurutabilmektedir. Mevcut şartlar dâhilinde kurutma makinesi ayrı bir makine olarak tasarlanıp, geliştirilmiştir. Fakat istenilen durumda mevcut teknoloji ve finansal destekle makine tam otomatikleştirilmeye müsaittir ve kesiksiz olarak üretim hattına eklenebilir. Böylece prosesi tek bir hatta yönetmek daha kolay ve kontrollü olacaktır.

4.2. Tavuk Tüyünden Lif Üretimi

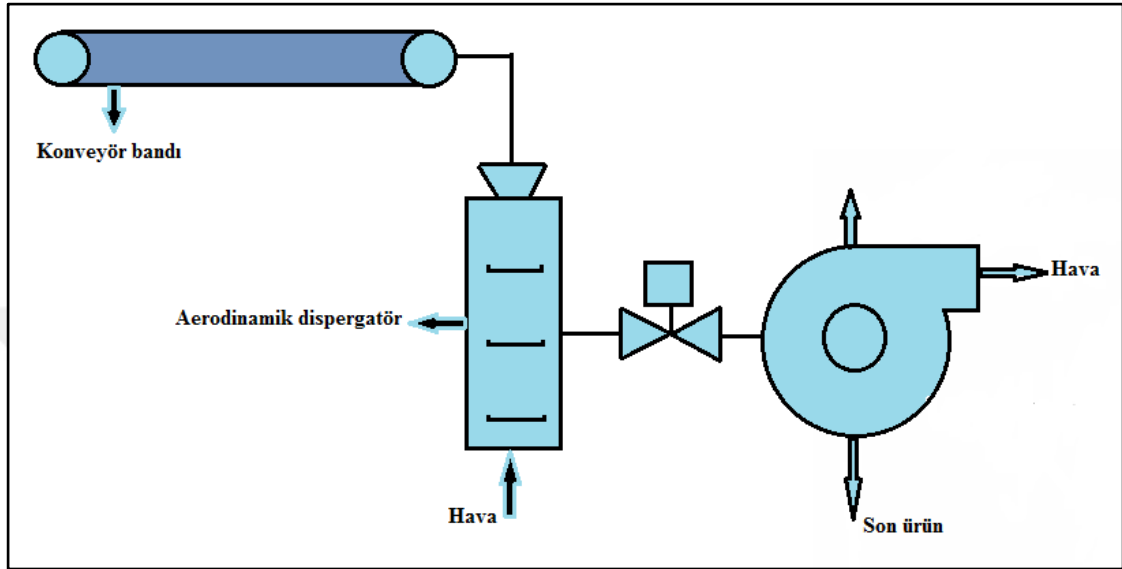
Tavuk tüylerinden lif üretimi tez çalışmasının finansal olarak desteklendiği 115M725 kodlu Tübitak Araştırma Projesi kapsamında alınmış özel makinede gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Materyal

Materyal olarak bir önceki bölümde yıkanmış ve kurutulmuş tavuk tüyleri kullanılmıştır.

4.2.2. Yöntem

Tavuk tüylerinden lif üretimi özel makinede gerçekleştirilmiştir. Makinenin prensip şeması Şekil 4.5'te, dış görünümü ise şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.5. Tavuk tüyünden lif üretim makinesinin prensip şeması

Aşağıda Şekil 4.6'da görünümü verilen lif üretim makinenin numaralandırılan kısımlarının işlevselliği hakkında aşağıda detaylı bilgi verilmiştir.

- Tüyler makineye 1 girişinden beslenir.
- 3 numaralı kısım makinenin ayrıştırıcı bölümüdür. Burada makineye beslenmiş olan tüyler lif ve sap olarak ayrıştırılır.
- 2 kapağının açılmasıyla tüylerin ayrıştırılmış sapları alınır.
- 4 vanası 5 pompasının oluşturduğu hava akışını düzenler.
- Hava akımıyla götürülen lifler 6 sifonundan geçerek tozlardan arıtılır. Tozlar 7 borusu ile dışarıda toplanır, arıtılmış lifler 9 haznesine toplanır ve buradan 10 helezonu ile poşetlere doldurulur.
- Makine 8 kontrol panelinden yönetilir.



Şekil 4.6. Tavuk tüyünden lif üretim makinesi

Lif üretim makinesinin yönetilebilen üç parametresi vardır. Bunlar rotorun dönme frekansı, vananın dönme açısı ve makinenin yüklenme yüzdesidir. Yapılan araştırmalar sonucu en uygun lif üretim parametreleri elde edilmiştir [128]. Tablo 4.6'da bu parametreler verilmiştir.

Tablo 4.6. Lif üretim makinesinin çalışma parametreleri ve değişim aralıkları [128]

Deney faktörleri	Makinenin çalışma parametrelerinin gerçek değişim aralığı	Makinenin çalışma parametrelerinin temiz lif kitlesi elde etmeğe imkân veren değişim aralıkları	Makinenin seçilmiş çalışma parametreleri
Motorun dönme frekansı, Hz	0...90	50...90	51,2
Vananın dönme açısı, grad	0...90	10...40	11,7
Makine yüklenme yüzdesi, %	0...100	20...80	20,6

Şekil 4.7’de tavuk tüyünden üretilmiş lifler ve tüylerden lif üretimi sırasında yan ürün olarak ayrıştırılmış sap parçacıkları görülmektedir. Belirli bir miktar lif üretmek için alınan tüylerden elde edilen lif ve sap miktarı ağırlık olarak eşittir [82]. Bu da tüylerin ağırlık olarak yaklaşık yarısının liflerden, yarısının da sap kısmından oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 4.7. Tavuk tüyünde üretilmiş lifler (solda) ve sap (sağda) parçalar

4.3. Tavuk tüyü liflerinin bazı özelliklerinin incelenmesi

4.3.1. Materyal

Materyal olarak yıkanmamış ve yıkanarak kurutulmuş tavuk tüylerinden elde edilen lifler kullanılmıştır.

4.3.2. Yöntem

4.3.2.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi

Tavuk tüyü liflerinin yapısal özelliklerinin incelenmesi kapsamında liflerin SEM ve EDX analizleri, çekme testi ve FT-IR analizi yapılmıştır. Testler ve analizler Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde (TAUM) gerçekleştirilmiştir.

4.3.2.1.1. SEM ve EDX Analizi

Tavuk tüylerinden elde edilen liflerin en önemli özelliklerinden biri bu liflerin mikro gözenekli içyapıya sahip olmalarıdır. Bu gözenekler mikro odacıklar şeklindedir ve söz konusu liflere önemli yalıtım özellikleri kazandırmaktadır.

Yıkanan ve kurutulan tüylerden elde edilmiş olan liflerin yıkama ve kurutma sonrasında gözenekli içyapısında bozunup bozunmanın meydana gelip gelmediğini öğrenmek için liflere SEM analizi yapılmıştır.

Taramalı elektron mikroskop (*Scanning Electron Microscope, SEM*) objelerin yüksek doğrulukla yüzey resmini elde etmek için kullanılan bir cihazdır. SEM, elektron demetinin test edilen obje ile karşılıklı etkileşimi ilkesine dayanarak çalışmaktadır.

Çalışmalarda kullanılan tavuk tüyü numunelerinden yıkanmamış tüy numunesi, kimyasal kullanılmadan saf suda yıkanmış tüy numunesi ve 4 farklı yıkama maddesiyle 2 program üzere yıkanmış ve dezenfekte edilmiş tüy numunelerinden elde olunan lifler analiz edilmiştir. Bu amaçla Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan Leo440 marka Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) cihazı kullanılmıştır.

Cihaz EDX (Energy Dispersive X-Ray Analysis) analiz spektrometrelerine de sahiptir. EDX analizi Be-U arasındaki elementler için nitel (kalitatif) elemanter analiz özelliğine sahiptir. Bu analiz sayesinde tavuk tüyü liflerini hangi elementlerin meydana getirdiğini detaylı bir şekilde görülecektir.



Şekil 4.8. Leo440 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM)

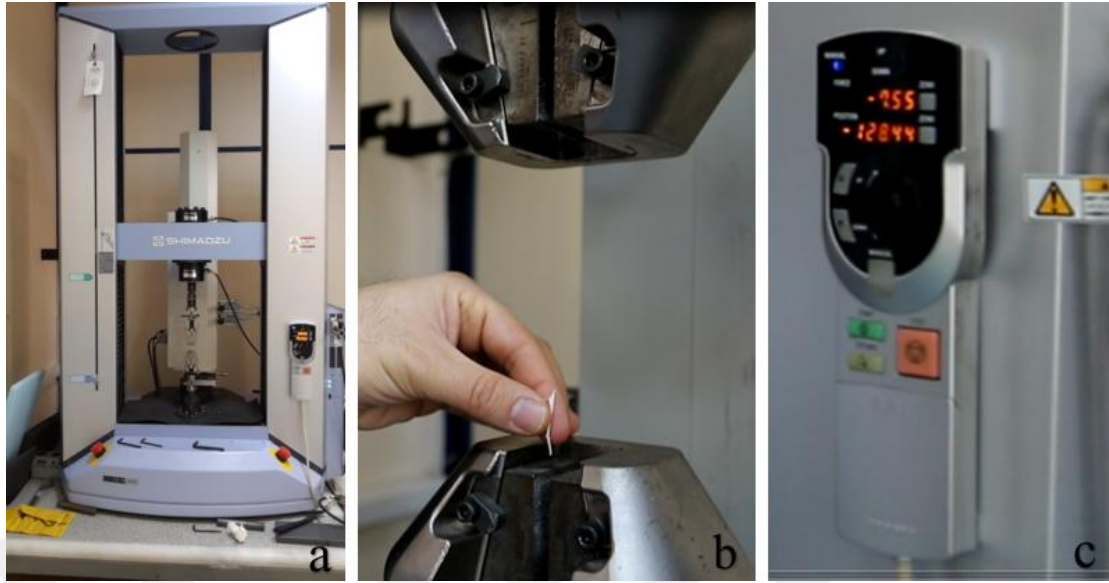
Tavuk tüyü numunelerinin enine kesitini ve gözenekli içyapısının görüntülenebilmesi için iyi kesen bir jilet yardımıyla cam bir plaka üzerinde tüylerin literatürde rachis adı verilen sap kısmından dallandığı yerden ve lifin orta kısmından hassas bir şekilde kesit alınmış ve karbon bant yardımı ile metal plakalar üzerine yapıştırılarak analiz için hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Liflerin SEM ve EDX analizi için hazırlanması

4.3.2.1.2. Çekme Testi

İki farklı yıkama programında 4 ayrı yıkama maddesi ile yıkanmış tüylerden elde edilen liflerin mekanik özelliklerini test etmek için Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM)'de bulunan SHIMADZU marka çekme testi cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.10. Çekme test cihazı, a:cihaz, b:çene, c:kontrol paneli

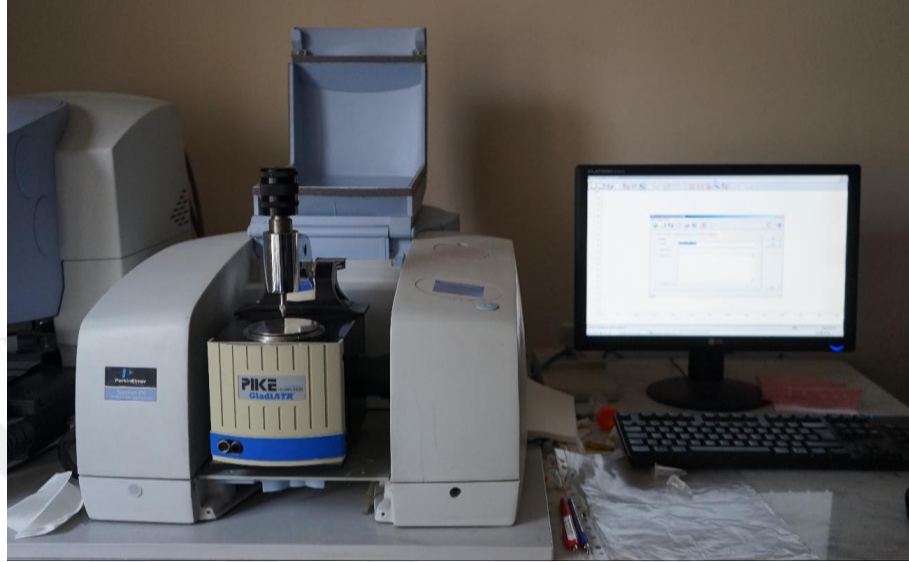
Cihaz farklı malzemeler için ayrı çene başlıklarına sahiptir. Tavuk tüyü lifleri yapısı itibariyle diğer tekstil liflerine oranla ince ve kısa olduğundan dolayı lifler için en uygun çekme hızı (mm/dk) ve çeneler arası mesafe (mm) ayarlanır. Belirlenen programlar üzere yıkanan tüylerden elde edilen liflerin testi yapılır. Her parametre için 5 adet lif örneği alınarak çekme testine tabi tutulur. Test sonunda 5 ölçümün ortalaması alınarak liflerin yüzde kopma uzaması, çekme mukavemeti (N), maksimum gerilme (N/mm²), maksimum uzama (mm) ve elastik modül (GPa) değerleri hesaplanır.

4.3.2.1.3. FT-IR Analizi

IR spektroskopisinde katı, sıvı, gaz ve çözelti halindeki numunelerin spektrumlarını ölçmek için geliştirilmiş yöntemlerden biridir. Bu yöntem kullanılarak herhangi bir bileşiğin yapısı hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. Bileşikten alınan IR spektrumu vasıtasıyla yapıyı meydana getiren bağların durumu, bağların bağlanma şekilleri, yapının aromatik yoksa alifatik oluşu hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Analiz sonrası alınan spektrumlar, saf bileşiklerin spektrumları ile kıyaslanarak bileşiğin analizi gerçekleştirilir.

Çalışma kapsamında hem yıkanmış hem de yıkanmamış olan tavuk tüylerine FT-IR analizi yapılmıştır. Analiz Erciyes Üniversitesi merkez yerleşkesinde bulunan Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinden bulunan Perkin Elmer 400 marka FT-IR/FT-FIR Spectrometer Spotlight 400 Imaging System cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Yıkanmış ve

yıkılmamış tüyler analiz edilerek, yıkama maddesinin etkililiği, materyalin yapısındaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik yada alifatik olup olmadığı belirlenecektir.



Şekil 4.11. FT-IR analiz cihazı

4.3.2.1.4. Tavuk Tüyü Liflerinin Higroskopik Özelliklerinin İncelenmesi

Tekstil liflerinin büyük bir kısmı belirli bir dereceye kadar nemi absorbe edebilme yeteneğine sahiptir. Bu özellik *higroskopiklik* olarak adlandırılır. Yapısı itibariyle higroskopiklik özelliğine sahip olan tekstil materyallerinde, yapıdaki nem miktarı ortam şartlarına göre değişkenlik gösterir. Havadaki nemin durumuna bağlı olarak ya nemi havadan kendi içine hapsederler (absorbsiyon), ya da nemi havaya bırakırlar (desorpsiyon). Bu şekilde yapıdaki nem miktarının dengesi ayarlanmış olur.

Kuş tüyleri doğası gereği higroskopik materyallerdir. Bunun nedeni lif içeriğindeki amin asitlerin özelliklerine bağlıdır. Higroskopik materyaller havadan ve sulu ortamdan nem alma kabiliyetlerine göre ayrılırlar. Tekstil malzemelerinin bulundukları ortama (nemli hava veya sulu ortam) ve bu ortamda bulunma sürelerine göre emdiği nem miktarı ve bünyesinde tutabileceği maksimum nem kapasitesi değişkenlik gösterir. Bu nedenle tez çalışmasında hammadde olarak kullanılan tavuk tüyü liflerinin yapısal olarak bünyesinde ne kadar su tuttuğu test edilmiştir. Burada iki farklı metot kullanılmıştır. Birincisinde liflerin havadan nem alma kabiliyetine bakılmış, ikincisinde ise sulu ortamda emdiği su miktarı analiz edilmiştir. Kıyaslama amacıyla tavuk tüyü

lifleri dışında diğer doğal liflerden olan kaz tüyü, yün ve pamuk lifleri için de aynı testler yapılmıştır.

4.3.2.1.4.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Havadan Nem Alma Özelliğinin İncelenmesi

Tavuk tüyü liflerinin farklı nem oranına sahip ortamlarda nem alma kabiliyetini incelemek amacıyla Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde bulunan NÜVE marka İD 300 kodlu iklimatik test kabini kullanılmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Nüve marka iklimlendirme test kabini

Tavuk tüyü liflerinin havadan nem alma kabiliyetinin incelenmesi için çok faktörlü deney planı tasarlanmış ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Liflerin bünyesindeki nem miktarı kuru liflere oranla tartma yöntemi kullanarak belirlenmiştir. Çok faktörlü deneylerde bağımsız değişen faktörler olarak ortam sıcaklığı ve ortamın nispi nemliliği seçilmiştir. Bu faktörlerin değişim aralıkları tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Lif numunelerinin havadan nem alma kabiliyetini incelemek için deney şartları

Bağımsız değişen faktörler	Faktörlerin değişim seviyeleri		
	-1	0	1
Ortam sıcaklığı, °C	20	40	60
Ortamın nispi nemliliği, %	65	80	95

Deneylerde kullanmak için test kabini içinde normal şartlar altında (20°C sıcaklık ve %65 nispi nem) 2 saat tutulmuş olan liflerden 3gr ağırlığında numuneler alınmıştır. Tasarlanan deney planına göre belirlenmiş şartlar altında 2 saat tutulan numunelerin tartma yoluyla ağırlıkları ölçülmüş ve sonuçlar tabloya aktarılmıştır. Deney sonuçlarına göre kıyaslama yapabilmek için deneylerde tavuk tüyü lifleri, kaz tüyü, pamuk ve yün lifleri kullanılmıştır. Deney planına göre belirlenmiş ortam şartlarında 2 saat tutulmuş lif numunesinin nem oranı numunenin kuru ağırlığına göre yüzde ile aşağıdaki formül ile değerlendirilmiştir:

$$W = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

Burada W – kuru ağırlığına göre numunenin bünyesindeki nem oranı (%), m_{wet} – numunenin nemli ağırlığı (gr), m_{dry} – numunenin kuru ağırlığıdır (gr).

Lif numunelerinin kuru ağırlığı normal ortam şartlarında (20°C sıcaklık ve %65 nem) 2 saat tutulmuş lif numunesinden alınan 3gr lifin TS467 standardına göre 105°C sıcaklıkta 120 dakika tutulması sonucu elde edilmiştir.

4.3.2.1.4.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Islak Ortamda Nem Alma Özelliğinin İncelenmesi

Tavuk tüyü liflerinin su emme özelliğinin belirlenmesinde TS 866 “Kasarlı Pamuklu Tekstil Mamullerinin Su Emme Özelliğinin Tayini” adlı standardın önerdiği “Suya Batırma Metodu” esas alınmıştır. Tavuk tüyü lifleri tekstilde diğer kullanılan klasik liflerden yapı itibarıyla farklıdır. Standart bir lif olmadığı için deney şartlarında bir takım değişiklikler yapılmıştır.

Deney numunesinin hazırlanması: Öncelikle tavuk tüyü, kaz tüyü, yün ve pamuk liflerinden bir miktar hassas terazi yardımıyla tartıldıktan sonra, lifler TS 240 standardına göre iklimlendirme kabini içinde kondisyonlanmıştır.

Kondisyonlama sonrasında her bir numuneden 3 gram tartılmış, havadaki nemden etkilenmemeleri için ağzı kilitli numune poşetlerine yerleştirilmiştir. Bu sayede numunedeki nem miktarının sabit kalması sağlanmıştır.

Deney sırasında numuneleri suya batırmak için özel olarak tasarlanmış deney düzeneği kullanılmıştır (Şekil 4.13). Her bir liften 3gr tartıldıktan sonra lifler şekilde görülen

süzgeçli aparat içerisine konulmuş, aparatın kendisi ise 2lt'lik beher içerisine yerleştirilmiştir. Behere $21\pm3^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında 2lt saf su konulmuştur. Basınç farkı oluşmaması için süzgeçli aparat beherin tam orta kısmında asılı kalacak şekilde tasarlanmıştır. Aparat suya daldırıldıktan sonra deney parametrelerine uygun sıcaklığa ayarlanmış olan test kabinine yerleştirilerek kronometre çalıştırılmıştır (Şekil 4.13).

24 saatlik sürenin sonunda süzgeçli aparat sudan çıkarılmıştır. Deney süresince liflerle mekanik ilişkide olan suyun liflerden süzülerek ayrılması için süzgeçli aparat 10 dakika asılı şekilde kalarak bekletilmiştir. Sudan çıkarılan liflerin tartımdan önce kendisiyle mekanik ilişkide bulunan suyun eşit şartlarda uzaklaştırılması için laboratuvar tipi bir sıkma fularından bir kez yavaş, 2 kez hızlı devirde olmak üzere toplamda 3 kez geçirilerek uzaklaştırılmıştır. Daha sonra hassas terazide lifler tekrar tartılmıştır. Deney sonunda tartılan liflerin nemli ağırlığına ait olan değerler tabloya aktarılmıştır.

Yapılan bu deney her lif çeşidi için 20°C , 40°C ve 60°C sıcaklıklarda tekrarlanmıştır. Yapılan her tekrarda yeni lif numuneleri eşit gramajda tartılarak deney için hazırlanmıştır.



Şekil 4.13. Liflerin su emme kapasitesinin tayini için tasarlanmış deney düzeneği

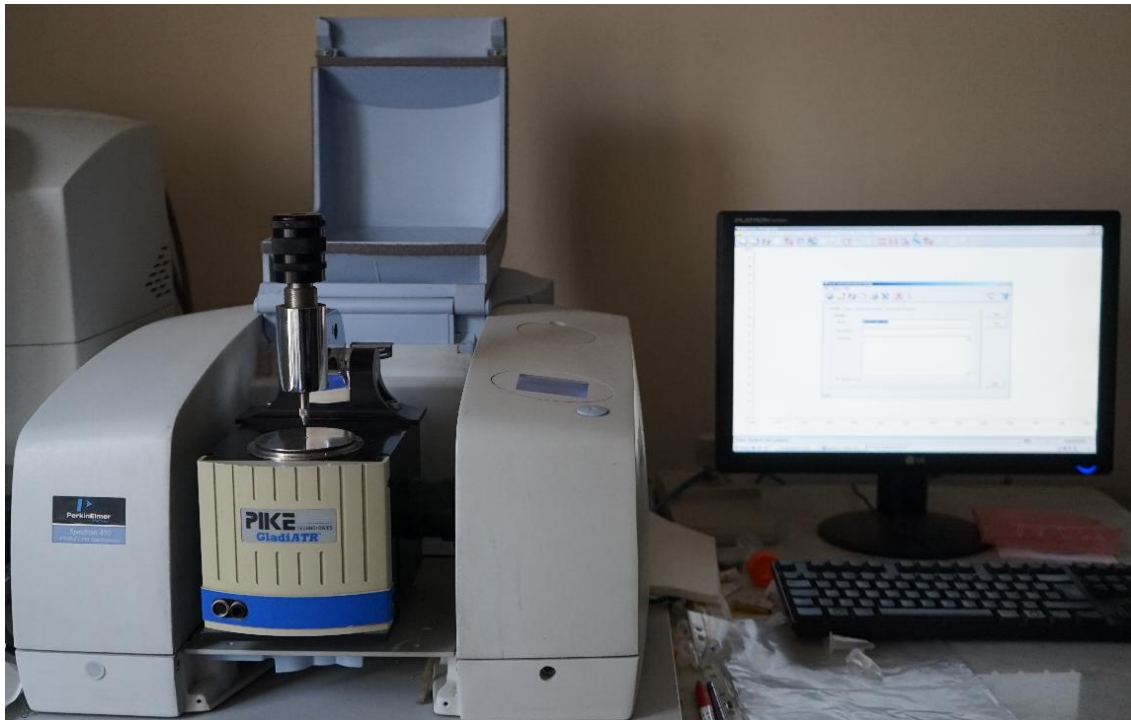
4.3.2.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Isıl Özellikleri

Tavuk tüyü liflerinin ısı özelliklerini incelemek amacıyla liflere Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezinde (TAUM) TGA ve DSC testleri yapılmıştır.

4.3.2.2.1. Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

DSC tekniği polimerin ısıtılması sürecinde uğrayacağı fiziksel değişimlere dayanan bir yöntemdir. DSC yönteminde test edilen numunenin ve referansın sıcaklığını arttırmak için gerekli olan ısı miktarı, sıcaklığın zamana bağlı fonksiyonu olarak ölçülür. Numune ve referans test boyunca aynı sıcaklıkta tutulmaya çalışılarak ve aynı hızla ısıtılarak, numunenin ve referansın üzerindeki ısı akışının hızı ölçülür ve karşılaştırılır.

Tez çalışmasında gözenekli içyapıya sahip olan tavuk tüyü liflerinin, bu yapıyı kaybetmemesi açısından en uygun yıkama ve kurutma şartlarının sağlanabilmesi için termal özelliklerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle Erciyes Üniversitesi Merkez Kampüsü yerleşkesinde bulunan Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) laboratuvarındaki PERKIN ELMER markalı DIAMOND model DSC cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) cihazı

DSC ölçümlerinde, dikkatli bir şekilde keskin bir jilet yardımıyla cam levha üstünde toz haline getirilerek hazırlanan tavuk tüyü lifi numuneleri yaklaşık olarak 5mg olacak şekilde tartıldıktan sonra alüminyum kaplara konularak preslenmiştir. Hazırlanan numune referans numunesi ile birlikte cihaza yerleştirilmiştir. Isıtma hızı 10°C/dk olacak şekilde cihaz 50...525 °C arasında çalışma sıcaklığına ayarlanmıştır. Ölçümler azot gazı ortamında gerçekleştirilmiştir.

4.3.2.2. Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA tekniği kontrol edilebilen bir sıcaklık programı altında arttırılan bir sıcaklık işlemiyle sıcaklık ve zamana bağlı olarak maddenin kütlesinde meydana gelen değişikliği incelemek için kullanılır.

Tez çalışmasında tavuk tüyü liflerinin yıkama ve kurutma esnasında ortam sıcaklığından etkilenip etkilenmediği öğrenmek adına numunelerin sıcaklığın artmasıyla kütlelerinde meydana gelen değişimleri incelemek için Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarında bulunan PERKIN ELMER markalı DIAMOND model TGA cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Termogravimetrik analiz (TGA) cihazı

Ölçüm sırasında genel olarak numune ağırlığı 4...6 mg arasındadır. Cihazın ısıtma hızı 10°C/dk olmak suretiyle en fazla 1000°C sıcaklığa kadar çıkmaktadır. Ölçümler azot gazı ortamında gerçekleştirilmektedir.

4.4. Tavuk Tüyü Liflerinden Ses Yalıtım Malzemeleri Üretimi

4.4.1. Materyal

Materyal olarak yıkanarak kurutulmuş Tavuk tüylerinden elde edilmiş olan lifler kullanılmıştır.

TTL'den aşağıdaki yöntemlerle ses yalıtım malzemeleri üretilmiştir:

1. Kuru serme ve termik bağlama
2. Kuru serme ve mekanik bağlama
3. Kuru serme ve kimyasal bağlama.

Kuru serme ve mekanik bağlama yöntemiyle ses yalıtım malzemeleri üretiminde kumaş olarak mermerşahi kullanılmıştır. Kumaş özellikleri Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan kumaş özellikleri

Özellikler	Değerleri
Lifin içeriği	Pamuk
Örgünün tipi	Bezayağı
Atkı ve çözgü ipliğinin numarası	30/1 ve 30/1
Atkı ve çözgünün sıklığı	16/18 tel/cm ve 23-25 tel/cm
Yüzeyel yoğunluk	81-83 g/m ²

Mekanik bağlama için bağlayıcı malzeme olarak polyester içerikli 120 nolu dikiş iplikleri kullanılmıştır.

Kimyasal bağlama amacıyla PVA tutkalı kullanılmıştır.

4.4.2. Yöntem

4.4.2.1. TTL'den Dokusuz Yüzey Numune Üretimi

4.4.2.1.1. TTL'den Dokusuz Yüzey Numune Üretimi İçin Doku Oluşturma ve Bağlama Yöntemlerinin Seçilmesi

Tavuk tüyü liflerinden dokusuz yüzey üretimi iki aşamada gerçekleştirilmektedir: birinci aşamada dokunun oluşturulması, ikinci aşamada ise oluşturulmuş dokunun sabitlenmesidir.

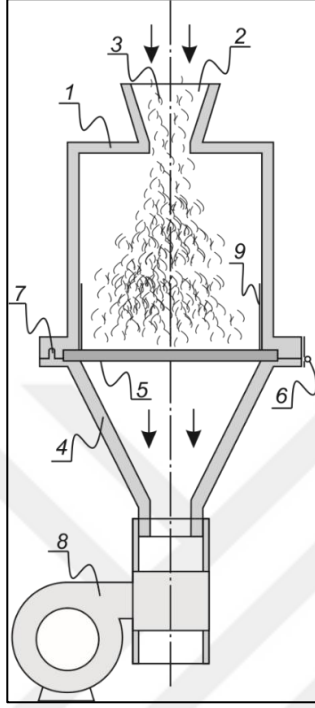
Tavuk tüyü liflerinden homojen bir doku oluşturulmasında bir takım problemlerin olması kaçınılmazdır. Bunlardan birincisi liflerin maksimum derecede hafif olmasından kaynaklanır. Bir diğer problem ise liflerin elektriklenmesi durumudur. Buna göre liflerden doku oluşturulması için serim sırasında farklı bir metodun uygulanması zorunludur. Şekil 4.17'de vakum serme esasına dayanan geliştirmiş olduğumuz doku oluşturma yönteminin şematik resmi verilmiştir.

4.4.2.1.2. TTL'den Dokusuz Yüzey Numune Üretiminde Kullanılan Doku Oluşturma Tertibatı

Doku oluşturma veya serme tertibatı üç parçadan oluşmaktadır: üst kısım (1), alt kısım (4) ve üzerinde serim yapılacak (5) tabla parçasıdır. 5 numaralı tabla parçası çerçeveye pekiştirilmiş, delikleri 0,5x0,5mm olan metalik ağıdan oluşmaktadır. 1 kısmı 4 kısmına 6 ile numaralandırılmış menteşeyle bağlıdır ve açılıp kapanabilir özelliğe sahiptir. 5 ünitesi 4 bölümü üzerindeki oyuğun içerisine yerleştirildikten sonra 1 kısmı kapatılır ve 7 kilidi ile sızdırmaz bir şekilde kilitlenir.

Lifler (3) üst kısmın 2 girişinden dâhil edilir. Son derece hafif olan lifler 8 vakum pompasının emiş gücü sayesinde homojen bir şekilde 5 ünitesi içerisindeki 11 ağı üzerine serilir. Serilmiş alanın içerisinde kare şekilde kalan boşluklar yüksek vakum emişi sayesinde dolacağı için oluşturulacak olan yüzeyde homojenlik sağlayacaktır. Serilmiş yüzeyin yüksekliği 1 kısmının iç tarafına yapıştırılmış 9 cetvelinin yardımıyla ölçülecektir.

Şekil 4.17’de bu tertibatın ahşaptan hazırlanmış prototipi, şekil 4.18’de ise söz konusu tertibatın yardımıyla serilmiş yüzeyin resimleri verilmiştir.



Şekil 4.16. Tavuk tüyü lifleri serme tertibatı



Şekil 4.17. Serme tertibatı



Şekil 4.18. Serme tertibatında liflerin yüzeye serilmesi

4.4.2.1.3. TTL'den Dokusuz Yüzey Üretiminde Kullanılacak Bağlayıcı Maddeler

Tavuk tüyünden dokusuz yüzey üretiminde oluşturulmuş formun sabitlenmesi için termik bağlama yöntemi uygulanmıştır. Isıl işlem sonucu doku içerisindeki termoplastik bağlayıcı polimer eriyerek liflerin birbirine tutunmasını sağlamaktadır. Lifleri bağlamak için toz şeklinde olan iki termoplastik malzeme: düşük yoğunluklu polietilen (DYPE) ve etilenvinilasetattır (EVA) ve düşük erime sıcaklığına sahip polyester esaslı bikomponent lif seçilmiştir (Şekil 4.19). Seçilmiş maddelerin özellikleri tablo 4.9'da verilmektedir.

Tablo 4.9. Seçilmiş bağlayıcı polimer maddelerin bazı özellikleri

Özellikler	Düşük Yoğunluklu Polietilen	Etilenvinilasetat	Bikomponent lif
23°C'de yoğunluk	0,92 g/cm ³	0,93 g/cm ³	0,8 g/cm ³
Erime sıcaklığı	120°C	80°C	130 °C
İşlem sıcaklığı	120°C	90°C	130 °C



Şekil 4.19. Deneylerde kullanılan polietilen, etilenvinilasetat ve bikomponent lif

4.4.2.1.4. Termal Bağlama Yöntemiyle TTF'den Dokusuz Yüzey Üretimi Şartlarının Belirlenmesi

Oluşturulmuş dokusuz yüzey yapısının sabitlenmesi amacıyla kullanılan termal bağlama yönteminde ısıнын uygulanması şekli farklı olabilir. Bunlardan sıcak presleme ve sıcak hava yöntemi en çok uygulanan yöntemlerdendir. Tez çalışması kapsamında yapılan deneylerde sıcak presleme yöntemi kullanılmıştır.

Farklı yoğunluklarda numune üretmek için presleme yüksekliğinin sabitlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla numune üretimi için 5mm kalınlığında metal kalıplar hazırlanmıştır (Şekil 4.20a). Kalıpların iç alanı 16x16cm boyutlarındadır. Tavuk tüyü liflerinden ve toz şeklinde bulunan bağlayıcı polimerin homojen biçimde hazırlanmış karışımından Şekil 4.18’de verilmiş olan tertibat kullanılarak yüzey oluşturulmuştur. Bu yüzey teflon film üzerinde kalıbın içerisine yerleştirilmiş ve üzeri diğer bir teflon filmle kapatılarak prese verilmiştir.

Presleme için Gülnar Plastik Makinelerine ait pres donanımı kullanılmıştır (Şekil 4.21). Pres sıcaklığı Tablo 4.6’da verilmiş işlem sıcaklıklarına uygun ayarlanmıştır.



Şekil 4.20. Tavuk tüyü liflerinden dokusuz yüzey oluşum aşaması



Şekil 4.21. Numunelerin üretildiği sıcak pres ve üretilmiş dokusuz yüzey numunesi

Presleme süresi oluşturulacak yapının iç sıcaklığına göre belirlenmiştir. Numunenin presleme sırasında iç sıcaklığını kontrol etmek için sıcaklık data logger kullanılmıştır. Tel şeklinde olan termokapl lif kitlesinin içerisine yerleştirilmiş ve pres çalıştırılmıştır. Data logger ekranında görünen sıcaklık takibe alınmış, polimerin erime sıcaklığına ulaşıldığında makine durdurulmuştur. Sıcak pres bölgesinden alınan numune presin alt kısmında bulunan soğutma sisteminde soğutulduktan sonra bir süre dinlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra teflon levhalardan ayrılan numuneler kilitli numune poşetlerine konulmuştur. Her numuneden üçer adet üretilmiştir.

4.4.2.1.5. Üretim Parametrelerinin Numunelerin Akustik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi

Araştırmalar tavuk tüyü lifleri için en uygun üretim yönteminin termoplastik bağlayıcı maddeler kullanımına dayanan ısıl bağlama yöntemi olduğunu göstermektedir. Bu yöntemin uygulanması sırasında etkili olan üretim faktörlerinin üretilmiş numunelerin akustik parametrelerini nasıl etkilediğini ortaya çıkarmak için çok faktörlü deney yapılmıştır.

Çok faktörlü deney Design Exper programında tasarlanmıştır. Bağımsız olarak değişen faktörler ve bu faktörler hakkında bilgiler Tablo 4.10'da ifadesini bulmuştur.

Tablo 4.10. Bağımsız değişen faktörler hakkında bilgiler

Faktörler	Faktör tipi	Ölçü Birimi	Değişim aralığı
Bağlayıcı madde çeşidi (A)	Kategorik	-	EVA
			DYP
			PE-PP (bikomp.)
Numunede katların sayısı (B)	Numerik	-	1...3
Numunedeki lif miktarı (C)	Numerik	gr	10...20
Numunede bağlayıcı madde miktarı (D)	Numerik	%	30...50
Ses dalgası frekansı (E)	Numerik	Hz	63...6300

Bağımlı parametreler numunelerin akustik değerlerinden ses yutma katsayısı ve ses iletim kaybı olarak kabul edilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Bağımlı değişenler hakkında bilgiler

Faktörler	Ölçü Birimi
Ses yutma katsayısı (α)	-
Ses iletim kaybı (TL)	dB

Deney tasarım tablosu Tablo 4.12 olarak verilmiştir.

Tablo 4.12. Bağımsız faktörlerin değişim seviyeleri

No	Faktörler					Y _i
	A: BM_Ç	B: Kat_sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	
1	-1	-1	-1	-1	63	
2	-1	-1	-1	1	63	
3	-1	-1	1	-1	63	
4	-1	-1	1	1	63	
5	-1	0	-1	-1	63	
6	-1	0	-1	1	63	
7	-1	0	1	-1	63	
8	-1	0	1	1	63	
9	-1	1	-1	-1	63	
10	-1	1	-1	1	63	
11	-1	1	1	-1	63	
12	-1	1	1	1	63	
13	0	-1	-1	-1	63	
...	...	...	...	...	...	

Deneyler Tablo 4.12'ye göre yapılmış ve sonuçlar tabloya aktarılmıştır.

4.4.2.2. TTL'den Mekanik Bağlama Yöntemiyle Ses Yalıtım Yüzeylerinin Üretimi

Mekanik bağlama yöntemi ile dokusuz yüzey üretiminde yüzeyin sabitlenmesi dikme ve iğneleme metoduna dayanılmaktadır. Günümüzde dokusuz yüzey üretiminde en yaygın kullanılan doku bağlama yöntemlerinden biri iğneleme yöntemidir. Fakat tavuk tüyü lifleri kısa olduğu için bu yöntemin uygulanması mümkün değildir. Tavuk tüyü liflerinden mekanik bağlama yöntemiyle dokusuz yüzey üretimi dikiş kullanılarak yapılacaktır. Bu amaçla 10gr ve 20gr ağırlıkta tavuk tüyü lifleri alınmış, şekil 4.17'de verilmiş doku oluşturma tertibatı ile 20x20cm ebatlarında doku oluşturulduktan sonra mermerşahi kumaş arasına konulmuş ve kumaş kenarlar dikilmiştir (Şekil 4.23). Dikilmiş numuneden akustik ölçümler için 10cm ve 3cm çapında örnekler çizilmiş, düz dikiş makinesinde dikiş atıldıktan sonra sürfile makinesi yardımıyla kenarları işlenerek kesilmiştir. Numunelerin dikilmesi işlemi Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nün Konfeksiyon atölyesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.22. Tavuk tüyü liflerinden mekanik yöntemle üretilen kapitone yüzey numuneleri

Numuneler hazırlanırken her dolgu malzemesi için yoğunluk ve gözeneklilik değerlerinin sabit tutulmasına özen gösterilmiştir. Bu amaçla serim alanı ve vakum aparatın emiş gücü sabit tutulmuştur. Üretilen numuneler kilitli numune poşetlerine yerleştirilmiş, her numunenin ölçülmüş kalınlığı ve içerisindeki dolgu malzemesinin gramla ağırlığı poşet üzerine yazılmıştır.



Şekil 4.23. Mekanik bağlama yöntemiyle üretilmiş numuneler

4.4.2.3. TTL'den Kimyasal Bağlama Yöntemiyle Ses Yalıtım Yüzeylerinin Üretimi

Kimyasal bağlama yöntemiyle tavuk tüyü liflerinden yüzey üretimi liflerin kimyasal maddelerin yardımıyla birbirine tutturularak bir arada durmasına dayanmaktadır. Bu amaçla PVA bağlayıcının sulu emülsiyon hazırlanmış, daha sonrasında lifler bu emülsiyonla karıştırılmıştır. Karışım ıslak serme yöntemiyle serilerek doku oluşturulmuştur.

Numune üretimi farklı parametrelere göre iki faktörlü deney planına esasen gerçekleştirilmiştir. Deneyler Design Exper programında tasarlanmış, bağımsız değişen parametreler olarak numunedeki lif miktarı ve bağlayıcı malzeme miktarı alınmıştır. Bu parametrelerin değişim seviyeleri Tablo 4.13’de verilmiştir. Söz konusu parametrelerden numunedeki lif miktarının değişim aralığı daha önce diğer yöntemlerle üretilmiş numunelerle kıyaslama yapabilmek için belirlenmiştir. Numunedeki bağlayıcı miktarı ise ön denemelere dayanarak seçilmiştir. Çözeltide kullanılan su miktarı ve form oluşturmak için kullanılan kap sabit tutulmuştur.

Tablo 4.13. Deney faktörleri, değişim aralıkları ve seviyeleri

Deney faktörleri	İşareti	Faktör tipi	Faktörlerin değişim aralığı	Faktör seviyeleri	
				-1	+1
Numunedeki lif miktarı, gr	X_1	Nümerik	20...30	20	30
Numunede bağlayıcı polimer miktarı, gr	X_2	Nümerik	10...15	10	15

Numune üretimi Tablo 4.14’te verilmiş deney planına göre gerçekleştirilmiştir. Her numuneden 2 tane yapılmıştır.

Tablo 4.14. Deney tablosu

	Faktörler	
	X1	X2
1	-1	1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

Materyal olarak tavuk tüyünden üretilen lifler kullanılmıştır. Bu lifler kısa lifler olduğu için literatüre göre homojen bir yüzey elde edilmesi açısından ıslak serme yöntemi en uygun yöntemdir. Ancak bu liflerin bir arada tutunma yeteneğinin olmadığını düşündüğümüzde farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle lifleri bir arada tutabilmek için suda karışabilen bir bağlayıcı maddeye ihtiyaç duyulur. Yapılan bu çalışmada suda çözülmeyle dispers bir ortam oluşturan polivinilasetat (PVA) maddesi seçilmiştir. Seçilmiş maddenin özellikleri Tablo 4.15’de verilmiştir.

Tablo 4.15. PVA tutkalının özellikleri

Özellikler	PVA
Görünümü	Beyaz dispersiyon
Çözünürlük	Soğuk veya ılık suda
pH	6-7
Termik kurutma sıcaklığı, °C	90-100

PVA esaslı yapıştırıcılar suyun buharlaşması veya yapıştırılan malzeme tarafından emilmesi yoluyla katılaşır. PVA sulu yapıştırıcılar içerisinde zaman bakımından en çabuk katılaşan maddedir. PVA yapışkanı yaklaşık 20°C civarında iyi bir sonuç vermektedir.

Kimyasal bağlama yöntemiyle doku sabitlemeye dayanan numune üretiminde doku oluşturulması ıslak serme metoduyla gerçekleştirilmiştir. Numune üretimi için öncelikle 500ml su içerisine belirlenen miktarda PVA yapışkanı hassas terazide tartılarak koyulmuş ve homojen bir şekilde karıştırılması için cam çubuk kullanılmıştır. Deney tasarım planında belirtilen miktarda lif tartılarak bu karışımın içerisine atılmış ve iyice karıştırılması sağlanmıştır. Hazırlanmış karışım alt kısmı elek şeklinde olan delikli bir süzgeç kap içerisine dökülmüş ve sıvının iyice süzülerek deliklerden kaba akması sağlanmıştır. Damrlarlar kesilene kadar beklenmiştir. Oluşmuş doku yağlı kâğıt üzerine aktarılmış ve kurutulması için mikrodalga fırına verilmiştir (Şekil 4.24).

Kurutulmuş numuneler test kabininde 24 saat normal ortam şartlarında tutulmuş ve hassas terazide tartılmıştır. Numune ağırlığından numuneye konulan lifin ağırlığı çıkarılarak kuru numunedeki tutkal miktarı ve tutkal oranı hesaplanmıştır. Numunelerden çapı 10cm ve 3cm olan örnekler kesilmiş örnekler üzerinde testler yapılmıştır (Şekil 4.25).



Şekil 4.24. Tavuk tüyü liflerinden kimyasal yöntemle üretilen dokusuz yüzey numuneleri (a-emülsiyon ve lif, b-pva tutkalı, c-karışım hazırlanması, d-yüzey oluşumu, e-mikrodalga fırın, f-üretilmiş yüzey)



Şekil 4.25. Islak serme ve kimyasal bağlama yöntemi ile üretilmiş numuneler

4.5. Üretilmiş Ses Yalıtım Malzemelerinin Bazı Özelliklerinin İncelenmesi

4.5.1. Materyal

Araştırmalarda materyal olarak tavuk tüyü liflerinden termik bağlama yöntemiyle üretilmiş dokusuz yüzey numuneleri, mekanik bağlama yöntemiyle üretilmiş kapitone yüzey numuneleri, kimyasal bağlama yöntemiyle üretilmiş dokusuz yüzey numuneleri kullanılmıştır.

4.5.2. Yöntem

4.5.2.1. TTL'den Üretilmiş Numunelerinin Yapısal Parametrelerinin İncelenmesi

Yapısal parametrelerin incelenmesi kapsamında üretilmiş numuneler test kabininde normal ortam şartlarında 48 saat dinlendirildikten sonra kalınlık ve ağırlıkları ölçülmüş, yüzey ve hacim üzere ağırlıkları, gözenekliliği hesaplanmıştır. Ölçümler ve testler Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarlarında mevcut cihazlarla yapılmıştır.

4.5.2.1.1. Numunelerin Ağırlık Ölçümü

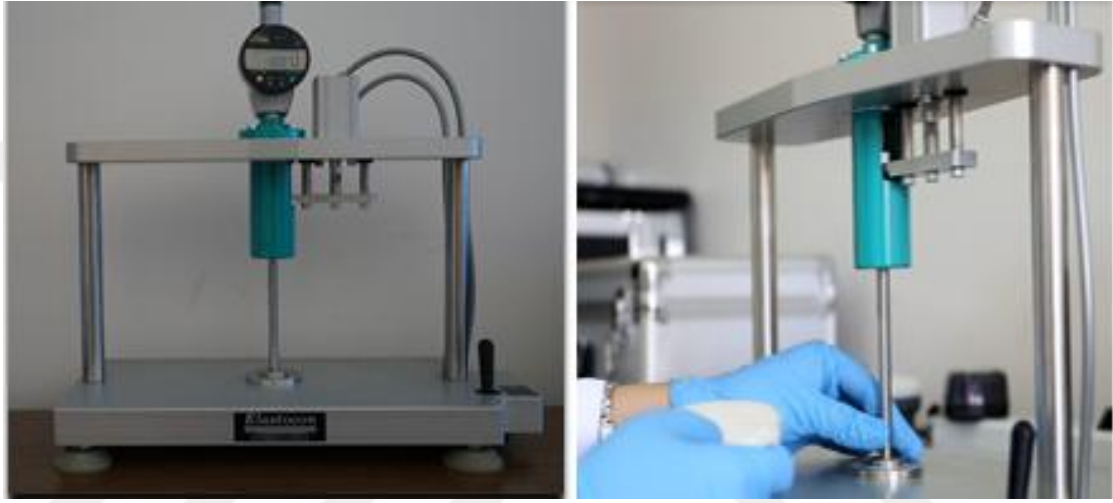
Numunelerden ölçümler için 100mm ve 30mm çapında örnekler kesilmiştir. Kesilmiş örnekler ölçümlere kadar test kabininde normal ortam şartlarında bekletilmiştir. Kesilmiş dokusuz yüzey numunelerin öncelikle gramajları ölçülmüştür. Numunelerin ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan 0,01 gr hassasiyet ile ölçüm yapan Dikomsan marka elektronik hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Elektronik hassas terazi

4.5.2.1.2. Numunelerin Kalınlık Ölçümü

Preslenmiş ve 10cm çapında makasla kesilmiş olan yuvarlak şekilli dokusuz yüzey numunelerin kalınlık ölçümü Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında bulunan Elastocon model elektronik kalınlık ölçer cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.27). Ölçümlerde doğruluk payını artırmak için her bir numunenin farklı yerinden 5'er ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır.



Şekil 4.27. Kumaş kalınlık ölçer cihazı

4.5.2.1.3. Numunelerin Yüzeysel ve Hacimsel Ağırlıkları İle Gözenekliliğinin Hesaplanması

Numunelerin kalınlık ve ağırlıkları ölçüldükten sonra yüzeysel ve hacimsel ağırlıkları ile birlikte gözeneklilik değerleri de hesaplanmıştır. Hesaplamalar aşağıda verilen formüllere göre yapılmıştır.

Malzemenin yüzeysel ağırlığı A_y malzemenin birim alanının ağırlığı olarak hesaplanmıştır:

$$A_y = \frac{A}{S}.$$

Burada A – malzemenin ağırlığı, S – malzemenin yüzey alanıdır.

Malzemenin hacimsel A_h ağırlığı veya hacim üzere ağırlığı ise birim hacminin ağırlığı olarak hesaplanmıştır:

$$A_h = \frac{A}{V_m} = \frac{A}{sh} = \frac{A_y}{h}$$

Bu ifadede V_m – malzemenin hacmi, h – kalınlığıdır. Hacimsel ağırlık özgül ağırlıktan farklıdır Burada malzemenin gözeneklik değeri ile birlikte hacim hesaplanmalıdır. Malzemenin özgül ağırlığına A_d ve hacimsel ağırlığına göre malzemenin gözenekliği hesaplanmıştır:

$$G = \frac{A_d - A_h}{A_d} \cdot \%100$$

4.5.2.1.4. Numunelerin Hava Geçirgenlik Testleri

Numunelerin hava geçirgenlik değerleri Erciyes Üniversitesi yerleşkesinde bulunan Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) laboratuvarındaki Prowhite markalı K008 model Hava Geçirgenlik Test Cihazı kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4.28). Ölçüm TS 391 EN ISO 9237 numaralı Tekstil-Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini isimli Türk Standartları Enstitüsü'nde belirtilen test standardına uygun şekilde yapılmıştır. Numuneler 10cm çapında kesilip hazırlandıktan sonra test standartlarına göre iklimlendirme kabininde kondisyonlanmıştır. Daha sonra numuneler cihazın üzerinde bulunan 20cm²'lik standart numune tutucu ile tutulur. Cihazda 500 PA'ya kadar basınç düşümü sağlanabilir. Hava geçişi dm³/dk cinsinden kaydedilir. Cihaz elektronik kontrollüdür. Ortalama 20sn sonunda ölçümü yapılan numunenin hava geçirgenlik değeri ölçüldükten sonra elektronik ekrandan değer okunur. Doğruluk payını artırmak için her bir numunenin 3 farklı yerinden ölçümler yapıp bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

Numuneleri ait gramaj, kalınlık, yoğunluk, gözeneklik ve hava geçirgenlik ölçüm sonuçları bir sonraki bölümde verilecektir.



Şekil 4.28. Hava geçirgenlik test cihazı

4.5.2.2. TTL'den Üretilmiş Numunelerinin Akustik Parametrelerinin İncelenmesi

Tavuk tüyü liflerinden üretilen yüzey numunelerinin akustik parametrelerinin incelenmesi kapsamında numunelerin ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı test edilmiştir. Testler BSWA IMPEDANCE TUBE SYSTEM SW422+SW477 ile ISO 10534-2 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Her numune tek, iki ve üç katlı olarak ölçülmüştür. Bu sayede numune kalınlığına bağlı olarak ses yutum katsayısındaki meydana gelen değişimler test edilmiştir.

4.5.2.2.1. Empedans Tüpünün Çalışma Prensibi

Empedans Tüpü Ölçüm Yöntemi; testte kullanılan numunelerin kolay üretilebilmesi, numune boyutlarının küçük olması ve test sürelerinin kısa olması bakımından oldukça kullanışlı bir sistemlerdir.

Empedans tüpü ölçüm metodu, test numunesinin yüzeyinde oluşan akustik empedansının etkiyen ve yansıyan ses dalgalarının ölçülmesi ile bulunması ve elde

edilen yüzey empedansı değerinden ses yutum katsayısı değerinin hesaplanması prensibine göre çalışır.

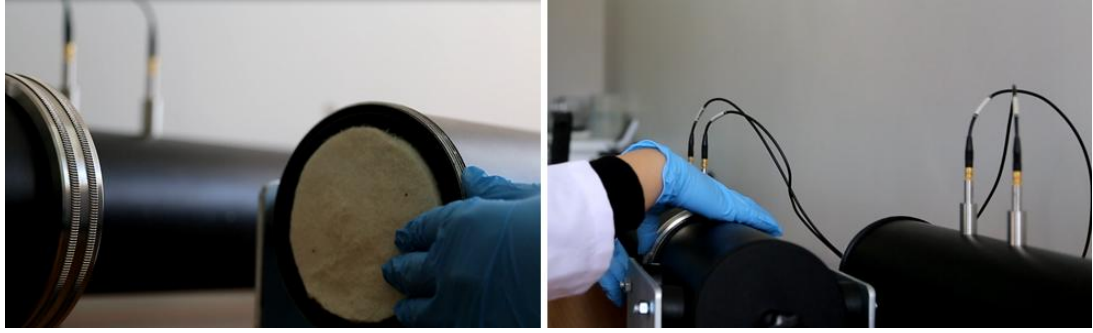
"Transfer Function" olarak bilinen ve standartlara girmiş olan transfer fonksiyon yöntemi, yeni sistem empedans tüplerinde kullanılmaktadır. Yüzey empedansı ve ses yutum katsayısı değerlerinin bütün frekanslar için tek bir ölçümde elde edilmesi bu yöntemin avantajıdır [129].

Akustik özelliklerin(emme katsayısı, empedans oranı yansıma katsayısı) belirlenmesinde kullanılan en yaygın metodlardan biridir. Ses yalıtım parametrelerini ölçmek için Bursa ilinde bulunan ULUTEK Teknoloji Geliştirme Bölgesi DTA Mühendislik şirketi tarafından satın alma hizmeti gerçekleştirilen BSWA TECH markalı empedans tüpü cihazından yararlanılmıştır. Geliştirilmiş olan dokusuz yüzey numunelerinin ses yutuma katsayısı ve ses iletim kaybı ölçülmüştür. Empedans tüpü Şekil 4.29'da gösterilmektedir.



Şekil 4.29. BSWA TECH markalı empedans tüpü cihazı

Düşük frekanslarda ses yutum katsayısı ölçümlerinde kullanılan tüp çapı 10cm, yüksek frekanslarda yapılan ölçümlerde kullanılan tüp çapı ise 3cm'dir.



Şekil 4.30. Ölçümü yapılacak numunelerin tüplere yerleştirilmesi

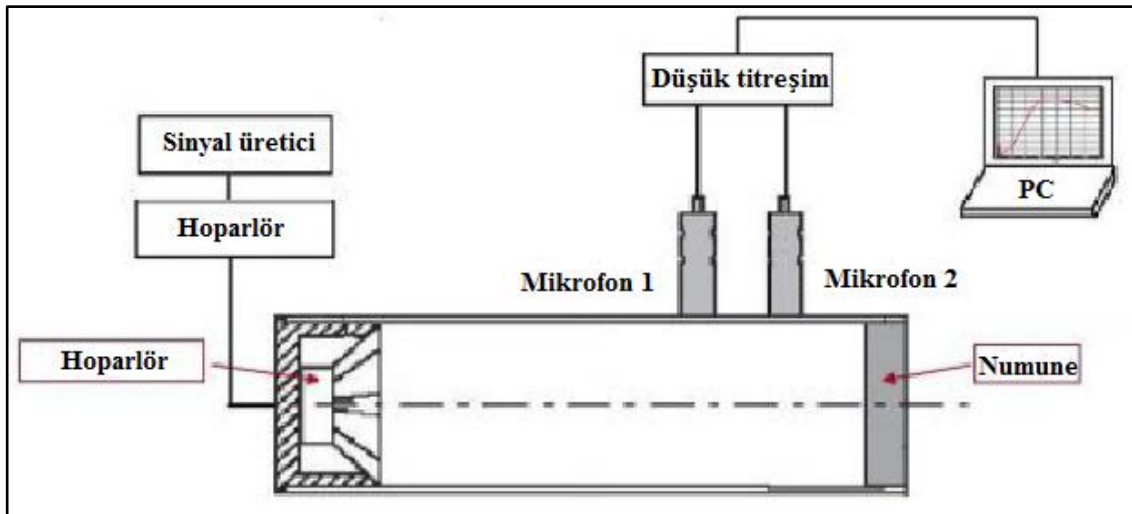
4.5.2.2.2. Ses Yutum Katsayısının Ölçülmesi

Ses yutma katsayısının ölçülmesi için test numunesi rijit ve doğrusal tüpün bir ucuna yerleştirilir. Bir ses kaynağı tarafından düzlemsel dalgalar üretilir. Numuneye yakın iki noktadan ses basıncı ölçülür.

Test iki mikrofonla yapılır. Öncelikle mikrofonlar arasında faz kalibrasyonun yapılması gerekir. Test iki mikrofonun ürettiği sinyaller arasında meydana gelen transfer fonksiyonunun ölçülmesine metoduna dayanır. Böylece ses yutum katsayısı, yansıma faktörü ve empedans değerleri hesaplanır.

Ölçümlerde karşımıza çıkan frekans değerlerinin bulunduğu aralık kullanılan tüpün çapına ve mikrofonların takıldığı bölümler arasındaki mesafeye göre belirlenmektedir.

Ses yutum katsayısının ölçümü için gerekli olan cihazın şematik gösterimi Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.31. Ses yutma katsayısı ölçümü [129]

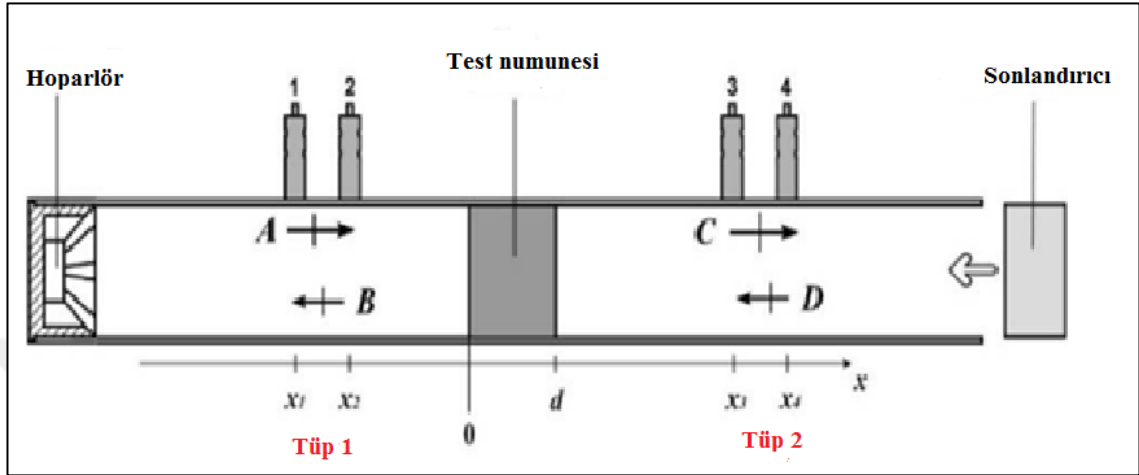


Şekil 4.32. Ses yutum katsayısı(a) ve ses iletim (b) katsayısı ölçümü için tüp pozisyonu

4.5.2.2.3. Ses İletim Kaybının Ölçülmesi

Ses iletim kaybı numunenin bir yüzüne gelen sesin diğer tarafa ne kadar geçtiğini ile ilgili olan bir ölçümdür. Kısaca enerji aktarımını anlatır. Ses iletim kaybı değeri (Transmission Loss) ölçümleri için empedans tüpünde bulunan ek aparatların kullanılması gerekmektedir. Ölçümler Şekil 4.31’de gösterildiği üzere iki tüp arasına ölçülecek olan numunenin yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir. Burada solda olan birinci tüpten sonra numune yerleştirilir ve sağda bulunan ikinci tüp dişleri vasıtasıyla birinci tüpe bağlanır. Empedans tüpü ölçümünde olduğu gibi ses kaynağından numune üzerine gönderilen düzlemsel dalgalar ilk iki mikrofonda ölçülür. Malzemenin ön yüzünden arka yüzüne geçip ikinci tüpe iletilen ses dalgaları da 3 ve 4 numaralı mikrofona vasıtasıyla ölçülür. Bütün mikrofona arasındaki transfer fonksiyonları teker teker hesaplanır. Ölçümler sonrası iyi bir sonuç elde etmek için ses dalgalarının tamamen geri yansıdığı ve boşlukta yayılıp bir yüzeyden tüp içerisine geri döndüğü iki zıt sınır şartlarının seçilmesi gerekmektedir. Birinci durumda sağda bulunan 2 numaralı tüp, cihaz ile birlikte gelen sert bir kapak yardımı ile kapatılır ve sesin tamamen geri yansması sağlanır. İkinci durumda ise kapak kapatılmadan açık şekilde bırakılan tüpten boşluğa yayılan ses dalgaları tüp içerisine geri dönmez. Ölçümler sonrası ilse mevcut

yazılım sayesinde malzemenin ses iletim kaybı (Sound Transmission Loss) hesaplanır. Ses iletim kaybının ölçülmesinde kullanılan cihazın şematik gösterimi şekil 4.33’de verilmiştir.



Şekil 4.33. Ses iletim kaybı ölçümü [129]

Eğer hazır bir test kiti kullanılıyorsa ölçümler oluşan en yüksek basınç seviyesi ve en düşük basınç seviyelerinin yakalanması prensibine dayanmaktadır. Tüp içerisinde maksimum basınç, etkiyen ve yansıyan dalgaların aynı fazda olması durumunda, minimum basınç ise bu dalgaların ters fazda olması halinde oluşur. Bu ölçüm yönteminde tek bir mikrofon kullanılır ve her defasında bir frekansa karşılık gelen ses yutum katsayısı değeri bulunabilir. Bu yöntem Transfer Fonksiyon Metoduna göre daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Ancak test sürelerinin uzun olması nedeniyle çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir [129].

Bu iki yöntemde de tüp içerisinde düzlemsel dalganın oluşması gerekir. Bu sebeple testlerde daha yüksek frekanslara çıkıldıkça tüp çaplarının küçüldüğü görülmektedir. Düşük frekanslarda çapı büyük olan tüplerde düzlemsel dalga oluşurken; çapı küçük olan tüplerde ise yüksek frekanslarda düzlemsel dalga oluşabilmektedir.

Ölçmeler aşağıdaki standartlara göre gerçekleştirilmiştir:

- ISO 10534-1: 1996 Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part1: Method using standing wave ratio
- ISO 10534-2: 1998 Acoustics-Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes-Part2: Transfer function method.

5. BÖLÜM

BULGULAR

5.1. Tavuk Tüylerinin Lif üretimine Hazırlanması İle İlgili Araştırmalar

Tavuk tüylerinin lif üretimine hazırlanması amacıyla gerçekleştirilen yıkama ve kurutma işlemleriyle ilgili yapılan önceki araştırmalara baktığımız zaman araştırmacıların sadece tüylerin temizliği ile ilgili çalışmalar yapmış olduğu, tüyü oluşturan liflerin gözenekli içyapı özelliğinin korunması konusunu dikkate almadıkları görülmektedir. Bu çalışmada yıkama zamanı tüylerin temizlik derecesi kadar, bu tüylerden üretilecek liflere yalıtım özelliği kazandıran gözenekli içyapının korunmasının önemli olduğuna dikkat edilmelidir.

5.1.1. Yıkama İle Bağlı Sonuçlar

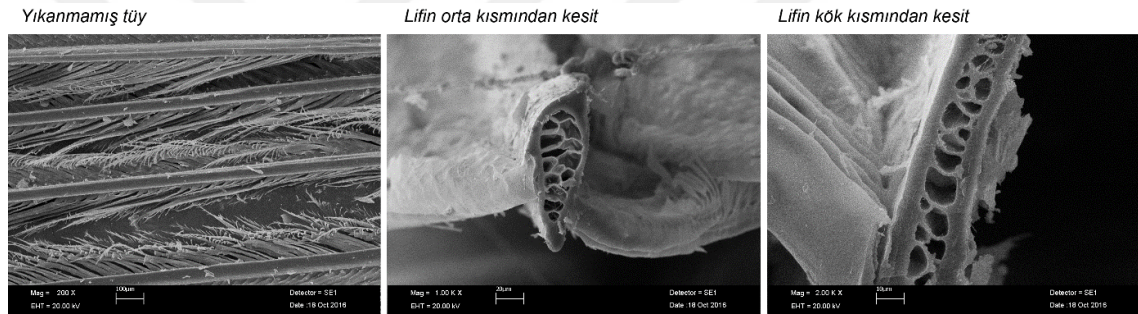
Gerçekleştirilen deneylerde yıkama maddesinin seçilmesi için kriter olarak tüylerin temizlik derecesi (üzerinde kür ve yağ parçacıklarının kalmaması), liflerin yüzey ve mikro gözenekli içyapısının hasar görmemiş olması ve liflerin mekanik özelliklerinden kopma mukavemeti kabul edilmiştir. Bu amaçla yıkanarak kurutulan tüylerden üretilmiş liflere yapısal özelliklerinin incelenmesi için SEM analizi ve çekme testleri uygulanmıştır.

5.1.1.1. SEM Analizi Sonuçları

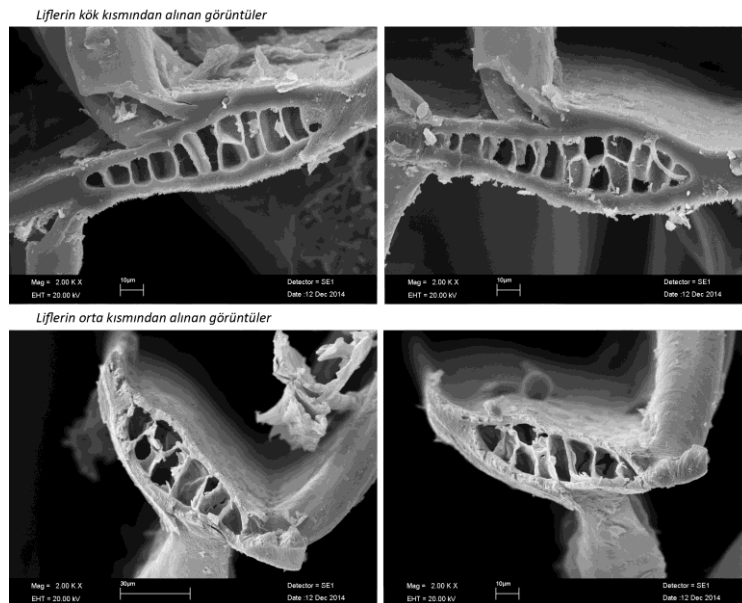
Doğal yapısı itibarıyla üzerinde barındırdığı birçok toz, yağ, vaks ve kan gibi maddelerin temizlenmesi için tavuk tüyleri 2 farklı yıkama programında 4 farklı yıkama maddesi ve 1 adet dezenfektan maddesi kullanılarak yıkanmıştır. Yıkama etkinliğinin derecesini öğrenmek için hem yıkanmış hem de yıkanmamış tavuk tüyü lif numunelerinin SEM analizi yapılmıştır.

Şekil 5.1’de yıkanmamış tavuk tüyü ve bu tüylerden elde edilen liflerin iç ve dış yapısının SEM görüntüleri verilmiştir. Şekilden tüylerin ve bu tüylerden elde edilmiş olan liflerin üzerindeki kir ve yağ parçacıkları açıkça görülmektedir. Ayrıca gözenekli içyapıya sahip olan bu liflerin boşluklu içyapılarında herhangi bir bozulma olmadığı söylenebilir.

Şekil 5.2’ de herhangi bir yıkama ve dezenfektan maddesi kullanılmadan saf suda 1 saat süre ile yıkanmış olan tavuk tüyünden kesilmiş lif numunelerinin elektron mikroskopunda alınmış yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir. Şekil 5.2’de görüldüğü üzere, liflerin gözenekli içyapısında herhangi bir deformasyon yoktur. Boşluklar oldukça düzgün bir şekildedir.



Şekil 5.1. Yıkanmamış tavuk tüyü ve tavuk tüyü liflerinin SEM görüntüleri

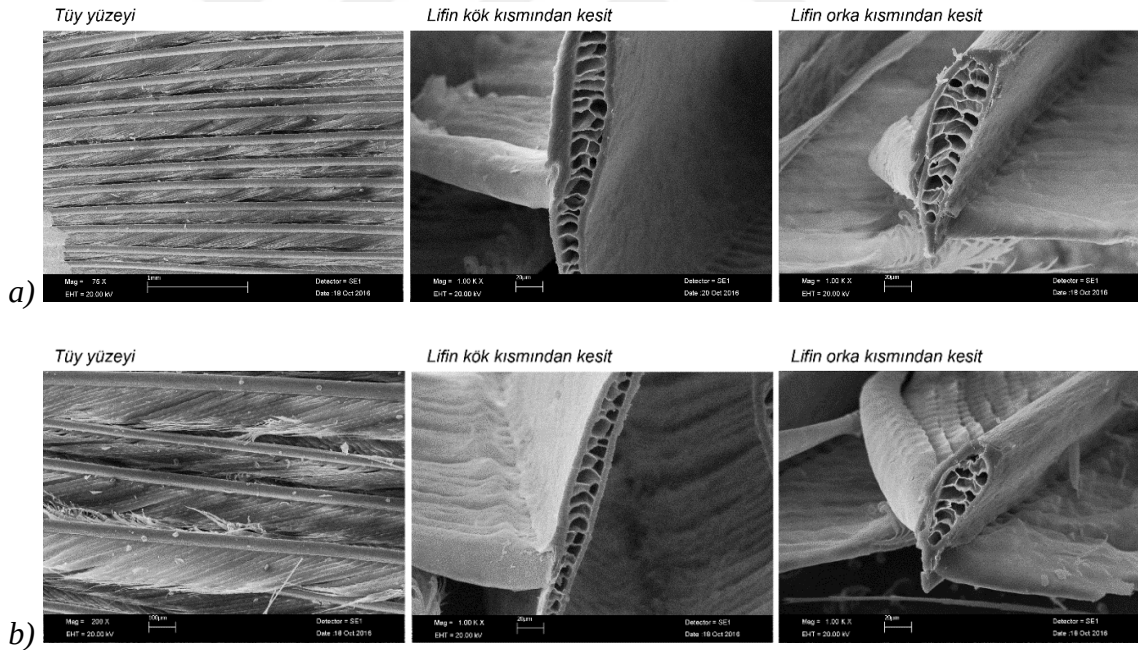


Şekil 5.2. Sadece suda yıkanmış liflerin kök ve orta kısımlarının yüzey ve kesitinin SEM görüntüleri

Yıkamamış liflerden ve sadece saf suda yıkanan liflerden elde edilen SEM görüntülerinde boşluklu yapının herhangi bir şekilde bozulmaya uğramadığı ortaya çıksa, liflerin yeterince temizlenmediği görülmüştür. Bu nedenle uygun yıkama maddeleri ile yıkama gerçekleştirilmiştir.

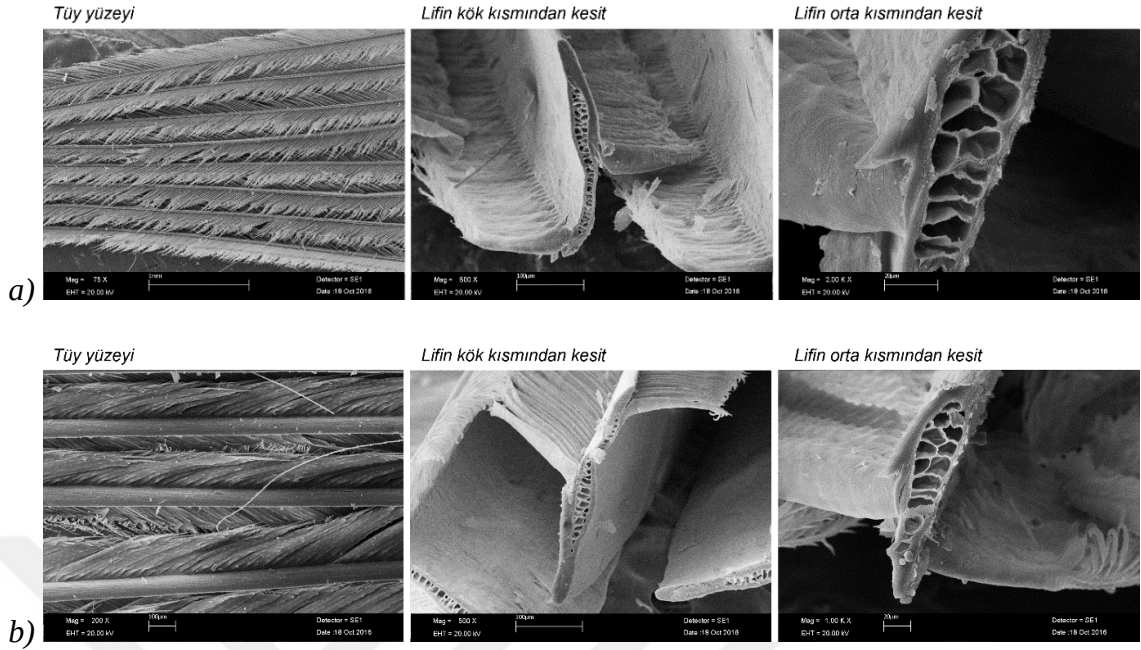
Çalışmalarda iki ayrı şirketten temin edilen 4 adet farklı yıkama maddesi ve bir adet dezenfektan kullanılmıştır. Bu maddeler iki farklı yıkama programıyla tüylere uygulanmış bulunmaktadır.

Şekil 5.3’de Rudolf Group şirketine ait Rucogen Yes ticari isimli yıkama maddesi ve sodyum hipoklorit ile yıkanmış tüylerden elde edilmiş liflerin yüzey ve kesitlerinin SEM görüntüleri verilmiştir. 1. Yıkama programıyla yıkanmış tüylerden elde edilmiş SEM görüntüleri Şekil 5.3a’da, 2. Yıkama programıyla tıkanmış tüylerden elde edilen SEM görüntüleri ise Şekil 5.3b’de verilmiştir.



Şekil 5.3. Rucogen Yes ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri

Rudolf Group şirketine ait Verolan SSA yıkama maddesi ve sodyum hipoklorit çözeltisi ile yine iki farklı program üzere yıkanmış tavuk tüylerinden elde edilmiş liflerin yüzey ve kesit görüntüleri şekil 5.4’de verilmiştir.

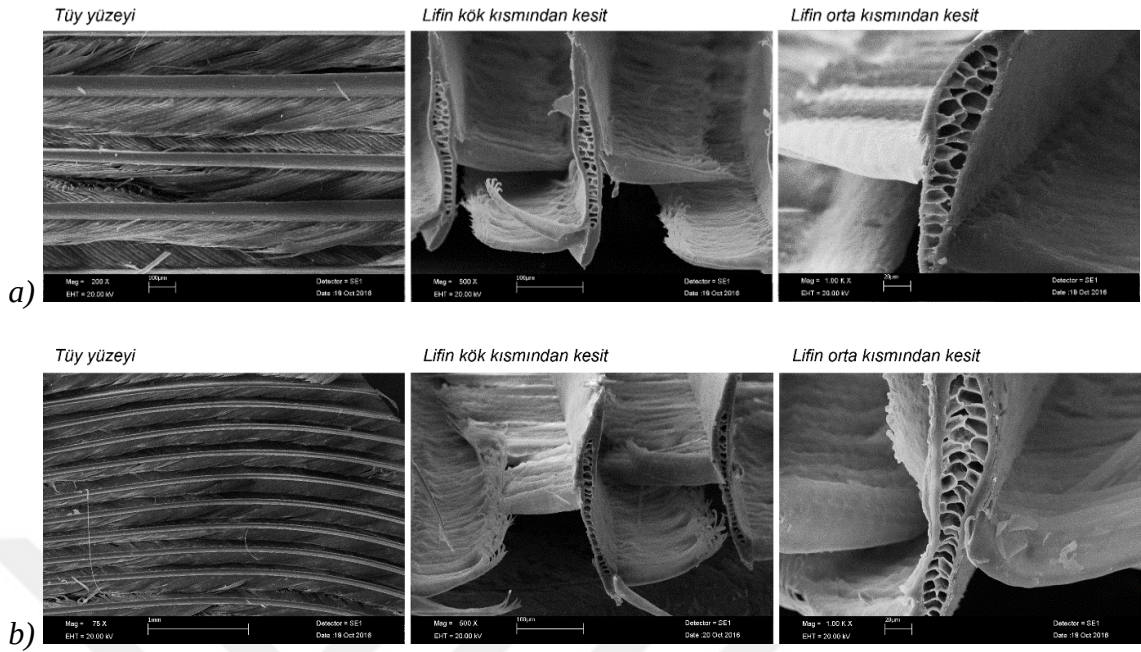


Şekil 5.4. Verolan SSA ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri

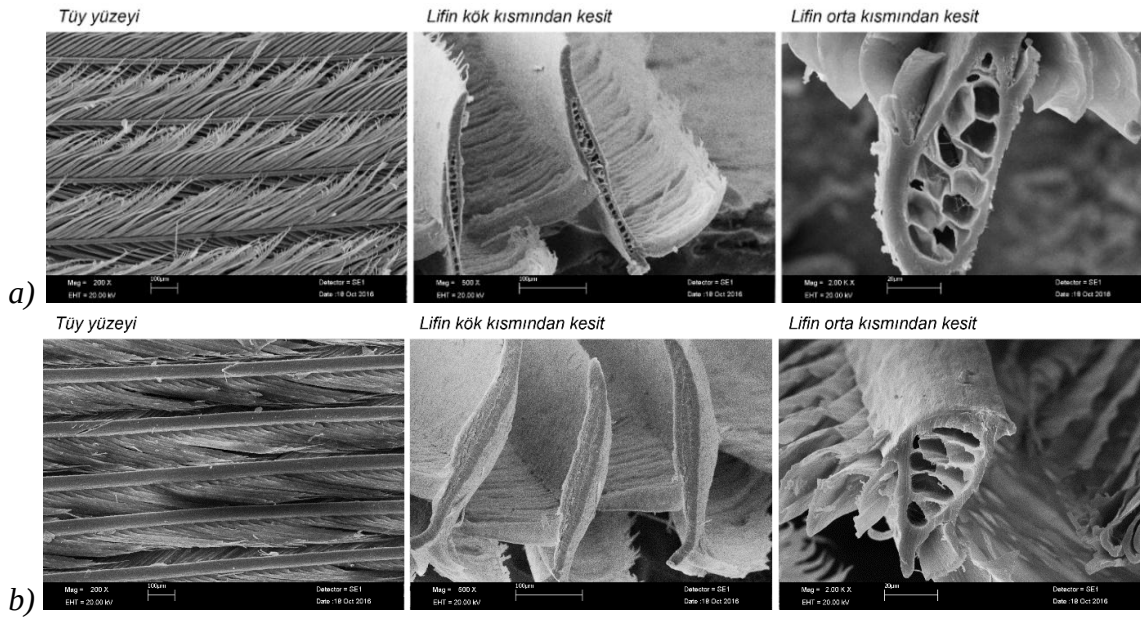
Şekil 5.5 ve Şekil 5.6’da Setaş şirketine ait Setalan IK 30 ticari isimli, ve Setawash PY Conz ticari isimli yıkama maddeleri ile sodyum hipoklorit kullanarak her iki program üzere yıkanmış olan tüylerden edilen liflerin yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.

Liflerin gözenekli içyapısının birçok nedenden dolayı etkilenip bozulacağı düşünülmektedir. Biz yıkama prosesinde yıkama sıcaklığını önceden yapılmış olan tüylerin DSC ve TGA sonuçlarına göre 40°C olarak belirlemiştik. Belirlenen bu sıcaklığın liflerin içyapısını koruması açısından ne kadar önemli olduğunu göre bilmek için 80°C sıcaklıkta bir yıkama işlemi daha gerçekleştirilmiştir. Yıkama sonrası liflerden elde edilen SEM görüntüleri şekil 5.7’de verilmiştir.

Bu şekilden görüldüğü üzere yıkama sıcaklığının artmış olması, liflerin temizliği açısından olumlu sonuç vermiştir. Fakat liflerin gözenekli içyapısında meydana gelen hasarla birlikte gözenekler zarara uğramış ve küçülmüştür. 80°C’de yapılan yıkama sonucu elde edilen SEM analizi fotoğrafları başta belirlenen mevcut 40°C olan yıkama sıcaklığının doğru seçilmiş olduğunu kanıtlar niteliktedir.



Şekil 5.5. Setalan IK 30 ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri



Şekil 5.6. Setawash PY Conz ve sodyum hipoklorit ile yıkama sonrası liflerin SEM görüntüleri



Şekil 5.7. 80°C’de yıkanmış olan tüylerden elde edilen lifin SEM görüntüsü

Yıkama maddeleri ve yıkama programının tüylerin içyapısını nasıl etkilediğini daha iyi gösterebilmek için SEM görüntülerindeki özellikler tablo 5.1’e yansıtılmıştır.

Tablo 5.1. Yıkama öncesi ve sonrası lif kesitlerinin SEM görüntülerinin analizi

Yıkama maddesi	Yıkama programı	Yıkanmış tüylerden elde edilmiş liflerin yüzey ve içyapı açılarından durumu					
		Kir parçacıkları	Yağ parçacıkları	Yüzey bozulması	Lifin kök kısmında içyapı bozulması	Lifin orta kısmında içyapı bozulması	Gözeneklerin daralması
Yıkanmamış		Çok	Çok	Yok	Yok	Yok	Yok
Su ile yıkanmış		Çok	Çok	Yok	Yok	Yok	Yok
Rucogen Yes	1	Çok az	Çok az	Yok	Yok	Yok	Yok
	2	Az	Az	Yok	Yok	Yok	Yok
Verolan SSA	1	Çok az	Çok az	Yok	Orta	Yok	Az
	2	Az	Az	Yok	Orta	Orta	Orta
Setalan İK 30	1	Çok az	Az	Az	Az	Yok	Çok Az
	2	Çok az	Orta	Orta	Orta	Az	Az
Setawash PY Gonz	1	Az	Az	Orta	Orta	Yok	Orta
	2	Çok az	Çok az	Orta	Çok	Az	Orta

5.1.1.2. Çekme Testi Sonuçları

Yıkama sırasında kullanılan kimyasalların tüylerden elde edilen liflerin mekanik özelliklerini etkilediği görülmüştür. Yıkama maddelerinin ve yıkama programlarının liflerin mekanik özelliklerini nasıl etkilediğini ortaya çıkarmak için farklı maddelerle farklı programlarda yıkanmış tüylerinden elde edilmiş liflere çekme testi uygulanmış ve deney sonuçları Tablo 5.2’de yer almıştır.

Tablo 5.2. Tavuk tüyü liflerinin çekme testi sonuçları

Yıkama maddesi	Yıkama programı	Kopma Mukavemeti, 10^{-3}N	Max. Gerilme, 10^3Pa	Kopma Uzunluğu, 10^{-3}m
Yıkanmamış tüyler		305,49	388,97	0,54
		152,59	194,28	0,35
		295,80	376,62	0,62
		371,93	473,56	0,64
		342,85	436,53	0,88
Rucogen Yes	Program 1 ile yıkama işlemi	684,26	871,23	0,58
		560,76	713,98	0,73
		419,62	534,27	0,68
		557,11	416,49	0,38
		553,13	704,27	0,56
	Program 2 ile yıkama işlemi	603,83	768,83	0,86
		510,53	650,03	0,74
		404,36	514,84	0,80
		541,69	689,70	0,88
		524,52	667,84	0,73
Verolan SSA	Program 1 ile yıkama işlemi	600,81	764,98	0,84
		468,25	596,20	0,52
		503,06	640,52	0,92
		500,36	637,08	0,49
		697,93	888,63	0,97
	Program 2 ile yıkama işlemi	622,27	792,30	0,68
		456,97	581,83	0,74
		419,14	533,67	0,80
		597,79	761,14	0,89
		487,01	620,08	0,68
Setalan IK30	Program 1 ile yıkama işlemi	306,13	389,78	0,43
		359,22	457,37	0,59
		501,16	638,09	0,58
		362,08	461,01	0,61
		274,82	349,91	0,61
	Program 2 ile yıkama işlemi	341,42	434,70	0,46
		231,58	294,86	0,46
		275,61	350,92	0,67
		334,90	426,41	0,71
		282,92	360,23	0,68
Setawash PY Conz	Program 1 ile yıkama işlemi	280,54	357,19	0,58
		391,50	511,20	0,62
		375,43	478,01	0,71
		302,95	385,73	0,86
		206,31	262,68	0,55
	Program 2 ile yıkama işlemi	221,57	282,11	0,73
		161,49	205,61	0,57
		209,01	266,12	0,63
		155,29	197,72	0,57
		188,19	239,61	0,59

Yıkama çözeltisindeki yıkama madde konsantrasyonunun liflerin mikro gözenekli yapısını etkileyip etkilemediğini görmek için Design Expert programı kullanılarak 2 faktörlü deney gerçekleştirilmiştir. Yıkanmış tüylere ve tüyden elde edilmiş liflere SEM analizi ve mukavemet testleri yapılmıştır (Tablo 5.3).

Tablo 5.3. Farklı yıkama konsantrasyon çözeltilerinde yıkanmış tüylerden elde edilmiş liflerin çekme testi sonuçları

	Faktörler		Kopma mukavemeti, 10^{-3}N	Max. Uzama, 10^3Pa	Kopma uzaması, 10^{-3}m
	X_1	X_2			
1	-1	-1	585,21	745,11	0,82
			661,45	842,19	0,63
			315,87	402,18	0,40
			429,87	547,33	0,74
			554,44	705,93	0,65
2	-1	0	435,65	554,68	0,51
			585,68	745,70	0,69
			352,92	449,35	0,41
			538,73	685,93	0,74
			459,47	585,00	0,55
3	-1	1	465,20	592,31	0,59
			512,36	652,35	0,60
			324,58	413,26	0,38
			325,71	414,70	0,38
			445,89	567,73	0,53
4	0	-1	659,47	839,66	0,68
			527,06	671,08	0,74
			738,46	940,24	0,70
			506,24	644,57	0,64
			599,54	763,36	1,03
5	0	0	473,18	602,47	0,55
			527,86	672,09	0,62
			560,28	713,38	0,66
			574,59	731,59	0,79
			596,21	759,11	0,71
6	0	1	423,59	539,33	0,68
			339,03	431,67	0,62
			391,32	498,25	0,64
			317,41	404,14	0,54
			352,38	448,67	0,50
7	1	-1	636,26	810,11	0,73
			655,02	833,99	0,85
			564,89	719,24	0,78
			673,14	857,06	0,66
			605,90	771,46	0,92
8	1	0	330,29	420,54	0,40
			598,27	761,74	0,59
			526,43	670,27	0,71
			360,33	458,79	0,55
			514,51	655,09	0,65
9	1	1	224,11	285,35	0,58
			220,46	280,70	0,50
			208,22	265,11	0,54
			159,58	203,19	0,45
			128,27	163,32	0,42

Tablo 5.2’teki verilerden liflerin kopma mukavemeti değerlerine çoklu karşılaştırma testi uygulayabilmek için veri gruplarında veri dağılışı normal, gruplar üzere varyanslar ise türdeş olmalıdır. Farklı maddelerle farklı programlar üzere yıkanmış tüylerden üretilmiş liflerin kopma mukavemeti değerlerini içeren veri gruplarında veri dağılışılarının normallliği Ryan-Joiner testine göre değerlendirilmiş ve verilerin normal dağıldığı görülmüştür (Tablo 5.4).

Tablo 5.4. Veri grupları üzere dağılışın normalliği testi sonuçları

Gruplar	Ryan-Joiner testi	Sonuç
Yıkanmamış tüyler	N = 5, RJ = 0,962, P > 0,100	Normal dağılıyor
RY-1 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,960, P > 0,100	Normal dağılıyor
RY-2 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,957, P > 0,100	Normal dağılıyor
VSSA-1 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,955, P > 0,100	Normal dağılıyor
VSSA-2 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,961, P > 0,100	Normal dağılıyor
SIK-1 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,971, P > 0,100	Normal dağılıyor
SIK-2 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,966, P > 0,100	Normal dağılıyor
SPY-1 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,984, P > 0,100	Normal dağılıyor
SPY-2 üzere yıkanmış tüyler	N = 5, RJ = 0,961, P > 0,100	Normal dağılıyor

Varyansların türdeşliği Levene kriterine göre test edilmiş ve varyansların aynı türden olduğu görülmüştür (Tablo 5.5).

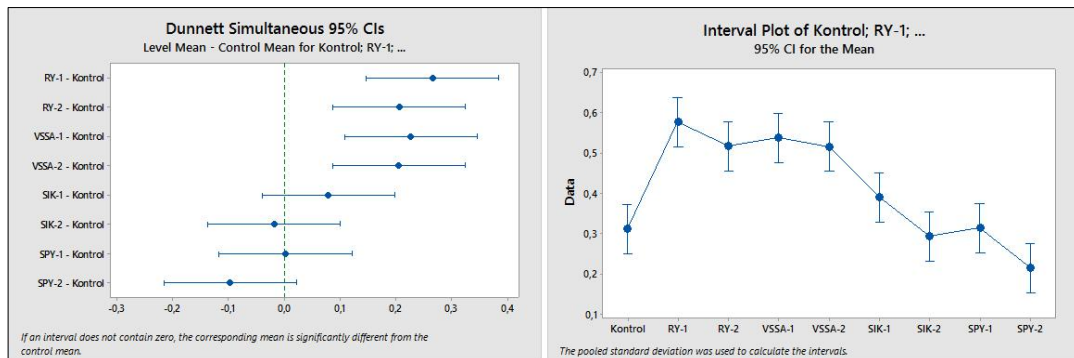
Tablo 5.5. Varyansların türdeşliği testi sonuçları

Method			
Null hypothesis		All variances are equal	
Alternative hypothesis		At least one variance is different	
Significance level		$\alpha = 0,05$	
95% Bonferroni Confidence Intervals for Standard Deviations			
C11	N	StDev	CI
1	5	0,0548086	(0,0092209; 0,73140)
2	5	0,0687021	(0,0111788; 0,94793)
3	5	0,0723450	(0,0114326; 1,02779)
4	5	0,0592306	(0,0190893; 0,41261)
5	5	0,0890052	(0,0291898; 0,60930)
6	5	0,0746218	(0,0151418; 0,82563)
7	5	0,0454866	(0,0117397; 0,39568)
8	5	0,0778886	(0,0189616; 0,71831)
9	5	0,0534969	(0,0086243; 0,74502)
Individual confidence level = 99,4444%			
Tests			
		Test	
Method		Statistic	P-Value
Multiple comparisons		—	0,795
Levene		0,32	0,951

Grup verilerinin varyans analizi için tüm koşullar yerine getirildikten sonra uygulanmış ANOVA sonuçları Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.6. Dunnett testi ve ANOVA sonuçları

One-way ANOVA: Kontrol; RY-1; RY-2; VSSA-1; VSSA-2; SIK-1; SIK-2; SPY-1; SPY-2					
Method					
Null hypothesis	All means are equal				
Alternative hypothesis	At least one mean is different				
Significance level	$\alpha = 0,05$				
Equal variances were assumed for the analysis.					
Factor Information					
Factor	Levels	Values			
Factor	9	Kontrol; RY-1; RY-2; VSSA-1; VSSA-2; SIK-1; SIK-2; SPY-1; SPY-2			
Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	8	0,6921	0,086519	19,01	0,000
Error	36	0,1638	0,004550		
Total	44	0,8560			
Model Summary					
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	
	0,0674570	80,86%	76,61%	70,10%	
Means					
Factor	N	Mean	StDev	95% CI	
Kontrol	5	0,3117	0,0548	(0,2505; 0,3729)	
RY-1	5	0,5770	0,0687	(0,5158; 0,6382)	
RY-2	5	0,5170	0,0723	(0,4558; 0,5782)	
VSSA-1	5	0,5381	0,0592	(0,4770; 0,5993)	
VSSA-2	5	0,5166	0,0890	(0,4555; 0,5778)	
SIK-1	5	0,3905	0,0746	(0,3293; 0,4517)	
SIK-2	5	0,2933	0,0455	(0,2321; 0,3545)	
SPY-1	5	0,3133	0,0779	(0,2522; 0,3745)	
SPY-2	5	0,2142	0,0535	(0,1530; 0,2754)	
Pooled StDev = 0,0674570					
Dunnett Multiple Comparisons with a Control					
Grouping Information Using the Dunnett Method and 95% Confidence					
Factor	N	Mean	Grouping		
Kontrol (control)	5	0,3117	A		
RY-1	5	0,5770			
VSSA-1	5	0,5381			
RY-2	5	0,5170			
VSSA-2	5	0,5166			
SIK-1	5	0,3905	A		
SPY-1	5	0,3133	A		
SIK-2	5	0,2933	A		
SPY-2	5	0,2142	A		
Means not labeled with the letter A are significantly different from the control level mean.					



Şekil 5.8. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Yıkama çözeltilerinde yıkama maddesi konsantrasyonunun optimal değerlerini belirlemek için Design Exper 11 programı kullanarak tasarlanmış 3-Level Factorial deney planı üzere yıkamalar gerçekleştirilmiştir. Yıkanmış tüylerden üretilmiş liflerin kesitlerinin ve tüy yüzeyinin SEM analizi yapılmış ve liflere çekme testi uygulanmıştır. Test sonuçları ortalama değerleri ile tablo 5.7’de verilmiş deney planında yer almıştır.

Tablo 5.7. Çok faktörlü deney planı ve sonuçları

Std	Run	Factor 1 A:The amount of NaClO % (v/v)	Factor 2 B:The amount of washing agent % (v/v)	Response 1 Breaking strength 0,001N	Response 2 Max. Stress KPa	Response 3 Break length 0,001m
4	1	0,20	0,40	474,49	604,132	0,58
9	2	0,60	0,60	188,128	239,534	0,198
12	3	0,40	0,40	574,59	731,59	0,79
2	4	0,40	0,20	606,154	771,782	0,69
10	5	0,40	0,40	527,86	672,09	0,62
11	6	0,40	0,40	560,28	713,38	0,66
1	7	0,20	0,20	509,368	648,548	0,648
5	8	0,40	0,40	546,424	695,728	0,666
7	9	0,20	0,60	414,748	528,07	0,496
6	10	0,60	0,40	465,966	593,286	0,58
3	11	0,60	0,20	627,042	798,372	0,788
13	12	0,40	0,40	596,21	759,11	0,71
8	13	0,40	0,60	364,746	464,412	0,596

Deney sonuçlarının istatistiksel analizi neticesinde her bir bağımlı değişken için ikinci dereceden regresyon model elde olunmuştur. Modeller Fişer kriterine göre test edilerek anlamlı bulunmuştur. Tablo 5.8’de modeller için varyans analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.8. Deney sonuçlarının ANOVA tablosu

ANOVA for Quadratic model Response 1: Breaking strength					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	1,696E+05	5	33719,57	49,49	< 0,0001 significant
A-The amount of NaClO	2999,87	1	2999,87	3,38	0,1068
B-The amount of washing agent	1,001E+05	1	1,001E+05	146,91	< 0,0001
AB	29634,59	1	29634,59	43,30	0,0003
A ²	14091,93	1	14091,93	20,68	0,0026
B ²	8723,80	1	8723,80	12,81	0,0099
Residual	4769,19	7	681,31		
Lack of Fit	2033,54	3	677,85	0,9911	0,4820 not significant
Pure Error	2735,64	4	683,91		
Cor Total	1,754E+05	12			
Fit Statistics					
Std. Dev.	26,10			R ²	0,9723
Mean	495,62			Adjusted R ²	0,9528
C.V. %	5,26			Predicted R ²	0,8792
				Adeq Precision	24,5331
Coefficients in Terms of Coded Factors					
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
Intercept	555,53	1	10,84	529,90	581,15
A-The amount of NaClO	-19,58	1	10,66	-44,78	3,62
B-The amount of washing agent	-129,16	1	10,66	-154,93	-103,39
AB	-88,07	1	13,09	-116,83	-59,21
A ²	-71,43	1	15,71	-108,57	-34,29
B ²	-56,21	1	15,71	-93,35	-19,07

ANOVA for Quadratic model Response 2: Max. Stress					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	2,731E+05	5	5463,70	49,49	< 0,0001 significant
A-The amount of NaClO	3727,93	1	3727,93	3,38	0,1068
B-The amount of washing agent	1,623E+05	1	1,623E+05	146,91	< 0,0001
AB	48039,87	1	48039,87	43,30	0,0003
A ²	22846,78	1	22846,78	20,69	0,0026
B ²	14144,50	1	14144,50	12,81	0,0099
Residual	7731,16	7	1104,45		
Lack of Fit	3296,86	3	1098,95	0,9913	0,4819 not significant
Pure Error	4434,30	4	1108,57		
Cor Total	2,810E+05	12			
Fit Statistics					
Std. Dev.	33,33			R ²	0,9723
Mean	632,31			Adjusted R ²	0,9528
C.V. %	5,26			Predicted R ²	0,8792
				Adeq Precision	24,5331
Coefficients in Terms of Coded Factors					
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
Intercept	707,32	1	13,80	674,69	739,95
A-The amount of NaClO	-24,93	1	13,57	-57,01	7,16
B-The amount of washing agent	-184,45	1	13,57	-199,53	-129,37
AB	-109,39	1	16,62	-148,88	-70,30
A ²	-90,95	1	20,00	-138,24	-43,67
B ²	-71,56	1	20,00	-118,85	-24,28

ANOVA for Quadratic model Response 3: Break length					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
Model	0,2273	3	0,0455	7,16	0,0112 significant
A-The amount of NaClO	0,0042	1	0,0042	0,6555	0,4448
B-The amount of washing agent	0,1165	1	0,1165	18,33	0,0036
AB	0,0480	1	0,0480	7,56	0,0086
A ²	0,0333	1	0,0333	5,25	0,0537
B ²	0,0061	1	0,0061	0,9942	0,3812
Residual	0,0444	7	0,0063		
Lack of Fit	0,0277	3	0,0092	2,20	0,2308 not significant
Pure Error	0,0168	4	0,0042		
Cor Total	0,2717	12			
Fit Statistics					
Std. Dev.	0,0787			R ²	0,8365
Mean	0,6171			Adjusted R ²	0,7197
C.V. %	12,91			Predicted R ²	-0,1264
				Adeq Precision	9,6874
Coefficients in Terms of Coded Factors					
Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
Intercept	0,6894	1	0,0331	0,6112	0,7676
A-The amount of NaClO	-0,0263	1	0,0325	-0,1092	0,0566
B-The amount of washing agent	-0,1393	1	0,0325	-0,2162	-0,0624
AB	-0,1096	1	0,0388	-0,2037	-0,0155
A ²	-0,1098	1	0,0479	-0,2232	0,0035
B ²	-0,0468	1	0,0479	-0,1502	0,0565

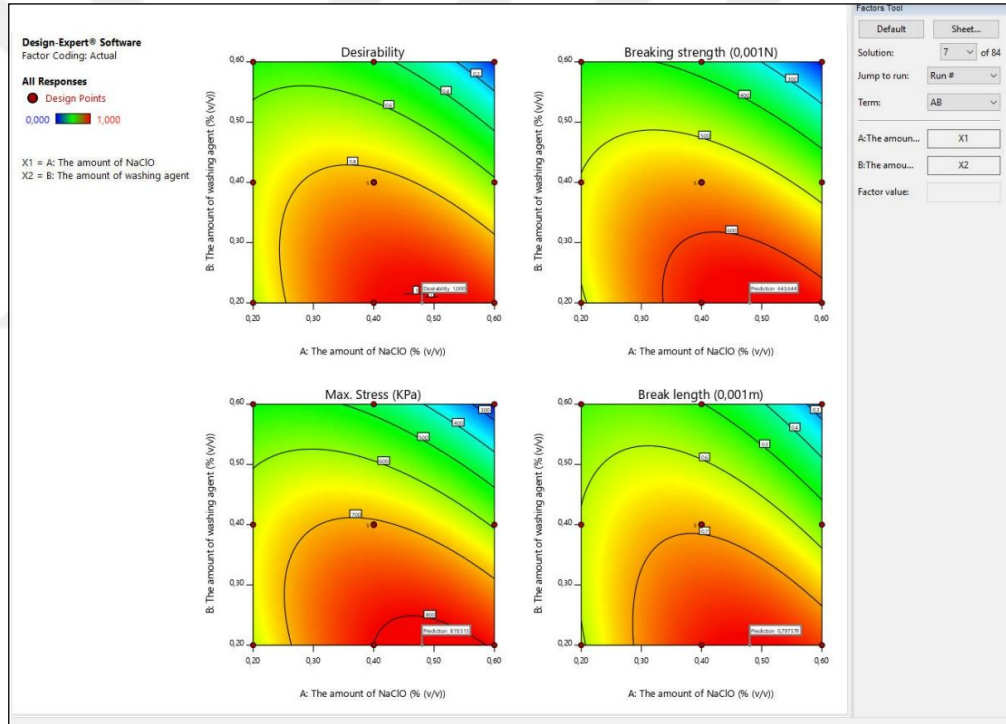
Deney sonuçlarına dayanarak bağımlı parametrenin maksimizasyonu şeklinde gerçekleştirilen optimizasyon meselesinin çözümü tablo 5.9’da yer almaktadır.

Şekil 5.9’dan çıkış parametrelerinin tepki yüzeyleri ve optimum noktası izlenebilir.

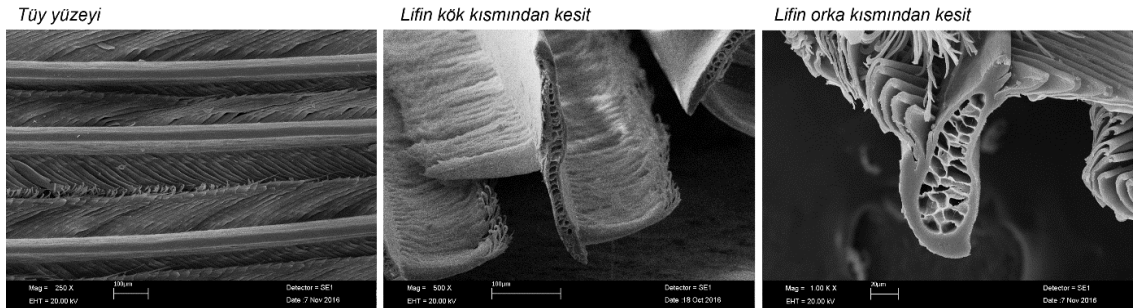
Tablo 5.9. Optimizasyon meselesinin çözümü

Constraints							
	Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
	A:The amount of NaClO	is in range	0,2	0,6	1	1	3
	B:The amount of washing agent	is in range	0,2	0,6	1	1	3
	Breaking strength	maximize	188,128	627,042	1	1	3
	Max. Stress	maximize	239,534	798,372	1	1	3
	Break length	maximize	0,198	0,79	1	1	3

Solutions							
84 Solutions found							
Number	The amount of NaClO	The amount of washing agent	Breaking strength	Max. Stress	Break length	Desirability	
1	0,462	0,215	638,655	813,162	0,791	1,000	
2	0,485	0,215	639,518	814,261	0,790	1,000	
3	0,470	0,200	642,998	818,692	0,798	1,000	
4	0,484	0,202	643,367	819,161	0,797	1,000	
5	0,455	0,211	638,873	813,440	0,792	1,000	
6	0,433	0,207	636,371	810,255	0,790	1,000	
7	0,480	0,200	643,644	819,515	0,798	1,000	Selected
8	0,509	0,203	647,477	817,964	0,793	1,000	

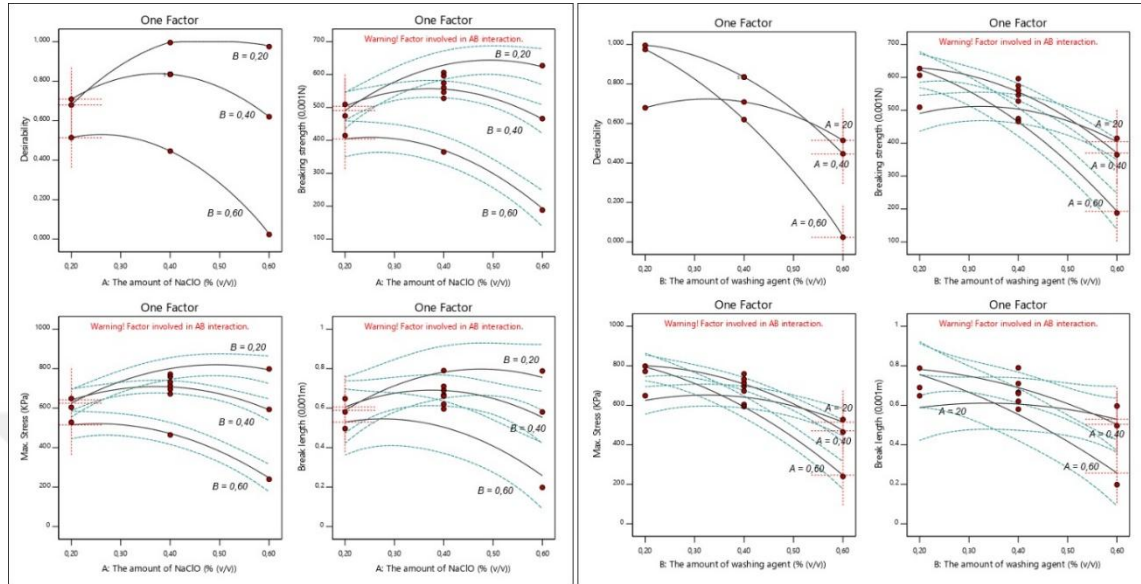


Şekil 5.9 Bağımlı değişkenlerin faktörlere göre tepki yüzeyleri



Şekil 5.10. Optimal şartlarda yıkanmış tüylerden alınan liflerin yüzey ve kesit görüntüleri

Ayrı ayrı faktörlerin çıkış parametrelerine etkileri şekil 5.11'deki grafiklerden izlenebilir.



Şekil 5.11. Ayrı ayrı faktörlerin çıkış parametrelerine etkileri şekil

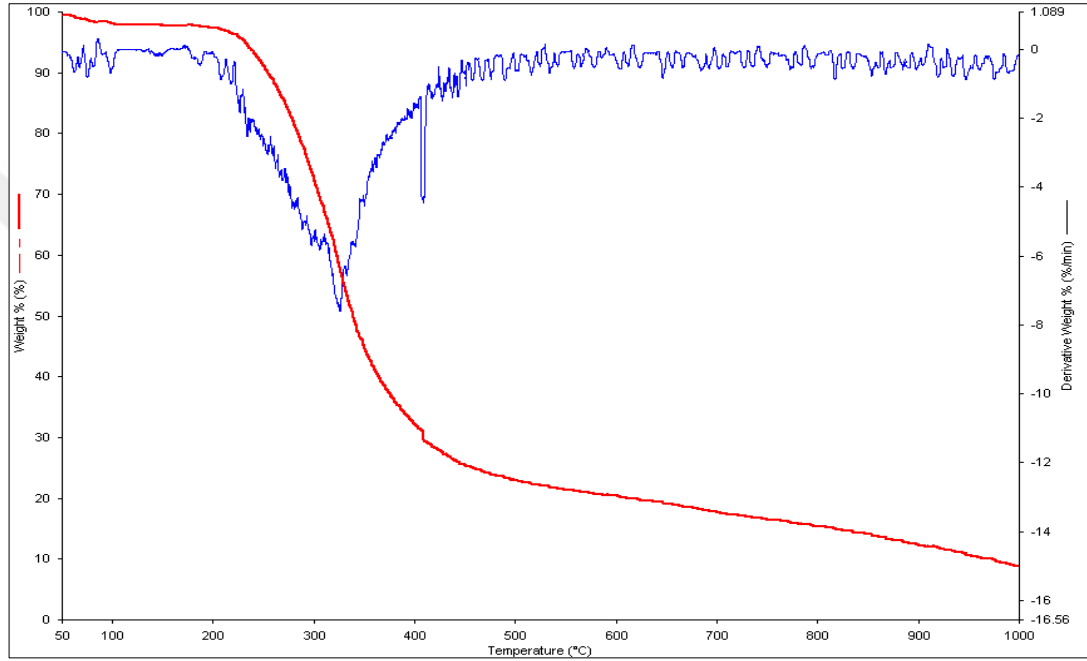
5.1.2. Kurutma İle Bağlı Sonuçlar

Yıkanmış tüylerin kurutulmasında etkin olan iki parametre vardır: kurutma sıcaklığı ve kurutma süresi. Bu parametrelerden ikincisi birincisine bağlı olarak belirlenmektedir. O zaman temel kurutma parametresi kurutma sıcaklığı olacaktır. Yıkanmış tüylerin kurutma sıcaklığı daha önce yapılan DSC ve TGA analizlerinin sonuçlarına göre belirlenmiştir [82]. Bu analizlerden elde edilen verilerde kurutma sıcaklığı tüylerin yapısının bozulmaya başladığı ilk sıcaklığın altında tutularak tüyün doğal yapısının korunmasına dikkat edilmiştir.

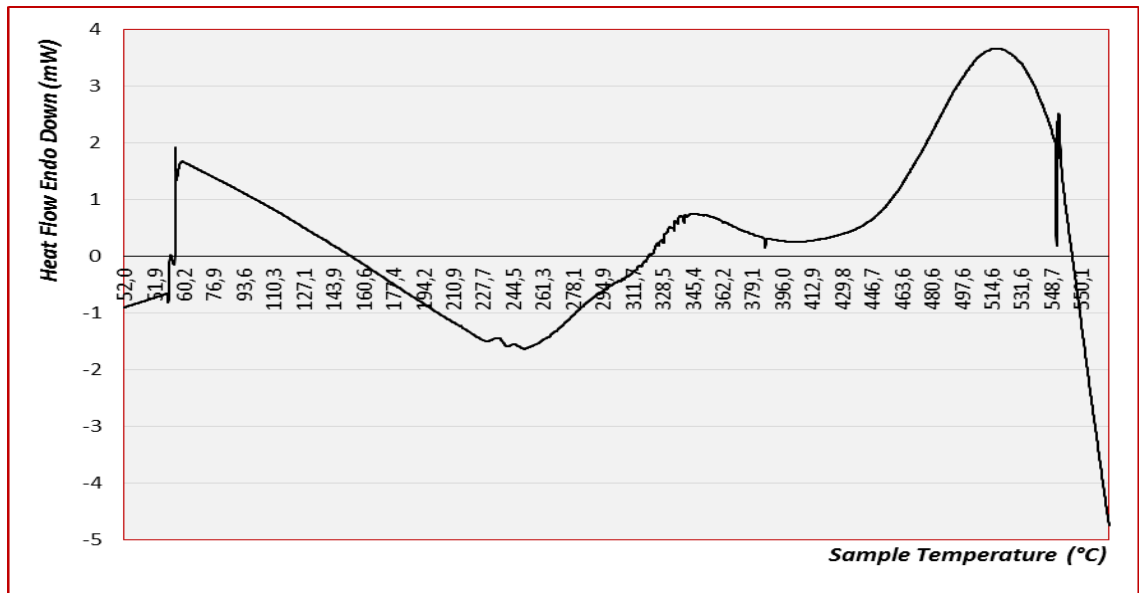
DSC analiz yöntemi ile kimyasal işlem görmemiş ve normal ortam şartlarında kurutulmuş tüylerin termal özellikleri incelenmiştir. Şekil 5.12'de tüylerinin DSC ve TGA eğrileri verilmiştir. Bu eğrilere bakıldığında tavuk tüyü liflerine ısı işlemleri uygulanacağı zaman yaklaşık olarak 200°C'nin üzerindeki sıcaklıklara çıkılmaması gerektiği görülmektedir. Çünkü numune 200°C'den sonra termal olarak bozulmaya başlamaktadır. Şekil 5.12 ve 5.13'da DSC testi termogramları verilmiştir.

Şekil 5.13'ye bakıldığında 50°C civarında sıcaklıkta TGA eğrilerinde zor görünen bir inişle yaklaşık %5 oranında kütle kaybı izlenmektedir. Bu, liflerin iç yapısında sıcaklığın

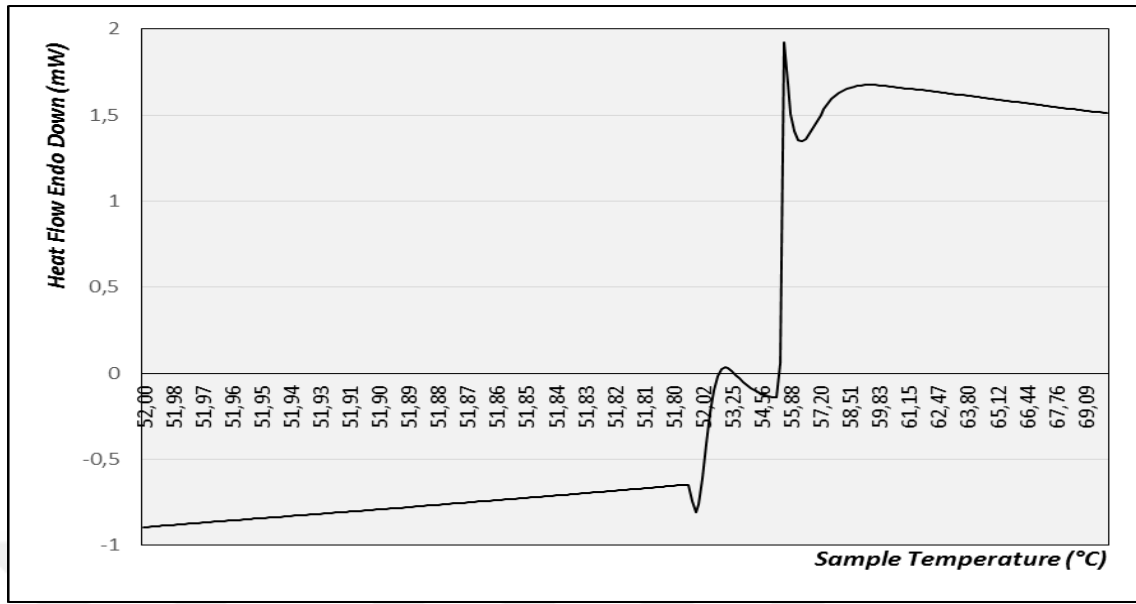
etkisiyle gerçekleşen bazı değişikliklerin sonucu olmalıdır. Şekil 5.14'deki DTGA eğrisinin uygun kısmının büyütülmüş resminde bu değişiklik daha net izlenebilir. Bu şekilden görüldüğü üzere 52°C sıcaklıkta bir endotermik pik mevcuttur. 55°C sıcaklıkta bir pik daha görünmektedir. Bu pikler, büyük ihtimalle tavuk tüylerinin esasını oluşturan keratin moleküllerindeki hidrojen, tuz ve sistin bağlarının bir kısmının çözülmesi sonucu ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.12. İşlem görmemiş tavuk tüyü numunesine ait TGA ve DTGA termogramları



Şekil 5.13. İşlem görmemiş tavuk tüyü numunesine DSC grafiği



Şekil 5.14. İşlem görmemiş tavuk tüyü numunesine ait DSC grafiğinden yakın kesit

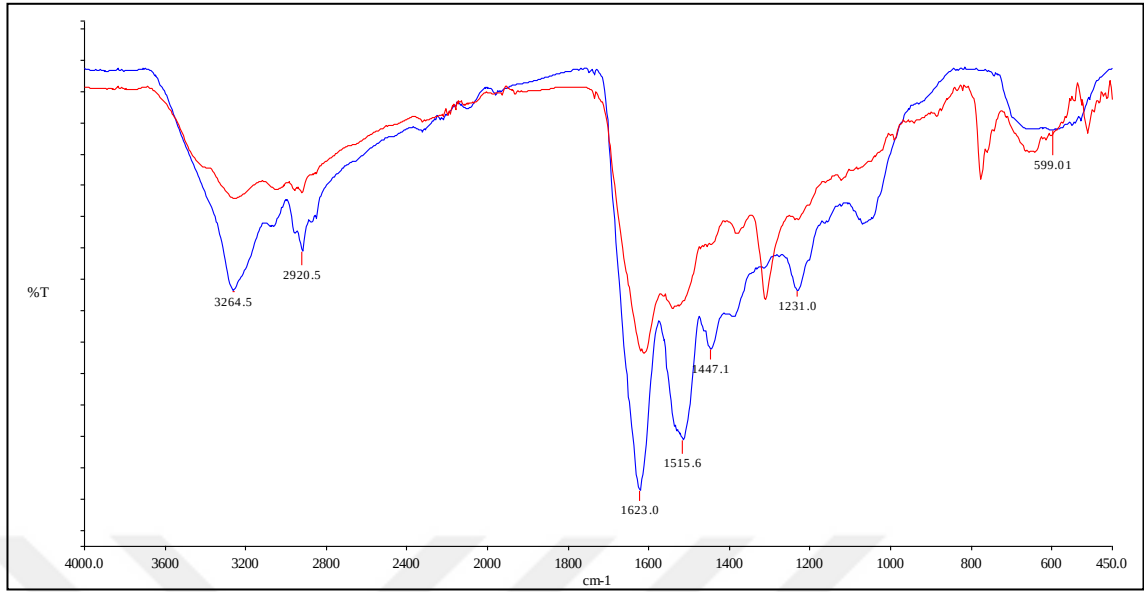
Sıcaklık fonksiyonuna bağlı olarak hiçbir işlem görmemiş olan tavuk tüyü numunelerinin TGA tekniği sayesinde bünyesinde meydana gelen kütle kayıpları incelenmiştir [82].

Şekil 5.12’de çizilmiş olan grafik tek basamaklı bozunma grafiğini ifade eder. Bu grafikte TGA eğrisinin yanı sıra uygun DTGA (derivativ termogravimetrik analiz) eğrileri de verilmiştir.

5.2. Tavuk Tüyü Liflerine Uygulanan Testlerin Sonuçları

5.2.1. FT-IR Analizinin Değerlendirilmesi

Yıkanmış ve yıkanmamış tüy liflere ait FT-IR analizi sonuçları şekil 5.15 ve tablo 5.10’da verilmiştir. Şekil 5.15’de yıkanmamış tüylere ait olan grafiğin eğrisi mavi (altta), yıkanmış tüylere ait olan eğri ise kırmızı (üstte) renkle belirtilmiştir. Tablo 5.10’da yıkanmış ve yıkanmamış tavuk tüylerinin içerdiği maddelerin analizi görüntülenmektedir.



Şekil 5.15. Yıkanmamış(kırmızı) ve yıkanmamış(mavi) tüye ait FT-TR analizi sonucu

Tablo 5.10. Yıkanmış ve yıkanmamış tüye ait FT-IR analizi sonucu madde içeriği

YIKANMAMIS TÜY.sp / Spectrum.lst Euclidean Search Hit List			
0.875	A00321	00379.SP	IMMUNOGLOBULIN A, FROM HUMAN COLOSTRUM
0.842	A00284	00331.SP	THYROGLOBULIN, 9010-34-8
0.837	AP0741	P0961.SP	POLY-L-LYSINE HYDROCHLORIDE, 26124-78-7
0.820	A00319	00376.SP	PROTEASE, 9001-92-7
0.820	A00178	00202.SP	N,N-DIMETHYLATED CASEIN
0.808	AP0180	P0351.SP	ZEIN, MW=35000, 9010-66-6
0.805	A00335	00394.SP	RENNIN, FROM CALF STOMACH, 9001-98-3
0.782	AP0735	P0955.SP	POLY-D-LYSINE HYDROBROMIDE, 27964-99-4
0.766	A00229	00261.SP	MUCIN, TYPE II, CRUDE, PORCINE STOMACH, 84082-64-4
0.750	AP0247	P0425.SP	POLY(METHYLENE-CO-GUANIDINE), HYDROCHLORIDE, 33.47% IN WATER,
YIKANMIS TÜY.sp / Spectrum.lst Euclidean Search Hit List			
0.660	AP0247	P0425.SP	POLY(METHYLENE-CO-GUANIDINE), HYDROCHLORIDE, 33.47% IN WATER,
0.602	Z04014	C04014.SP	2-CHLOROETHYLAMINE HYDROCHLORIDE, 870-24-6
0.577	Z07496	C07496.SP	SILVER TETRAFLUOROBORATE, 14104-20-2
0.575	Z08125	C08125.SP	4-AMINOANTIPYRINE HYDROCHLORIDE, 22198-72-7
0.575	Z06539	C06539.SP	CALCIUM OXALATE MONOHYDRATE, 5794-28-5
0.572	A00502	00644.SP	COCAMIDOPROPYL BETAINE, 86438-79-1
0.557	A00523	00665.SP	POLYQUATERNIUM-7
0.554	A00520	00662.SP	POLYQUATERNIUM-44
0.553	A00286	00334.SP	CHLORHEXIDINE DIGLUCONATE, 18472-51-0
0.543	AR0003	A003.SP	OATEY INSTANT SOLDER

5.2.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Higroskopik Özelliklerinin Test Sonuçları

Tavuk tüyü liflerinin higroskopik özelliklerinin analizi kapsamında liflerin havadan nem alma, ıslak ortamda su emme ve suyun etkisi altında şişme özellikleri incelenmiştir.

5.2.2.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Havadan Nem Alma Yeteneğine Bağlı Bulgular

Tavuk tüyü liflerinin havadan nem alma yeteneği yün ve pamuk lifleri ve kaz hav tüyleri ile kıyaslamalı şekilde incelenmiştir. Bu amaçla söz konusu materyal örneklerinin kuru ağırlıkları ölçülmüştür (Tablo 5.11).

Tablo 5.11. Deneylerde kullanılan lif numunelerinin kuru ağırlığı

	Tavuk tüyü lifi	Kaz tüyü	Pamuk lifi	Yün lifi
Lif numunenin kuru ağırlığı, gr	2,73	2,73	2,81	2,71

Deneylerde kullanılan örnekler farklı ortam şartlarında 2 saat tutulmuş ve bünyelerine aldıkları nem miktarı tartma yöntemi ile belirlenmiştir. Numunelerin havadan aldığı nem miktarı, numunenin kuru ağırlığına göre yüzde olarak hesaplanmış ve tabloya aktarılmıştır (Tablo 5.12).

Tablo 5.12. Liflerin havadan nem alma kabiliyetinin test sonuçları

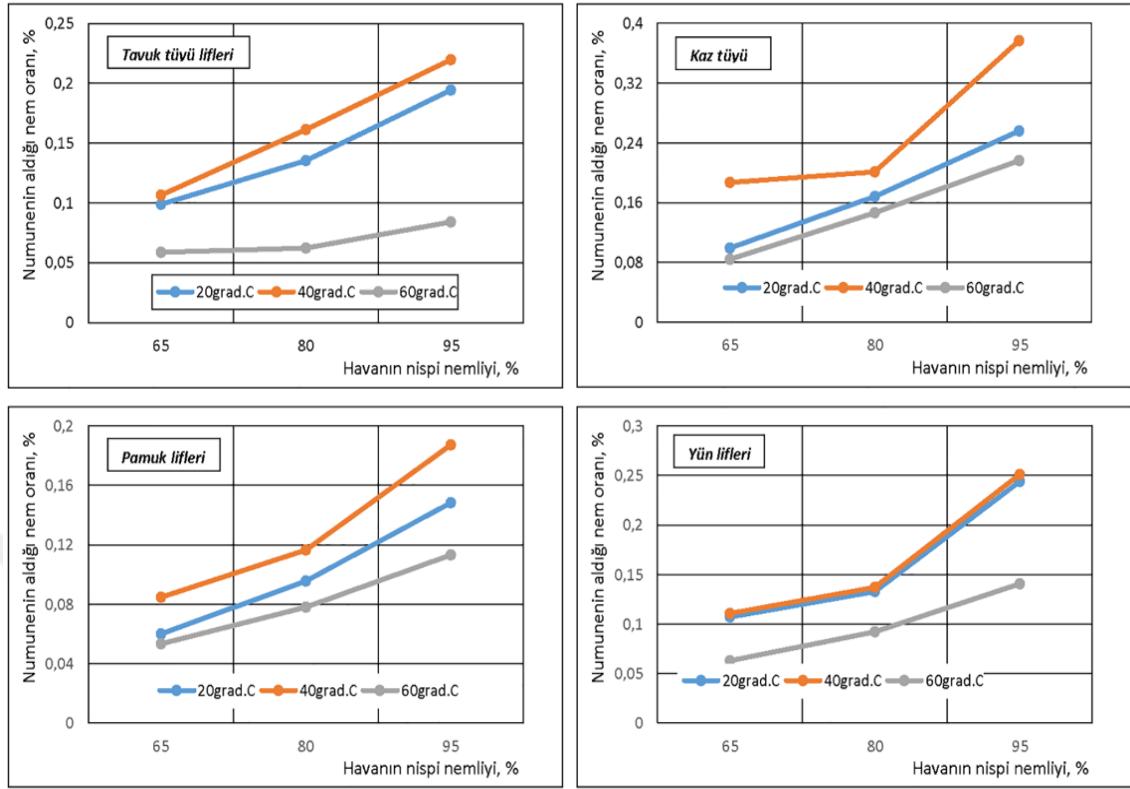
Deney numarası	Sıcaklık, °C	Havanın nemliliği, %	Tavuk tüyü lifi		Kaz tüyü		Pamuk lifi		Yün lifi	
			$m_{dry} = 2,73\text{gr}$		$m_{dry} = 2,73\text{gr}$		$m_{dry} = 2,81\text{gr}$		$m_{dry} = 2,71\text{gr}$	
			Lif kitlesinin nemli ağırlığı, gr	Lif kitlesinin kuru ağırlığına göre aldığı nem oranı, %	Lif kitlesinin nemli ağırlığı, gr	Lif kitlesinin kuru ağırlığına göre aldığı nem oranı, %	Lif kitlesinin nemli ağırlığı, gr	Lif kitlesinin kuru ağırlığına göre aldığı nem oranı, %	Lif kitlesinin nemli ağırlığı, gr	Lif kitlesinin kuru ağırlığına göre aldığı nem oranı, %
1	20	65	3,00	9,89	3,00	9,89	3,00	6,01	3,00	10,70
2		80	3,10	13,55	3,19	20,15	3,10	9,54	3,07	13,28
3		95	3,26	19,41	3,43	25,64	3,25	14,84	3,37	24,35
4	40	65	2,94	7,69	3,24	18,68	3,07	8,48	3,01	9,22
5		80	3,17	16,12	3,28	20,15	3,16	11,66	3,08	13,65
6		95	3,33	21,98	3,76	37,73	3,36	18,73	3,39	21,03
7	60	65	2,89	5,86	2,96	11,72	2,98	5,30	2,88	6,27
8		80	2,90	6,23	3,13	14,65	3,05	7,77	2,96	9,22
9		95	2,96	8,42	3,06	12,09	3,15	11,31	3,09	14,02

Tablo 5.13’de ki lif kitlesinin kuru ağırlığına göre nem oranı değerlerinin malzeme çeşitlerine göre farklılık gösterip göstermediği istatistiksel olarak test edilmiştir. Bu amaçla verilere Minitab 17 yardımıyla iki yönlü ANOVA uygulanmıştır. Sonuçların özeti ise Tablo 5.13’de verilmiştir. Sonuçlara göre incelenen malzemelerin havadan nem alma yeteneği ortam sıcaklığından ve neminden etkilenmektedir. Bu, Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçlarından da belli olmaktadır.

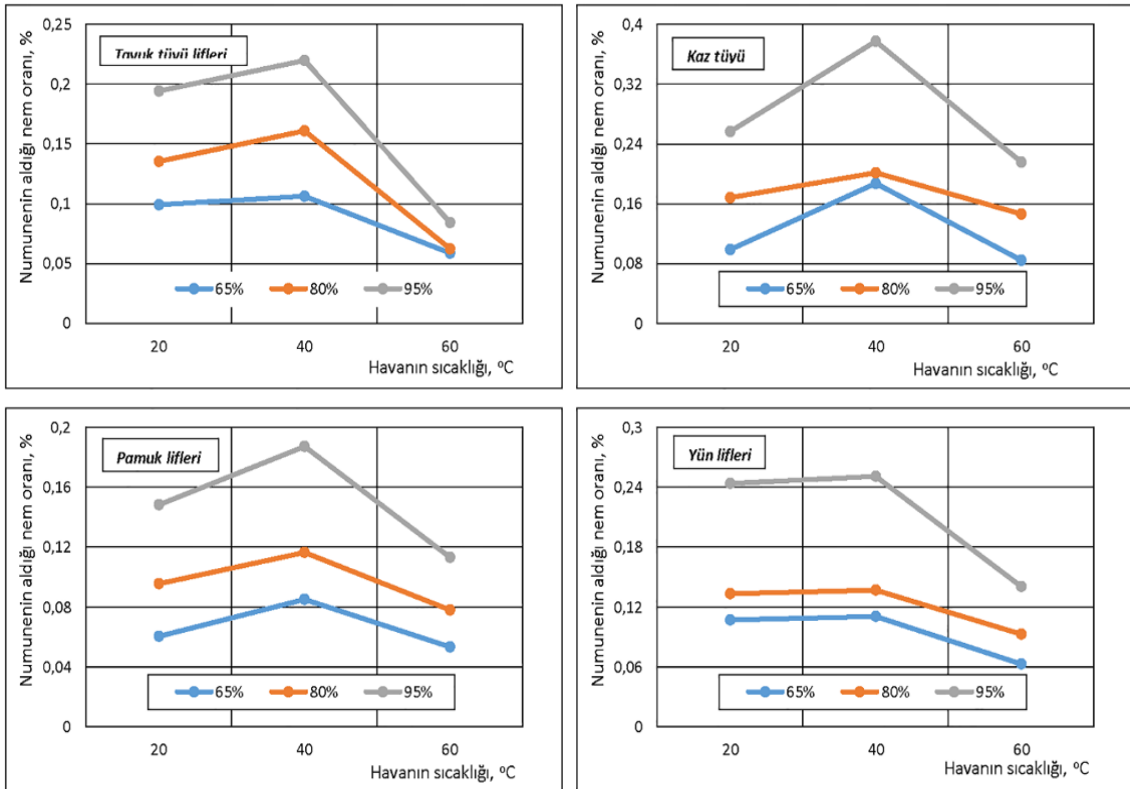
Tablo 5.13. Malzemelerin havadan aldıkları nem oranlarının ANOVA sonuçları

General Linear Model: MHAN versus O_Sıcaklığı; O_Nemi						
Method						
Factor coding (-1; 0; +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
O_Sıcaklığı	Fixed	3	1; 2; 3			
O_Nemi	Fixed	3	1; 2; 3			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
O_Sıcaklığı	2	373,2	186,59	8,40	0,001	
O_Nemi	2	608,8	304,38	13,71	0,000	
Error	31	688,4	22,21			
Lack-of-Fit	4	114,5	28,62	1,35	0,278	
Pure Error	27	573,9	21,25			
Total	35	1670,3				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
4,71224	58,79%	53,47%	44,42%			

Şekil 5.16’da test edilen malzemelerin havadan almış oldukları nemin kuru ağırlığına olan oranının ortamın nispi nemliliği ile olan ilişkisini ifade eden grafikler verilmiştir. Nem sabitken, sıcaklığın değişmesine bağlı olarak liflerin havadan almış oldukları nemin oranının nasıl değiştiği ise şekil 5.17’den görülebilir.



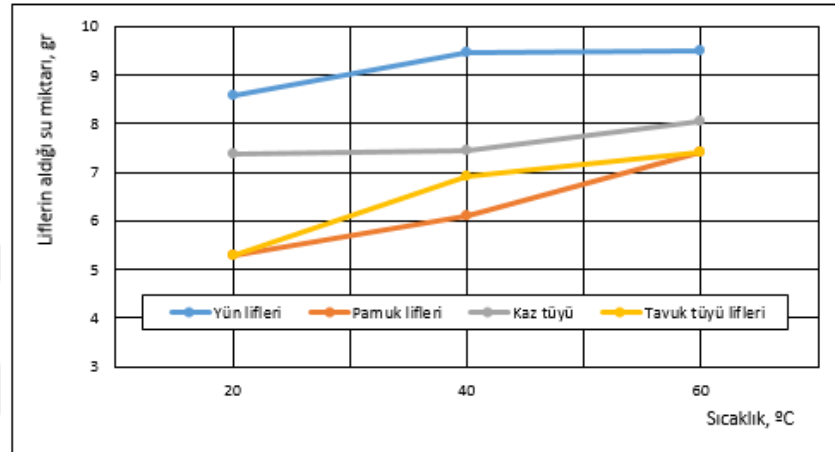
Şekil 5.16. Liflerin havadan nem alma oranının ortam nemine göre değişmesi



Şekil 5.17. Liflerin havadan nem alma oranının ortam sıcaklığına göre değişmesi

Söz konusu değerler arasındaki farkların önemsiz olduğu Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçlarından ve şekil 5.18’den görülmektedir.

Şekil 5.18’da materyalin aldığı su miktarının materyalin kuru ağırlığına olan oranının sıcaklığa göre değişim grafikleri verilmiştir.



Şekil 5.18. Farklı materyallerin bünyelerinde tuttıkları su miktarının sıcaklığa bağlı değişimi

5.2.2.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Suyun Etkisi Altında Şişme Yeteneğine Bağlı Sonuçlar

Tavuk tüyü liflerinin suyun etkisi altında şişme yeteneği ile bağlı deneyler daha önceki çalışmalarda gerçekleştirilmiştir [82].

5.3. Tavuk Tüyü Liflerinden Üretilmiş Yüzeylerin Analizi

Tavuk tüyü liflerinden farklı yöntemlerle üretilmiş yüzey numunelerinin yapısal ve akustik özellikleri analiz edilmiştir.

5.3.1. TTL’den Üretilmiş YüzeylerinYapısal Parametrelerinin İncelenmesi

TTL’den farklı yöntemlerle üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin geometrik, ağırlık ve geçirgenlik özellikleri test edilmiştir.

5.3.1.1. Termik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Yapısal Analizi

Termik bağlama yöntemiyle üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin yapısal parametreleri analiz edilmiştir.

5.3.1.1.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Ölçülmesi

Verilmiş kodlara göre numunelerin gerçek parametreleri Tablo 5.16’de ifadesini bulmuştur. Burada üretilmiş numunelerin ve bu numunelerden ölçümler için kesilmiş örneklerin ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 5.16. Natural değerlerle numunelerin parametreleri

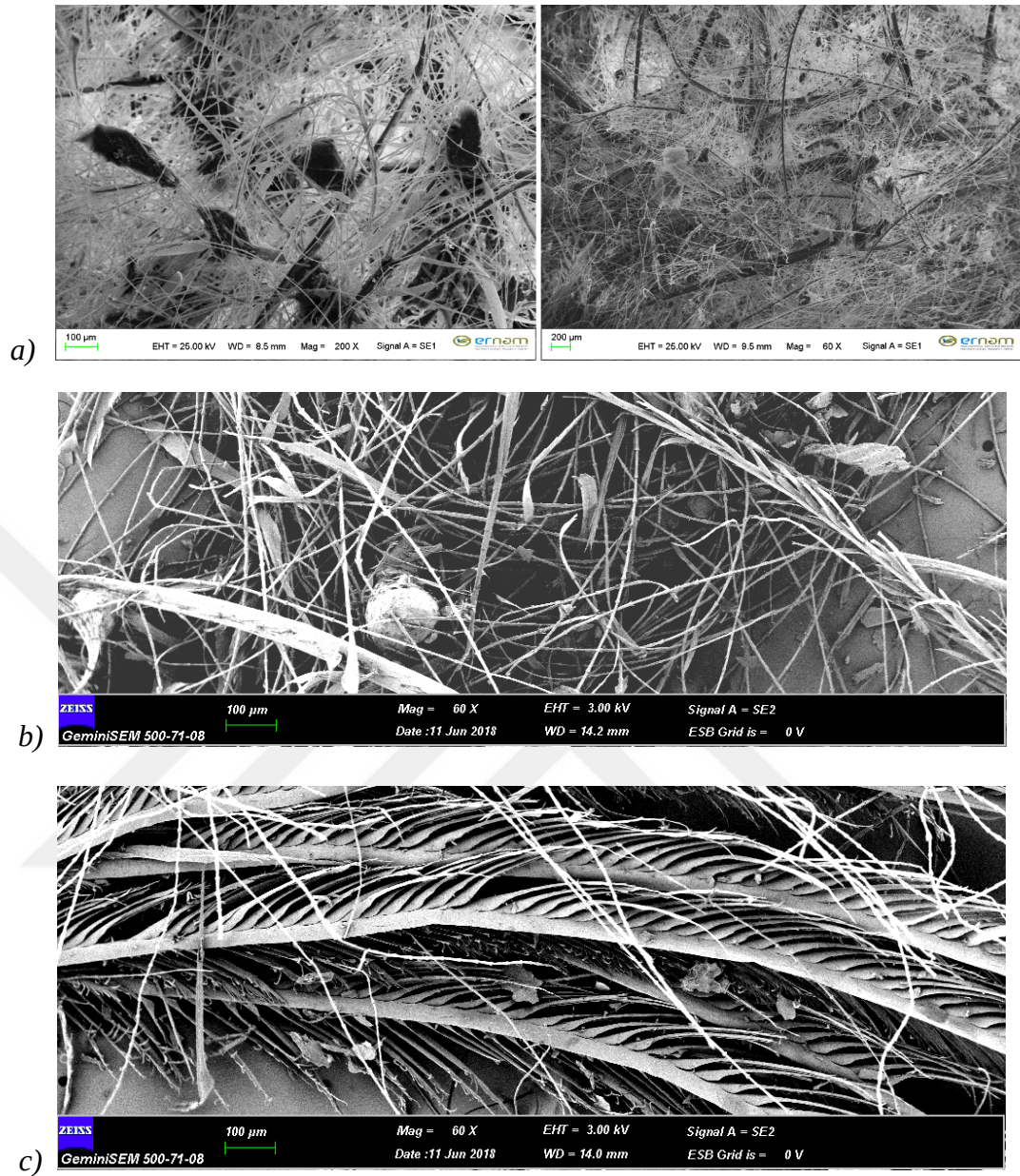
Numune kodu	Deney Faktörleri			Numunenin ağırlığı, 0,001kg	Kesilmiş örnek ağırlığı, 0,001kg
	Numunede lif miktarı, gr	Polimer miktarı, gr	Polimer türü		
K1	10	3	DYPE	13	4,92
K2	20	6	DYPE	26	8,68
K3	10	5	DYPE	15	4,98
K4	20	10	DYPE	30	9,41
K5	10	3	EVA	13	4,54
K6	20	6	EVA	26	9,57
K7	10	5	EVA	15	5,33
K8	20	10	EVA	30	10,32
K9	10	3	BL	13	4,52
K10	20	6	BL	26	5,47
K11	10	5	BL	15	8,39
K12	20	10	BL	30	11,59

Isıl bağlama yöntemiyle üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin yapısal parametreleri analiz edilmiştir. Numunelerin bu kapsamda belirlenmiş kalınlık, ağırlık ve gözeneklik değerleri Tablo 5.17’de verilmiştir. Numunelerin kalınlığının sabit kalmasını temin etmek suretiyle farklı hacimsel yoğunluklara sahip numuneler elde etmek hedeflenmiş olmasına kalınlıklarda belirli oranda farklar mevcuttur. Bunun nedeni preslenmiş numunelerin 48 saat dinlenme süresinde farklı oranda yükselmesi (kabarması) sonucu kalınlıklarının değişmesi olmuştur. Yüzeylerin kabarma oranlarındaki farklılık ise numunedeki lif ve kullanılan bağlayıcı polimer madde miktarından kaynaklanmaktadır.

Tablo 5.17. Üretilmiş numunelerin bazı parametreleri

Numunenin şartı kodu	Numune içeriği	Ortalama numune kalınlığı, 0,01 m	Numunenin yüzey üzere ağırlığı, kg/m ²	Numunenin hacim üzere ağırlığı, kg/m ³	Gözeneklilik	Hava Geçirgenlik, Pa
K1	10gr Lif – 3gr DYPE	1,20	0,5078	42,3177	0,9489	52
K5	10gr Lif – 3gr EVA	1,10	0,5078	46,1648	0,9442	58
K3	10gr Lif – 5gr DYPE	1,13	0,5859	51,8529	0,9383	77
K7	10gr Lif – 5gr EVA	1,10	0,5859	53,2670	0,9366	71
K2	20gr Lif – 6gr DYPE	1,27	1,0156	79,9705	0,9034	32
K6	20gr Lif – 6gr EVA	1,23	1,0156	82,5711	0,9002	30,6
K4	20gr Lif – 10gr DYPE	1,27	1,1719	92,2736	0,8902	31
K8	20gr Lif – 10gr EVA	1,23	1,1719	95,2744	0,8866	28,5
K9	10gr Lif – 3gr bikomponent lif	0,78	0,5078	65,1041	0,9259	66,6
K10	10gr Lif – 5gr bikomponent lif	0,87	0,5859	67,3491	0,9264	43,6
K11	20gr Lif – 6gr bikomponent lif	1,06	1,0156	95,8136	0,8911	31,3
K12	20gr Lif – 10gr bikomponent lif	1,18	1,171	99,3114	0,8915	30,6

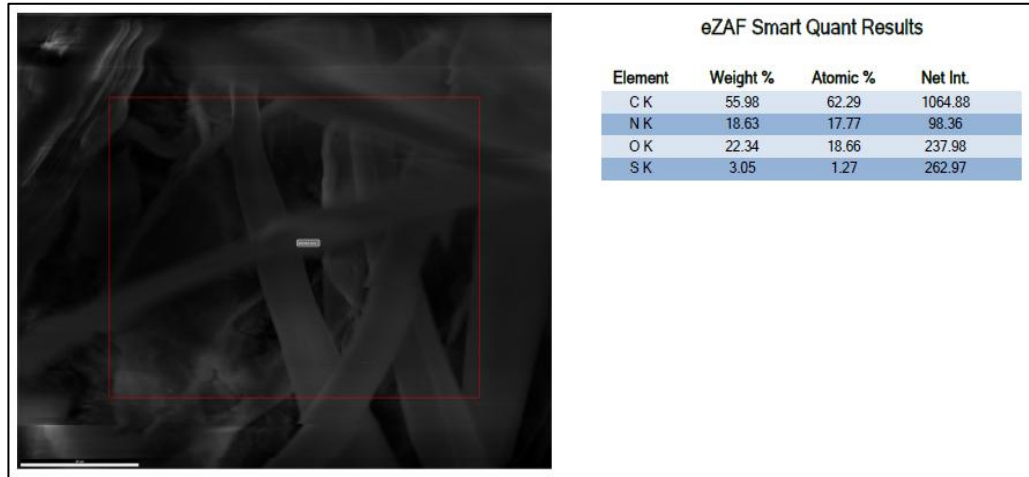
Şekil 5.19’da oluşturulmuş dokusuz yüzey yapılarının iç kesitlerinin SEM görüntüleri verilmiştir.



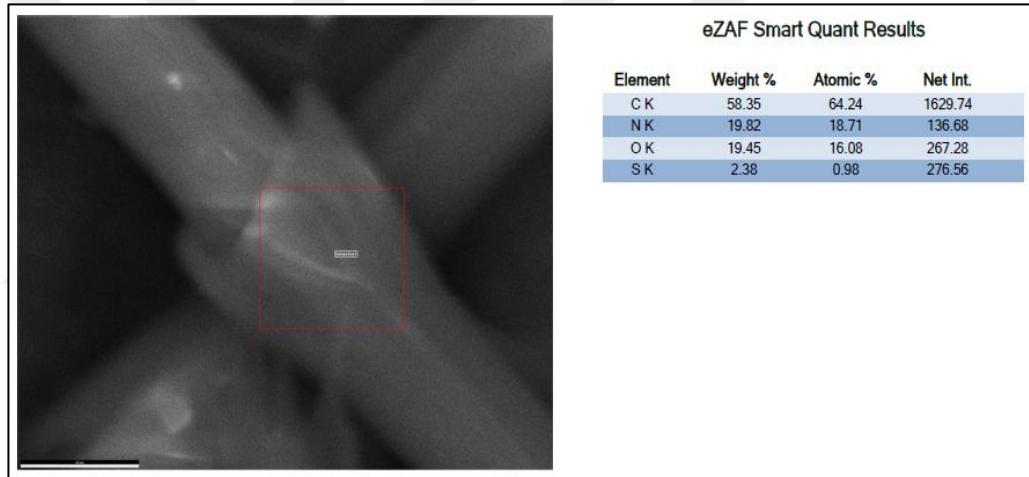
Şekil 5.19. Dokusuz yüzey numunelerinin içyapısının SEM görüntüleri
(a-eva ile üretilen yüzey, b-dype ile üretilen yüzey, c-bikomponent lif ile üretilen yüzey)

5.3.1.1.2. Numunelerin EDX Analizi

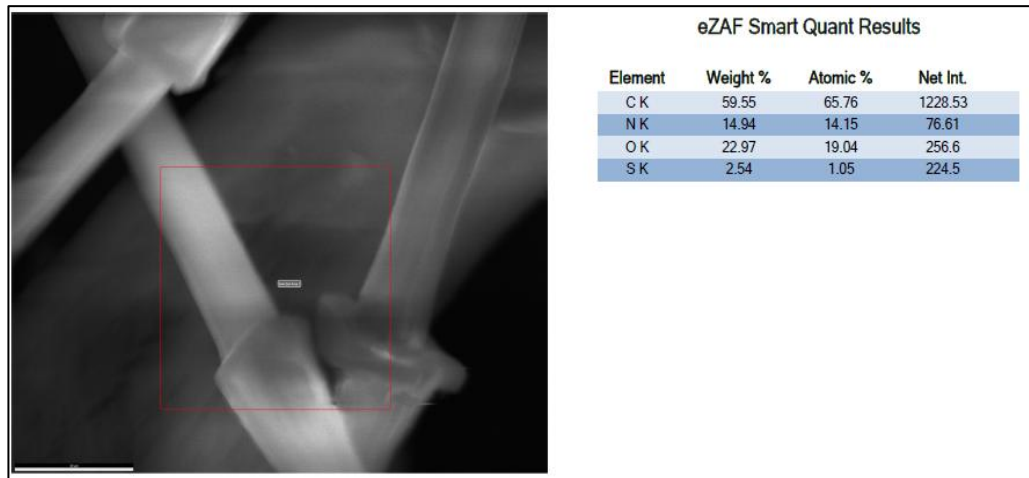
Üç farklı polimer bağlayıcı madde kullanılarak üretilmiş olan yüzey numunelerinin EDX analizi sonuçları Şekil 5.20, 5.21, 5.22’de verilmiştir. Analiz sonucu içerikte gözlemlenen elementler ve bu elementlerin yüzde ağırlıkları elde edilmiştir.



Şekil 5.20. Polietilen ile oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin EDX analizi sonuçları



Şekil 5.21. Etilenvinilasetat ile oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin EDX analizi sonuçları



Şekil 5.22. Bikomponent lif ile oluşturulmuş dokusuz yüzeylerin EDX analizi sonuçları

5.3.1.2. Mekanik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeyin Yapısal Analizi

Mekanik bağlama yöntemiyle ses yalıtım amaçlı yüzey üretimi yöntemi 4.Bölüm’de verilmiştir. Bu amaçla 10gr ve 20 gr ağırlıkta tavuk tüyü lifleri alınmış 20cmx20cm ebatlarda numuneler hazırlanmıştır. Her numuneden ikişer adet hazırlanarak 10cm ve 3cm çapında dairesel şekilde örnekler kesilmiştir. Kesilmiş örneklerin önce yapısal parametreleri incelenmiş daha sonra ise akustik parametreleri ölçülmüştür.

Tablo 5.18’de üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerin bazı parametreleri verilmiştir.

Tablo 5.18. TTL’den dikiş yöntemi ile elde üretilmiş numunenin bazı parametreleri

Numunenin şartı kodu	Numune içeriği	Ortalama örnek ağırlığı, 0,001kg	Ortalama örnek kalınlığı, 0,001m	Örneklerin yüzey üzerine ağırlığı, kg/m ²	Örneklerin hacim üzerine ağırlığı, kg/m ³	Gözeneklilik	Hava Geçirgenlik, m/s
M1	10gr Lif	5,47	7,30	0,6968	95,4521	0,8963	0,035
M2	20gr Lif	9,96	12,46	1,2688	101,8296	0,8895	0,031

5.3.1.3. Kimyasal Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeyin Yapısal Analizi

Kimyasal bağlama yöntemiyle ses yalıtım amaçlı yüzey üretimi yöntemi 4.Bölüm’de verilmiştir. Kimyasal bağlama yöntemiyle elde edilmiş yüzeylerden elde edilen örneklerin yapısal parametreleri ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 5.19’da verilmiştir.

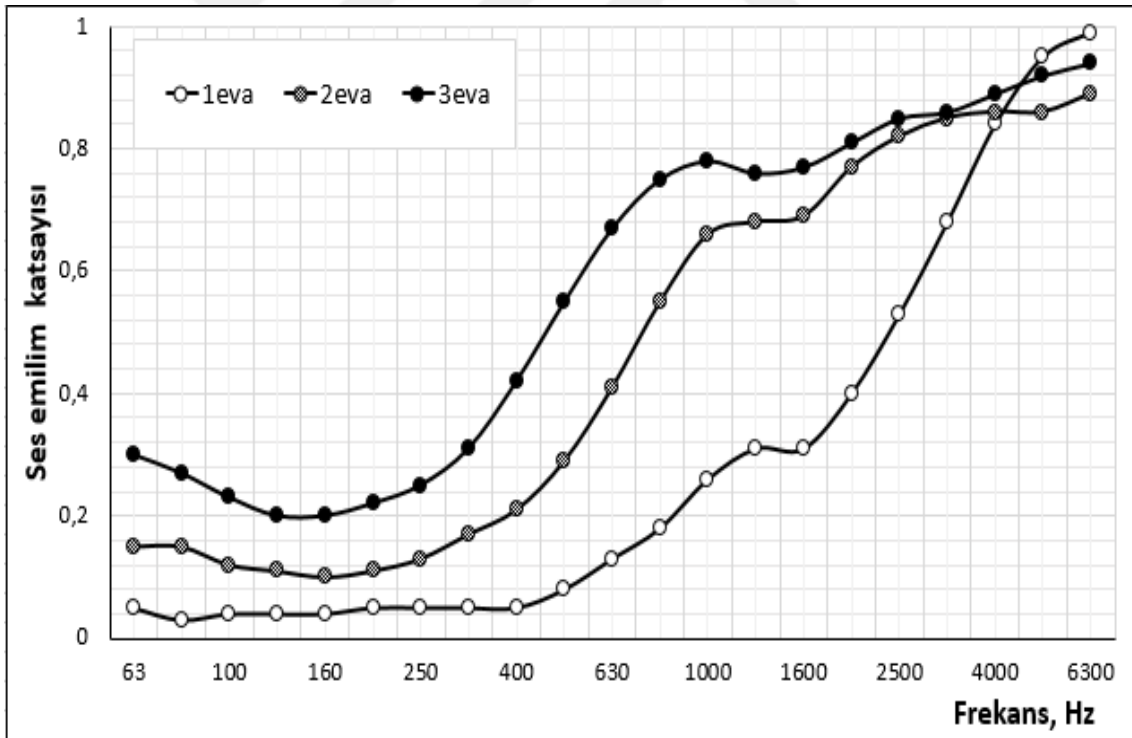
Tablo 5.19. TTL’den kimyasal yöntem ile elde üretilmiş numunenin bazı parametreleri

Numunenin şartı kodu	Numunede lif miktarı, 0,001kg	Numunede kuru PVA miktarı, 0,001kg	Emülsiyonda PVA miktarı, 0,001kg	Ortalama örnek ağırlığı, 0,001kg	Ortalama örnek kalınlığı, 0,001m	Örneklerin yüzey üzerine ağırlığı, kg/m ²	Örneklerin hacim üzerine ağırlığı, kg/m ³	Hava Geçirgenlik, m/s
B1	20	0,07	10	6,24	5,843	0,795	136,044	0,034
B2	20	1,59	15	7,31	5,547	0,931	167,876	0,033
B3	30	1,00	10	9,22	7,890	1,175	148,862	0,032
B4	30	2,60	15	9,53	7,464	1,214	162,649	0,032

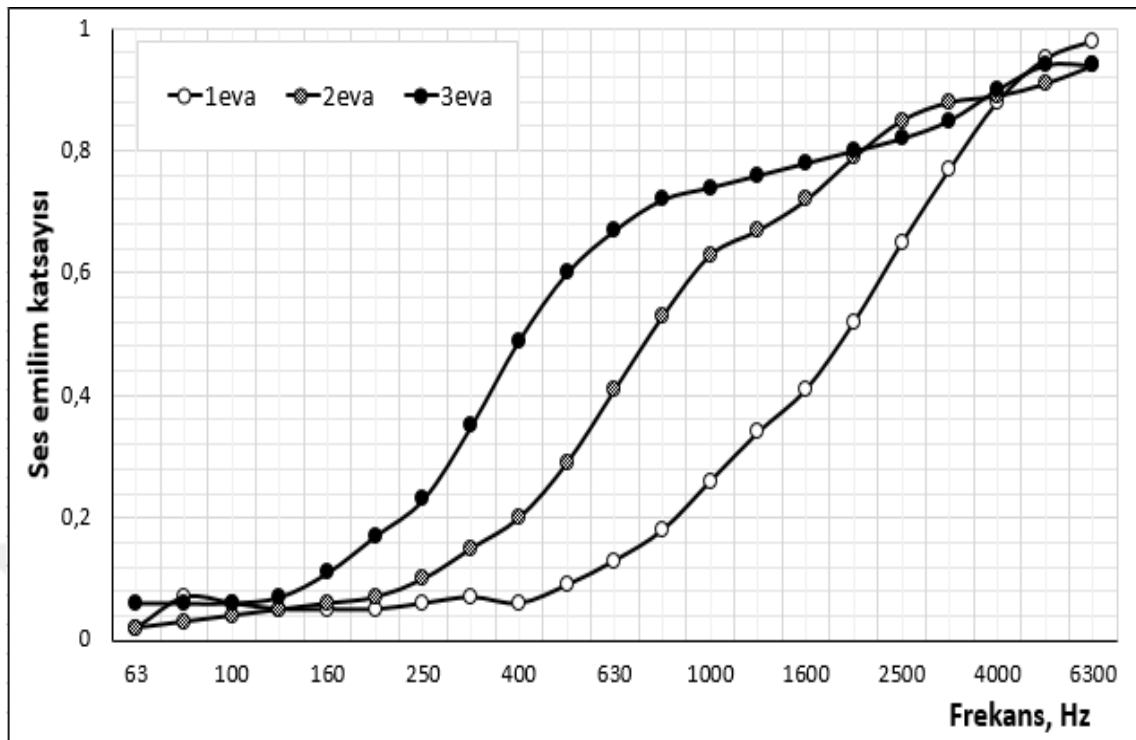
5.4. Tavuk Tüyü Liflerinden Üretilmiş Dokusuz Yüzey Numunelerinin Akustik Parametrelerinin Analizi

5.4.1. Termik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Dokusuz Yüzeylerin Akustik Özelliklerinin Analizi

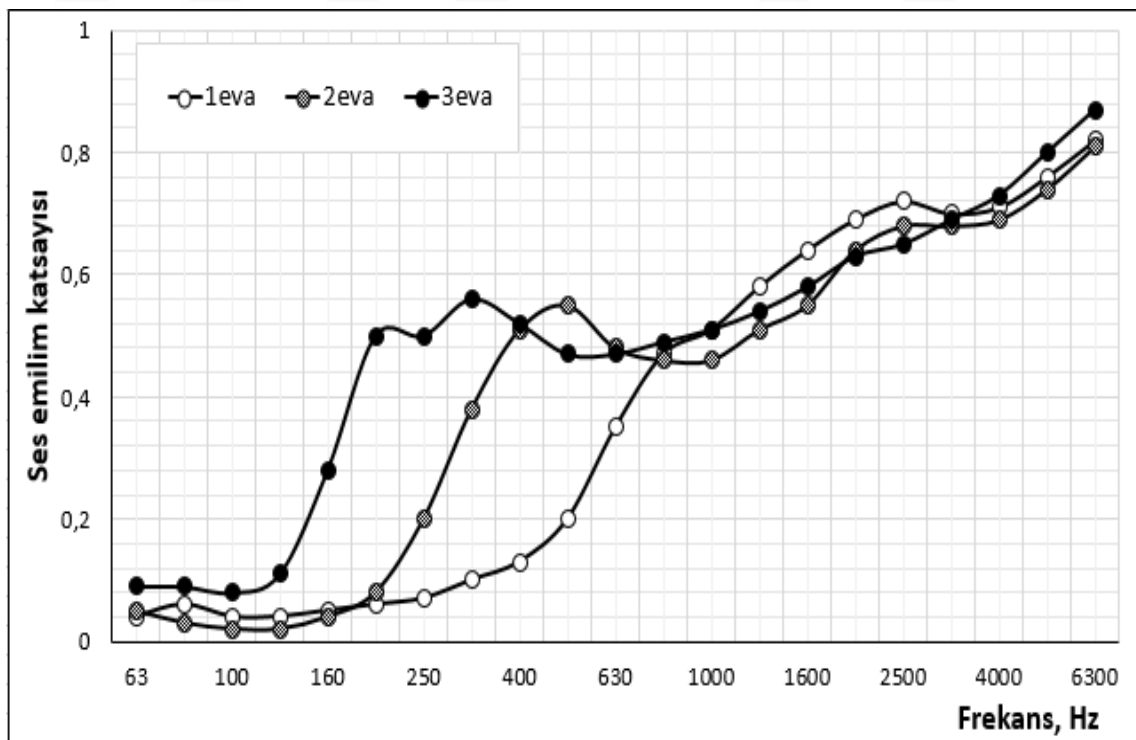
Termik bağlama yöntemiyle tavuk tüyü liflerinden farklı parametrelerle üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerin ses yalıtım parametreleri empedans tüpünde ölçülmüştür. Malzemenin kalınlığına bağlı olarak ses yalıtım parametrelerinin nasıl değiştiğini görmek için her numune cihaza tek, iki ve üç katlı olarak yerleştirilmiştir. Şekil 5.23-5.26'da eva ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses emilim katsayısı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.



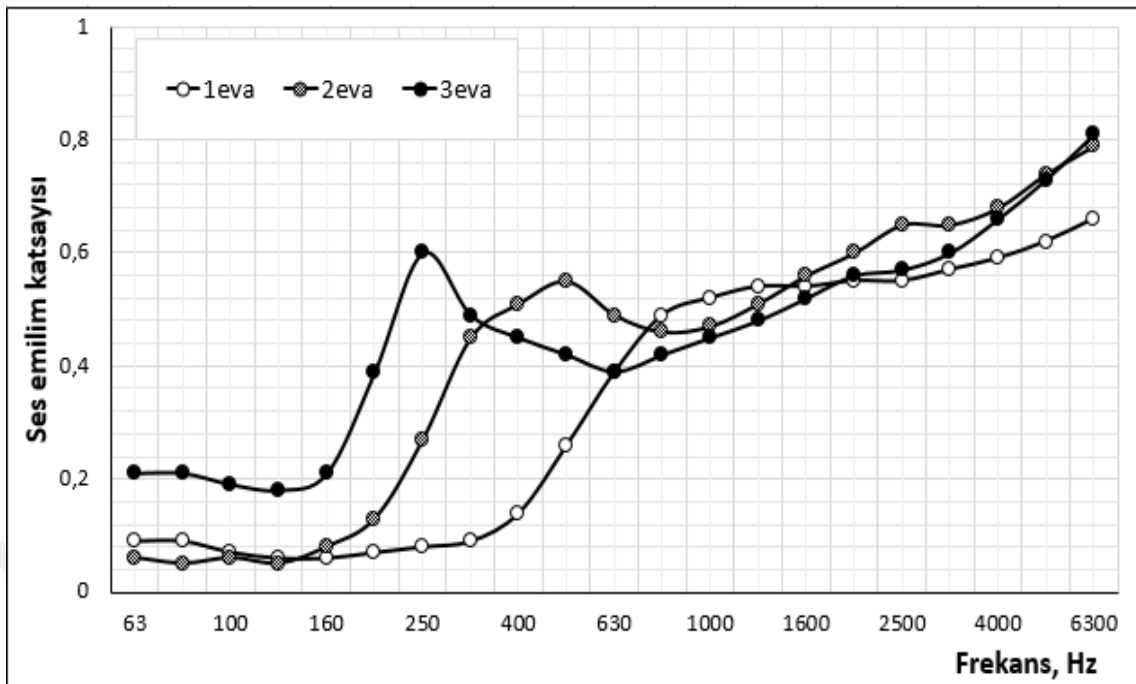
Şekil 5.23. 10gr lif ve 3gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



Şekil 5.24. 10gr lif ve 5gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

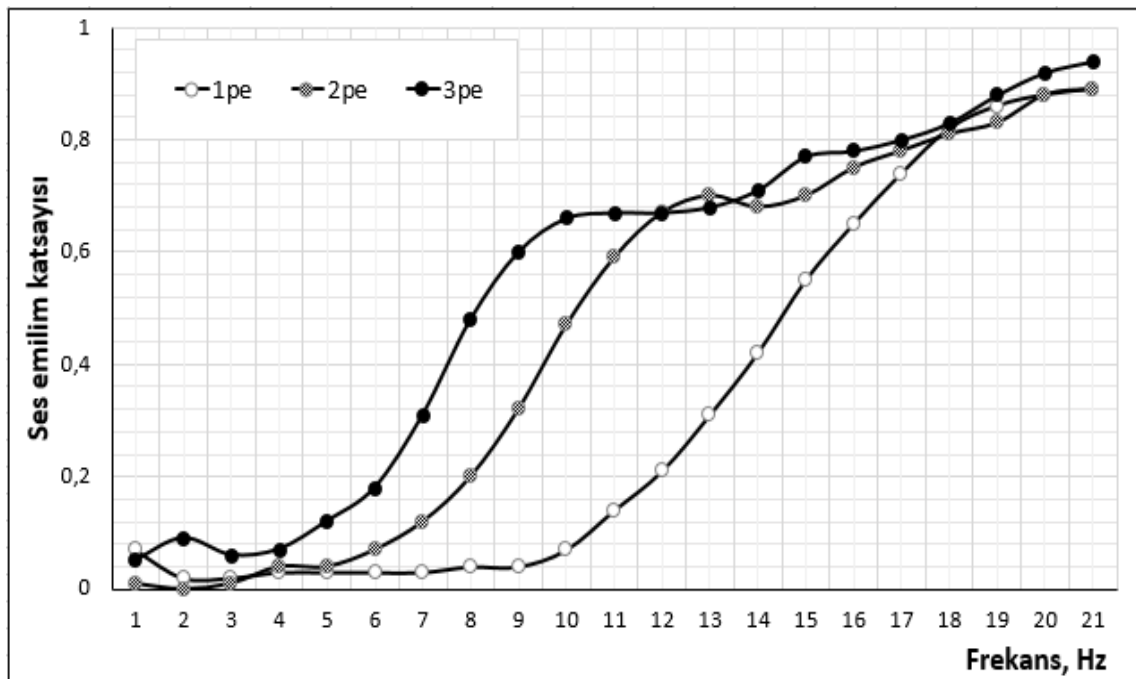


Şekil 5.25. 20gr lif ve 6gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

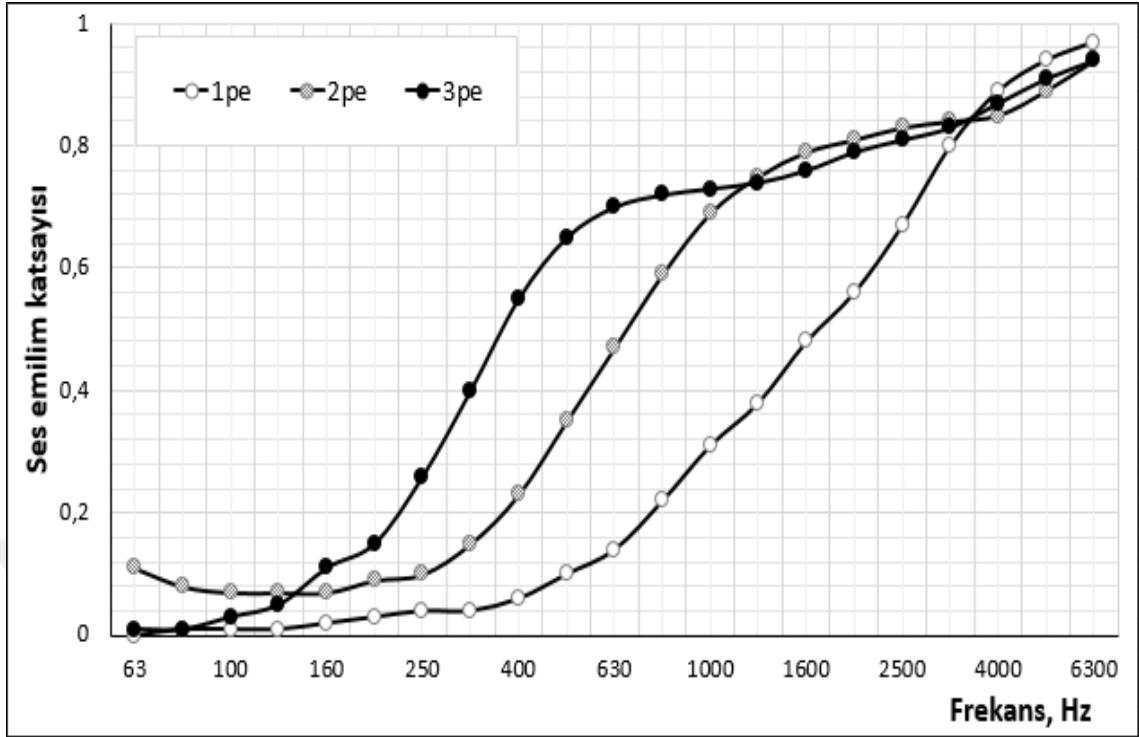


Şekil 5.26. 20gr lif ve 10gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

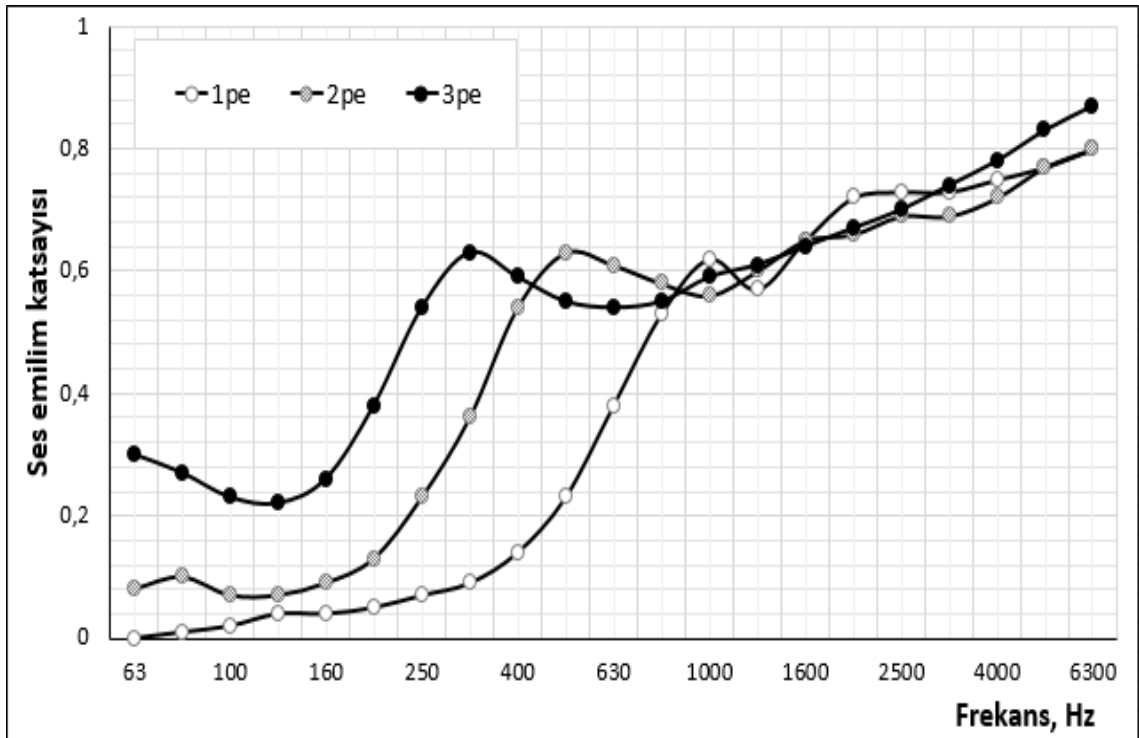
Şekil 5.27-5.30'de dype ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses emilim katsayısı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.



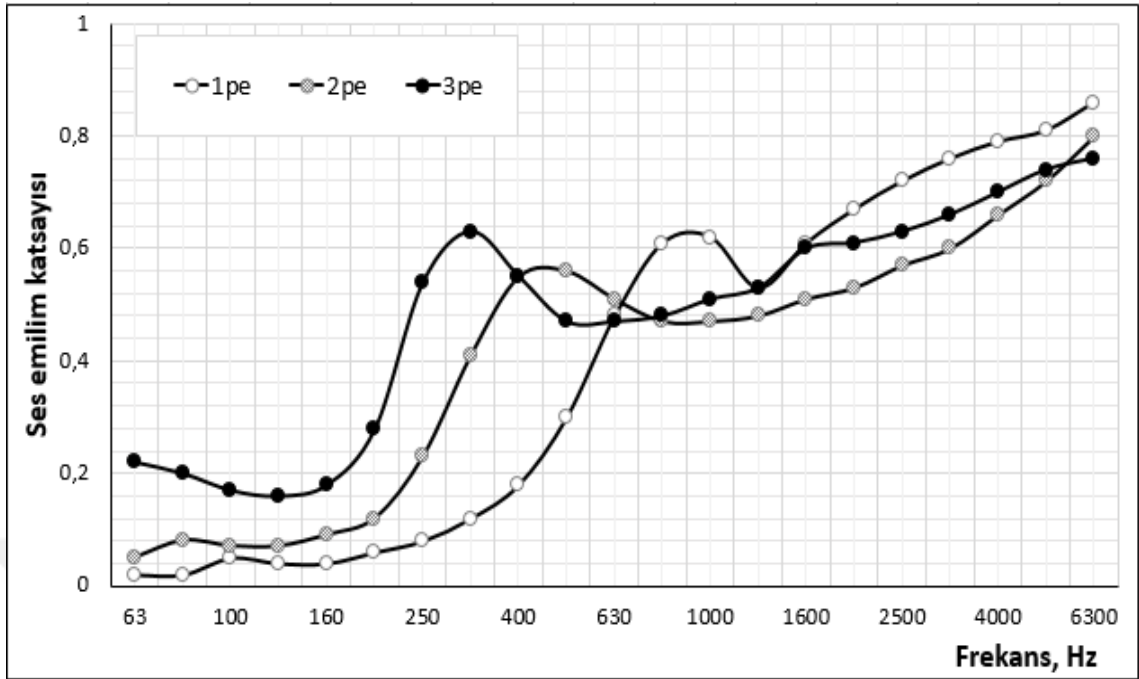
Şekil 5.27. 10gr lif ve 3gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



Şekil 5.28. 10gr lif ve 5gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

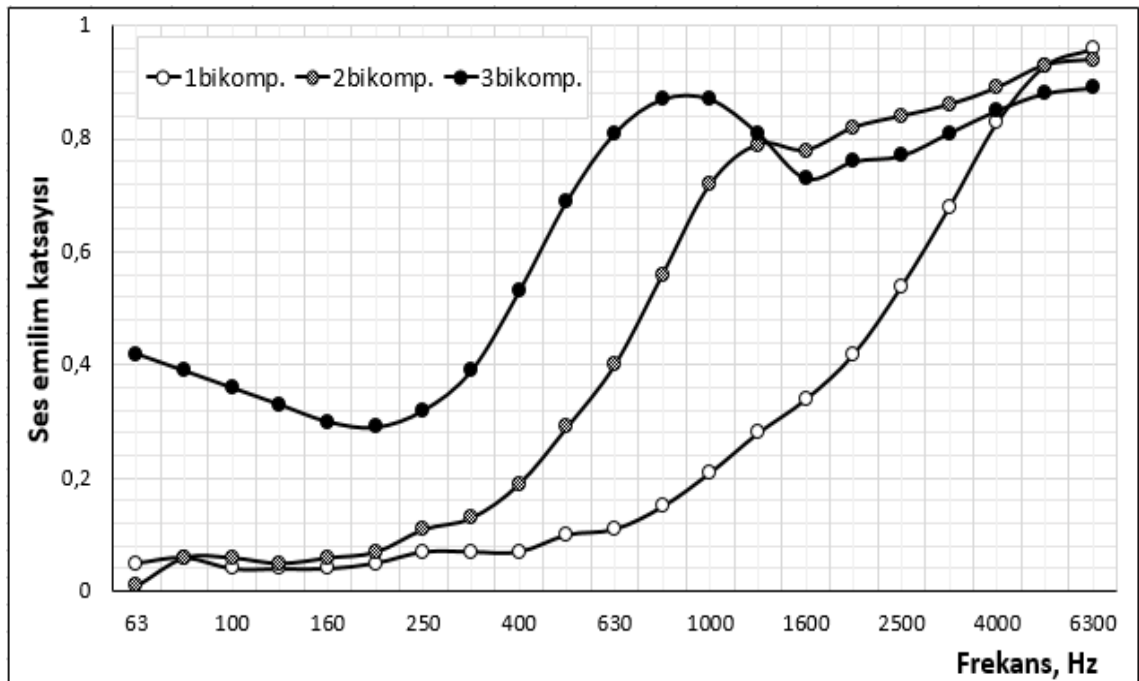


Şekil 5.29. 20gr lif ve 6gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

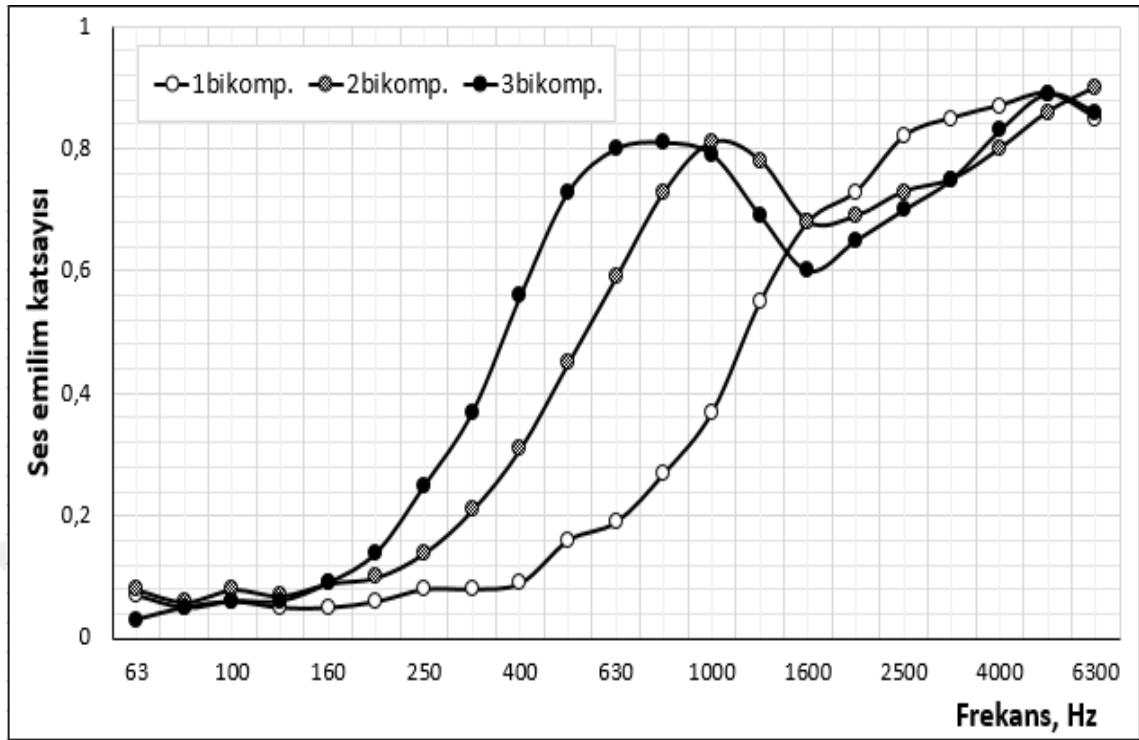


Şekil 5.30. 20gr lif ve 10gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

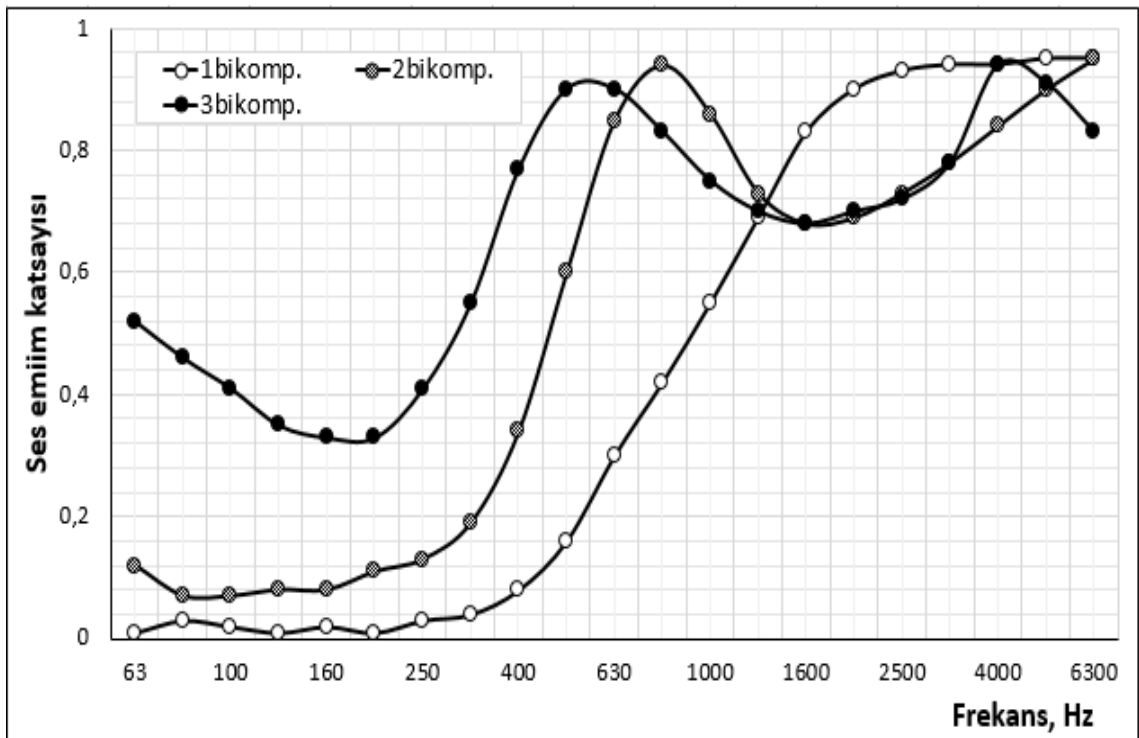
Şekil 5.31-5.34'de bikomponent lif ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses emilim katsayısı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.



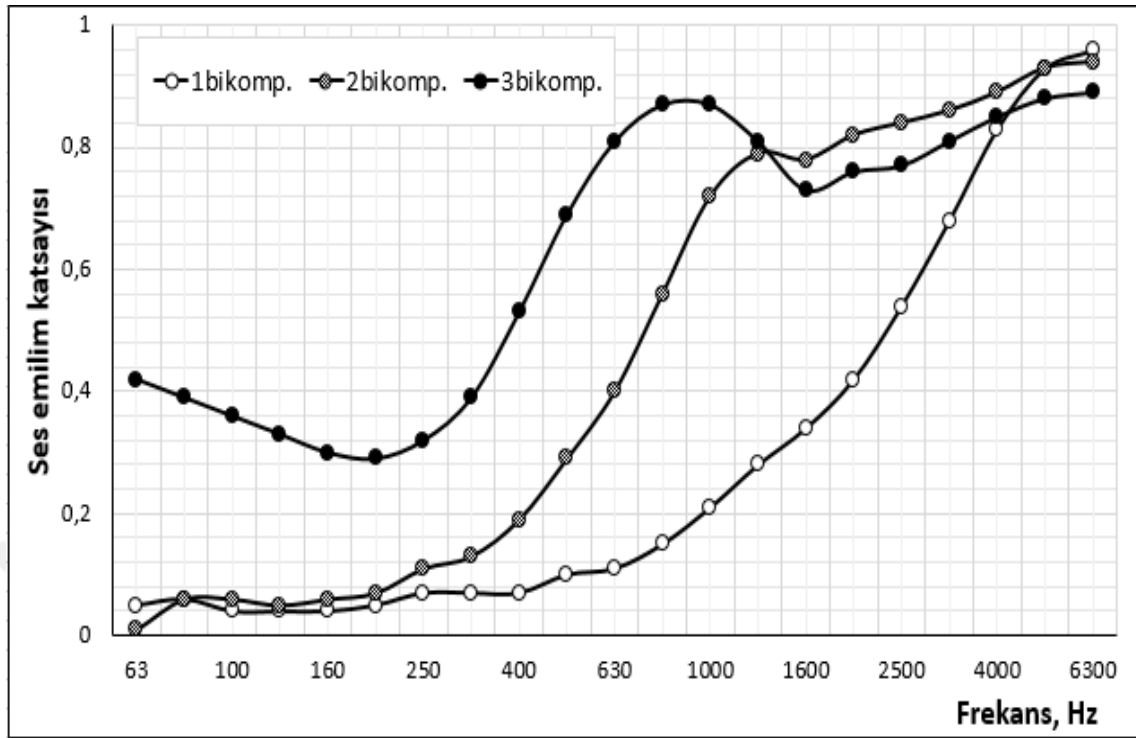
Şekil 5.31. 10gr lif ve 3gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



Şekil 5.32. 10gr lif ve 5gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



Şekil 5.33. 20gr lif ve 6gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

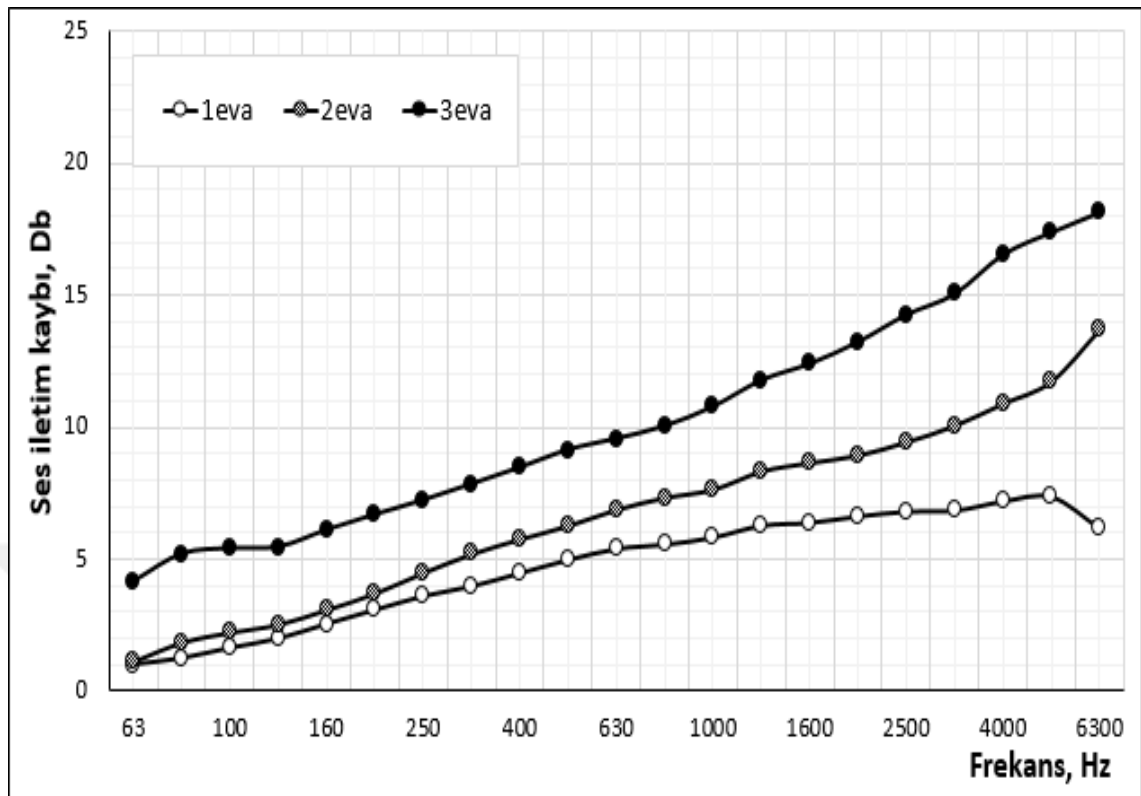


Şekil 5.34. 20gr lif ve 10gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri

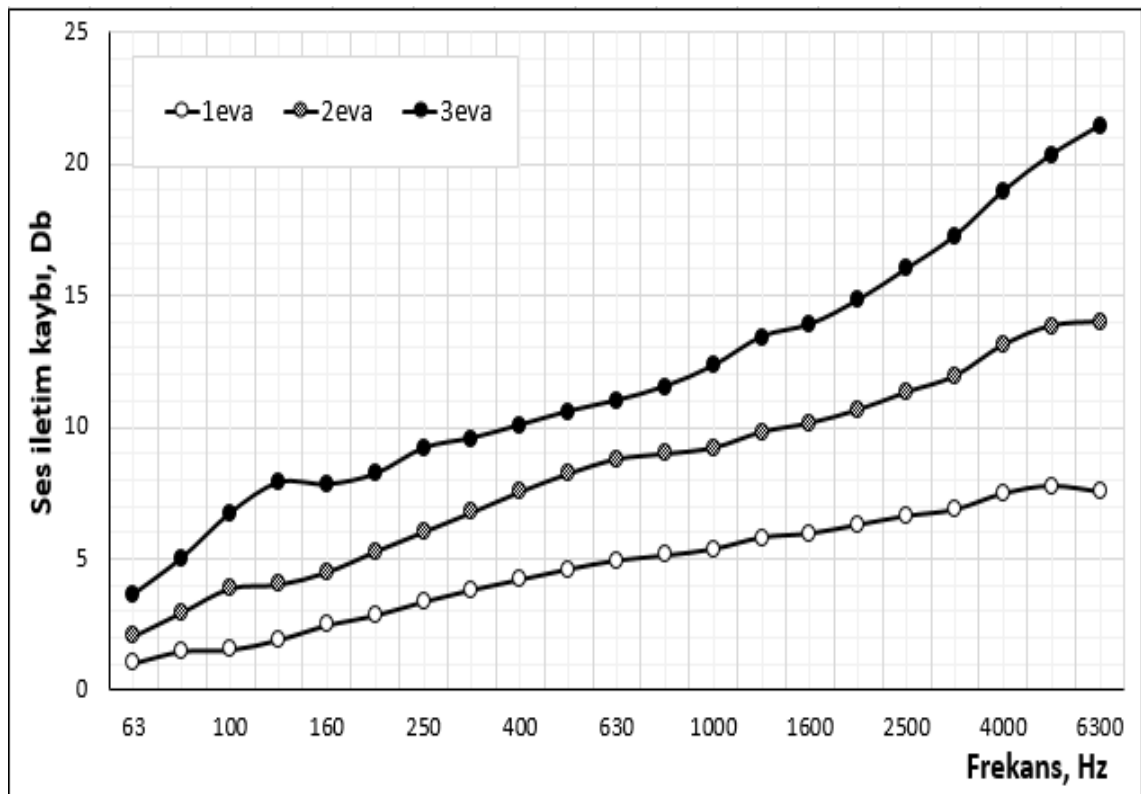
Şekil 5.35-5.46'de 3 farklı bağlayıcı madde ile üretilmiş numunelere ait ses iletim kaybı değerlerinin ses frekansına göre değişim grafikleri verilmiştir.

Şekil 5.35-5.38'de etilenvinilasetat ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses iletim kaybı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.

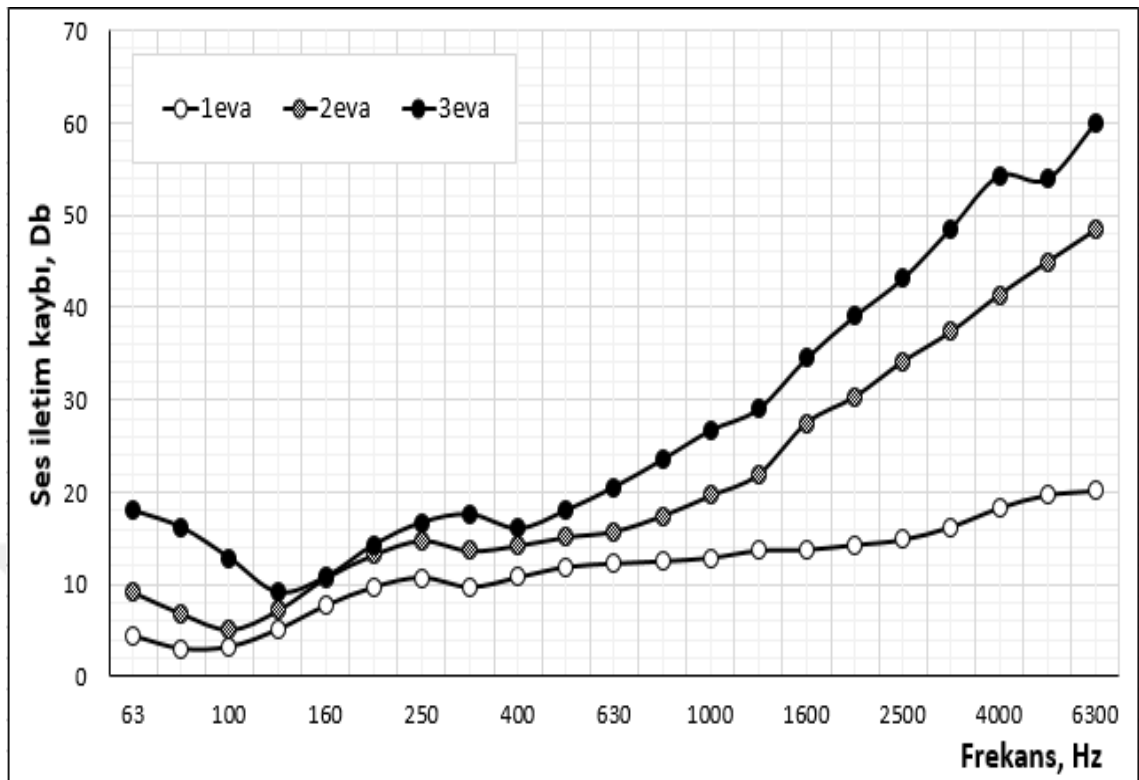
Şekil 5.39-5.42'de düşük yoğunluklu polietilen (dype) ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses iletim kaybı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.



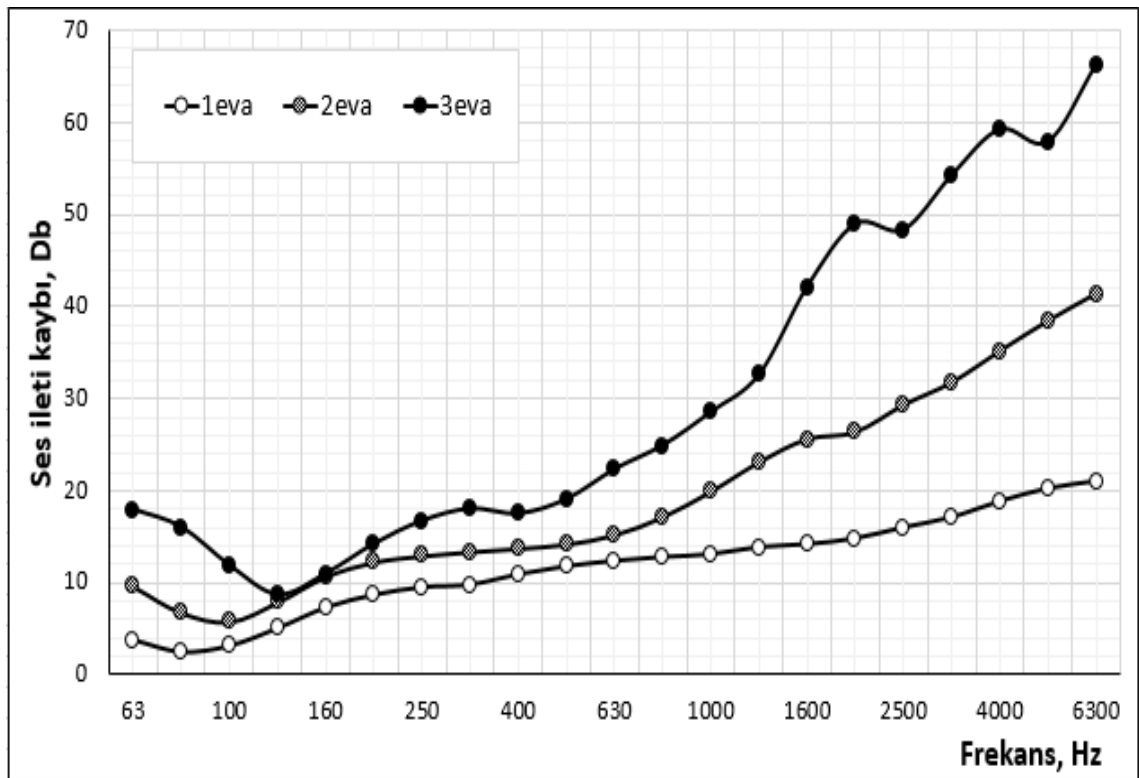
Şekil 5.35. 10gr lif ve 3gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



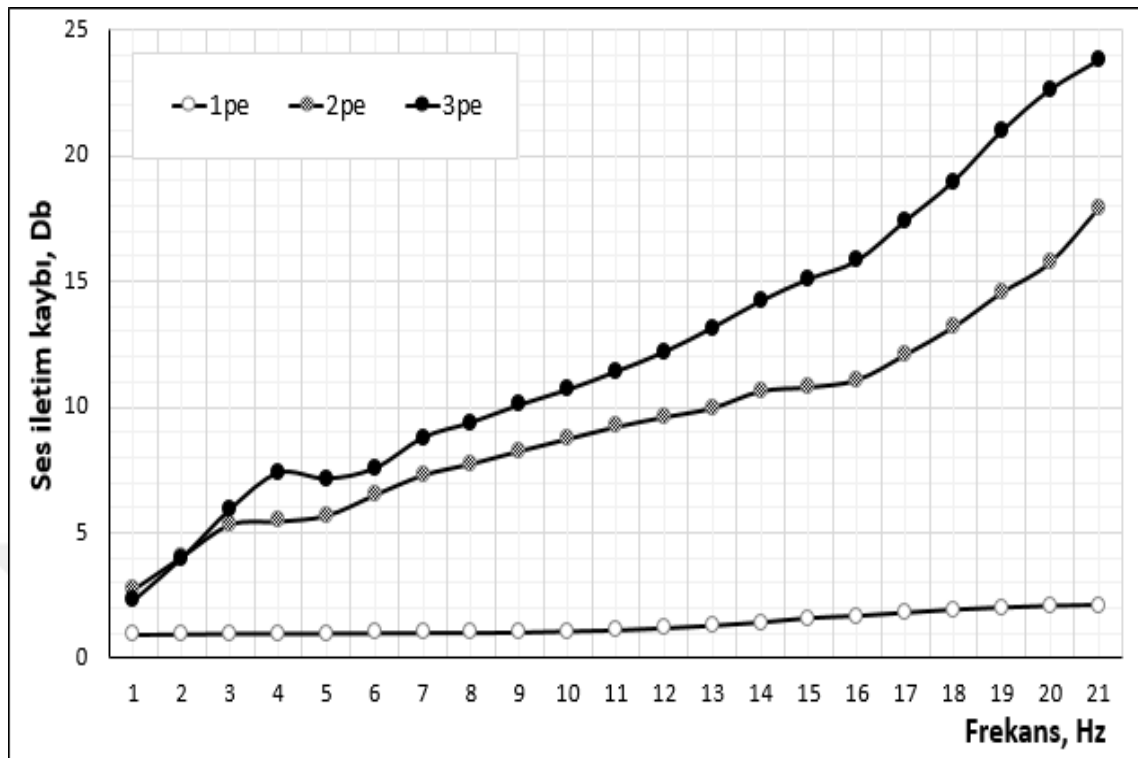
Şekil 5.36. 10gr lif ve 5gr eva üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



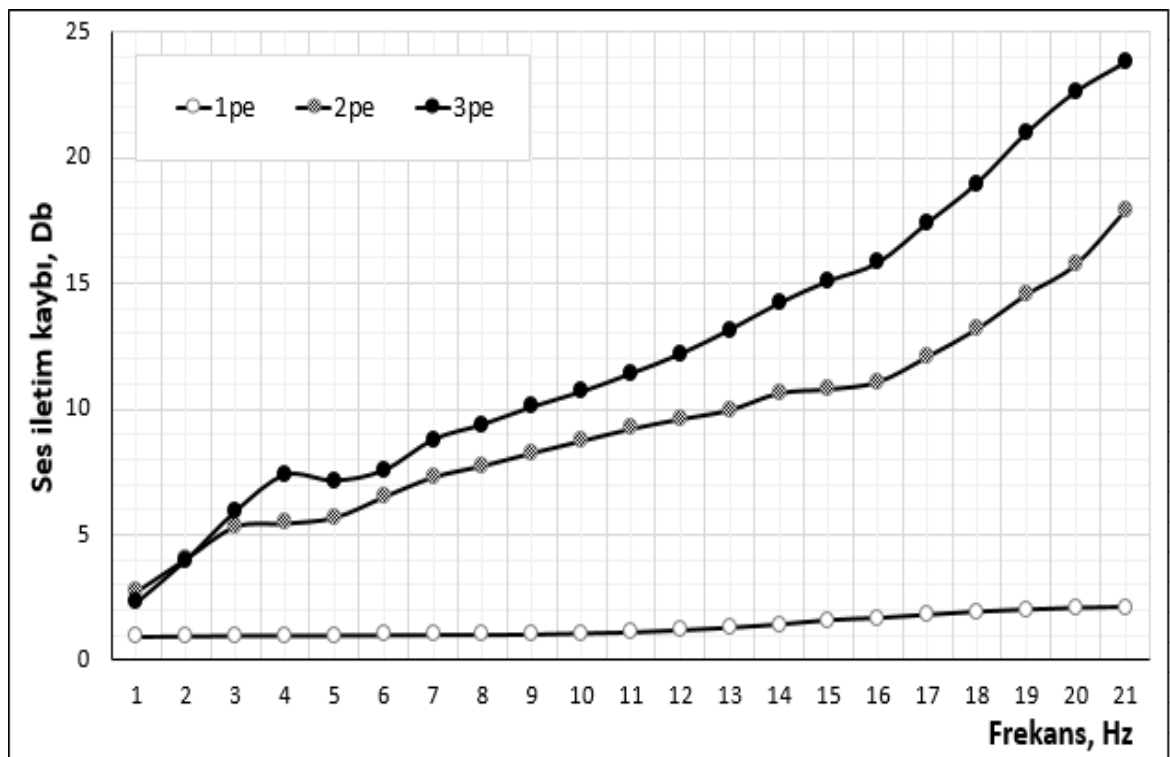
Şekil 5.37. 20gr lif ve 6gr eva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



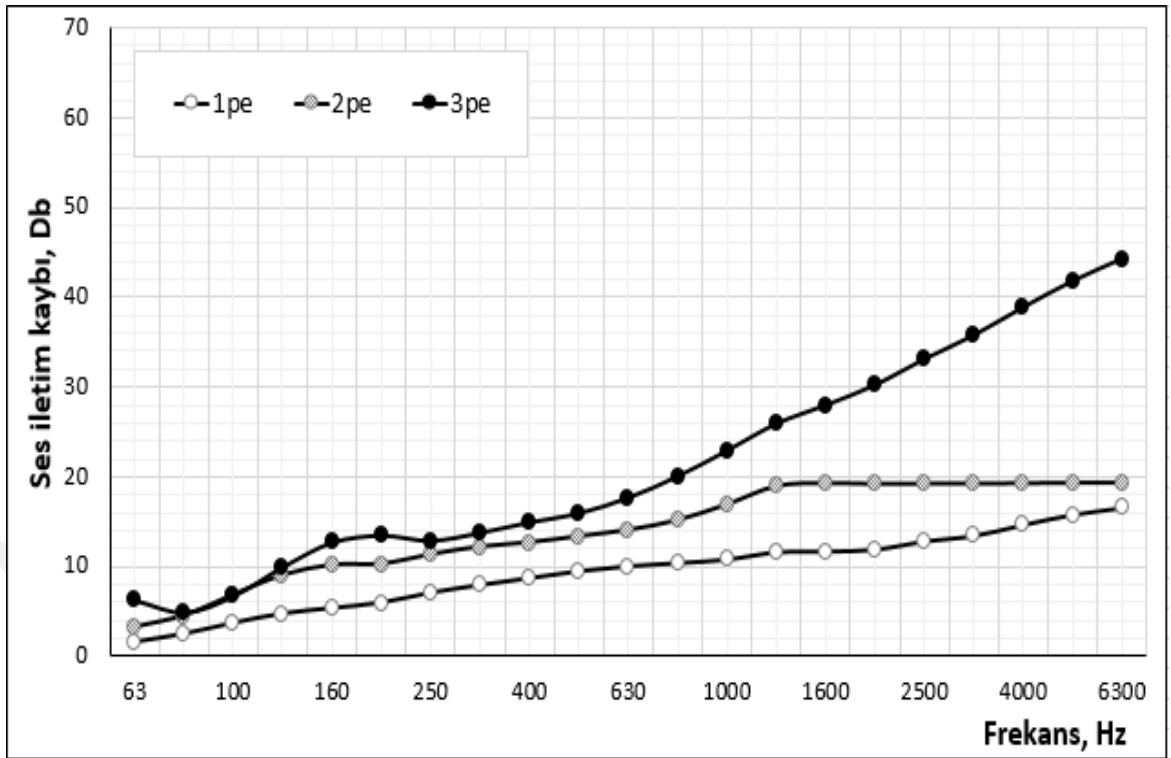
Şekil 5.38. 20gr lif ve 10gr eva üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



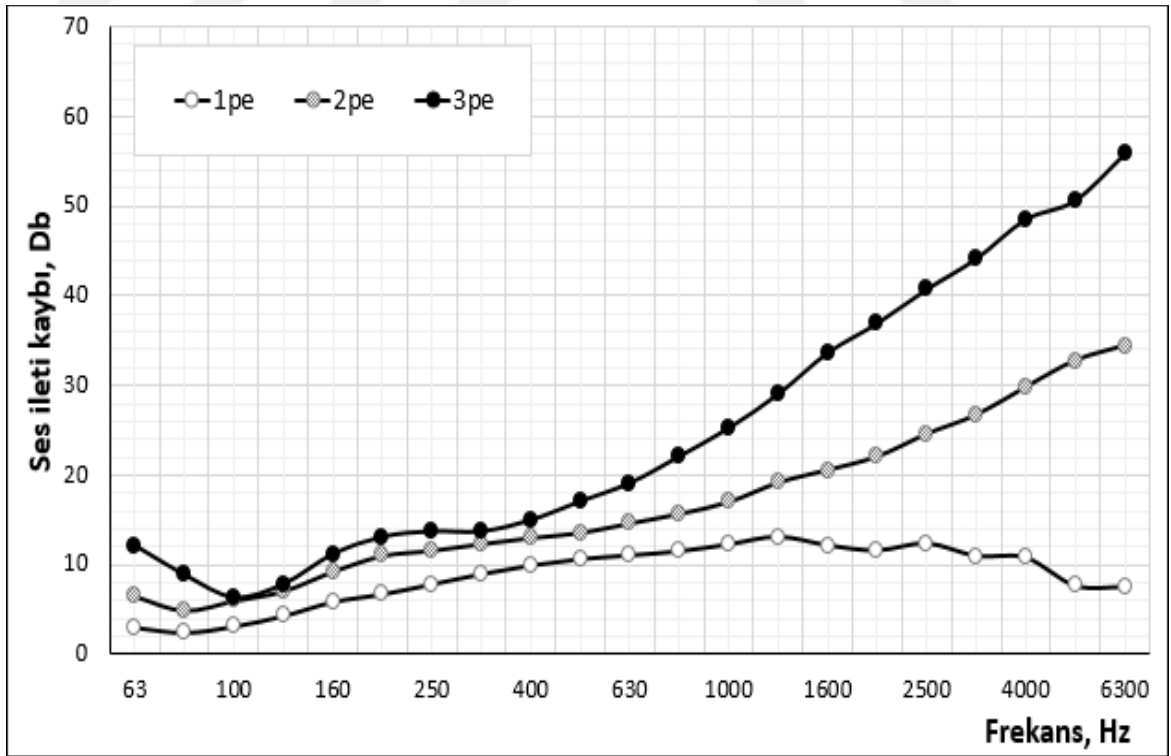
Şekil 5.39. 10gr lif ve 3gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



Şekil 5.40. 10gr lif ve 5gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri

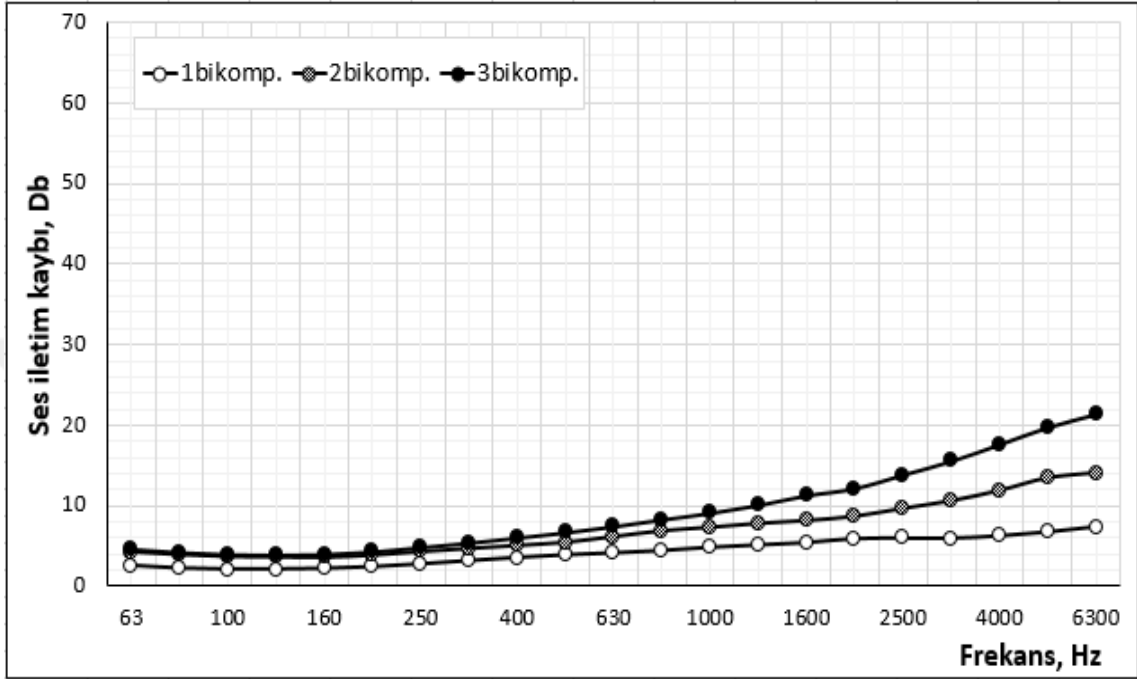


Şekil 5.41. 20gr lif ve 6gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri

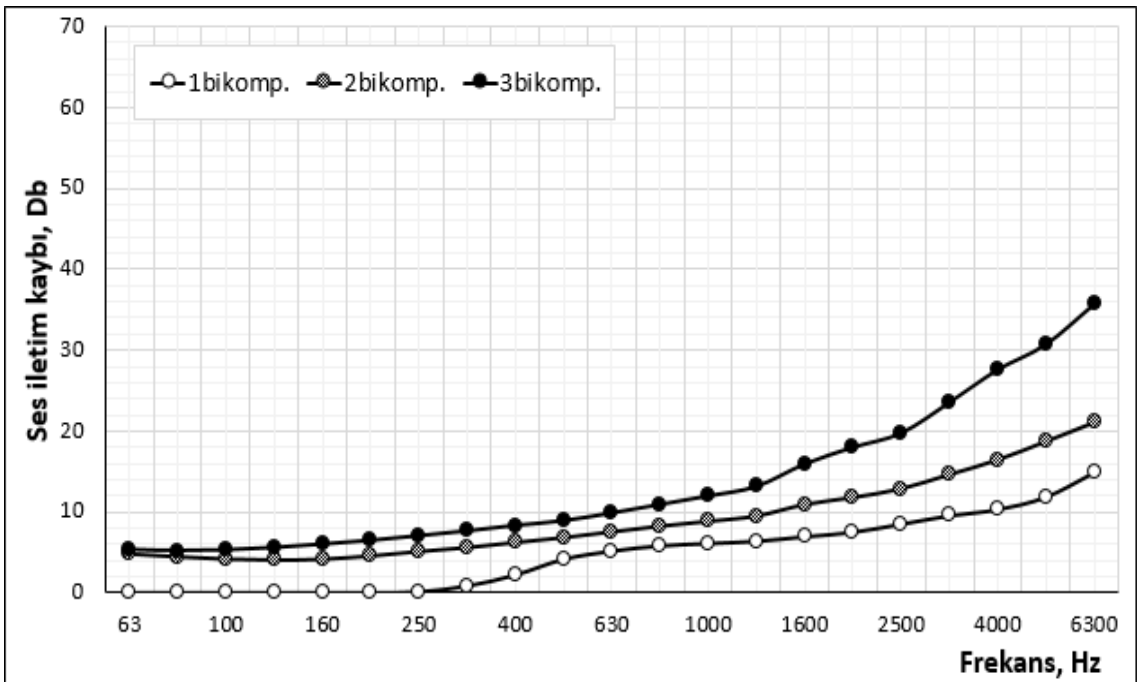


Şekil 5.42. 20gr lif ve 10gr dype kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri

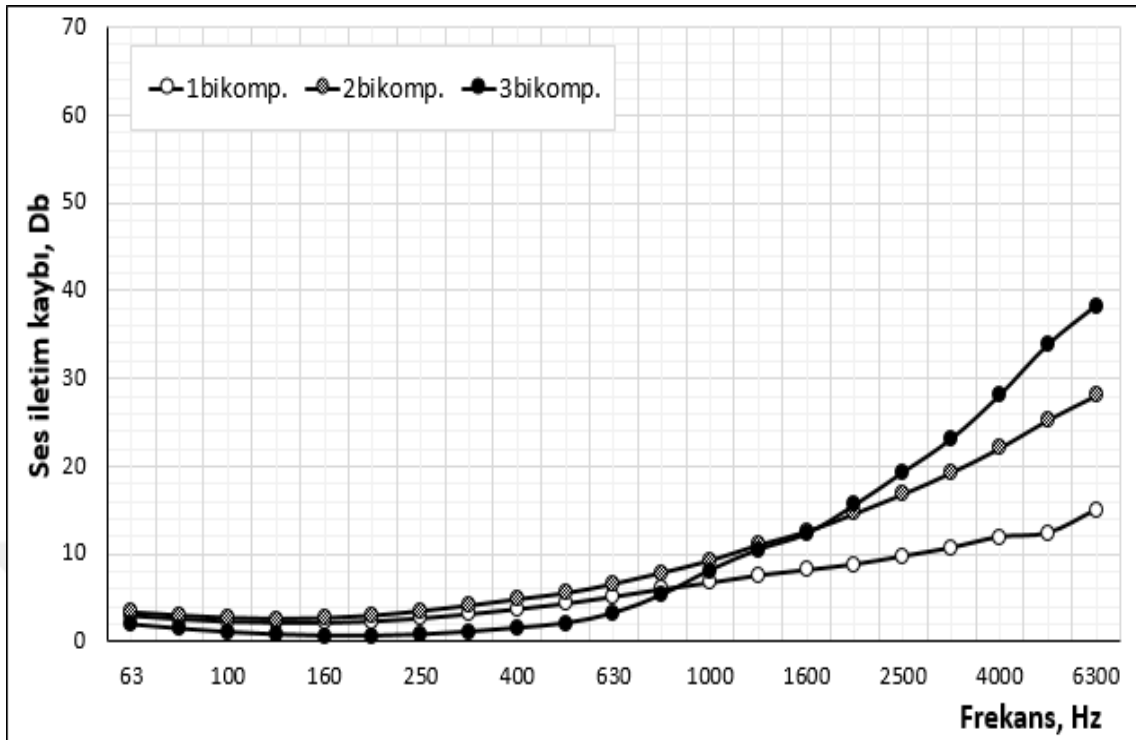
Şekil 5.43-5.46'de bikomponent lif ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses iletim kaybı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.



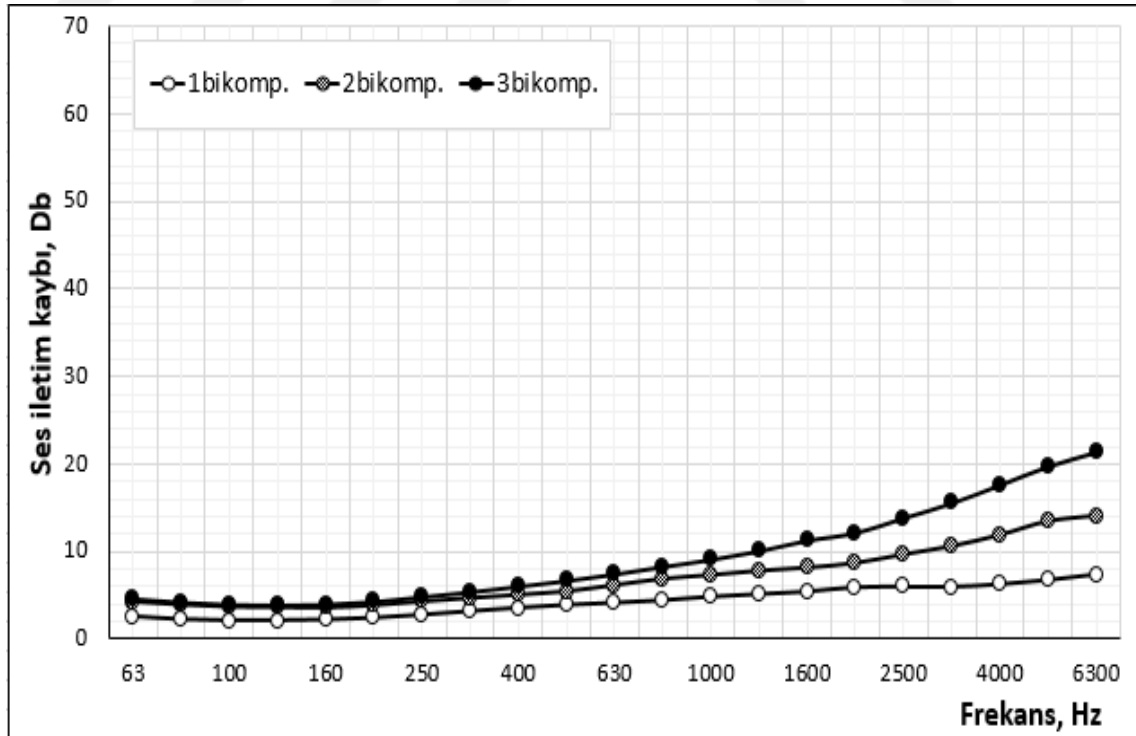
Şekil 5.43. 10gr lif ve 3gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri



Şekil 5.44. 10gr lif ve 5gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri



Şekil 5.45. 20gr lif ve 6gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri



Şekil 5.46. 20gr lif ve 10gr bikomponent lif kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim katsayısı eğrileri

5.4.1.1. Üretim Parametrelerinin Numunelerin Akustik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi İle İlgili Deneysel Veriler

Isıl bağlama metoduyla üç farklı polimer bağlayıcı madde kullanılarak tasarlanmış çok faktörlü deney planına uygun olarak numuneler üretilmiştir. Giriş faktörleri olarak bağlayıcı madde çeşidi, numunelerin katsayısı, numunedeki lif miktarı, numunedeki bağlayıcı madde miktarı ve sesin frekansı alınmıştır. Çıkış parametresi olarak ise akustik parametrelerden ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı değerleri dikkate alınmıştır. Elde edilen verilere istatistiksel analiz uygulanmış ve faktörlerin çıkış parametresini nasıl etkilediği üzerine çalışılmıştır.

5.4.1.1.1. Çok Faktörlü Deney Tasarımı

Üretim parametrelerinin üretilmiş ses yalıtım malzemeleri numunelerinin akustik özelliklerine etkilerini ortaya çıkarmak için Tablo 4.12 üzere gerçekleştirilmiş olan deneylerin sonuçları Tablo 5.20’de ifadesini bulmuştur.

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları

No	A: BM_Ç	B:Kat_sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
1	EVA	1	10	30	63	0,05	1,02
2	DYPE	1	10	30	63	0,07	0,95
3	BK	1	10	30	63	0,05	2,56
4	EVA	2	10	30	63	0,15	1,15
5	DYPE	2	10	30	63	0,01	1,87
6	BK	2	10	30	63	0,00	4,27
7	EVA	3	10	30	63	0,30	4,15
8	DYPE	3	10	30	63	0,05	4,52
9	BK	3	10	30	63	0,42	4,66
10	EVA	1	20	30	63	0,04	4,41
11	DYPE	1	20	30	63	0,00	1,57
12	BK	1	20	30	63	0,00	2,97
13	EVA	2	20	30	63	0,05	9,15
14	DYPE	2	20	30	63	0,08	3,24
15	BK	2	20	30	63	0,12	3,37
16	EVA	3	20	30	63	0,09	18,00
17	DYPE	3	20	30	63	0,30	6,26
18	BK	3	20	30	63	0,52	1,91
19	EVA	1	10	50	63	0,02	1,06
20	DYPE	1	10	50	63	0,00	0,97
21	BK	1	10	50	63	0,07	0,07
22	EVA	2	10	50	63	0,02	2,08
23	DYPE	2	10	50	63	0,11	2,77
24	BK	2	10	50	63	0,08	4,83
25	EVA	3	10	50	63	0,06	3,65
26	DYPE	3	10	50	63	0,01	2,32
27	BK	3	10	50	63	0,03	5,38
28	EVA	1	20	50	63	0,09	3,78

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B: Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
29	DYPE	1	20	50	63	0,02	3,02
30	BK	1	20	50	63	0,12	4,11
31	EVA	2	20	50	63	0,06	9,61
32	DYPE	2	20	50	63	0,05	6,54
33	BK	2	20	50	63	0,00	5,72
34	EVA	3	20	50	63	0,21	17,93
35	DYPE	3	20	50	63	0,22	12,15
36	BK	3	20	50	63	0,37	9,12
37	EVA	1	10	30	100	0,04	1,65
38	DYPE	1	10	30	100	0,02	1,44
39	BK	1	10	30	100	0,04	2,90
40	EVA	2	10	30	100	0,12	2,25
41	DYPE	2	10	30	100	0,01	4,85
42	BK	2	10	30	100	0,06	3,70
43	EVA	3	10	30	100	0,23	5,39
44	DYPE	3	10	30	100	0,06	6,86
45	BK	3	10	30	100	0,36	4,00
46	EVA	1	20	30	100	0,04	3,26
47	DYPE	1	20	30	100	0,02	3,70
48	BK	1	20	30	100	0,02	2,29
49	EVA	2	20	30	100	0,02	5,14
50	DYPE	2	20	30	100	0,07	6,86
51	BK	2	20	30	100	0,07	2,75
52	EVA	3	20	30	100	0,08	12,82
53	DYPE	3	20	30	100	0,23	6,75
54	BK	3	20	30	100	0,41	1,04
55	EVA	1	10	50	100	0,06	1,56
56	DYPE	1	10	50	100	0,01	1,01
57	BK	1	10	50	100	0,06	0,06
58	EVA	2	10	50	100	0,04	3,89
59	DYPE	2	10	50	100	0,07	5,35
60	BK	2	10	50	100	0,08	4,20
61	EVA	3	10	50	100	0,06	6,73
62	DYPE	3	10	50	100	0,03	5,95
63	BK	3	10	50	100	0,06	5,34
64	EVA	1	20	50	100	0,07	3,16
65	DYPE	1	20	50	100	0,05	3,15
66	BK	1	20	50	100	0,06	3,56
67	EVA	2	20	50	100	0,06	5,79
68	DYPE	2	20	50	100	0,07	6,06
69	BK	2	20	50	100	0,07	5,31
70	EVA	3	20	50	100	0,19	11,85
71	DYPE	3	20	50	100	0,17	6,38
72	BK	3	20	50	100	0,28	7,64
73	EVA	1	10	30	125	0,04	2,00
74	DYPE	1	10	30	125	0,03	1,67
75	BK	1	10	30	125	0,04	2,11
76	EVA	2	10	30	125	0,11	2,55
77	DYPE	2	10	30	125	0,04	4,97
78	BK	2	10	30	125	0,05	3,65
79	EVA	3	10	30	125	0,20	5,45
80	DYPE	3	10	30	125	0,07	7,13
81	BK	3	10	30	125	0,33	3,92
82	EVA	1	20	30	125	0,04	5,11
83	DYPE	1	20	30	125	0,04	4,75
84	BK	1	20	30	125	0,01	2,19
85	EVA	2	20	30	125	0,02	7,19

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B:Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
86	DYPE	2	20	30	125	0,07	9,03
87	BK	2	20	30	125	0,08	2,62
88	EVA	3	20	30	125	0,11	9,13
89	DYPE	3	20	30	125	0,22	9,99
90	BK	3	20	30	125	0,35	0,78
91	EVA	1	10	50	125	0,05	1,94
92	DYPE	1	10	50	125	0,01	1,01
93	BK	1	10	50	125	0,05	0,05
94	EVA	2	10	50	125	0,05	4,03
95	DYPE	2	10	50	125	0,07	5,48
96	BK	2	10	50	125	0,07	4,08
97	EVA	3	10	50	125	0,07	7,88
98	DYPE	3	10	50	125	0,05	7,39
99	BK	3	10	50	125	0,06	5,62
100	EVA	1	20	50	125	0,06	5,07
101	DYPE	1	20	50	125	0,04	4,31
102	BK	1	20	50	125	0,04	3,62
103	EVA	2	20	50	125	0,05	7,92
104	DYPE	2	20	50	125	0,07	7,13
105	BK	2	20	50	125	0,07	5,80
106	EVA	3	20	50	125	0,18	8,68
107	DYPE	3	20	50	125	0,16	7,88
108	BK	3	20	50	125	0,26	8,71
109	EVA	1	10	30	160	0,04	2,56
110	DYPE	1	10	30	160	0,03	2,09
111	BK	1	10	30	160	0,04	2,19
112	EVA	2	10	30	160	0,10	3,11
113	DYPE	2	10	30	160	0,04	5,93
114	BK	2	10	30	160	0,06	3,60
115	EVA	3	10	30	160	0,20	6,01
116	DYPE	3	10	30	160	0,12	7,24
117	BK	3	10	30	160	0,30	4,01
118	EVA	1	20	30	160	0,05	7,72
119	DYPE	1	20	30	160	0,04	5,35
120	BK	1	20	30	160	0,02	2,16
121	EVA	2	20	30	160	0,04	10,70
122	DYPE	2	20	30	160	0,09	10,17
123	BK	2	20	30	160	0,08	2,72
124	EVA	3	20	30	160	0,28	10,81
125	DYPE	3	20	30	160	0,26	12,70
126	BK	3	20	30	160	0,33	0,63
127	EVA	1	10	50	160	0,05	2,49
128	DYPE	1	10	50	160	0,02	1,02
129	BK	1	10	50	160	0,05	0,05
130	EVA	2	10	50	160	0,06	4,50
131	DYPE	2	10	50	160	0,07	6,53
132	BK	2	10	50	160	0,09	4,19
133	EVA	3	10	50	160	0,11	7,81
134	DYPE	3	10	50	160	0,11	7,17
135	BK	3	10	50	160	0,09	6,05
136	EVA	1	20	50	160	0,06	7,31
137	DYPE	1	20	50	160	0,04	5,87
138	BK	1	20	50	160	0,05	3,90
139	EVA	2	20	50	160	0,08	10,68
140	DYPE	2	20	50	160	0,09	9,30
141	BK	2	20	50	160	0,08	6,43
142	EVA	3	20	50	160	0,21	10,99

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B:Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
143	DYPE	3	20	50	160	0,18	11,23
144	BK	3	20	50	160	0,30	9,54
145	EVA	1	10	30	200	0,05	3,09
146	DYPE	1	10	30	200	0,03	2,52
147	BK	1	10	30	200	0,05	2,39
148	EVA	2	10	30	200	0,11	3,73
149	DYPE	2	10	30	200	0,07	7,09
150	BK	2	10	30	200	0,07	3,87
151	EVA	3	10	30	200	0,22	6,68
152	DYPE	3	10	30	200	0,18	8,14
153	BK	3	10	30	200	0,29	4,33
154	EVA	1	20	30	200	0,06	9,73
155	DYPE	1	20	30	200	0,05	5,97
156	BK	1	20	30	200	0,01	2,33
157	EVA	2	20	30	200	0,08	13,22
158	DYPE	2	20	30	200	0,13	10,28
159	BK	2	20	30	200	0,11	3,00
160	EVA	3	20	30	200	0,50	14,31
161	DYPE	3	20	30	200	0,38	13,46
162	BK	3	20	30	200	0,33	0,63
163	EVA	1	10	50	200	0,05	2,86
164	DYPE	1	10	50	200	0,03	1,03
165	BK	1	10	50	200	0,06	0,06
166	EVA	2	10	50	200	0,07	5,28
167	DYPE	2	10	50	200	0,09	6,53
168	BK	2	10	50	200	0,10	4,60
169	EVA	3	10	50	200	0,17	8,21
170	DYPE	3	10	50	200	0,15	7,58
171	BK	3	10	50	200	0,14	6,51
172	EVA	1	20	50	200	0,07	8,68
173	DYPE	1	20	50	200	0,06	6,72
174	BK	1	20	50	200	0,05	4,26
175	EVA	2	20	50	200	0,13	12,25
176	DYPE	2	20	50	200	0,12	11,04
177	BK	2	20	50	200	0,12	6,98
178	EVA	3	20	50	200	0,39	14,21
179	DYPE	3	20	50	200	0,28	13,15
180	BK	3	20	50	200	0,37	10,18
181	EVA	1	10	30	250	0,05	3,61
182	DYPE	1	10	30	250	0,03	3,10
183	BK	1	10	30	250	0,07	2,75
184	EVA	2	10	30	250	0,13	4,51
185	DYPE	2	10	30	250	0,12	8,04
186	BK	2	10	30	250	0,11	4,30
187	EVA	3	10	30	250	0,25	7,23
188	DYPE	3	10	30	250	0,31	9,60
189	BK	3	10	30	250	0,32	4,89
190	EVA	1	20	30	250	0,05	10,75
191	DYPE	1	20	30	250	0,07	7,08
192	BK	1	20	30	250	0,03	2,67
193	EVA	2	20	30	250	0,20	14,75
194	DYPE	2	20	30	250	0,23	11,34
195	BK	2	20	30	250	0,13	3,52
196	EVA	3	20	30	250	0,50	16,71
197	DYPE	3	20	30	250	0,54	12,90
198	BK	3	20	30	250	0,41	0,77
199	EVA	1	10	50	250	0,06	3,38

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B: Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
200	DYPE	1	10	50	250	0,04	1,04
201	BK	1	10	50	250	0,08	0,17
202	EVA	2	10	50	250	0,10	6,02
203	DYPE	2	10	50	250	0,10	7,32
204	BK	2	10	50	250	0,14	5,14
205	EVA	3	10	50	250	0,23	9,19
206	DYPE	3	10	50	250	0,26	8,80
207	BK	3	10	50	250	0,25	7,09
208	EVA	1	20	50	250	0,08	9,50
209	DYPE	1	20	50	250	0,08	7,83
210	BK	1	20	50	250	0,07	4,85
211	EVA	2	20	50	250	0,27	12,92
212	DYPE	2	20	50	250	0,23	11,62
213	BK	2	20	50	250	0,20	7,71
214	EVA	3	20	50	250	0,60	16,70
215	DYPE	3	20	50	250	0,54	13,75
216	BK	3	20	50	250	0,53	10,84
217	EVA	1	10	30	315	0,05	3,98
218	DYPE	1	10	30	315	0,04	3,65
219	BK	1	10	30	315	0,07	3,15
220	EVA	2	10	30	315	0,17	5,22
221	DYPE	2	10	30	315	0,20	8,76
222	BK	2	10	30	315	0,13	4,70
223	EVA	3	10	30	315	0,31	7,84
224	DYPE	3	10	30	315	0,48	9,60
225	BK	3	10	30	315	0,39	5,43
226	EVA	1	20	30	315	0,10	9,72
227	DYPE	1	20	30	315	0,09	7,94
228	BK	1	20	30	315	0,04	3,14
229	EVA	2	20	30	315	0,38	13,65
230	DYPE	2	20	30	315	0,36	12,19
231	BK	2	20	30	315	0,19	4,14
232	EVA	3	20	30	315	0,56	17,59
233	DYPE	3	20	30	315	0,63	13,79
234	BK	3	20	30	315	0,55	1,09
235	EVA	1	10	50	315	0,07	3,83
236	DYPE	1	10	50	315	0,04	1,04
237	BK	1	10	50	315	0,08	0,90
238	EVA	2	10	50	315	0,15	6,76
239	DYPE	2	10	50	315	0,15	7,77
240	BK	2	10	50	315	0,21	5,63
241	EVA	3	10	50	315	0,35	9,57
242	DYPE	3	10	50	315	0,40	9,40
243	BK	3	10	50	315	0,37	7,68
244	EVA	1	20	50	315	0,09	9,79
245	DYPE	1	20	50	315	0,12	8,96
246	BK	1	20	50	315	0,09	5,59
247	EVA	2	20	50	315	0,45	13,36
248	DYPE	2	20	50	315	0,41	12,35
249	BK	2	20	50	315	0,35	8,45
250	EVA	3	20	50	315	0,49	18,01
251	DYPE	3	20	50	315	0,63	13,75
252	BK	3	20	50	315	0,67	11,21
253	EVA	1	10	30	400	0,05	4,48
254	DYPE	1	10	30	400	0,04	4,18
255	BK	1	10	30	400	0,07	3,55
256	EVA	2	10	30	400	0,21	5,78

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B: Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
257	DYPE	2	10	30	400	0,32	9,37
258	BK	2	10	30	400	0,19	5,07
259	EVA	3	10	30	400	0,42	8,47
260	DYPE	3	10	30	400	0,60	10,28
261	BK	3	10	30	400	0,53	6,07
262	EVA	1	20	30	400	0,13	10,77
263	DYPE	1	20	30	400	0,14	8,71
264	BK	1	20	30	400	0,08	3,71
265	EVA	2	20	30	400	0,51	14,22
266	DYPE	2	20	30	400	0,54	12,67
267	BK	2	20	30	400	0,34	4,86
268	EVA	3	20	30	400	0,52	16,04
269	DYPE	3	20	30	400	0,59	14,95
270	BK	3	20	30	400	0,77	1,53
271	EVA	1	10	50	400	0,06	4,22
272	DYPE	1	10	50	400	0,06	1,06
273	BK	1	10	50	400	0,09	2,26
274	EVA	2	10	50	400	0,20	7,54
275	DYPE	2	10	50	400	0,23	8,28
276	BK	2	10	50	400	0,31	6,26
277	EVA	3	10	50	400	0,49	10,07
278	DYPE	3	10	50	400	0,55	10,10
279	BK	3	10	50	400	0,56	8,36
280	EVA	1	20	50	400	0,14	10,91
281	DYPE	1	20	50	400	0,18	9,92
282	BK	1	20	50	400	0,12	6,50
283	EVA	2	20	50	400	0,51	13,72
284	DYPE	2	20	50	400	0,55	13,59
285	BK	2	20	50	400	0,51	9,23
286	EVA	3	20	50	400	0,45	17,48
287	DYPE	3	20	50	400	0,55	15,01
288	BK	3	20	50	400	0,72	12,02
289	EVA	1	10	30	500	0,08	4,98
290	DYPE	1	10	30	500	0,07	4,75
291	BK	1	10	30	500	0,10	3,88
292	EVA	2	10	30	500	0,29	6,29
293	DYPE	2	10	30	500	0,47	9,84
294	BK	2	10	30	500	0,29	5,46
295	EVA	3	10	30	500	0,55	9,14
296	DYPE	3	10	30	500	0,66	10,92
297	BK	3	10	30	500	0,69	6,72
298	EVA	1	20	30	500	0,20	11,90
299	DYPE	1	20	30	500	0,23	9,47
300	BK	1	20	30	500	0,16	4,34
301	EVA	2	20	30	500	0,55	15,14
302	DYPE	2	20	30	500	0,63	13,35
303	BK	2	20	30	500	0,60	5,55
304	EVA	3	20	30	500	0,47	18,02
305	DYPE	3	20	30	500	0,55	15,96
306	BK	3	20	30	500	0,90	2,06
307	EVA	1	10	50	500	0,09	4,56
308	DYPE	1	10	50	500	0,10	1,10
309	BK	1	10	50	500	0,16	4,21
310	EVA	2	10	50	500	0,29	8,23
311	DYPE	2	10	50	500	0,35	8,76
312	BK	2	10	50	500	0,45	6,86
313	EVA	3	10	50	500	0,60	10,59

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM_Ç	B: Kat_sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
314	DYPE	3	10	50	500	0,65	10,70
315	BK	3	10	50	500	0,73	8,95
316	EVA	1	20	50	500	0,26	11,78
317	DYPE	1	20	50	500	0,30	10,63
318	BK	1	20	50	500	0,22	7,27
319	EVA	2	20	50	500	0,55	14,18
320	DYPE	2	20	50	500	0,56	13,59
321	BK	2	20	50	500	0,64	9,90
322	EVA	3	20	50	500	0,42	19,05
323	DYPE	3	20	50	500	0,47	17,11
324	BK	3	20	50	500	0,69	13,18
325	EVA	1	10	30	630	0,13	5,04
326	DYPE	1	10	30	630	0,14	5,30
327	BK	1	10	30	630	0,11	4,12
328	EVA	2	10	30	630	0,41	6,90
329	DYPE	2	10	30	630	0,59	10,31
330	BK	2	10	30	630	0,40	6,18
331	EVA	3	10	30	630	0,67	9,56
332	DYPE	3	10	30	630	0,67	11,66
333	BK	3	10	30	630	0,81	7,47
334	EVA	1	20	30	630	0,35	12,27
335	DYPE	1	20	30	630	0,38	10,03
336	BK	1	20	30	630	0,30	5,13
337	EVA	2	20	30	630	0,48	15,76
338	DYPE	2	20	30	630	0,61	14,06
339	BK	2	20	30	630	0,85	6,61
340	EVA	3	20	30	630	0,47	20,54
341	DYPE	3	20	30	630	0,54	17,69
342	BK	3	20	30	630	0,90	3,23
343	EVA	1	10	50	630	0,13	4,94
344	DYPE	1	10	50	630	0,14	1,14
345	BK	1	10	50	630	0,19	5,21
346	EVA	2	10	50	630	0,41	8,78
347	DYPE	2	10	50	630	0,47	9,24
348	BK	2	10	50	630	0,59	7,57
349	EVA	3	10	50	630	0,67	11,00
350	DYPE	3	10	50	630	0,70	11,42
351	BK	3	10	50	630	0,80	9,91
352	EVA	1	20	50	630	0,39	12,37
353	DYPE	1	20	50	630	0,48	11,04
354	BK	1	20	50	630	0,33	8,29
355	EVA	2	20	50	630	0,49	15,20
356	DYPE	2	20	50	630	0,51	14,65
357	BK	2	20	50	630	0,67	11,09
358	EVA	3	20	50	630	0,39	22,31
359	DYPE	3	20	50	630	0,47	19,14
360	BK	3	20	50	630	0,64	15,29
361	EVA	1	10	30	800	0,18	5,56
362	DYPE	1	10	30	800	0,21	5,50
363	BK	1	10	30	800	0,15	4,41
364	EVA	2	10	30	800	0,55	7,35
365	DYPE	2	10	30	800	0,67	10,70
366	BK	2	10	30	800	0,56	6,89
367	EVA	3	10	30	800	0,75	10,04
368	DYPE	3	10	30	800	0,67	12,67
369	BK	3	10	30	800	0,87	8,32
370	EVA	1	20	30	800	0,47	12,51

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM_Ç	B: Kat_sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
371	DYPE	1	20	30	800	0,53	10,38
372	BK	1	20	30	800	0,42	5,98
373	EVA	2	20	30	800	0,46	17,44
374	DYPE	2	20	30	800	0,58	15,15
375	BK	2	20	30	800	0,94	7,88
376	EVA	3	20	30	800	0,49	23,49
377	DYPE	3	20	30	800	0,55	20,07
378	BK	3	20	30	800	0,83	5,33
379	EVA	1	10	50	800	0,18	5,13
380	DYPE	1	10	50	800	0,22	1,22
381	BK	1	10	50	800	0,27	5,86
382	EVA	2	10	50	800	0,53	8,98
383	DYPE	2	10	50	800	0,59	9,63
384	BK	2	10	50	800	0,73	8,27
385	EVA	3	10	50	800	0,72	11,53
386	DYPE	3	10	50	800	0,72	12,20
387	BK	3	10	50	800	0,81	10,95
388	EVA	1	20	50	800	0,49	12,78
389	DYPE	1	20	50	800	0,61	11,50
390	BK	1	20	50	800	0,45	9,52
391	EVA	2	20	50	800	0,46	17,17
392	DYPE	2	20	50	800	0,47	15,70
393	BK	2	20	50	800	0,68	12,62
394	EVA	3	20	50	800	0,42	24,89
395	DYPE	3	20	50	800	0,48	22,12
396	BK	3	20	50	800	0,60	18,01
397	EVA	1	10	30	1000	0,26	5,83
398	DYPE	1	10	30	1000	0,31	5,57
399	BK	1	10	30	1000	0,21	4,83
400	EVA	2	10	30	1000	0,66	7,65
401	DYPE	2	10	30	1000	0,70	11,32
402	BK	2	10	30	1000	0,72	7,33
403	EVA	3	10	30	1000	0,78	10,78
404	DYPE	3	10	30	1000	0,67	14,01
405	BK	3	10	30	1000	0,87	9,13
406	EVA	1	20	30	1000	0,51	12,88
407	DYPE	1	20	30	1000	0,62	10,78
408	BK	1	20	30	1000	0,55	6,72
409	EVA	2	20	30	1000	0,46	19,63
410	DYPE	2	20	30	1000	0,56	16,09
411	BK	2	20	30	1000	0,86	9,28
412	EVA	3	20	30	1000	0,51	26,67
413	DYPE	3	20	30	1000	0,59	22,92
414	BK	3	20	30	1000	0,75	8,13
415	EVA	1	10	50	1000	0,26	5,37
416	DYPE	1	10	50	1000	0,31	1,32
417	BK	1	10	50	1000	0,37	6,15
418	EVA	2	10	50	1000	0,63	9,21
419	DYPE	2	10	50	1000	0,69	9,99
420	BK	2	10	50	1000	0,81	8,87
421	EVA	3	10	50	1000	0,74	12,32
422	DYPE	3	10	50	1000	0,73	13,16
423	BK	3	10	50	1000	0,79	12,01
424	EVA	1	20	50	1000	0,52	13,08
425	DYPE	1	20	50	1000	0,62	12,26
426	BK	1	20	50	1000	0,53	10,52
427	EVA	2	20	50	1000	0,47	19,91

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM_Ç	B: Kat_sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
428	DYPE	2	20	50	1000	0,47	17,02
429	BK	2	20	50	1000	0,68	14,21
430	EVA	3	20	50	1000	0,45	28,51
431	DYPE	3	20	50	1000	0,51	25,27
432	BK	3	20	50	1000	0,58	20,61
433	EVA	1	10	30	1250	0,31	6,28
434	DYPE	1	10	30	1250	0,42	6,08
435	BK	1	10	30	1250	0,28	5,12
436	EVA	2	10	30	1250	0,68	8,35
437	DYPE	2	10	30	1250	0,68	12,25
438	BK	2	10	30	1250	0,79	7,80
439	EVA	3	10	30	1250	0,76	11,78
440	DYPE	3	10	30	1250	0,71	15,69
441	BK	3	10	30	1250	0,81	10,11
442	EVA	1	20	30	1250	0,58	13,66
443	DYPE	1	20	30	1250	0,57	11,58
444	BK	1	20	30	1250	0,69	7,56
445	EVA	2	20	30	1250	0,51	21,94
446	DYPE	2	20	30	1250	0,60	18,94
447	BK	2	20	30	1250	0,73	11,04
448	EVA	3	20	30	1250	0,54	28,99
449	DYPE	3	20	30	1250	0,61	25,92
450	BK	3	20	30	1250	0,70	10,46
451	EVA	1	10	50	1250	0,34	5,81
452	DYPE	1	10	50	1250	0,38	1,44
453	BK	1	10	50	1250	0,55	6,43
454	EVA	2	10	50	1250	0,67	9,81
455	DYPE	2	10	50	1250	0,75	10,66
456	BK	2	10	50	1250	0,78	9,53
457	EVA	3	10	50	1250	0,76	13,42
458	DYPE	3	10	50	1250	0,74	14,22
459	BK	3	10	50	1250	0,69	13,19
460	EVA	1	20	50	1250	0,54	13,86
461	DYPE	1	20	50	1250	0,53	13,11
462	BK	1	20	50	1250	0,63	11,54
463	EVA	2	20	50	1250	0,51	23,10
464	DYPE	2	20	50	1250	0,48	19,18
465	BK	2	20	50	1250	0,61	16,01
466	EVA	3	20	50	1250	0,48	32,58
467	DYPE	3	20	50	1250	0,53	29,07
468	BK	3	20	50	1250	0,58	22,95
469	EVA	1	10	30	1600	0,31	6,39
470	DYPE	1	10	30	1600	0,55	6,26
471	BK	1	10	30	1600	0,34	5,42
472	EVA	2	10	30	1600	0,69	8,67
473	DYPE	2	10	30	1600	0,70	12,57
474	BK	2	10	30	1600	0,78	8,17
475	EVA	3	10	30	1600	0,77	12,40
476	DYPE	3	10	30	1600	0,77	16,52
477	BK	3	10	30	1600	0,73	11,31
478	EVA	1	20	30	1600	0,64	13,76
479	DYPE	1	20	30	1600	0,65	11,68
480	BK	1	20	30	1600	0,83	8,18
481	EVA	2	20	30	1600	0,55	27,52
482	DYPE	2	20	30	1600	0,65	19,27
483	BK	2	20	30	1600	0,68	12,57
484	EVA	3	20	30	1600	0,58	34,48

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B: Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
485	DYPE	3	20	30	1600	0,64	27,98
486	BK	3	20	30	1600	0,68	12,27
487	EVA	1	10	50	1600	0,41	5,96
488	DYPE	1	10	50	1600	0,48	1,61
489	BK	1	10	50	1600	0,68	6,99
490	EVA	2	10	50	1600	0,72	10,15
491	DYPE	2	10	50	1600	0,79	10,82
492	BK	2	10	50	1600	0,68	10,95
493	EVA	3	10	50	1600	0,78	13,89
494	DYPE	3	10	50	1600	0,76	15,10
495	BK	3	10	50	1600	0,60	15,97
496	EVA	1	20	50	1600	0,54	14,17
497	DYPE	1	20	50	1600	0,61	12,16
498	BK	1	20	50	1600	0,65	12,62
499	EVA	2	20	50	1600	0,56	25,59
500	DYPE	2	20	50	1600	0,51	20,58
501	BK	2	20	50	1600	0,56	18,63
502	EVA	3	20	50	1600	0,52	42,13
503	DYPE	3	20	50	1600	0,60	33,66
504	BK	3	20	50	1600	0,57	26,51
505	EVA	1	10	30	2000	0,40	6,63
506	DYPE	1	10	30	2000	0,64	6,37
507	BK	1	10	30	2000	0,42	5,92
508	EVA	2	10	30	2000	0,77	8,95
509	DYPE	2	10	30	2000	0,75	12,98
510	BK	2	10	30	2000	0,82	8,69
511	EVA	3	10	30	2000	0,81	13,23
512	DYPE	3	10	30	2000	0,78	17,34
513	BK	3	10	30	2000	0,76	12,19
514	EVA	1	20	30	2000	0,69	14,29
515	DYPE	1	20	30	2000	0,72	11,88
516	BK	1	20	30	2000	0,90	8,83
517	EVA	2	20	30	2000	0,64	30,34
518	DYPE	2	20	30	2000	0,66	19,18
519	BK	2	20	30	2000	0,69	14,61
520	EVA	3	20	30	2000	0,63	39,05
521	DYPE	3	20	30	2000	0,67	30,22
522	BK	3	20	30	2000	0,70	15,56
523	EVA	1	10	50	2000	0,52	6,29
524	DYPE	1	10	50	2000	0,56	1,69
525	BK	1	10	50	2000	0,73	7,54
526	EVA	2	10	50	2000	0,79	10,65
527	DYPE	2	10	50	2000	0,81	11,11
528	BK	2	10	50	2000	0,69	11,82
529	EVA	3	10	50	2000	0,80	14,81
530	DYPE	3	10	50	2000	0,79	15,83
531	BK	3	10	50	2000	0,65	18,04
532	EVA	1	20	50	2000	0,55	14,80
533	DYPE	1	20	50	2000	0,67	11,60
534	BK	1	20	50	2000	0,66	13,37
535	EVA	2	20	50	2000	0,60	26,36
536	DYPE	2	20	50	2000	0,53	22,07
537	BK	2	20	50	2000	0,60	20,20
538	EVA	3	20	50	2000	0,56	48,92
539	DYPE	3	20	50	2000	0,61	36,95
540	BK	3	20	50	2000	0,60	28,52
541	EVA	1	10	30	2500	0,53	6,81

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B: Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
542	DYPE	1	10	30	2500	0,74	6,74
543	BK	1	10	30	2500	0,54	5,98
544	EVA	2	10	30	2500	0,82	9,46
545	DYPE	2	10	30	2500	0,78	13,77
546	BK	2	10	30	2500	0,84	9,68
547	EVA	3	10	30	2500	0,85	14,26
548	DYPE	3	10	30	2500	0,80	18,54
549	BK	3	10	30	2500	0,77	13,87
550	EVA	1	20	30	2500	0,72	14,84
551	DYPE	1	20	30	2500	0,73	11,88
552	BK	1	20	30	2500	0,93	9,76
553	EVA	2	20	30	2500	0,68	34,15
554	DYPE	2	20	30	2500	0,69	19,21
555	BK	2	20	30	2500	0,73	16,83
556	EVA	3	20	30	2500	0,65	43,12
557	DYPE	3	20	30	2500	0,70	33,11
558	BK	3	20	30	2500	0,72	19,28
559	EVA	1	10	50	2500	0,65	6,62
560	DYPE	1	10	50	2500	0,67	1,81
561	BK	1	10	50	2500	0,82	8,54
562	EVA	2	10	50	2500	0,85	11,32
563	DYPE	2	10	50	2500	0,83	12,11
564	BK	2	10	50	2500	0,73	12,89
565	EVA	3	10	50	2500	0,82	16,00
566	DYPE	3	10	50	2500	0,81	17,41
567	BK	3	10	50	2500	0,70	19,80
568	EVA	1	20	50	2500	0,55	15,99
569	DYPE	1	20	50	2500	0,72	12,38
570	BK	1	20	50	2500	0,69	14,37
571	EVA	2	20	50	2500	0,65	29,29
572	DYPE	2	20	50	2500	0,57	24,58
573	BK	2	20	50	2500	0,62	22,22
574	EVA	3	20	50	2500	0,57	48,30
575	DYPE	3	20	50	2500	0,63	40,74
576	BK	3	20	50	2500	0,65	32,66
577	EVA	1	10	30	3150	0,68	6,85
578	DYPE	1	10	30	3150	0,82	7,03
579	BK	1	10	30	3150	0,68	5,97
580	EVA	2	10	30	3150	0,85	10,08
581	DYPE	2	10	30	3150	0,81	14,41
582	BK	2	10	30	3150	0,86	10,62
583	EVA	3	10	30	3150	0,86	15,05
584	DYPE	3	10	30	3150	0,83	19,91
585	BK	3	10	30	3150	0,81	15,57
586	EVA	1	20	30	3150	0,70	16,23
587	DYPE	1	20	30	3150	0,73	13,42
588	BK	1	20	30	3150	0,94	10,72
589	EVA	2	20	30	3150	0,68	37,37
590	DYPE	2	20	30	3150	0,69	19,21
591	BK	2	20	30	3150	0,78	19,28
592	EVA	3	20	30	3150	0,69	48,58
593	DYPE	3	20	30	3150	0,74	35,75
594	BK	3	20	30	3150	0,78	23,09
595	EVA	1	10	50	3150	0,77	6,86
596	DYPE	1	10	50	3150	0,80	1,93
597	BK	1	10	50	3150	0,85	9,58
598	EVA	2	10	50	3150	0,88	11,93

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B: Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
599	DYPE	2	10	50	3150	0,89	13,21
600	BK	2	10	50	3150	0,75	14,65
601	EVA	3	10	50	3150	0,85	17,24
602	DYPE	3	10	50	3150	0,83	18,98
603	BK	3	10	50	3150	0,75	23,60
604	EVA	1	20	50	3150	0,57	17,09
605	DYPE	1	20	50	3150	0,76	10,98
606	BK	1	20	50	3150	0,68	15,59
607	EVA	2	20	50	3150	0,65	31,73
608	DYPE	2	20	50	3150	0,60	26,70
609	BK	2	20	50	3150	0,65	25,63
610	EVA	3	20	50	3150	0,60	54,20
611	DYPE	3	20	50	3150	0,66	44,15
612	BK	3	20	50	3150	0,68	37,38
613	EVA	1	10	30	4000	0,84	7,20
614	DYPE	1	10	30	4000	0,86	7,61
615	BK	1	10	30	4000	0,83	6,26
616	EVA	2	10	30	4000	0,86	10,91
617	DYPE	2	10	30	4000	0,83	15,65
618	BK	2	10	30	4000	0,89	11,90
619	EVA	3	10	30	4000	0,89	16,54
620	DYPE	3	10	30	4000	0,88	21,75
621	BK	3	10	30	4000	0,85	17,63
622	EVA	1	20	30	4000	0,71	18,27
623	DYPE	1	20	30	4000	0,75	14,65
624	BK	1	20	30	4000	0,94	11,96
625	EVA	2	20	30	4000	0,69	41,35
626	DYPE	2	20	30	4000	0,72	19,25
627	BK	2	20	30	4000	0,84	22,05
628	EVA	3	20	30	4000	0,73	54,30
629	DYPE	3	20	30	4000	0,78	38,86
630	BK	3	20	30	4000	0,94	28,05
631	EVA	1	10	50	4000	0,88	7,47
632	DYPE	1	10	50	4000	0,89	2,01
633	BK	1	10	50	4000	0,87	10,34
634	EVA	2	10	50	4000	0,89	13,11
635	DYPE	2	10	50	4000	0,85	14,58
636	BK	2	10	50	4000	0,80	16,46
637	EVA	3	10	50	4000	0,90	18,94
638	DYPE	3	10	50	4000	0,87	20,98
639	BK	3	10	50	4000	0,83	27,65
640	EVA	1	20	50	4000	0,59	18,82
641	DYPE	1	20	50	4000	0,79	10,80
642	BK	1	20	50	4000	0,71	17,49
643	EVA	2	20	50	4000	0,68	35,13
644	DYPE	2	20	50	4000	0,66	29,77
645	BK	2	20	50	4000	0,68	29,03
646	EVA	3	20	50	4000	0,66	59,18
647	DYPE	3	20	50	4000	0,70	48,54
648	BK	3	20	50	4000	0,73	41,98
649	EVA	1	10	30	5000	0,95	7,37
650	DYPE	1	10	30	5000	0,88	7,87
651	BK	1	10	30	5000	0,93	6,75
652	EVA	2	10	30	5000	0,86	11,75
653	DYPE	2	10	30	5000	0,88	16,50
654	BK	2	10	30	5000	0,93	13,47
655	EVA	3	10	30	5000	0,92	17,38

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM Ç	B: Kat sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
656	DYPE	3	10	30	5000	0,92	23,39
657	BK	3	10	30	5000	0,88	19,75
658	EVA	1	20	30	5000	0,76	19,69
659	DYPE	1	20	30	5000	0,77	15,78
660	BK	1	20	30	5000	0,95	12,41
661	EVA	2	20	30	5000	0,74	44,90
662	DYPE	2	20	30	5000	0,77	19,29
663	BK	2	20	30	5000	0,90	25,27
664	EVA	3	20	30	5000	0,80	53,93
665	DYPE	3	20	30	5000	0,83	41,77
666	BK	3	20	30	5000	0,91	33,84
667	EVA	1	10	50	5000	0,95	7,75
668	DYPE	1	10	50	5000	0,94	2,07
669	BK	1	10	50	5000	0,89	11,88
670	EVA	2	10	50	5000	0,91	13,83
671	DYPE	2	10	50	5000	0,89	15,77
672	BK	2	10	50	5000	0,86	18,73
673	EVA	3	10	50	5000	0,94	20,33
674	DYPE	3	10	50	5000	0,91	22,62
675	BK	3	10	50	5000	0,89	30,79
676	EVA	1	20	50	5000	0,62	20,22
677	DYPE	1	20	50	5000	0,81	7,69
678	BK	1	20	50	5000	0,73	19,42
679	EVA	2	20	50	5000	0,74	38,39
680	DYPE	2	20	50	5000	0,72	32,72
681	BK	2	20	50	5000	0,70	32,16
682	EVA	3	20	50	5000	0,73	57,83
683	DYPE	3	20	50	5000	0,74	50,65
684	BK	3	20	50	5000	0,78	43,03
685	EVA	1	10	30	6300	0,99	6,17
686	DYPE	1	10	30	6300	0,89	8,10
687	BK	1	10	30	6300	0,96	7,41
688	EVA	2	10	30	6300	0,89	13,71
689	DYPE	2	10	30	6300	0,89	16,44
690	BK	2	10	30	6300	0,94	14,01
691	EVA	3	10	30	6300	0,94	18,14
692	DYPE	3	10	30	6300	0,94	24,18
693	BK	3	10	30	6300	0,89	21,38
694	EVA	1	20	30	6300	0,82	20,15
695	DYPE	1	20	30	6300	0,80	16,55
696	BK	1	20	30	6300	0,95	15,04
697	EVA	2	20	30	6300	0,81	48,36
698	DYPE	2	20	30	6300	0,80	19,33
699	BK	2	20	30	6300	0,95	28,06
700	EVA	3	20	30	6300	0,87	59,96
701	DYPE	3	20	30	6300	0,87	44,25
702	BK	3	20	30	6300	0,83	38,29
703	EVA	1	10	50	6300	0,98	7,53
704	DYPE	1	10	50	6300	0,97	2,11
705	BK	1	10	50	6300	0,85	14,90
706	EVA	2	10	50	6300	0,94	13,99
707	DYPE	2	10	50	6300	0,94	17,91
708	BK	2	10	50	6300	0,90	21,07
709	EVA	3	10	50	6300	0,94	21,43
710	DYPE	3	10	50	6300	0,94	23,78
711	BK	3	10	50	6300	0,86	35,77
712	EVA	1	20	50	6300	0,66	21,00

Tablo 5.20. Çok faktörlü deney sonuçları devamı

No	A: BM_Ç	B: Kat_sayı	C: Lif_M	D: BM_M	E: Frekans	CoAB	TL
713	DYPE	1	20	50	6300	0,86	7,55
714	BK	1	20	50	6300	0,60	21,41
715	EVA	2	20	50	6300	0,79	41,33
716	DYPE	2	20	50	6300	0,80	34,36
717	BK	2	20	50	6300	0,65	34,20
718	EVA	3	20	50	6300	0,81	66,22
719	DYPE	3	20	50	6300	0,76	55,83
720	BK	3	20	50	6300	0,87	50,82

Tablo 5.20'deki veriler üzerine Design Exper programıyla istatistik işlemler yapılmıştır.

Veriler Design Exper programına dâhil edilmiştir. Deney planının Design Exper'de yapılmış olan özeti Tablo 5.21'de verilmiştir.

Tablo 5.21. Çok faktörlü deney planının özeti

Design Summary							
Study Type	Factorial		Experiments	720			
Initial Design	Full Factorial		Blocks	No Blocks			
Design Model 2FI							
Response	Name	Units	Obs	Minimum	Maximum	Trans	Model
Y1	CoAB		720	0.000	0.99	None	No model chosen
Y2	TL	dB	720	0.050	66.22	None	No model chosen
Factor	Name	Units	Type	Low Actual	High Actual	Low Coded	High Coded
A	Tutkal		Categorical	EVA	BK		
B	Kat	adet	Numeric	1.00	3.00	-1.000	1.000
C	Lif_M	gr	Numeric	10.00	20.00	-1.000	1.000
D	Tutkal_M	%	Numeric	30.00	50.00	-1.000	1.000
E	Frekans	Hz	Numeric	63.00	6300.00	-1.000	1.000
Levels:							3

Her iki çıkış parametresi için 2. dereceden tam olmayan modeller önerilmiştir (Tablo 5.22).

Tablo 5.22'de Design Exper ses yutum katsayısı için tam olmayan 2. Dereceden model önermektedir. Ancak 2. Dereceden modelin F değeri ve S^2 değeri daha yüksek gözükmemektedir. Biz 2. Dereceden modifiye edilmiş modeli seçtik.

Tablo 5.22. Çok faktörlü deney planı analizinde model seçimi

Response: CoAB						
Sequential Model Sum of Squares						
	Sum of		Mean	F		
Source	Squares	DF	Square	Value	Prob > F	
Mean	153.94	1	153.94			
Linear	41.88	6	6.98	204.95	< 0.0001	
2FI	<u>2.86</u>	<u>14</u>	<u>0.20</u>	<u>6.66</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>Suggested</u>
Quadratic	9.16	2	4.58	260.14	< 0.0001	Aliased
Cubic	3.87	27	0.14	11.43	< 0.0001	Aliased
Residual	8.40	670	0.013			
Total	220.09	720	0.31			
Model Summary Statistics						
	Std.		Adjusted	Predicted		
Source	Dev.	R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS	
Linear	0.18	0.6330	0.6299	0.6257	24.76	
2FI	<u>0.18</u>	<u>0.6762</u>	<u>0.6669</u>	<u>0.6563</u>	<u>22.74</u>	<u>Suggested</u>
Quadratic	0.13	0.8146	0.8087	0.8030	13.03	Aliased
Cubic	0.11	0.8730	0.8638	0.8552	9.58	Aliased
Response: TL						
Sequential Model Sum of Squares						
	Sum of		Mean	F		
Source	Squares	DF	Square	Value	Prob > F	
Mean	1.114E+005	1	1.114E+005			
Linear	54674.97	6	9112.50	268.46	< 0.0001	
2FI	<u>15809.50</u>	<u>14</u>	<u>1129.25</u>	<u>94.05</u>	<u>< 0.0001</u>	<u>Suggested</u>
Quadratic	2189.13	2	1094.57	122.98	< 0.0001	Aliased
Cubic	3977.26	27	147.31	44.34	< 0.0001	Aliased
Residual	2226.10	670	3.32			
Total	1.903E+005	720	264.34			
Model Summary Statistics						
	Std.		Adjusted	Predicted		
Source	Dev.	R-Squared	R-Squared	R-Squared	PRESS	
Linear	5.83	0.6932	0.6906	0.6857	24793.64	
2FI	<u>3.47</u>	<u>0.8936</u>	<u>0.8906</u>	<u>0.8846</u>	<u>9104.69</u>	<u>Suggested</u>
Quadratic	2.98	0.9214	0.9189	0.9137	6803.29	Aliased
Cubic	1.82	0.9718	0.9697	0.9646	2795.61	Aliased

Tablo 5.23’de ses yutma katsayısı için ANOVA özeti verilmiştir.

Tablo 5.23. Ses yutma katsayısı değerleri için ANOVA özeti

Response: CoAB					
ANOVA for Response Surface Reduced Quadratic Model					
Analysis of variance table [Partial sum of squares]					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	53.89	22	2.45	139.19	< 0.0001
A	0.30	2	0.15	8.56	0.0002
B	4.52	1	4.52	256.74	< 0.0001
C	6.480E-003	1	6.480E-003	0.37	0.5442
D	0.093	1	0.093	5.28	0.0219
E	36.96	1	36.96	2099.97	< 0.0001
B ²	0.013	1	0.013	0.71	0.3988
E ²	9.14	1	9.14	519.57	< 0.0001
AB	0.069	2	0.035	1.97	0.1399
AC	0.10	2	0.052	2.98	0.0513
AD	0.021	2	0.010	0.60	0.5516
AE	0.019	2	9.346E-003	0.53	0.5882
BC	0.22	1	0.22	12.44	0.0004
BD	0.11	1	0.11	6.33	0.0121
BE	1.26	1	1.26	71.74	< 0.0001
CD	0.080	1	0.080	4.53	0.0336
CE	0.94	1	0.94	53.26	< 0.0001
DE	0.033	1	0.033	1.90	0.1690
Residual	12.27	697	0.018		
Cor Total	66.16	719			
Std. Dev.	0.13		R-Squared	0.8146	
Mean	0.46		Adj R-Squared	0.8087	
C.V.	28.69		Pred R-Squared	0.8030	
PRESS	13.03		Adeq Precision	45.963	

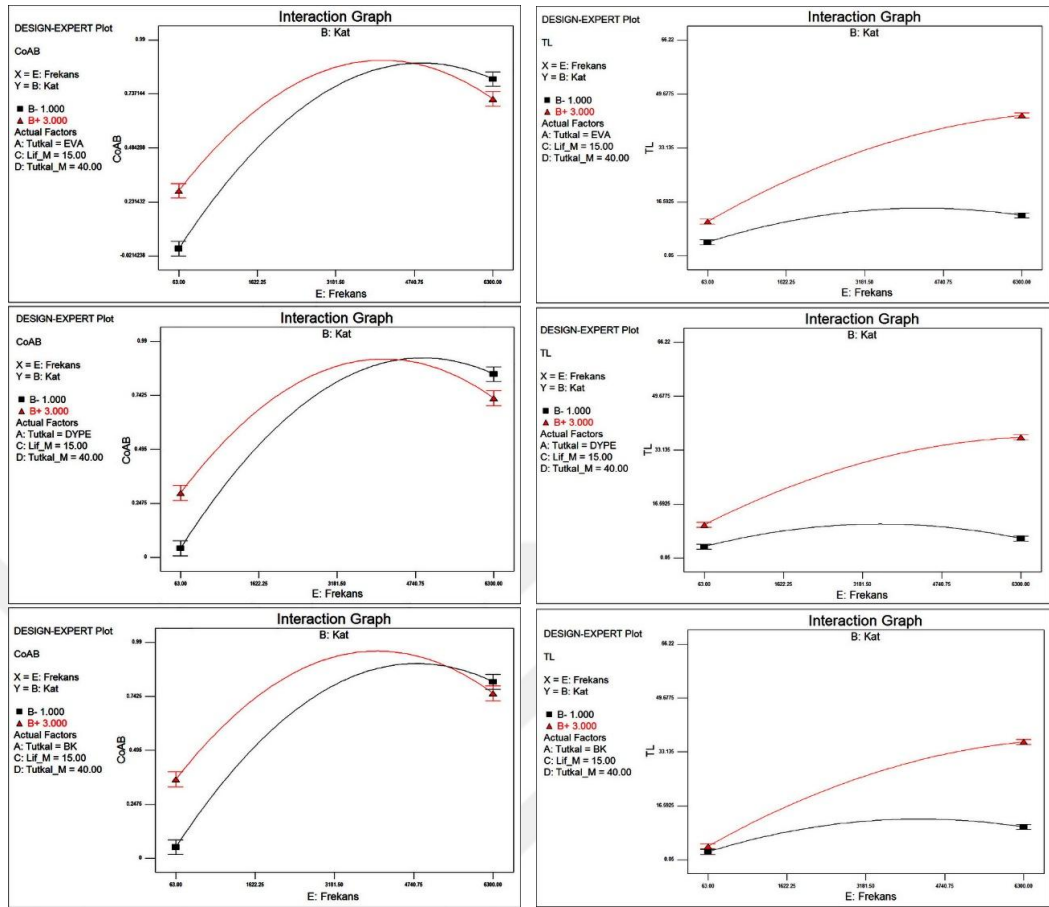
Tablo 5.24’de ses iletim kaybı değerleri için ANOVA özeti verilmiştir.

Tablo 5.24. Ses iletim kaybı değerleri için ANOVA özeti

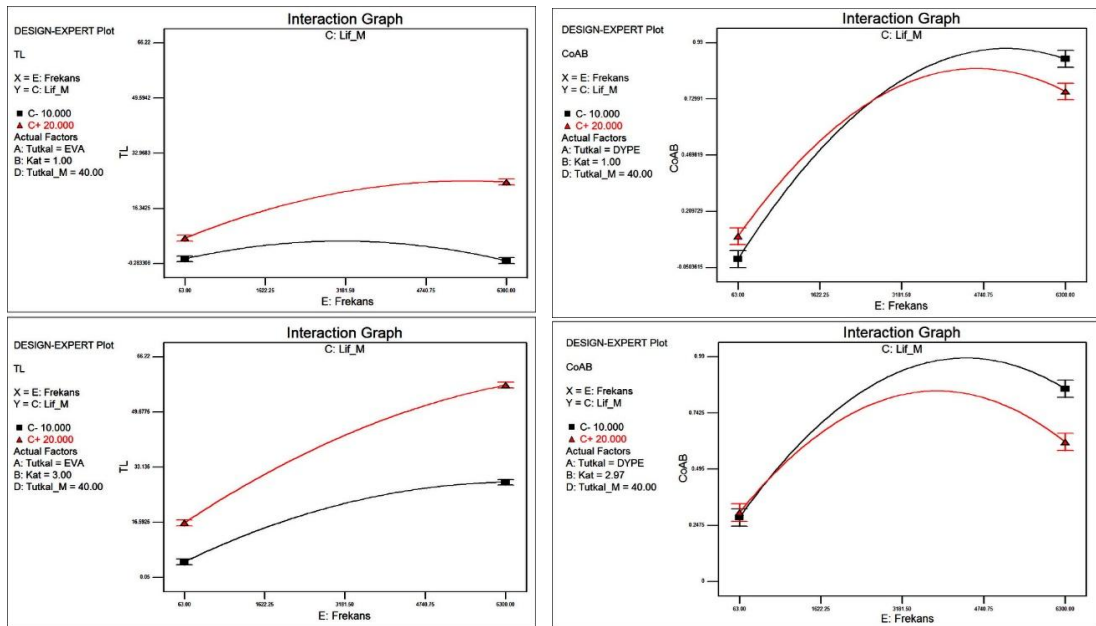
Response: TL					
ANOVA for Response Surface Reduced Quadratic Model					
Analysis of variance table [Partial sum of squares]					
Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F Value	Prob > F
Model	72673.60	22	3303.35	371.16	< 0.0001
A	2150.98	2	1075.49	120.84	< 0.0001
B	13462.64	1	13462.64	1512.64	< 0.0001
C	12234.18	1	12234.18	1374.61	< 0.0001
D	563.06	1	563.06	63.26	< 0.0001
E	26264.11	1	26264.11	2951.00	< 0.0001
B ²	11.92	1	11.92	1.34	0.2475
E ²	2177.21	1	2177.21	244.63	< 0.0001
AB	609.75	2	304.88	34.26	< 0.0001
AC	2454.18	2	1227.09	137.87	< 0.0001
AD	647.30	2	323.65	36.36	< 0.0001
AE	374.88	2	187.44	21.06	< 0.0001
BC	901.35	1	901.35	101.27	< 0.0001
BD	426.01	1	426.01	47.87	< 0.0001
BE	5660.36	1	5660.36	635.99	< 0.0001
CD	236.87	1	236.87	26.61	< 0.0001
CE	4349.27	1	4349.27	488.68	< 0.0001
DE	149.53	1	149.53	16.80	< 0.0001
Residual	6203.36	697	8.90		
Cor Total	78876.96	719			
Std. Dev.	2.98		R-Squared	0.9214	
Mean	12.44		Adj R-Squared	0.9189	
C.V.	23.98		Pred R-Squared	0.9137	
PRESS	6803.29		Adeq Precision	120.315	

Giriş faktörlerinden tutkal çeşidi, numunedeki tutkal miktarı, numunedeki lif miktarı ve numune kalınlığının ayrı ayrı akustik parametrelere olan etkilerini daha iyi gözlemlemek için grafikler kurulmuştur (Şekil 5.47-5.50).

Tutkal çeşidinin ve numune kalınlığının akustik parametrelere olan etkisinin grafikleri aşağıda verilmiştir.

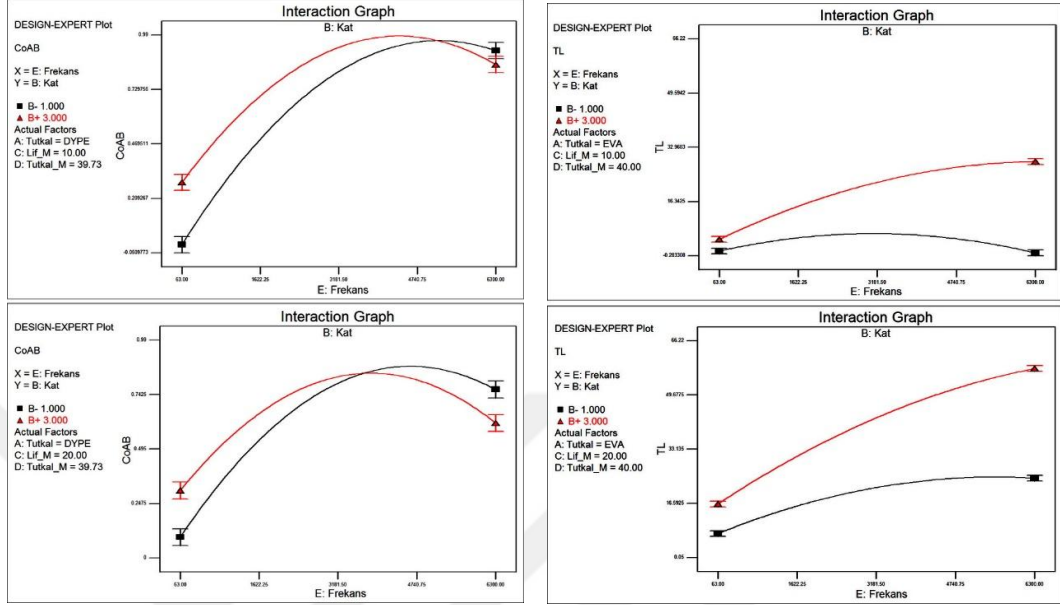


Şekil 5.47. Tutkal çeşidinin akustik parametrelere etki grafiği



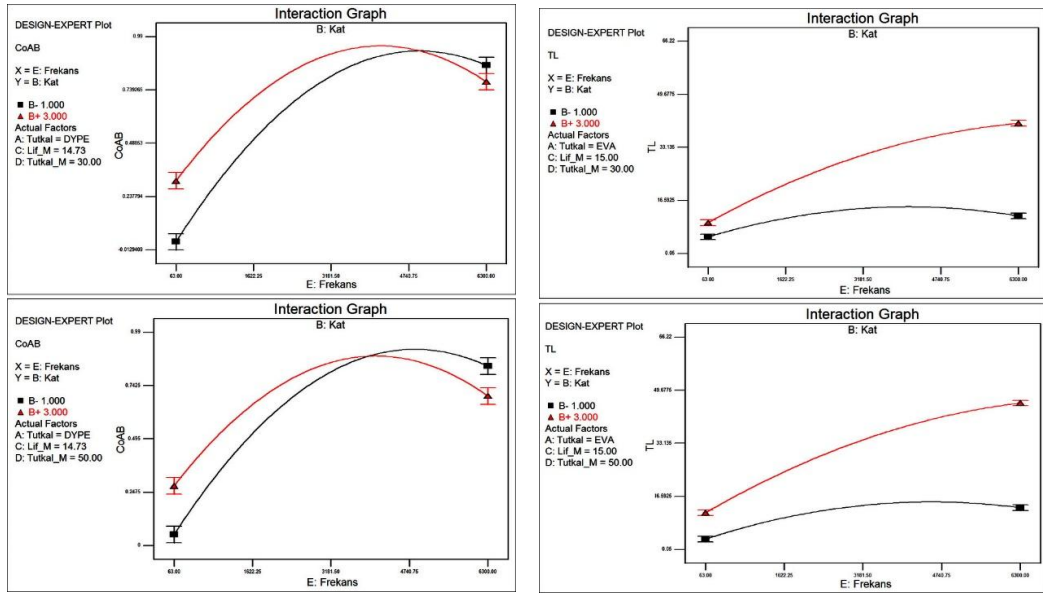
Şekil 5.48 Numune kalınlığının akustik parametrelere etki grafiği

Numunedeki lif miktarının akustik parametrelere olan etkisinin grafikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.49. Numunede lif miktarının akustik parametrelere etki grafiği

Numunedeki tutkal miktarının akustik parametrelere olan etkisinin grafikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.50. Numunede tutkal miktarının akustik parametrelere etki grafiği

5.4.1.1.2. Optimizasyon Meselesinin Çözümü

Çok faktörlü deneylerde bağımsız faktör olarak bağlayıcı madde çeşidi, üretilmiş numunelerin dinlenmeden sonraki kalınlığı katların sayısı olarak, numunedeki lif miktarı gramla, numunedeki tutkal miktarı lif miktarına göre % ile, ses frekansı Hz ile kabul edilmiştir. Optimizasyon kriteri olarak üretilmiş yüzey numunelerinin akustik parametrelerinden ses yutma katsayısı ve ses iletim kaybı dB olarak kabul edilmiştir.

Design Exper programı yardımıyla tasarlanmış ve deneylerin gerçekleştirilmiş olduğu deney planına dayanarak ısıtıl bağlama yöntemiyle dokusuz yüzey üretiminin optimal şartları belirlenmiştir.

Faktörlerin belirlenmiş olan değişim aralığı için elde edilmiş matematiksel modeller Tablo 5.25 ve Tablo 5.26’de verilmiştir. Bu modellere göre söz konusu malzemenin üretimi için önerilen faktör parametreleri Tablo 5.27’den görülebilir. Bu tabloya göre en uygun ses yutma katsayısı veya ses iletim kaybı için optimal üretim parametrelerini seçmek mümkündür.

Tablo 5.25. Çok faktörlü deney sonucu ses yutma katsayısı için alınmış matematiksel modeller

CoAB =

+0.85

-0.021 * A[1]

+1.438E-003 * A[2]

+0.048 * B

-0.031 * C

-0.018 * D

+0.30 * E

-8.854E-003 * B²

-0.36 * E²

-3.708E-003 * A[1]B

-0.013 * A[2]B

-0.014 * A[1]C

-1.250E-003 * A[2]C

+4.903E-003 * A[1]D

+2.611E-003 * A[2]D

+5.251E-003 * A[1]E

+7.483E-003 * A[2]E

-0.021 * BC

-0.015 * BD

-0.091 * BE

-0.011 * CD

-0.064 * CE

-0.012 * DE

Final Equation in Terms of Coded Factors:

Tutkal	EVA	Tutkal	DYPE	Tutkal	DYPE
CoAB =		CoAB =		CoAB =	
-0.60897		-0.60076		-0.60076	
+0.29802 * Kat		+0.28921 * Kat		+0.28921 * Kat	
+0.020974 * Lif_M		+0.023549 * Lif_M		+0.023549 * Lif_M	
+6.14651E-003 * Tutkal_M		+5.91735E-003 * Tutkal_M		+5.91735E-003 * Tutkal_M	
+4.72060E-004 * Frekans		+4.72776E-004 * Frekans		+4.72776E-004 * Frekans	
-8.85417E-003 * Kat ²		-8.85417E-003 * Kat ²		-8.85417E-003 * Kat ²	
-3.74654E-008 * Frekans ²		-3.74654E-008 * Frekans ²		-3.74654E-008 * Frekans ²	
-4.27083E-003 * Kat * Lif_M		-4.27083E-003 * Kat * Lif_M		-4.27083E-003 * Kat * Lif_M	
-1.52292E-003 * Kat * Tutkal_M		-1.52292E-003 * Kat * Tutkal_M		-1.52292E-003 * Kat * Tutkal_M	
-2.92102E-005 * Kat * Frekans		-2.92102E-005 * Kat * Frekans		-2.92102E-005 * Kat * Frekans	
-2.10556E-004 * Lif_M * Tutkal_M		-2.10556E-004 * Lif_M * Tutkal_M		-2.10556E-004 * Lif_M * Tutkal_M	
-4.10981E-006 * Lif_M * Frekans		-4.10981E-006 * Lif_M * Frekans		-4.10981E-006 * Lif_M * Frekans	
-3.87688E-007 * Tutkal_M * Frekans		-3.87688E-007 * Tutkal_M * Frekans		-3.87688E-007 * Tutkal_M * Frekans	

Tablo 5.26.Çok faktörlü deney sonucu ses iletim kaybı için alınmış matematiksel modeller

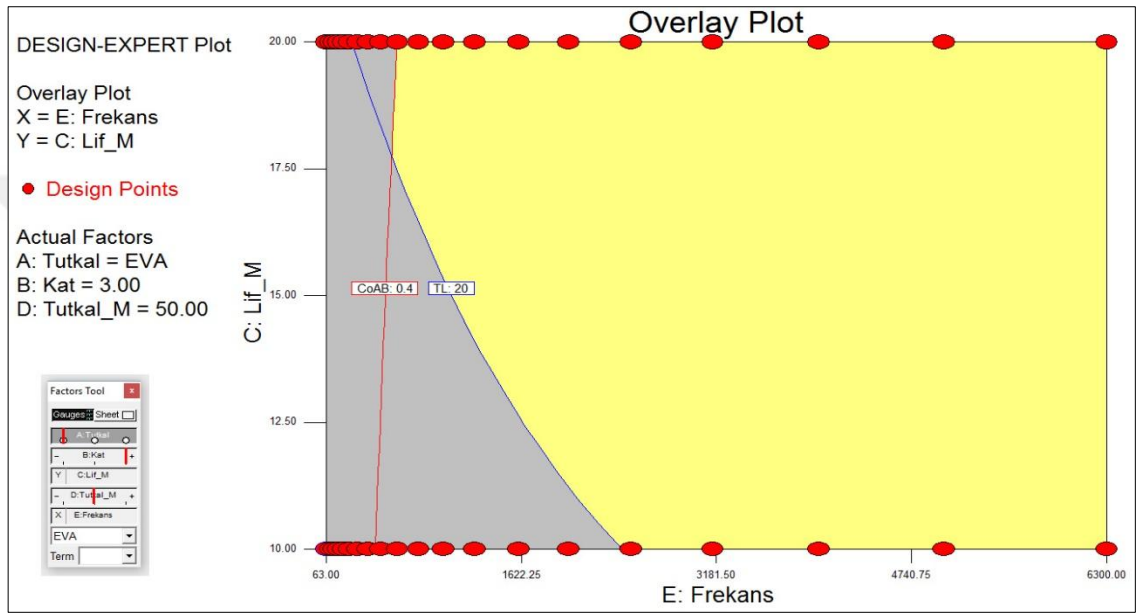
$ \begin{aligned} TL = & +20.89 \\ & +2.59 * A[1] \\ & -0.80 * A[2] \\ & +8.55 * B \\ & +6.45 * C \\ & +1.32 * D \\ & +9.16 * E \\ & -0.27 * B^2 \\ & -5.62 * E^2 \\ & +0.71 * A[1]B \\ & +0.88 * A[2]B \\ & +2.39 * A[1]C \\ & -0.28 * A[2]C \\ & -0.54 * A[1]D \\ & -0.79 * A[2]D \\ & +1.04 * A[1]E \\ & -1.81 * A[2]E \\ & +1.37 * BC \\ & +0.94 * BD \\ & +6.10 * BE \\ & +0.57 * CD \\ & +4.37 * CE \\ & +0.81 * DE \end{aligned} $	Final Equation in Terms of Coded Factors:																																																																																											
Final Equation in Terms of Actual Factors:																																																																																												
<table> <tr> <th>Tutkal</th><th>EVA</th></tr> <tr> <td>TL =</td><td></td></tr> <tr> <td>+9.73870</td><td></td></tr> <tr> <td>-3.74572 * Kat</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.12972 * Lif_M</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.36557 * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>-2.20155E-003 * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.27300 * Kat²</td><td></td></tr> <tr> <td>-5.78117E-007 * Frekans²</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.27407 * Kat * Lif_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.094208 * Kat * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+1.95585E-003 * Kat * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans</td><td></td></tr> </table>	Tutkal	EVA	TL =		+9.73870		-3.74572 * Kat		-0.12972 * Lif_M		-0.36557 * Tutkal_M		-2.20155E-003 * Frekans		-0.27300 * Kat ²		-5.78117E-007 * Frekans ²		+0.27407 * Kat * Lif_M		+0.094208 * Kat * Tutkal_M		+1.95585E-003 * Kat * Frekans		+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M		+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans		+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans		<table> <tr> <th>Tutkal</th><th>DYPE</th></tr> <tr> <td>TL =</td><td></td></tr> <tr> <td>+17.92214</td><td></td></tr> <tr> <td>-3.58059 * Kat</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.66323 * Lif_M</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.39061 * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>-3.11346E-003 * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.27300 * Kat²</td><td></td></tr> <tr> <td>-5.78117E-007 * Frekans²</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.27407 * Kat * Lif_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.094208 * Kat * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+1.95585E-003 * Kat * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans</td><td></td></tr> </table>	Tutkal	DYPE	TL =		+17.92214		-3.58059 * Kat		-0.66323 * Lif_M		-0.39061 * Tutkal_M		-3.11346E-003 * Frekans		-0.27300 * Kat ²		-5.78117E-007 * Frekans ²		+0.27407 * Kat * Lif_M		+0.094208 * Kat * Tutkal_M		+1.95585E-003 * Kat * Frekans		+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M		+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans		+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans		<table> <tr> <th>Tutkal</th><th>BK</th></tr> <tr> <td>TL =</td><td></td></tr> <tr> <td>+16.24487</td><td></td></tr> <tr> <td>-6.04978 * Kat</td><td></td></tr> <tr> <td>-1.02899 * Lif_M</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.17812 * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>-2.28825E-003 * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>-0.27300 * Kat²</td><td></td></tr> <tr> <td>-5.78117E-007 * Frekans²</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.27407 * Kat * Lif_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.094208 * Kat * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+1.95585E-003 * Kat * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M</td><td></td></tr> <tr> <td>+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans</td><td></td></tr> <tr> <td>+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans</td><td></td></tr> </table>	Tutkal	BK	TL =		+16.24487		-6.04978 * Kat		-1.02899 * Lif_M		-0.17812 * Tutkal_M		-2.28825E-003 * Frekans		-0.27300 * Kat ²		-5.78117E-007 * Frekans ²		+0.27407 * Kat * Lif_M		+0.094208 * Kat * Tutkal_M		+1.95585E-003 * Kat * Frekans		+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M		+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans		+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans	
Tutkal	EVA																																																																																											
TL =																																																																																												
+9.73870																																																																																												
-3.74572 * Kat																																																																																												
-0.12972 * Lif_M																																																																																												
-0.36557 * Tutkal_M																																																																																												
-2.20155E-003 * Frekans																																																																																												
-0.27300 * Kat ²																																																																																												
-5.78117E-007 * Frekans ²																																																																																												
+0.27407 * Kat * Lif_M																																																																																												
+0.094208 * Kat * Tutkal_M																																																																																												
+1.95585E-003 * Kat * Frekans																																																																																												
+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M																																																																																												
+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans																																																																																												
+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans																																																																																												
Tutkal	DYPE																																																																																											
TL =																																																																																												
+17.92214																																																																																												
-3.58059 * Kat																																																																																												
-0.66323 * Lif_M																																																																																												
-0.39061 * Tutkal_M																																																																																												
-3.11346E-003 * Frekans																																																																																												
-0.27300 * Kat ²																																																																																												
-5.78117E-007 * Frekans ²																																																																																												
+0.27407 * Kat * Lif_M																																																																																												
+0.094208 * Kat * Tutkal_M																																																																																												
+1.95585E-003 * Kat * Frekans																																																																																												
+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M																																																																																												
+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans																																																																																												
+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans																																																																																												
Tutkal	BK																																																																																											
TL =																																																																																												
+16.24487																																																																																												
-6.04978 * Kat																																																																																												
-1.02899 * Lif_M																																																																																												
-0.17812 * Tutkal_M																																																																																												
-2.28825E-003 * Frekans																																																																																												
-0.27300 * Kat ²																																																																																												
-5.78117E-007 * Frekans ²																																																																																												
+0.27407 * Kat * Lif_M																																																																																												
+0.094208 * Kat * Tutkal_M																																																																																												
+1.95585E-003 * Kat * Frekans																																																																																												
+0.011471 * Lif_M * Tutkal_M																																																																																												
+2.79967E-004 * Lif_M * Frekans																																																																																												
+2.59557E-005 * Tutkal_M * Frekans																																																																																												

Tablo 5.27. Isıl bağlama yöntemiyle dokusuz yüzey üretimi için önerilen çalışma parametreleri

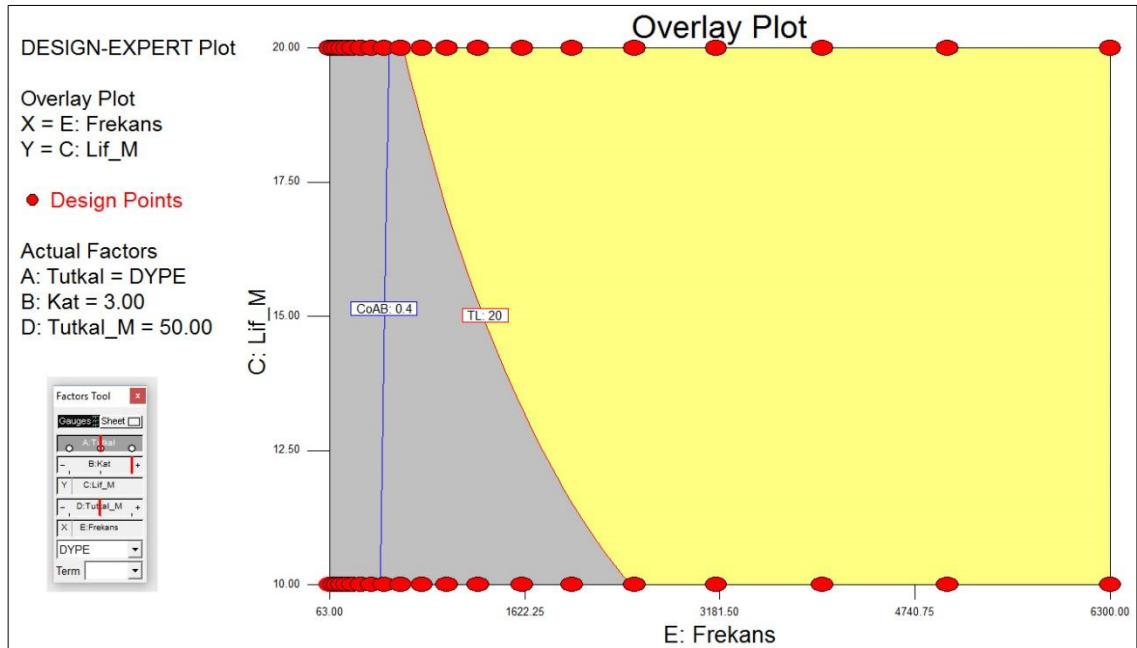
Constraints						
Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Tutkal	is in range	EVA	BK	1	1	3
Kat	is in range	1	3	1	1	3
Lif_M	is in range	10	20	1	1	3
Tutkal_M	is in range	30	50	1	1	3
Frekans	is in range	63	6300	1	1	3
CoAB	maximize	0	1	1	1	3
TL	maximize	0.05	66.22	1	1	3

Solutions								
Number	Tutkal	Kat	Lif_M	Tutkal_M	Frekans	CoAB	TL	Desirability
1	EVA	3.00	20.00	33.12	4854.62	0.803368	50.2737	0.781
2	EVA	3.00	20.00	36.37	4806.64	0.792245	50.9368	0.781
3	EVA	3.00	20.00	42.13	4783.17	0.768041	52.3879	0.779
4	EVA	3.00	20.00	45.45	4734.34	0.756684	53.0434	0.778
5	EVA	3.00	20.00	30.00	5191.12	0.788594	50.8494	0.778
6	EVA	3.00	20.00	46.86	4721.35	0.751268	53.3595	0.778
7	EVA	3.00	20.00	47.65	4720.12	0.747851	53.5643	0.778
8	EVA	3.00	20.00	49.05	4709.29	0.742348	53.8861	0.777
9	EVA	3.00	20.00	50.00	4719.50	0.737702	54.1281	0.776
10	EVA	3.00	18.25	30.07	4931.24	0.843617	45.5385	0.762
11	BK	3.00	19.99	50.00	4841.34	0.796271	45.3127	0.738
12	DYPE	3.00	20.00	30.01	4835.05	0.848694	42.1866	0.735
13	BK	3.00	20.00	50.00	4477.51	0.822199	43.5169	0.735
14	DYPE	3.00	20.00	43.88	4748.78	0.78931	45.2701	0.734
15	DYPE	2.99	20.00	31.75	4850.86	0.839845	42.4894	0.734
16	DYPE	3.00	19.87	40.46	4807.37	0.803502	44.405	0.734
17	DYPE	3.00	20.00	46.50	4739.66	0.777585	45.8765	0.734
18	DYPE	3.00	20.00	30.00	5078.74	0.829206	43.0135	0.734
19	DYPE	3.00	19.99	48.46	4688.66	0.772059	46.1274	0.733
20	BK	2.88	20.00	50.00	4836.29	0.800753	43.9358	0.729
21	BK	3.00	20.00	41.83	4989.07	0.82998	42.2894	0.728
22	DYPE	3.00	19.62	50.00	5135.70	0.734893	47.4654	0.726
23	BK	3.00	20.00	37.45	5446.41	0.80557	42.1413	0.716
24	DYPE	2.75	20.00	30.00	4901.15	0.852733	39.2799	0.711
25	BK	2.99	20.00	31.97	5074.89	0.879378	38.0115	0.710
26	BK	3.00	20.00	30.48	5154.02	0.880151	37.7097	0.708
27	BK	3.00	20.00	30.00	5467.57	0.847525	38.6804	0.703
28	BK	3.00	17.84	30.01	5294.19	0.89832	34.5324	0.684
29	BK	2.71	20.00	31.08	5252.59	0.87165	35.1858	0.680
30	DYPE	2.98	10.92	30.00	3906.52	0.98747	23.753	0.595

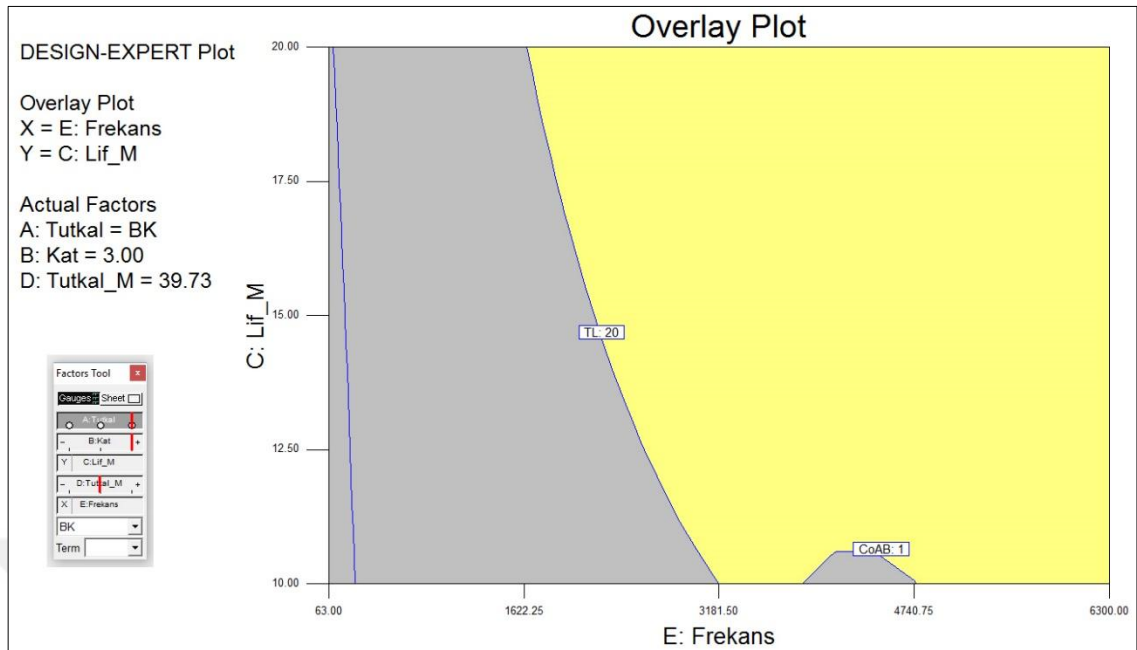
Design Exper programında her optimizasyon kriteri için istenen değer aralığını belirlemek suretiyle değerlendirilebilir sonuçlar elde etmeye imkan veren çalışma alanları belirlenmiştir. Ses yutma katsayısının 0,4...1,0 aralığında, ses iletim kaybının ise 20...70dB aralığında değer aldığı numune üretim parametrelerinin değişim alanı şekil 5.51 ve şekil 5.52’de verilmiştir. Şekilde sarı renkle renklendirilmiş bölge söz konusu değerleri alabileceğimiz çalışma alanıdır.



Şekil 5.51. EVA ile kabul edilebilir nitelikte numuneler üretmek için faktörlerle çalışma alanı



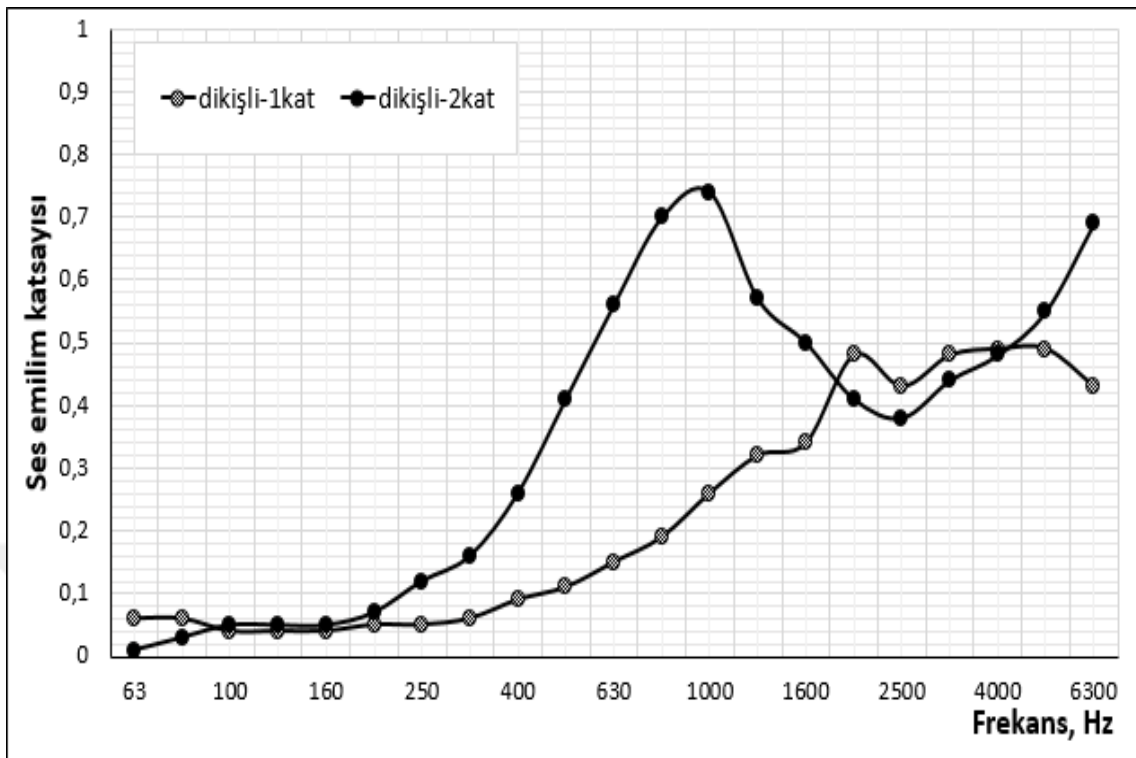
Şekil 5.52. DYPE ile kabul edilebilir nitelikte numuneler üretmek için faktörlerle çalışma alanı



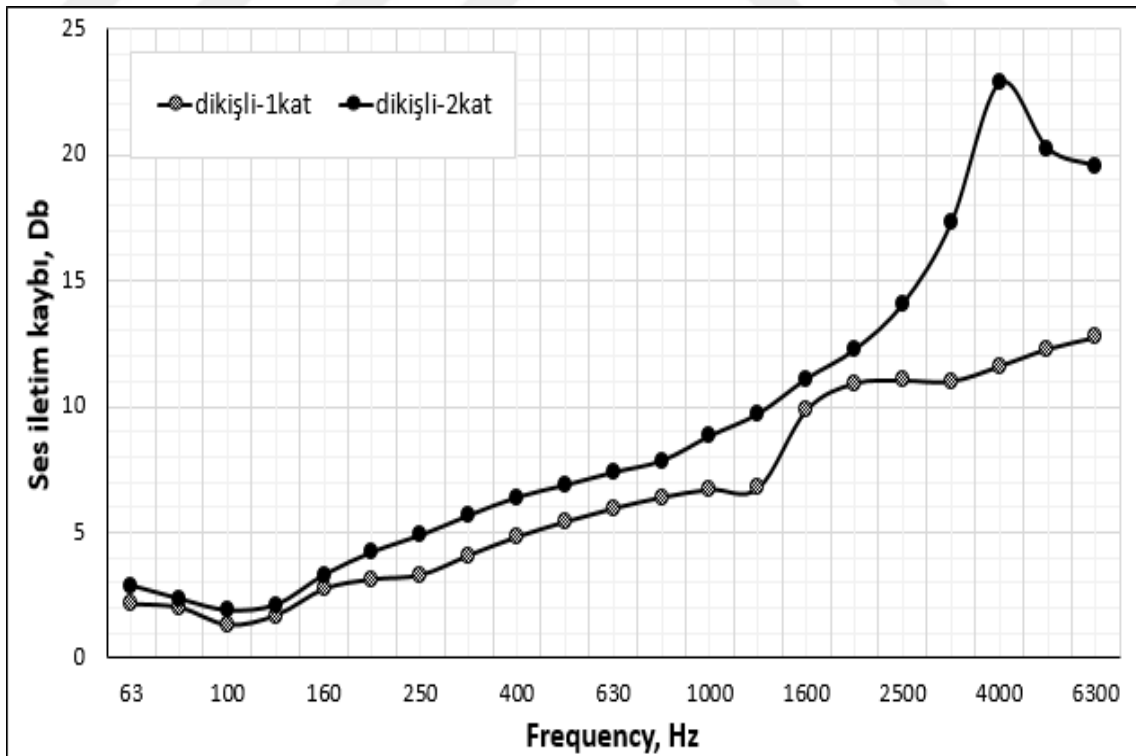
Şekil 5.53. Bikomponent lif ile kabul edilebilir nitelikte numuneler üretmek için faktörlerle çalışma alanı

5.4.2. Mekanik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Akustik Özelliklerinin Analiz Edilmesi

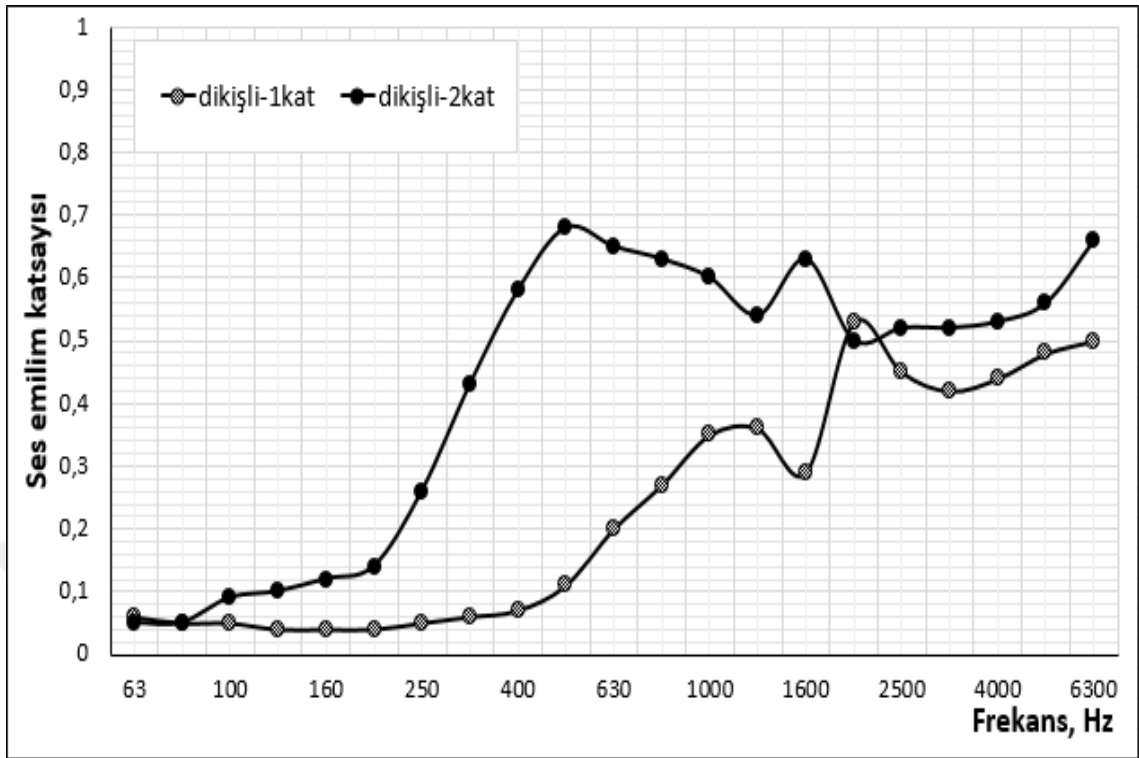
Mekanik bağlama yöntemiyle tavuk tüyü liflerinden farklı parametrelerle üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerin ses yalıtım parametreleri empedans tüpünde ölçülmüştür. Malzemenin kalınlığına bağlı olarak ses yalıtım parametrelerinin nasıl değiştiğini görmek için her numune cihaza tek ve çift katlı olarak yerleştirilmiştir. Şekil 5.54-5.57’de mekanik bağlama yöntemi ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses emilim katsayısı ve ses iletim kaybı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.



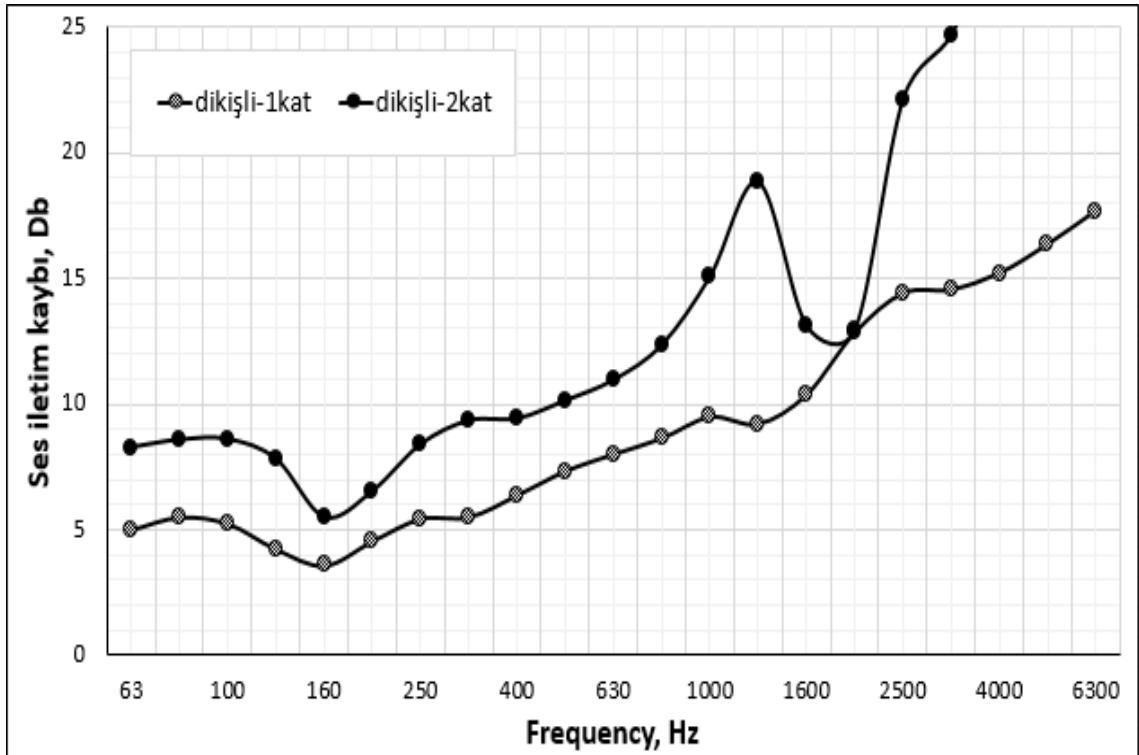
Şekil 5.54. 10gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses emilim katsayısı eğrileri



Şekil 5.55. 10gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses iletim kaybı eğrileri



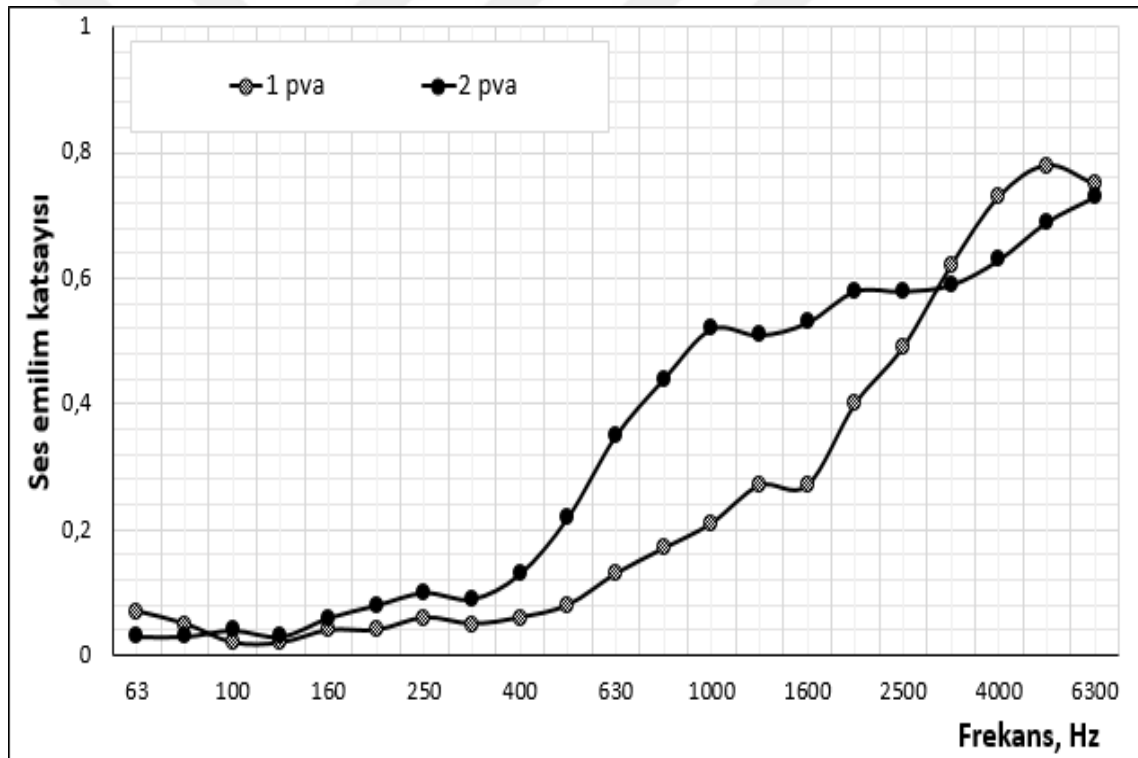
Şekil 5.56. 20gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses emilim katsayısı eğrileri



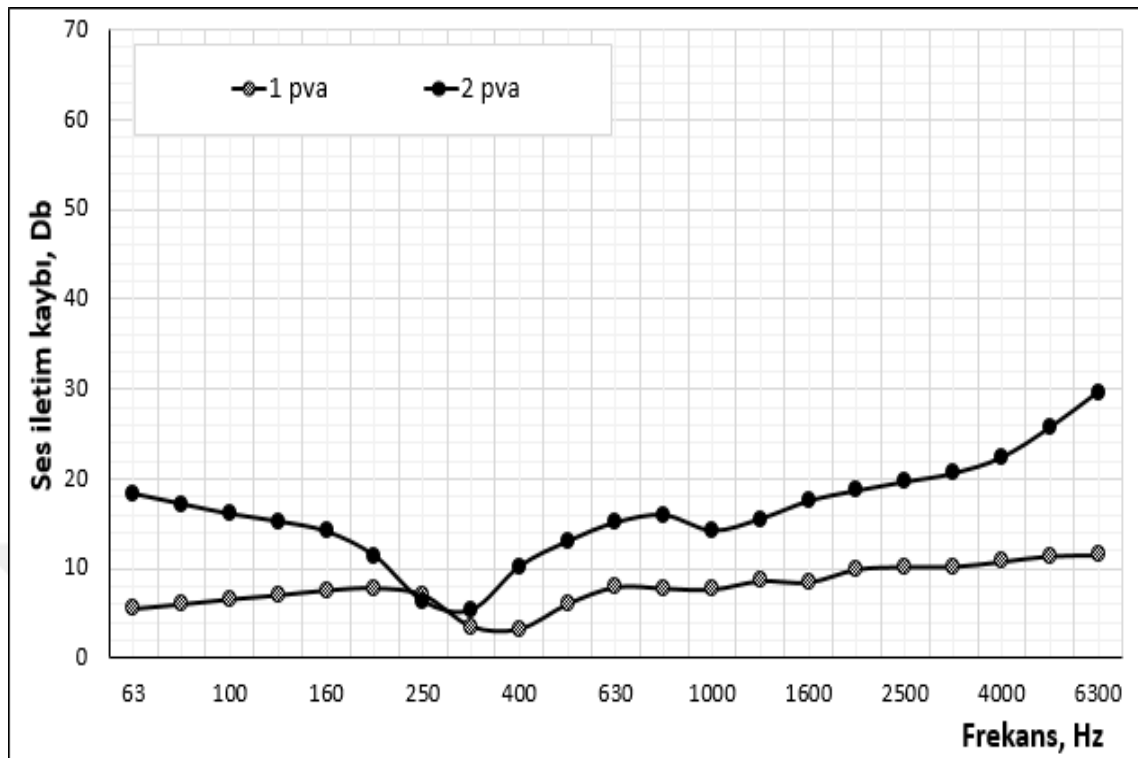
Şekil 5.57. 20gr lif kullanılarak mekanik yöntemle üretilen dikişli numunelere ait ses iletim kaybı eğrileri

5.4.3. Kimyasal Yöntemle Elde Edilmiş Yüzeylerin Akustik Özelliklerinin Analiz Edilmesi

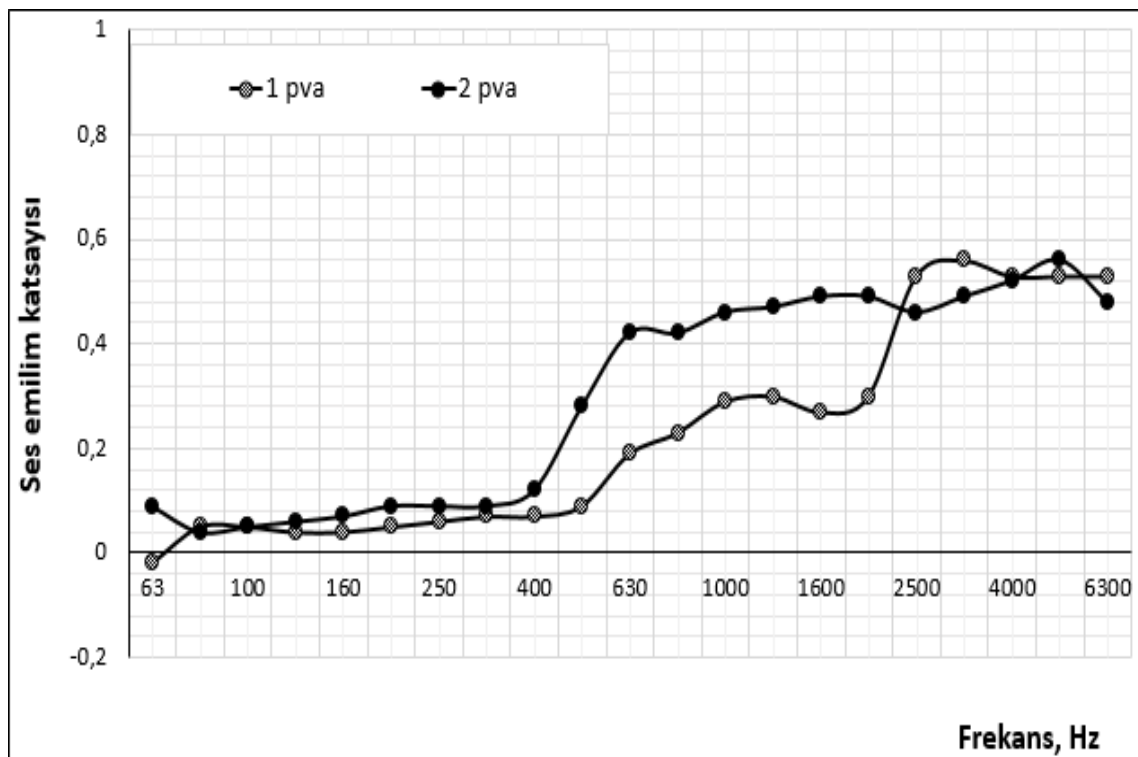
Kimyasal bağlama yöntemiyle tavuk tüyü liflerinden farklı parametrelerle üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerin ses yalıtım parametreleri empedans tüpünde ölçülmüştür. Malzemenin kalınlığına bağlı olarak ses yalıtım parametrelerinin nasıl değiştiğini görmek için her numune cihaza tek ve çift katlı olarak yerleştirilmiştir. Şekil 5.58-5.65’de kimyasal yöntem ile üretilmiş numunelerin ölçmeler neticesinde elde edilen ses emilim katsayısı ve ses iletim kaybı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikleri verilmiştir.



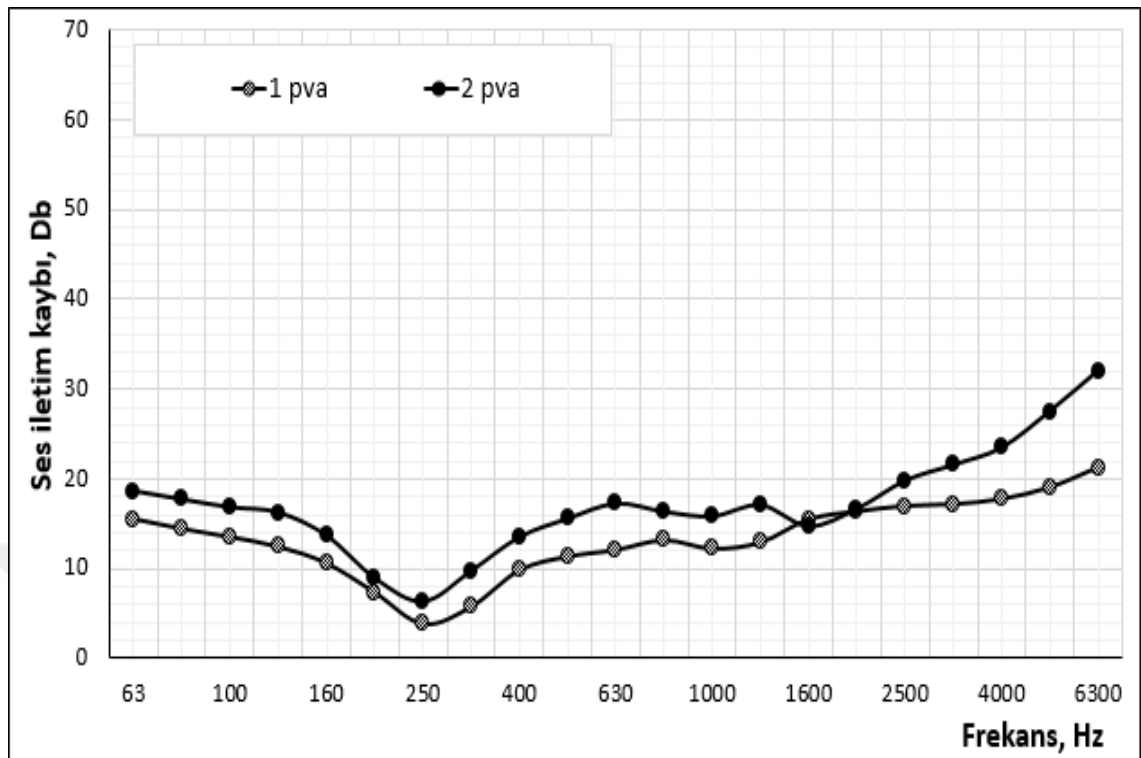
Şekil 5.58. 20gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



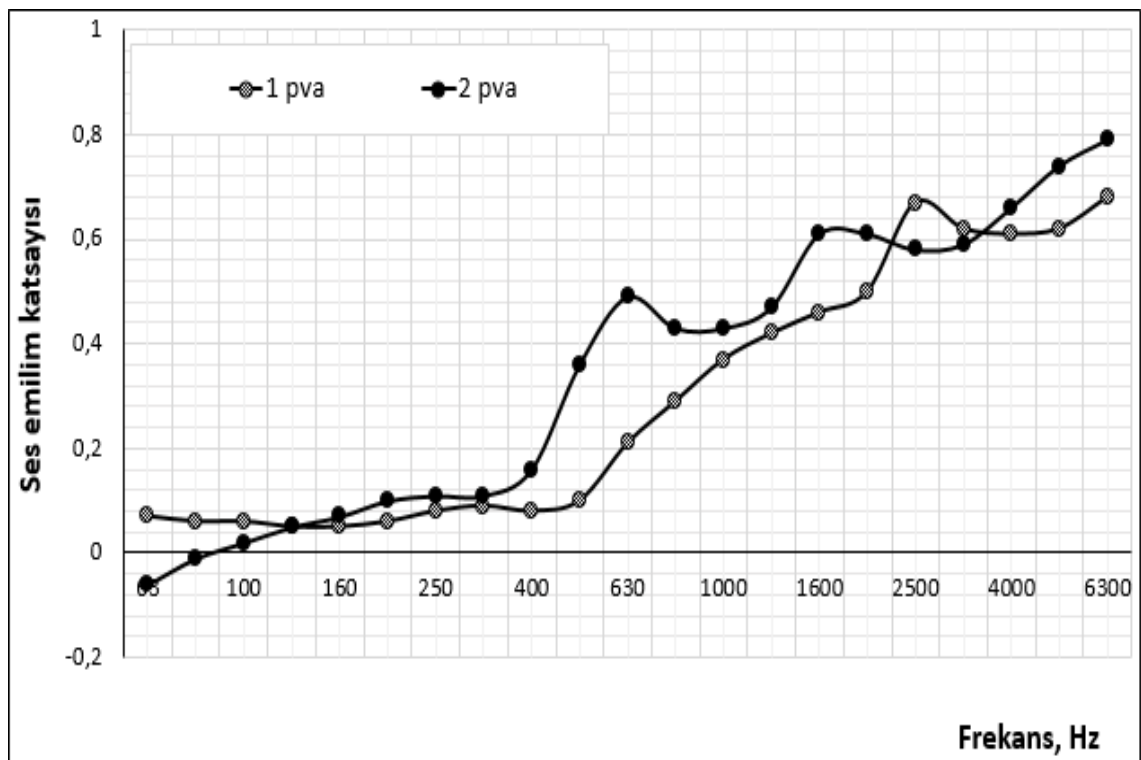
Şekil 5.59. 20gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



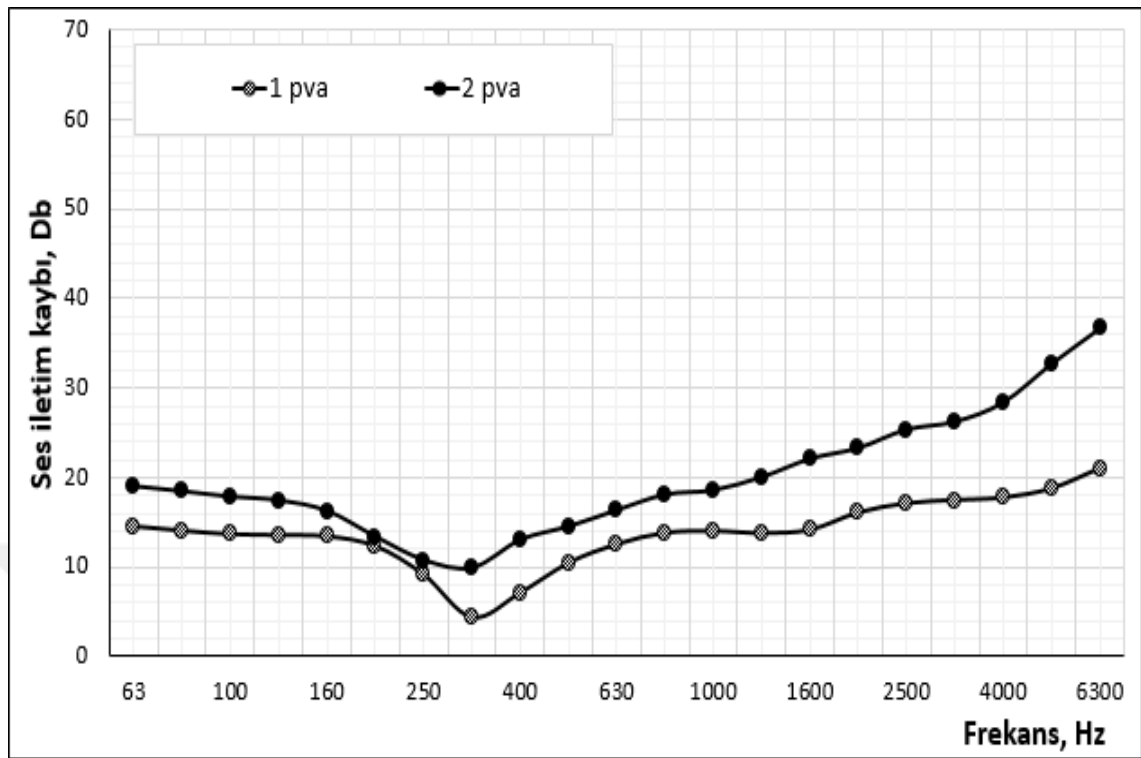
Şekil 5.60. 20gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



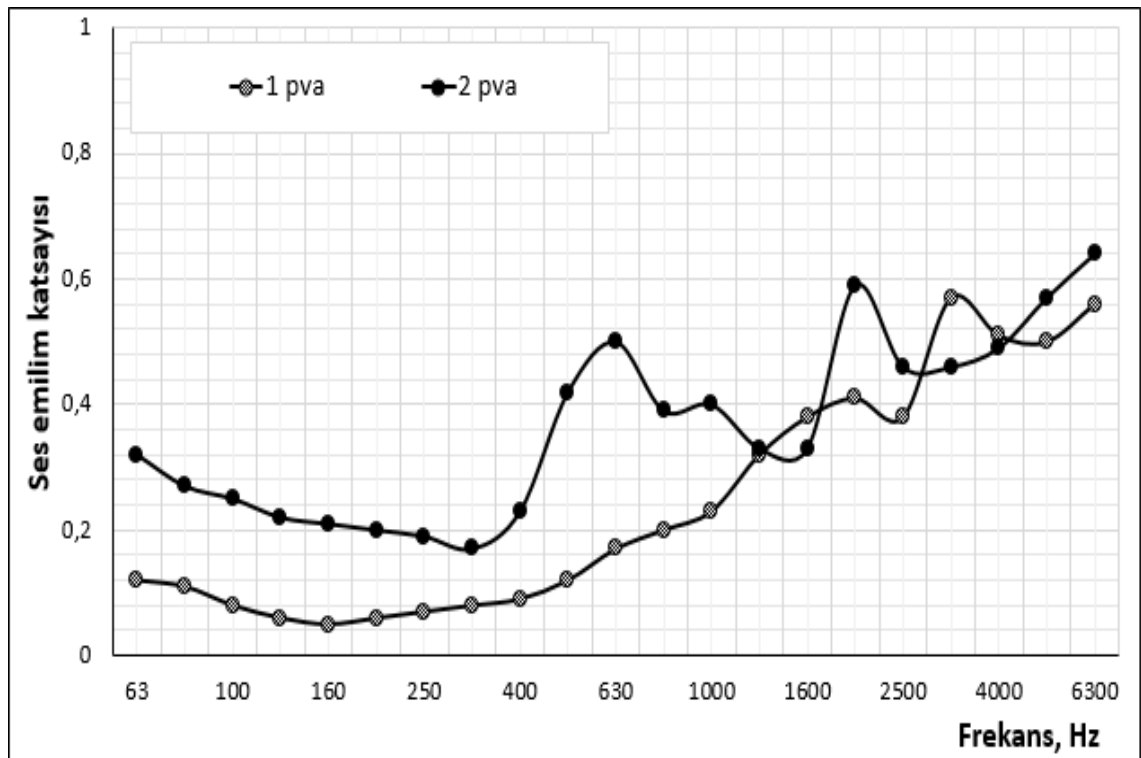
Şekil 5.61. 20gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



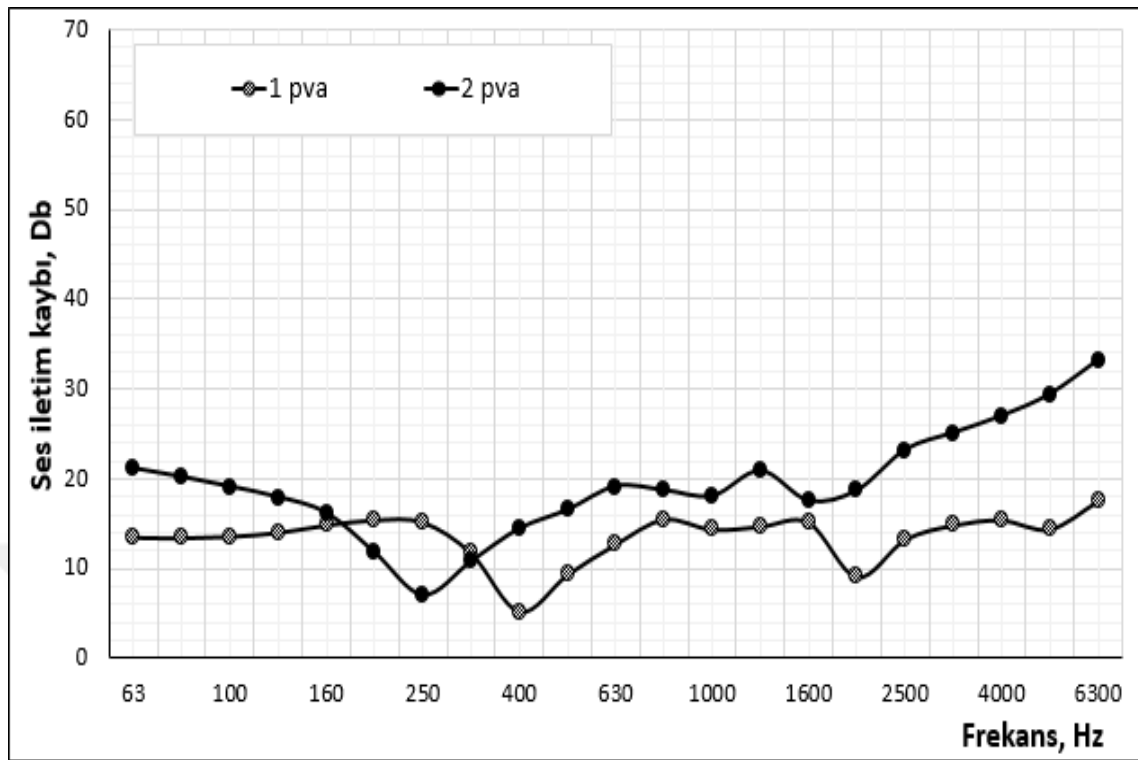
Şekil 5.62. 30gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



Şekil 5.63. 30gr lif ve 10gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri



Şekil 5.64. 30gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses emilim katsayısı eğrileri



Şekil 5.65. 30gr lif ve 15gr pva kullanımıyla üretilen numunelerin ses iletim kaybı eğrileri

6. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

6.1. Tüylerin Lif Üretimine Hazırlanması İle İlgili Sonuçlar

6.1.1. Tavuk Tüylerinin Yıkınması İle İlgili Araştırma Sonuçları

İki farklı program üzere yıkanmış olan tüylerin SEM görüntülerine göre dezenfekte işleminin esas yıkamadan önce ön yıkama şeklinde gerçekleştirilmesi temizlik açısından daha iyi sonuçlar vermiştir. Dolayısıyla 1. Yıkama programı daha etkili bir program olarak ortaya çıkmaktadır. Bu, Şekil 5.3-5.6'da açıkça görülmektedir. Sodyum hipokloritle yapılan ön yıkama sırasında tüylerin bünyesinde tuttuğu kir ve yağ parçacıkları önemli derecede sökülür ve böylece esas yıkama işleminde yüzey aktif maddelerin etkinliği daha da artarak daha temiz bir yıkama sağlanır.

Bu tespitten sonra gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda kullanılacak tüyler aşağıda belirtilen programa göre yıkanmıştır.

Yıkama programı:

1. Sodyum hipoklorit çözeltisi ile 20 dk'lık ön yıkama.
2. Ön yıkamadan sonra hipokloritin tüylerden arıtılması için 15-20 dk'lık durulama.
3. Ön yıkamadan sonra Rucogen Yes yıkama maddesi ile yıkama, durulama ve sıkma aşamalarını içeren 1 saat esas yıkama.

Bir sonraki aşama esas yıkamada kullanılacak yıkama maddesinin seçilmesiyle bağlı olmuştur. Bu seçimin gerçekleştirilmesinde kriter olarak SEM analizi ve yıkanmış tüylerden üretilmiş liflere uygulanan çekme testi sonuçları kullanılmıştır. Tablo 5.2'de verilmiş verilere uygulanan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre Setalan IK 30 ve

Setavash PY Conz maddeleri ile her iki program üzere yıkama sonrası tüylerden üretilmiş liflerin kopma mukavemeti değerleri yıkanmamış tüylerden üretilen liflerin kopma mukavemeti değerlerinden (kontrol değerleri) istatistiksel olarak farklı değildir (Şekil 5.8). Rucogen Yes ve Verolan SSA yıkama maddeleriyle yıkama ise liflerin kopma mukavemetini önemli derecede etkilemiştir. Rucogen Yes ticari isimli yıkama maddesi ile 1. Program üzere yıkama daha etkili olmuş ve bu yıkama sonucu liflerin kopma mukavemeti yükselmiştir. Bu, büyük ihtimalle lifleri oluşturan moleküller arasındaki bazı bağların yıkama öncesi sodyum hipokloritin etkisiyle kopararak yıkama sırasında yeniden yapılanmasının bir sonucudur.

3. aşamada yıkama çözeltilerinde yıkama maddesi konsantrasyonunun optimal değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla Design Expert 11 programı kullanarak 3 Seviyeli Factorial deney planı tasarlanmış ve bu plan üzere yıkamalar gerçekleştirilmiştir (Tablo 5.7). Yıkama sonuçları analiz edildiğinde her üç bağımlı parametrenin deney faktörlerinden anlamlı bir şekilde etkilendiği görülmektedir (Tablo 5.8). Ancak söz konusu parametrelerin faktörlerden bağımlılığını ifade eden modellerin bazı terimleri seçilmiş deney alanında anlamsız olmuştur ("Prob>F" değeri 0,0500 üzerinde olan terimler anlamsızdır). Bu açıdan her üç modelde A terimi anlamsız, B terimi ise anlamlıdır. Aynı ayrı model terimlerinin S^2 değerlerine bakarak hangi terimin daha fazla etkili olduğunu görebiliriz.

Deney sonuçlarına dayanarak bağımlı parametrenin maksimizasyonu şeklinde gerçekleştirilen optimizasyon meselesi dikkate alındığında Tablo 5.9'dan en iyi yıkama sonuçlarının su hacmine göre yıkama maddesinin %0,2 ve sodyum hipokloritin %0,48 oranında olduğu çözeltilerle yıkama neticesinde elde edilmeli olduğu görülmektedir. Bu çözeltide gerçekleştirilen yıkama, liflerin mekanik parametreleri açısından iyi sonuçlar vermelidir. %0,48 oranlı HClO çözeltisinde ve %0,2 oranlı Rucogen Yes çözeltisinde 1. Program üzere gerçekleştirilen yıkama sonucu liflerin kopma mukavemeti teorik olarak 0,644N, maximum gerginlik 819,515KPa, kopma uzaması ise 0,798mm teşkil etmelidir. Bu parametrelerle beş yıkama gerçekleştirilmiş ve teorik değerlere yakın ortalama değer alınmıştır: uygun olarak 0,635N; 811,463KPa ve 0,803mm. Bu yıkama sonucu liflerden elde edilen yüzey ve kesit SEM görüntüleri şekil 5.10'da verilmiştir.

Şekil 5.10'daki görüntüleri Şekil 5.3...5.6'daki görüntülerle kıyasladığımızda hem liflerin temizliği, hem yüzey ve içyapılarının korunması açılarından belirlenmiş konsantrasyonlara sahip çözeltilerde yıkamanın daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Ayrı ayrı faktörlerin çıkış parametrelerine olan etkilerine göz attığımızda Şekil 5.11'den görüldüğü gibi *B* faktörünün, yani yıkama çözeltisindeki yıkama maddesi oranının hem düşük, hem orta, hem de yüksek değerlerinde ön yıkama çözeltisindeki NaClO oranının artmasıyla yıkanmış tüylerden üretilmiş liflerin incelenen mekanik özelliklerinin değerleri önce yükselmekte, sonra ise düşmektedir. *A* faktörünün, yani ön yıkama çözeltisinde NaClO oranının düşük, orta ve yüksek değerlerinde esas yıkama çözeltisindeki yıkama maddesi oranının artması ile liflerin söz konusu mekanik özelliklerinin değerleri düşmektedir.

Sonuç olarak çalışmalarımız tüylerin yıkanma sıcaklığının bu tüylerden elde edilen liflerin yüzey yapısını ve içyapısını etkilediğini ortaya koymuştur. Yani yüksek sıcaklıklarda daha temiz yıkanmış materyal elde edilse de, liflerin yüzey yapısı ve içyapısı bozulabilir ve bu tehlike sıcaklığın artmasıyla artmaktadır. Araştırmalar tavuk tüyleri için yıkama sıcaklığının diğer protein esaslı liflerde olduğu gibi 50°C'in altında olması gerektiğini ortaya koymuştur. Sonraki çalışmalarımızda tavuk tüylerinin yıkanması için bu sıcaklık 40°C olarak kabul edilmiştir.

6.1.2. Yıkanmış Tüylerin Kurutulmasıyla İlgili Araştırma Sonuçları

Yıkanmış tüylerin kurutma sıcaklığı yapılan DSC ve TGA analizleri, SEM analizleri ve mukavemet analizleri sonuçlarına göre belirlenmiştir. DSC analizinden elde edilen grafiklerde (Şekil 5.13) 50...55°C sıcaklık aralığında peptit moleküllerindeki bağların bir kısmının çözülmesi tavuk tüyü liflerinin gözenekli yapısının korunması açısından önem taşır. SEM analizleri ve çekme testi sonuçlarına göre belirlenecek en uygun yıkama sıcaklığının ortalama 50°C civarında bir değere karşılık geleceği söylenebilir. Deneylerde kullanılan tavuk tüyleri yıkama sonrasında özel olarak geliştirilen kurutma makinesinde 40°C sıcaklıkta yaklaşık 20dk boyunca kurutulmuştur.

6.2. Üretilmiş Dokusuz Yüzey Numunelerinin Mikroskopik Analiz Sonuçları

Üç farklı polimer madde kullanılarak üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin SEM analizi sonuçları Şekil 5.19’da verilmiştir. Analiz sonucunda kullanılan polimer maddelerin liflerle olan birleşimleri açıkça görülmektedir.

Üç farklı polimer madde kullanılarak üretilmiş olan akustik amaçlı dokusuz yüzey numunelerinin EDX analizi sonuçları Şekil 5.20, 5.21, 5.22’de verilmiştir. Analiz sonucu içerikte gözlemlenen elementler ve bu elementlerin ağırlıklarının yüzde oranları elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen fotoğrafları incelediğimizde her üç polimer malzeme kullanılarak elde edilmiş yüzey numunelerinde ağır metaller görülmemektedir. C, K, N, O ve S elementlerinin yüzde değerleri verilmiştir. C,K değeri %58,35 değerle en yüksek eva ile üretilen numunelerde çıkmıştır. N,K elementleri %21,95 değerle polietilen ile üretilmiş numunede, O,K elementleri ise yine en yüksek %27,01 değerle polietilen ile elde edilmiş yüzeylerde görülmüştür. S,K değerleri ise %2,38’lik değerle en yüksek eva ile elde edilmiş yüzey numunelerinde görülmüştür. Analiz neticesinde numune içeriğinde yapı elementleri dışında başka herhangi yabancı bir elemente rastlanmamıştır.

6.3. FT-IR Analizine Bağlı Sonuçlar

Tavuk tüyüne yapılan FT-IR analizlerinden elde edilen grafiklere baktığımız zaman (2800-4000 cm^{-1})’de amit A, (1600-1700 cm^{-1})’de amit 1, (1480-1580 cm^{-1})’de amit 2 ve (1220-1330 cm^{-1})’de amit 3 pikleri olarak bilinen ve CONH peptit bağları olarak ifade edilen proteinlerin karakteristik absorbands bantları görülmektedir. 3252,3’ te meydana gelen geniş absorbands pikleri amit A’nın karakteristik olan N-H bağlarının germe titreşiminden kaynaklanır.

1623 cm^{-1} (C-O gerilme titreşimi), 1515,6- cm^{-1} (N-H eğilimi ve C-H gerilme titreşimi) ve 1067,0 (esas olan C-N gerilme titreşimi) olan absorbands pikleri esas olarak amit 1, amit 2 ve amit 3’ e karşılık gelmektedir. Buna ek olarak 777,62’de bir pik oluşmuştur. (500-700 cm^{-1})’de ise yine C-H eğilme pikleri görülmektedir. Buda yıkama maddesi ile lifin çapraz bağlanma reaksiyonu sonucu yeni bağlar meydana geldiğini ifade eder.

Tablo 5.10’da verilen değerlere baktığımız zaman ise FT-IR analizi sonucu numune içeriğindeki maddeler görülmektedir. Yıkınamamış numunede insan ve hayvan kanında bulunan birtakım enzimlerin olduğu görülmektedir. Yıkama sonrası tüylerde bu enzimlerin kaybolduğunu görmekteyiz. Yine aynı şekilde hayvan, bitki, bakteri ve virüslerde bulunan proteaz enziminin de yıkama sonrası kaybolduğu görülmektedir. Tüyün doğal yapısı itibariyle üzerinde bulunan yağ, kir ve vaksları oluşturan yapıların yıkama sonrası giderildiği ve buradan etkin bir yıkama işleminin yapıldığı çıkarılabilir. SEM analizi sonuçlarında yıkama maddeleri ile yıkanmış olan numuneler, saf su ile yıkanmış numunelere oranla oldukça temiz olduğu görülmüştür. Görsel bir değerlendirme olan SEM analizi sonrası yapılan FT-IR analizi ile de etkin bir yıkama yapıldığı söylenebilir.

6.4. Tavuk Tüyü Liflerinin Higroskopik Özelliklerinin Test Sonuçları

6.4.1. Tavuk Tüyü Liflerinin Havadan Nem Alma Yeteneğine Bağlı Sonuçlar

Şekil 5.16 ve Tablo 5.12’ye göre sabit sıcaklık ortamında liflerin havadan aldığı nem miktarı havanın nispi nemliyi ile doğru orantılıdır. Fakat çalışmada kullanılan tüm materyaller için aynı durumun geçerli olduğu söylenemez. Diğer materyallere oranla kaz tüylerinin bu konuda daha hassas bir yapıda olduğu söylenebilir.

Şekil 5.16’da çalışma kapsamına alınan materyaller için sabit nem ortamında sıcaklığın değişmesiyle söz konusu materyallerin havadan aldığı nem oranının değişmesi eğrilerinden görüldüğü gibi 20...60°C sıcaklık aralığında sıcaklığın 40°C’ye kadar artmasıyla materyallerin her türlü ortam şartlarında havadan aldıkları nemin oranı artmaktadır. Sıcaklığın daha yüksek değerlerinde ise havanın nispi neminin artsa da, materyallerin havadan aldığı nem miktarı azalmakta, 60°C sıcaklıkta ise 20°C sıcaklıkta sahip olduğu nemden daha düşük neme sahip olmaktadır. Diğer bir değişle, 40-50°C sıcaklıktan sonra lifler havadan nem almayarak havanın rutubeti daha yüksek olsa bile, sahip oldukları nemi havaya verirler.

Bu, sıcaklığın artmasıyla su moleküllerinin aktivitesinin artmasının bir sonucudur. Sıcaklığın artmasıyla liflerin makro molekülleri arasında çözülmüş bağların artması sayesinde ortam nemliliği arttıkça lifler havadan nemi almaya devam etmektedir. Ancak ortam sıcaklığının artmasıyla daha aktif duruma gelen su molekülleri liflerle bağ

oluşturmuyorlar, daha doğrusu liflerle bağ oluşturan su moleküllerinin sayısı bu bağları koparan su molekülleri sayısından daha fazla olur. Neticede liflerin bünyesinde tuttukları nem miktarı da azalmış olur.

Nihayet havadan alınan nem miktarına göre, diğer bir değişle, “nefes alma” kabiliyetine göre değerlendirecek olursak, görüldüğü gibi tavuk tüyünden elde edilen lifler diğer materyallerden çok da farklı değildir.

6.4.2. Tavuk Tüyü Liflerinin Islak Ortamda Su Emme Yeteneğine Bağlı Sonuçlar

Teste tabi tutulan bütün materyallerin 24 saat ıslak ortamda tutulması süresinin sonunda ıslanmanın sonucu olarak yapılarında tutmuş oldukları su miktarı sıcaklık artışı ile artmaktadır. Tablo 5.14 ve Şekil 5.18’den açıkça görülen bu sonuçlarda, kaz tüyü de dâhil olmak üzere diğer bütün protein bazlı malzemelerde sıcaklığın 40°C’nin üstüne çıkmasıyla görülen bu artış azalmaktadır. Bu verilere dayanarak protein esaslı tüm liflerde 40-50°C sıcaklık aralığının önemli olduğu görülmektedir. Yapılan DSC ve TGA gibi ısı işlem sonuçları da bu sıcaklık aralığına dikkat çekmektedir. 24 saatlik sürenin sonunda tavuk tüyü liflerinin bünyesinde tuttuğu su miktarının pamuk liflerine yakın olduğu görülmektedir.

6.4.3. Tavuk Tüyü Liflerinin Suyun Etkisi Altında Şişme Yeteneğine Bağlı Sonuçlar

Tavuk tüyü liflerinin suyun etkisi altında şişme yeteneği ile bağlı deneyler daha önceki çalışmalarda gerçekleştirilmiş, sonuçlar analiz edilmiştir [82].

6.5. Tavuk Tüyü Liflerinden Üretilmiş Yüzeylerin Analiz Sonuçları

Termik, mekanik ve kimyasal bağlama yöntemleriyle üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin yapısal ve akustik parametreleri test edilmiştir.

6.5.1. Termik Bağlama Yöntem İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Analizi

6.5.1.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Analizi

Isıl bağlama yöntemiyle üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin yapısal parametreleri analiz edilmiştir. Numunelerin bu kapsamda belirlenmiş kalınlık, ağırlık ve gözeneklik değerleri Tablo 5.17’de verilmiştir. Tablodaki değerlere baktığımızda numunedeki lif ve bağlayıcı madde miktarının artmasıyla birlikte doğal olarak malzemenin hacimsel ağırlığının arttığı görülmektedir. Bununla birlikte gözeneklik değerleri de düşmüştür. Gözenekliğin düşmesi lifler arasındaki boşluğun artması anlamına gelir ki bu da hava geçirgenlik değerinin yükselmesine neden olmuştur. Böylece numuneden daha fazla geçerek, hava geçişine karşı gösterilen direnç düşmüştür. Isıl bağlama yöntemiyle üretilmiş tüm numunelerde aynı durum söz konusudur. Numune üretimlerinde numune kalınlığının sabitlenmesi için metal çerçeveler kullanılmıştır. Fakat üretim sonrası normal atmosfer şartlarında liflerin bir miktar kabarması numune kalınlıklarında farklılıklar olmasına yol açmıştır.

6.5.1.2. Numunelerin Akustik Test Sonuçlarının Analizi

Şekil 5.23-5.34’deki eğrileri incelediğimizde ilk dikkat çeken, geliştirilmiş malzemenin bütün numunelerinin orta ve yüksek frekanslarda, yani çok geniş bir frekans aralığında iyi ses absorpsiyon kabiliyetine sahip olmasıdır. Bu durum malzemeyi teşkil eden liflerin çok ince yapısına, geniş yüzey alanına ve bu liflerden geliştirilmiş malzemelerin çift gözenekli olmasına (double porosity) bağlıdır.

Bağlayıcı maddenin toz veya lif şeklinde olmasına bağlı olarak üretilmiş numuneler farklı akustik özellikler sergilemiştir.

Toz şeklinde olan bağlayıcı madde ile üretilmiş numunelerin akustik özellikleri

Bütün durumlarda numune kalınlığının artmasıyla absorpsiyon katsayısı eğrisinin sola, yani düşük frekans alanına doğru kaydığı görülmektedir. Bu malzeme kalınlığının artmasının ses absorpsiyon sağlanan frekans aralığının düşük frekans alanına doğru genişlemesine neden olmuştunun göstergesidir. Grafiklerde numune kalınlığının üçe katlanmasıyla bu aralığın alt sınırının 250Hz’e kadar genişlediği görülmektedir. Şekil

5.35-5.46'deki grafiklerde ise aynı şartlar altında ses iletim kaybı eğrisinin yukarıya doğru kayması gözlemlenmektedir.

Bu grafiklerden farklı yoğunluğa sahip numunelerin ses iletim kaybı değerleri aynı olmadığı görülmektedir. Numune kalınlığının artmasıyla ses iletim kaybı değerleri bütün frekans skalası boyunca yükselmektedir. Bu durum önemli derecede numunelerin ses absorpsiyon değerlerinin yükselmesine bağlıdır.

Numune kalınlığının artmasıyla ses iletim kaybı eğrisi orta ve yüksek frekanslarda daha fazla olmak suretiyle yükselmeye doğru kaymaktadır. Diğer bir değişle, malzeme kalınlığının artması ses iletim kaybı değerlerinin iyileşmesine sebep olmuştur.

Grafiklerden görüldüğü üzere bağlayıcı polimerin ses yutulması açısından belirli oranda önemi vardır. Yani, numunenin hacim üzere yoğunluğunun düşük değerlerinde bağlayıcı madde olarak DYPE kullanımı ses yutma katsayısı eğrisinin düşük frekans alanına doğru kaymasına neden olur. Yoğunluğun artmasıyla bu etki tersine dönüyor. Karşılığında DYPE kullanımı tüm frekans skalası boyu ses yutma katsayısının az da olsa yükselmesine getirir.

Buradan bu iki polimer arasındaki seçim meselesi bir tercih meselesi olduğu sonucuna varılabilir. DYPE daha hafif ve daha ucuz olmakla birlikte malzemenin ses yutma katsayısını düşük malzeme yoğunluklarında (50kg/m³ kadar) daha fazla olmak suretiyle iyileştirmektedir. Ancak erime sıcaklığı EVA'ya göre 40°C daha yüksektir. Bu ise o demektir ki, DYPE kullanımı daha fazla enerji masrafına getirecektir.

Numunelerde hacimsel yoğunluğun artması, yani gözenekliliğin düşmesi, ses absorpsiyon eğrisini düşük frekans doğru çekse de, orta ve yüksek frekanslarda absorpsiyon katsayısını da düşürmektedir.

Bağlayıcı polimerin ses yutulması açısından olduğu gibi ses iletim kaybı açısından da önemi olduğu görülmektedir. Örneğin ses absorpsiyon açısından DYPE veya EVA seçilmesi önemli derece bir fark göstermese de, ses iletim kaybı açısından EVA'nın daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu durumun büyük oranda daha büyük moleküllere sahip EVA'nın kullanımı durumunda numunelerin ses yutma kabiliyeti ile birlikte numunelerden ses yansımalarının da artması neden olduğu ile ilgili olduğudur.

Numunelerde lif miktarının artması gözeneklik değerlerini fazla etkilememiştir. Ancak numunelerin kalınlığının az miktarda artmasına neden olmuştur. Bundan dolayı ses yutum katsayısı eğrileri düşük frekans alanına doğru kaymıştır.

Benzer şekilde malzemenin hacim üzere ağırlığının artması, yani gözeneklik değerinin düşmesi ses iletim kaybı değerlerini önemli derecede iyileştirmiştir. Bu, malzemeden yansıyan ses oranının artmasının bir sonucudur.

Bağlayıcı polimer maddenin miktarındaki az bir artış ses yutum katsayısının düşmesine ve yutum katsayısı eğrilerinin yüksek frekans alanına doğru kaymasına neden olmuştur. Fakat mukavemet açısından olumlu sonuçlar elde edildiğini söylemek doğru olmaz. Bağlayıcı polimer madde miktarı az kullanılarak elde edilen dokusuz yüzey numunelerinin mukavemeti düşüktür. Ama polimer madde miktarı hem malzemenin mukavemeti hem de iyi bir ses yutum katsayısı elde edilmesi açısından optimal değerlerde tutulmalıdır.

Bağlayıcı polimer malzeme olarak PES/PP esaslı bikomponent lif kullanılarak elde edilen dokusuz yüzeylerin ses emilim katsayısı değerlerinin ses frekansına göre değişimini yansıtan grafikler Şekil 5.31-34’de verilmiştir

Şekil 5.31-5.34’deki grafikler incelendiği zaman tüm gözenekli lifsi malzemeler gibi bikomponent lif ile üretilmiş numunelerin de orta ve yüksek frekanslarda iyi ses absorpsiyon kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuç malzemeyi oluşturan liflerin yapısının çok ince olmasına, geniş yüzey alanına sahip olmasına ve en önemlisi liflerin double porosity adını verdiğimiz çift gözenekli yapıya sahip olmasına bağlıdır. Numune kalınlığının artmasıyla absorpsiyon katsayısı eğrisinin sola doğru kaydığı görülmektedir. Ancak bu durumda orta frekanslarda malzemenin ses yutma özelliği bir miktar düşmektedir.

Düşük ses frekanslarında ses iletim kaybı değerleri neredeyse sabit kalsa da, 400Hz’den başlayarak hızla yükselmektedir. Numune kalınlığının artmasıyla ses iletim kaybı değerleri yüksek frekanslarda daha fazla olmak suretiyle tüm frekans skalası boyunca artış göstermiştir.

Aynı sonuçlar yüksek yoğunluklu numunelerin ses iletim kaybı değerleri için de geçerlidir. Ancak burada numune yoğunluğunun artması ses iletim kaybı değerlerinin çok daha fazla yükselmesine neden olmuştur.

Numune yoğunluğunun artması, diğer bir değişle, numune gözenekliliğinin düşmesi, ses yutum katsayısı eğrilerinin yukarıya ve sola doğru kaymasına neden olmuştur. Bu da numunelerin ses yutma katsayısının tüm skala boyunca, düşük frekanslarda daha fazla olmak suretiyle arttığını göstermiştir.

Bağlayıcı malzeme olarak kullanılan polimerlerin seçiminde maliyetin önem kazandığı yukarıda vurgulanmıştır. Bikomponent liflerin bu açıdan daha maliyetli olduğunun altı çizilmelidir.

6.5.1.3. Çok Faktörlü Deney Sonuçları

Üretim parametrelerinin üretilmiş numunelerin akustik özelliklerine etkilerini ortaya çıkarmak için çok faktörlü deney yapılmış ve elde edilen verilere Design Expert programında istatistiksel analiz uygulanmıştır.

Çok faktörlü deney planı analizinde model seçimine gelindiğinde Tablo 5.22'den görüldüğü üzere seçilmiş olan model anlamlıdır. Ancak modelin bazı terimleri seçilmiş deney uzayında anlamsız olmuştur. “Prob>F” değeri 0,0500 üzerinde olan terimler anlamsızdır. Bu açıdan anlamlı terimlere A, B, D, E, E², BC, BD, BE, CD, CE, DE aittir. Aynı ayrı model terimlerinin S² değerlerine bakarak hangi faktörün ses yutum katsayısını daha fazla etkilemiş olduğunu görebiliriz. Bu açıdan E (ses frekansı) ve B (numune katlarının sayısı) faktörlerinin daha etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 5.20'den görüldüğü üzere seçilmiş model anlamlıdır. Burada B² dışında modelin bütün terimleri de anlamlıdır. Bu modelde de E (ses frekansı), B (numune katlarının sayısı, yani numune kalınlığı), c (numunede lif miktarı) faktörlerinin daha etkili olduğu söylenebilir.

Verilerin dağılışı normaldir. Ses yutum katsayısı için model 0,81, ses iletim kaybı için 0,92'ye eşit R² değerlerine sahiptir. Bu modelin olayı yeterince açıklama yeteneğine sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Modelin grafikleri incelendiğinde tutkal çeşitlerinin her biri için ses frekansın artmasıyla ses yutma katsayısı düşük ve orta frekans bölgelerinde artmakta iken yüksek frekans bölgesinde düşüş göstermiştir. Ses iletim kaybının değişim karakteri de tutkal çeşidinin değişmesiyle değişmemektedir (Şekil 5.47).

Numune kalınlığının artmasıyla ses yutma katsayısının arttığı görülmektedir ve bu artış düşük frekans bölgesine doğru yer değiştirmektedir. Bu durum ses yutma katsayısı eğrilerini yorumlarken de görülmüştür. Kalınlığın artması ses iletim kaybının da tüm frekans skalası boyunca artmasına neden olmaktadır (Şekil 5.48).

Numunede lif miktarının artması ses frekansının yükselmesi durumunda ses yutma katsayısının azalmasına neden olmaktadır. Çünkü miktarının artması aslında malzeme yoğunluğunun artmasına, diğer bir değişle gözenekliliğin azalması anlamına gelmektedir. Böylece bu durum yüksek frekanslarda ses yutma katsayısında düşüşe neden olmaktadır. Uygun olarak ses iletim kaybı ile ilgili bu durumun tersi gerçekleşmektedir (şekil 5.49)

Numunedeki tutkal miktarı da lif miktarı gibi direk malzeme yoğunluğunu etkilediği için bu faktörün de ses yutma katsayısına ve ses iletim kaybına etkisi lif miktarında olduğu gibidir (şekil 5.50).

6.5.2. Mekanik Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Analizi

6.5.2.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklilik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Analizi

Tablo 5.18’de mekanik bağlama yöntemi ile üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerinin yapısal ve akustik parametreleri test edilmiştir.

Tabloya baktığımızda ısıtıl bağlama yöntemi ile üretilmiş numunelerde olduğu gibi numune içeriğindeki lif miktarı arttıkça kalınlık ve yüzeysel ağırlık değerlerinin arttığı görülmektedir. Lif miktarının artması numunenin gözeneklilik değerini ve hava geçirgenlik değerini düşürmüştür. Yapı içerisinde lifler arasındaki boşluğun azalması ile numunenin geçirgenlik özelliği azalmıştır.

6.5.2.2. Numunelerin Akustik Test Sonuçlarının Analizi

Şekil 5.54 ve şekil 5.56'daki ses yutma katsayısı eğrilerini incelediğimizde üretilmiş numunelerin ses yutma katsayısının çok da yüksek olmadığı dikkat çekmektedir. Bu, büyük ihtimalle oluşturulmuş yapıların yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. Yine şekil 5.55 ve şekil 5.57'de görülen ses iletim kaybı değerlerinin yüksek olması varılan bu sonucun doğru olduğunu kanıtlamaktadır.

Burada iplikle sabitleme yöntemi, daha düşük yoğunluğa sahip numuneler üretilmesine imkân vermemektedir. Yani iki kumaş arasına liflerin yerleştirilmesi ve kesitlerin kapatılması liflere belirli basınç uygulayarak yapı yoğunluğunu artırmaktadır.

Bu araştırma ile mekanik bağlama yönteminin tavuk tüyü liflerinden ses yalıtım amaçlı yapılar üretilmesi için uygun bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır.

6.5.3. Kimyasal Bağlama Yöntemi İle Elde Edilmiş Yüzeylerin Analizi

6.5.3.1. Numunelerin Ağırlık, Kalınlık, Gözeneklik ve Hava Geçirgenlik Değerlerinin Analizi

Tablo 5.19'de kimyasal bağlama yöntemi ile üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerinin yapısal inceleme sonuçları verilmiştir. Tabloya baktığımızda ısı ve mekanik bağlama yöntemleriyle üretilen numunelerde olduğu gibi numune içeriğindeki lif miktarı arttıkça yüzeysel ağırlık değerleri artmıştır. Ancak burada ıslak serme metoduna dayalı bir üretim yapıldığı için PVA katkılı sulu çözelti lifleri çok iyi şekilde bir arada tutarak ısı ve mekanik yöntemle üretilmiş numunelerle kıyasladığımız zaman daha yüksek yoğunluğa sahip daha mukavim bir yapı meydana gelmesini sağlamıştır. Lifler arasında kabarma meydana gelmediği için çözeltideki PVA oranı arttıkça lifler birbirine daha iyi yapışmış ve numune kalınlığı polimer maddenin artması ile bir düşüş göstermiştir. Yine lif miktarı arttıkça lifler arasındaki boşluk azalacağı için hava geçirgenlik değeri düşmüş, numunenin hava akımına karşı göstermiş olduğu direnç yükselmiştir.

6.5.3.2. Numunelerin Akustik Test Sonuçlarının Analizi

Tutkalın daha yoğun olduğu emülsiyonlarla üretilen numunelerin ses yutum katsayısı değerleri daha düşük olmakla birlikte ses iletim kaybı değerleri orta frekanslarda 15dB'den başlayarak yüksek frekanslarda 40dB'e kadar yükselmektedir.

Bize göre bu sonuçlar ıslak serme yönteminin kullanımı sayesinde ortaya çıkmıştır. PVA'nın suda emülsiyonunda polimer her ne kadar çözülme de lifleri daha çok noktada birbirine bağlamıştır. Neticede elde ettiğimiz numunelerin kalınlık, hacimsel yoğunluk ve hava geçirgenlik değerleri toz şekilli bağlayıcı maddelerle elde ettiğimiz numunelere göre çok daha düşük olmuştur. Diğer taraftan liflerin açık uçlarının tutkalla kapatılması da ses dalgalarının liflerin içerisine girmesini engellemiştir. Bunlar ses yutum katsayısının azalmasına, bunun karşılığında ise ses iletim kaybı değerlerinin yükselmesine neden olmuştur. Numune kalınlıklarının ikiye katlanması neticesinde eğriler biraz düşük frekans alanına doğru kaymış olsa da ses yutma katsayısı değerleri açısından bir efekt vermemiştir. Ancak ses iletim kaybı değerleri beklendiği üzere iyileşmiştir. Tüm numunelerin ses iletim kaybı eğrileri 250-400Hz frekanslarda bir düşüş göstermektedir. Bunun söz konusu frekanslardaki ses dalgalarının rezonansından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu durum liflerin ve numunenin yapısal özelliklerinden de kaynaklanabilir.

Bu araştırma ıslak sermeye dayanan kimyasal bağlama yönteminin tavuk tüyü liflerinden yalıtım malzemeler üretilmesi açısından uygun bir yöntem olmadığı kanaatini ortaya koymuştur.

7. BÖLÜM

GENEL SONUÇLAR

1. Tavuk tüyü liflerinden dokusuz yüzey yapılı ses yalıtım malzemelerinin üretimi çiftlikten gelen tüylerin temizlenme amacıyla yıkanma, dezenfekte ve kurutulmasını, temizlenmiş tüylerden lif üretilmesini ve üretilmiş liflerden dokusuz yüzey oluşturulmasını öngörmektedir. Çalışma kapsamında bu proseslerin tamamı incelenmiş bulunmaktadır.
2. Tavuk tüylerinin lif üretimine hazırlanması kapsamında tüylerin yıkanma şartlarının ve yıkama maddelerinin belirlenmesi ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalar sırasında tüylerin yıkanma sıcaklığının bu tüylerden elde edilen liflerin yüzey yapısını ve içyapısını etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Termografik analiz sonuçlarına dayanarak tavuk tüyleri için yıkanma sıcaklığının diğer protein esaslı liflerde olduğu gibi 50°C'in altında olması gerektiği ortaya çıkmış ve yıkama sıcaklığı 40°C olarak kabul edilmiştir.
3. Yıkama maddesi olarak farklı maddeler arasından Rudolf Grup'a ait noniyonik yapıya sahip, pH değeri 6,0-7,0 arasında olan Rucogen Yes maddesi ve dezenfektan olarak sodyum hipoklorit daha iyi sonuçlar vermiştir. Yıkama iki program üzere gerçekleştirilmiştir. Dezenfektanla 20 dakika ön yıkama, 20 dakika durulama, yıkama maddesiyle 1 saat esas yıkama ve 20 dakika son yıkama olarak belirlenmiş program tüylerin temizliği, içyapısının hasar görmemesi ve bu tüylerden üretilmiş liflerin mekanik özellikleri açısından daha iyi sonuç vermiştir. Gerçekleştirilmiş çok faktörlü deney sonucu yıkama maddelerinin su hacmine göre optimal oranları belirlenmiştir.
4. Tavuk tüylerinin TGA ve DSC analizleri sonuçlarına dayanarak yıkanmış tüylerin kurutulması için 50°C sıcaklık ve 20 dakika kurutma süresi uygun görülmüştür. Tüylerin kurutulması işlemi 115M725 nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında geliştirilmiş olan tüy kurutma makinesinde gerçekleştirilmiştir.

5. Yıkanmış tüylerden elde edilen liflerin higroskopik özellikleri kapsamında liflerin havadan nem alma ve sulu ortamda su emme kapasiteleri incelenmiştir. Belirlenmiştir ki, havadaki nemin oranı ile liflerin bünyesinde tutmuş olduğu nem oranı ortamın sıcaklığı sabit olduğu zaman doğru orantılıdır. Sıcaklığın artmasıyla su moleküllerinin aktivasyon derecesinin arttığı ve liflerin su emme kapasitesinin belirli bir seviyeye kadar yükseldiği, daha sonra ise düştüğü gözlemlenmiştir.
6. Yıkanmış tüylerden lif üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 115M725 nolu TÜBİTAK Projesi kapsamında geliştirilmiş olan tavuk tüylerinden lif üretim teknolojisi kullanılmıştır.
7. Üretilmiş liflerden ses yalıtım amaçlı dokusuz yüzey numuneleri geliştirilmiştir. Bu amaçla tavuk tüyü liflerinin özelliklerini dikkate alarak üç yöntem: oluşturulmuş dokunun termik, mekanik ve kimyasal bağlama yöntemleri incelenmiştir.
8. Termik bağlama yöntemiyle numune üretiminde bağlayıcı madde olarak toz şeklinde etilenvinilasetat (EVA) ve düşük yoğunluklu polietilen (DYP), polyester esaslı polipropilen kaplamalı düşük erime sıcaklığına sahip bikomponent lif kullanılmıştır. Numuneler ısıtmalı pres donanımında tasarlanmış çok faktörlü deney planı üzere üretilmiştir.
9. Termik bağlama yöntemiyle üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin yapısal parametreleri analiz edilmiş, numunedeki lif ve bağlayıcı madde miktarının artmasıyla birlikte malzemenin hacimsel ağırlığının arttığı ve gözeneklik değerlerinin düştüğü görülmüştür. Bu da hava geçirgenlik değerinin yükselmesine neden olmuştur.
10. Termik bağlama yöntemiyle geliştirilmiş numunelerinin akustik testleri yapılmıştır. Elde edilmiş sonuçlara göre bu malzemelerin orta ve yüksek frekanslarda, yani çok geniş bir frekans aralığında iyi ses absorpsiyon kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Bütün durumlarda numune kalınlığının artmasıyla ses absorpsiyon sağlanan frekans aralığının düşük frekans alanına doğru genişlemesi gözlemlenmiştir.
11. Üretim parametrelerinin üretilmiş numunelerin akustik özelliklerine etkilerini ortaya çıkarmak için çok faktörlü deney yapılmış ve elde edilen verilere Design Expert programında istatistiksel analiz uygulanmıştır.

12. Bağlayıcı polimerin ses yutulması açısından belirli oranda öneminin olduğu görülmektedir. Ancak EVA ile DYPE kullanımı ile üretilen malzemelerin akustik özellikleri arasında ciddi bir fark da bulunmamıştır. Kullanılan bu iki polimer madde arasında bir seçim yapmak gerekirse bu kullanıcının tercihinine bırakılabilir. PES/PP esaslı bikomponent lif kullanılarak elde edilen dokusuz yüzey numunelerinin ses yalıtım parametrelerinin ölçülmesi söz konusu numunelerin de orta ve yüksek frekanslarda iyi ses absorpsiyon kabiliyetine sahip olduğunu göstermiştir. Ancak toz şekilli bağlayıcı maddelerden elde edilen malzemelerin akustik performansının daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

13. Numune kalınlığının artmasıyla ses yutma katsayısının arttığı görülmektedir ve bu artış düşük frekans bölgesine doğru yer değiştirmiştir. Bu durum ses yutma katsayısı eğrilerini yorumlarken de görülmüştür. Kalınlığın artması ses iletim kaybının da tüm frekans skalası boyunca artmasına neden olmuştur.

14. Numunede lif miktarının artması ses frekansının yükselmesi durumunda ses yutma katsayısının azalmasına neden olmaktadır. Çünkü lif miktarının artması aslında malzeme yoğunluğunun artmasına, diğer bir deyişle gözenekliliğin azalması anlamına gelmektedir. Böylece bu durum yüksek frekanslarda ses yutma katsayısında düşüşe neden olmaktadır. Uygun olarak ses iletim kaybı ile ilgili bu durumun tersi gerçekleşmektedir. Numunedeki tutkal miktarı da lif miktarı gibi direk malzeme yoğunluğunu etkilediği için bu faktörün de ses yutma katsayısına ve ses iletim kaybına etkisi lif miktarında olduğu gibidir.

15. Mekanik bağlama yöntemi ile üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerin yapısal analizi yapılmış, akustik performansı test edilerek değerlendirilmiştir. Isıl bağlama yöntemi ile üretilmiş numunelerde olduğu gibi numune içeriğindeki lif miktarı arttıkça kalınlık ve yüzeysel ağırlık değerleri artmıştır. Lif miktarının artması numunenin gözeneklik değerini ve hava geçirgenlik değerini düşürmüştür. Yapı içerisinde lifler arasındaki boşluğun azalması ile numunenin geçirgenlik özelliği azalmıştır. Netice olarak geliştirilmiş numunelerin ses yutma katsayısının çok da yüksek olmadığı ortaya çıkmıştır. Bunun karşılığında ses iletim kaybı değerleri yeterince yüksek olmuştur. Bu araştırma ile mekanik bağlama yönteminin tavuk tüyü liflerinden ses yalıtım amaçlı yapılar üretilmesi için uygun bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır.

16. Kimyasal bağlama yöntemi ile üretilmiş numunelerden kesilmiş örneklerin yapısal analizleri yapılmıştır. Bu örneklerde de numune içeriğindeki lif miktarı arttıkça yüzeysel ağırlık değerleri artmıştır. Ancak burada ıslak serme yöntemine dayalı bir üretim yapıldığı için PVA katkılı sulu çözelti lifleri çok iyi şekilde bir arada tutarak ısı ve mekanik yöntemle üretilmiş numunelere kıyasla daha yoğun ve mukavim bir yapı meydana gelmesini sağlamıştır. Numunelerin geçirgenliği önemli derecede düşmüştür. Geliştirilmiş yapıların akustik performansı değerlendirilmiştir. Tutkalın daha yoğun olduğu emülsiyonlarla üretilen numunelerin ses yutum katsayısı değerleri daha düşük olmakla birlikte ses iletim kaybı değerlerinin orta frekanslarda 15dB'den başlayarak yüksek frekanslarda 40dB'e kadar yükseldiği görülmüştür. Bu araştırma ıslak sermeye dayanan kimyasal bağlama yönteminin tavuk tüyü liflerinden yalıtım malzemeler üretilmesi açısından uygun bir yöntem olmadığı kanaatini ortaya koymuştur.

17. Yapılan çalışma sonucu tavuk tüylerinden üretilmiş liflerden yüksek performanslı ses yalıtım malzemeleri geliştirilmesinin amaca uygun olduğu kanıtlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. Ses Yalıtımı, 2013. İzoder Isı, Su ve Yangın Yalıtımcılar Derneği. (<http://www.izoder.org.tr>), (Erişim Tarihi: Ekim 2016).
2. Jayaraman, K., A., 2005 Acoustical Absorptive Properties of Nonwovens. Kuzey Karolin Devlet Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Raleigh, 138 s.
3. Ses Yalıtımının Temelleri, 2011. URSA Isı Yalıtım ve Sanayi ve Ticaret A.Ş.
4. Everest, F., A., Pohlmann, K., C., 2009. Master Handbook of Acoustics, Fifth Edition, Durango, Colorado, pp:529.
5. Karakuş, C., Ses dalgaları. (<http://docplayer.biz.tr/4345671-Ses-dalgalari-dr-cahit-karakus-ses-dalgalarinin-fiziksel-ozellikleri-1-ses-dalgalarini-tanim-layan-parametreler-5.html>), (Erişim Tarihi: 16.12.2016)
6. Taylor, R., 1975. Noise (2nd edition). Middlesex, Penguin Books, England.
7. Kuttruff, H., 2007. Acoustics: An Introduction, Taylor & Francis, New York, pp:457.
8. Aydın, K., Yaşar, A., 2002. Adana ilinde taşıt kaynaklı gürültü kirliliğinin çevresel etkilerinin araştırılması. **Mühendis ve Makine**, **42** (502):39-44.
9. Beranek, L., 1983. Noise and Vibration Control, Mc Graw Hill Books, New York, 976s
10. Brüel, K., 1982. Noise Control, Principles and Practice, 1st Ed., Naerum, Denmark
11. Şahin, E., 2003. Gürültü kontrol yöntemleri-bir uygulama, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, **18**(4):67-80.
12. Yang, S., Yu, W-D., 2011. Air permeability and acoustic absorbing behavior of nonwovens, **Journal of Fiber Bioengineering and Informatics**, **3** (4):203-207.
13. Tascan, M., Gaffney, K., L., 2012 Effect of Glass-Beads on Sound Insulation Properties of Nonwoven Fabrics, **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, **7**,(1):101-105.

14. Francesco, A., Baldinelli, G., D'Alessandro, F., 2007. Evaluation of the acoustic properties of materials made from recycled tyre granules, *Inter-Noise 2007, 28-31 August, İstanbul, Turkey*
15. Tascan, M., Vaughn, E., 2008. Effects of total area and fabric density on the acoustical behavior of needlepunched nonwoven fabrics, **Textile Research Journal**, **78**(4): 290-296.
16. Shahani, F., Soltani, P., Zarrebini, M., 2014. The analysis of acoustic characteristics and sound absorption coefficient of needle punched nonwoven fabrics, **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, **9** (2):84-92.
17. Küçük, M., Korkmaz, Y., 2012. The effect of physical parameters on sound absorption properties of natural fiber mixed nonwoven composites. **Textile Research Journal**, **82** (20):2043-2053.
18. Zwikker C, Kosten CW. (1949). Sound absorbing materials. Elsevier, pp:174
19. Tezcan, T., Yalıtım teknolojisi ders notları, Celal Bayar Üniversitesi Turgutlu Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü. (Web sayfası: <http://tekintezcan.cbu.edu.tr/page2.html>), (Erişim Tarihi: Kasım 2016)
20. Ahşap yünü, (<https://www.aksaakustik.com/heraklit-ahsap-yunu>), (Erişim Tarihi: 26.12.2016)
21. Kazragis, A., Gailius, A., and Jukneviciute, A., 2002. Thermal and acoustical insulating materials containing mineral and polymeric binders with celluloses fillers, **Material Sciences**, **8**,(2):193-195.
22. Lee, Y., Joo, C., 2003. Sound absorption properties of recycled polyester fibrous assembly absorbers. **AUTEX Research Journal**, **3**,78-84.
23. Maderuelo-Sanz R, Nadal-Gisbert A., V., Crespo-Amorós J., E, Parres-García F., A., 2012. Novel sound absorber with recycled fibers coming from end of life tires (ELTs). **Applied Acoustics**, **73**:402–408.
24. Turkiewicz, J., Sikora, J., 2013. Sound absorbing materials from recycled rubber products. **Mechanics and Control**, **32**: 117-121.
25. Ersoy, S., Küçük, H., 2009. Investigation of industrial tea-leaf-fibre waste material for its sound absorption properties. **Applied Acoustics**, **70**: 215–220.

26. Kalinova, K. 2013. Theoretical assessment of sound absorption coefficient for anisotropic nonwovens, **QScience Connect A Qatar Foundation Academic Journal**, (3), Liberec, Czech Republic
27. Thilagavathi, G., Pradeep, E., Kannaian, T. and Sasikala, L., 2010. Development of natural fiber nonwovens for application as car interiors for noise control. **Journal of Industrial Textiles**, 39: 267-278
28. Zulkifli, R., Mohd Nor, M., J., Ismail, A., R., 2009. Comparison of acoustic properties between coir fiber and oil palm fiber. **Eur J Scient Res**, 33: 144–152.
29. Wassilieff, C., 1996. Sound absorption of wood-based materials. **Applied Acoustics**, 48:339-356
30. Mahzan, S., Ahmad Zaidi, A.M., Ghazali M.I., Yahya M.N., Ismail M., 2009. Investigation on Sound Absorption of Rice-Husk Reinforced Composite. Proceedings of MUCEET. *Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology*, Kuantan, Pahang, Malaysia, pp. 19-22.
31. Koizumi, T., Tsujiuchi, N., Adachi, 2002. The development of sound absorbing materials using natural bamboo fibers, **High Performance Structures and Composites**, 59:10.
32. Yang, H., S., 2003. Rice straw-wood particle composite for sound absorbing wooden construction materials, **Bioresource Technology**, 86(2):117-121.
33. Beranek, L.L., 1983. Noise and Vibration Control, Mc Graw Hill Books, New York, pp:650.
34. Parikh, D., Chen, Y., Sun, L., 2006. Reducing automotive interior noise with natural fiber nonwoven floor covering systems. **Text Research Journal**, 76(11):813–820.
35. Yılmaz, N.D., 2009. Acoustic Properties of Biodegradable Nonwovens, Doktora Tezi, NCSU, Textile Technology Management, Raleigh, North Carolina, 341s.
36. Arenas, J., P, Crocker, M., J., 2010. Recent trends in porous sound-absorbing materials. **Sound Vibration**, 44(7):12-18.

37. Chen, W-H., Lee, F-C, Chiang, D-M, 2000. On the acoustic absorption of porous materials with different surface shapes and perforated plates. **J Sound Vib**, **237**(2): 337-355.
38. Lou, C-W, Lin, J-H, Su, K-H, 2005. Recycling polyester and polypropylene nonwoven selvages to produce functional sound absorption composites. **Text Res J**, **75**(5):390–394.
39. Mohrova, J., Kalinova, K., 2012. Different structures of PVA nanofibrous membrane for sound absorption application. **Journal of Nanomaterials**, 1-4.
40. Xu, L., Liu, F., Faraz, N., 2012. Theoretical model for the electrospinning nanoporous materials process. **Comput Math Appl**, **64**(5):1017-1021.
41. Bies, D., A., Hanse, C.,H., 2009. Engineering noise control-theory and practice, 4th edn. Spon Press.
42. Nayak, R., Padhye, R., Sinnappoo, K., Arnold, L., Behera, B., K., 2013. Airbags. Text Progr 45.
43. Patnaik, A., Mvubu, M., Muniyasam, S., Botha, A., Anandjiwala, R., D., 2015. Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies. **Energy Build** **92**:161-169.
44. Rey., R, Alba, J., Arenas, J., P., Sanchis, V., J., 2012. An empirical modelling of porous sound absorbing materials made of recycled foam. **Applied Acoustic**, **73**(6):604–609.
45. Seddeq, H., S., 2009. Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials, **Australin Journal of Basic and Applied Sciences**, **3**(4): 4610-4617.
46. Jordeva, S., Tomovska, E., Trajković, D., Popeski-Dimovsk, R., Zafirova, K., 2015. Sound insulation properties of structure designed from apparel cutting waste, *AUTEX World Textile Conference*, Bucharest, Romania, June 10–12.
47. Mueller, D., H., Krobjilowski, A., 2003. New discovery in the properties of composites reinforced with natural fibers. **Journal of Industrial Textile**, **33**(2):111–130.

48. Qiu, X., 2016. Principles of sound absorbers, 43-73. Acoustic Textiles (Edt: R., Padhye, R., Nayak). RMIT University, Melbourne, VIC, Australia.
49. Ren, M., Jacobsen F., 1993. A method of measuring the dynamic flow resistance and more absorbent, **Applied Acoustics**, **39**(4): 265-276.
50. Allard, J.F., Depollier, C., Guignouard, P., 1989. Free field surface impedance measurements of sound-absorbing materials with surface coating, **Applied Acoustics**, **26**(3): 199-207.
51. Knapen, E., Lanoye, R., Vermir, G., Gemert, V., 2003. Sound Absorption By Polymer-Modified Porous Cement Mortars, *6th International Conference on Materials Science and Restoration, MSR-V1 Edification Publishers*, pp:347-358.
52. Ecoinvent Centre, 2015, (<http://www.ecoinvent.org/database/database.html>), (Erişim Tarihi: Aralık 2015)
53. Tao, W., Calamari, T., A., Shih, F., F., Cao, C., 1997. Characterization of kenaf fiber bundles and their nonwoven mats. **Tappi Journal**, **80**(12):162-166.
54. Price, A., J., Mulholland, K. A., 1968. The effect of surface treatment on sound-absorbing materials, **Applied Acoustics**, **1**(1):67-72.
55. Davern, W. A., 1977. Perforated facings Backed with porous materials as sound absorbers An Experimental Study, **Applied Acoustics**, **10**(2):85-112
56. Ingard, Uno., 1994. Notes on Sound Absorption Technology, Poughkeepsie, NY, Noise Control Foundation.
57. Simon, F., Pfretzschner, J., 2004. Guidelines for the acoustic design of absorptive devices, Noise and Vibration Worldwide, pp:12-21.
58. Barron, R., F., 2003. Industrial Noise Control and Acoustics, Louisiana Tech University, Marcel Dekker, Inc, New York, pp:534.
59. Meyers, M., A., Po, Y., C., Lopez, M., I., Seki, Y., Albert, Y., M., 2010. Biological materials, **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, **4**.

60. Akalın, M., Özer, M.,S., 2010. Tülbent Esaslı (Dokunmamış) Kumaşlar. Marmara Üniversitesi, syf:182/2.
61. Discover Nonwovens, (www.edana.org), (Erişim Tarihi: 08.05.2016)
62. Can., M., U., 2005.Tekstil Döküntüsü İçeren Nowoven Kumaşların İç Mimaride Kullanılabilirliği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 92 s.
63. Çinçik,E.,2010. İğneleme Yöntemiyle Üretilen Polyester/Viskon Karışımli Dokusuz Yüzey Özelliklerinin Deneyse ve İstatistiksel Analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 273 s.
64. Jeon, H., 2016. Variance analysis and autocorrelation function for 2D fiber plan statistical analysis, 68-70. Non-woven Fabrics (Yves, B. And Harzallah, O.)
65. Gönül, G.,2013. Dokusuz Yüzey Üretiminin Hammadde Teknik Kullanım Özellikleri ve Alanları Yönünden İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 163 s.
66. The Textile Institute, 2005.(Teknik kumaş yapıları:3 Nonwoven kumaşlar), 148-149''. Teknik Tekstiller El Kitabı (Horrocks, A., R., Anand). Türk Tekstil Vakfı, İstanbul
67. Duran, K., 2004. Dokusuz Yüzeyler-Tafting Nonwoven Yapıştırma Malimo, Teknik Fuarçılık Ltd. Şti., İstanbul
68. Bhat, G., 2015. Meltblown submicron fibers for filter media and other applications, **International Fiber Journal**.
69. Raghvendra, K.,M., Sravanthi, L., 2017. Fabrication Techniques of Micro/Nano Fibres based Nonwoven Composites, **Modern Chemistry&Applications**, 5 (1).
70. Patel,M., Bhrambhatt, D., 2011. Nonwoven technology for unconventional fabrics. (www.textinfo.wordpress.com/2011/10/25/nonwoven-technology-for-unconventional-fabrics), (Erişim tarihi: Haziran 2016)
71. Albrecht, W., Fucht, W., Kittelmann, W., 2003. Nonwoven Fabrics. WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp: 765

72. Education Notes About Nonwovens, 2016, (www.apparelsearch.com), (Erişim Tarihi: Ekim 2017)
73. Kalebek, N., 2010. Değişik Yöntemlerle Elde Edilmiş Dokunmamış Kumaşların (Nonwoven) Aşınma-Sürtünme ve Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 256 s.
74. Ağırgan, M., 2003. Nonwoven (Dokusuz Yüzey) Esaslı Emici Bezlerde Lif Cinsi ve Sıklığının, Hava, Sıvı ve Isı Geçirgenliğine Etkisinin İncelenmesi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 104 s.
75. Shiffler, D., A., Shahani, A., Gilmore, T., F., 2003. Method for foam bonding of spunlace fabric to produce enhanced fabric characteristics. US 6579391 B1, Haziran 2003.
76. Kamath, M., G., Dahiya, A., Hegde, R., R., 2004. Thermal Bonding of Nonwoven Fabrics, **Materials Science and Engineering**, 554
77. Martinez-Hernandez, A.L., Santos, C-V., 2012. Keratin fibers from chicken-feathers: Structure and advances in polymer composites,”In: R. Dullaart, *et al.*, Eds., Keratin structure, properties and applications, **Nova Science Publishers**, 149-211.
78. Encyclopedia Britannica, 2006, (Erişim Tarihi: Haziran 2017)
79. Meyers, M.A., Chen, P.Y., Lin A.Y.M. and Seki, Y., 2008. Biological materials: structure and mechanical properties, **Progress in Materials Science**, 53:1-206.
80. Cameron, G., J., Wess, T., J., and Bonser, R., H., C., 2003. Young’s modulus varies with differential orientation of keratin in feathers, **J. Structure. Biol.** 143:118-123
81. Kraut, J., 1954. Thesis submitted to California Institute of Technology, 117-151, National Science Foundation Fellow, Chemistry, B.S., Bucknell University
82. Kocatepe S., 2015. Kuş Tüylerinden Tekstil Amaçlı Protein Esaslı Materyaller Üretiminde Hazırlık İşlemleri, YL tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri

83. Schmidt, W.F., 1998. Innovative feather utilization strategies, *National Poultry Waste Management Symposium Proceedings*, October 19-22, Auburn University Printing Services, 276-282.
84. Reddy, N., Yang, Y., 2007. Structure and properties of chicken feather barbs as natural. **Journal of Polymers and the Environment (15):**81-87.
85. Belarmino D.D., Ladchumananandasivam R., Belarmino L.D., Pimentel J.R., Rocha B.G., Galvao, A.O., Andrade, S.M.B, 2012. Physical and morphological structure of chicken feathers (keratin biofiber) in natural, chemically and thermally modified forms. **Materials Sciences and Applications (3)**, 887-893.
86. Bartels, T., 2003. Variations in the morphology, distribution, and arrangement of feathers in domesticated birds. **Journal of Experimental Zoology (Mol. Dev. Evol.)**, **298B**: 91-108.
87. Paşayev, N., Kocatepe, S., Maraş, N., 2018. Investigation of Sound Absorption Properties of Nonwoven Produced From Chicken Feather, **Journal of Industrial Textiles**, 1-20, DOI: 10.1177/1528083718766843
88. Zhan, M., Wool, R.P., 2011. Mechanical properties of chicken feather fibers. **Polymer Composites**, **32(6)**:937–944.
89. Martinez-Hernandez A.L., Velasco-Santos C., De Icaza M., Castano V.M ., 2005. Microstructural characterisation of keratin fibres from chicken feathers; **International Journal of Environment and Pollution**; **23(2)**:162-178.
90. Gassner, G., Schmidt, W., Line, M., J., Thomas, C., Waters, M., 1993. US Patent US5705030A, 29 Aralık 1993.
91. Chinta S.K., Landage S.M., Yadav Krati. 2013. Application of chicken feathers in technical textiles. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, **2 (4)**:1158-1165.
92. Şenköylü, N., 1995. Modern Tavuk Üretimi, 2.Baskı, Anadolu Matbaa ve Ticaret Koll. Şt., İstanbul

93. Alonso, R.S., Sanches, R., Marccano, J.P., 2013. Chicken feather - Study of physical properties of textile fibers for commercial use. **International Journal of Textile and Fashion Technology (IJTFT)**. 3 (2):29-38.
94. Parkinson, G., 1998. Chementator: A higher us efor lowly chicken feathers?, *Chemical Engineering*, **105**:21.
95. Kar, P. and Misra, M., 2004. Use of keratin fiber for separation of heavy metals from water, **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, **79**: 1313-1319.
96. Hong, C.K., Wool, R.P., 2005. Development of bio-based composite materials from soybean oil and keratin fibers. **Journal of Applied Polymer Science**, **95**: 1524-1538.
97. Dweib, M.A., Bullions, T.A., Loos, A.C., Wool, R.P. , 2004. Recycled newspaper and chicken feathers as reinforcement fiber in bio-composite materials. *ANTEC 2004 International Conference Proceedings*, p. 1478-1481.
98. Barone, J.R. and Schmidt, W.F., 2005. Polyethylene Reinforced with Keratin Fibers Obtained from Chicken Feathers. **Composites Science and Technology**. **65**: 1173-181
99. Meyers, M.A., Chen,P.Y.,Lopez,M.I., Seki, Y.,Lin,A.Y.M., 2011. Biological materials: A materials science approach. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, **4**:626-657.
100. Jones L. N., Riven D. E., Tucker DJ. 1998. *Handbook of Fiber Chemistry*, Marcel Dekker, Inc., New York, pp.147-149.
101. Arai, K., Sasaki, N., Naito, S., Takahashi, T., 1989. Crosslinking Structure of Keratin. I. Determination of the Number of Crosslinks in Hair and Wool Keratins from Mechanical Properties of the Swollen Fiber. **Journal of Applied Polymer Science**, **38**:1159-1172.
102. Kock, J.W., May 2006. Physical And Mechanical Properties Of Chicken Feather Materials. Georgia Institute of Technology, A Thesis for the Degree Master of Science.

103. Kock et al., 2005. Characterization of chicken feather materials for use in biocomposites. *Proceedings of the American Society for Composites: Twentieth Technical Conference, Philadelphia, PA, September 7-9. American Society for Composites, CD-ROM* – 15.
104. Zhan, M., Wool, R.P., 2011. Mechanical properties of chicken feather fibers. **Polymer Composites**, **32**(6):937–944.
105. Feughelman, M., 2002. Natural protein fibers. **Journal of Applied Polymer Science**, **83**: 489-507.
106. Taylor, A.M., Bonser, R.H.C., Farrent, J.W., 2004. The influence of hydration on the tensile and compressive properties of avian keratinous tissues. **Journal of Materials Science**. **39**: 939-942.
107. Fraser, R.D.B., Parry, D.A.D., 1996. The molecular structure of reptilian keratin. **International J Biol Macro**; **19**: 207–211.
108. Schmidt, W.F., Line, M.J., 1996. Physical and chemical structures of poultry feather fiber fractions in fiber process development. *Nonwovens Conference TAPPI Proceedings*, 1996: 135-141.
109. Naresh, M.D., Subramanian, V., Arumugam, V., Sanjeevi, R., 1991. A study on the mechanism of failure in keratin. **Colloid & Polymer Science**, **269**: 590-594.
110. Saravanan, 2012. Exploration on amino acid content and morphological structure in chicken feather fiber. **Journal of Textile and Apparel Technology and Management**. **7**(3), 1-6.
111. Alberts, B., 1994. *Molecular Biology of the Cell* (Third Edition). Garland Publishing, New York and London.
112. Arunkumar, C., Megwal, H., S., Borkar, S.,P., Bhongade, A., L., 2013. Recycling of Chicken Feather and Wool Fibre Waste into Reinforced Multilayer Composite- A Review, Technical Textile, **Journal of the Textile Association**, **2**:371-378
113. Fan, X., 2008. Value-added Products From Chicken Feather Fibers and Protein. Thesis for the Degree Doctor of Philosophy. Auburn, Alabama, 2008

114. Kukin vd0. 1992. Tekstil Malzemeleri (Rusça). Moskova, Legprombitizdat. 272s.
115. Финкельштейн А. В., Птицын О. Б. Физика белка., 2005 . Москва: КДУ
116. Wang, B., Yang, W., McKittrick, J., Andre Meyers, M., 2016. Keratin: Structure, mechanical propeties, occurence in biological organisms, and efforts at bioinspiration. **Progress in Materials Science**, **76**: 229-318
117. Lehninger A.L., 1982. Principles of Biochemistry. Worth Publishers, New York.
118. Poranki, D., R., 2012. Keratin Biomaterial Treatments for Burn Injury and Mechanisms of Tissue Survival, Wake Forest University Molecular Genetics and Genomics Program, Ph.D Thesis, August, Winston-Salem, Nort Carolina
119. [www.keratinresearch.com], (Erişim Tarihi: Eylül 2017].
120. Coulombe, P.A., Omary, M.,B., 2002. Hard and soft principles defining the structure function and regulation of keratin intermediate filaments. **Curr Opin Cell Biol**, **14**(1):110-122.
121. McKittrickJ., Chen P.-Y., Bodde S.G., Yang W.,Novitskaya E.E., Meyers M.A., 2012. The Structure, functions, and mechanical properties of keratin. **The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society**, **64**, (4).
122. Pauling, L., Corey, R., B., Branson, H.,R.,1951. Structure of proteins:two hydrogen bonded helical configurfations of the polpeptide chain, **Proc Natl Acad Science, USA**, **37**(4):205-211
123. Crick, F., H., C., 1952. Is α -keratin a coiled coil?, **National library of medicine**, **170**:882-883.
124. Wrześniewska-Tosik K., Szadkowski M., Marcinkowska M., Pałczyńska M. 2012. Chicken feather-containing composite non-wovens with barrier properties. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, **20**, (96), 96-100.
125. Crick, F., H., C., 1953. The packing of α -helices:simple coiled –coils. **Acta Crystallogr**, **6**:689-697
126. Duran, K., Namlıgöz, E., S., Özdemir, D., 2004. Yünün ağartılmasındaki güncel gelişmeler. **Tekstil ve Konfeksiyon**, **4**:262-267

127. Xiangyu Jin, Haibo, L., L., Qinfei, K., Hong, W., 2013. Duck feather/nonwoven composite fabrics for removing metals present in textile dyeing effluents. **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, 8 (3).
128. Maraş, N., 2018, Tavuk Tüyü Liflerinden Kuru Serme Yöntemi İle Dokusuz Yüzey Üretimi Teknolojisinin Geliştirilmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116 s.
129. Uzundağ, U., Tandoğan, O., 2013. Malzemelerin Akustik Performans Testleri Raporu, Novosm Mühendislik (http://www.novosim.com/web_18065_1/index.aspx), (Erişim Tarihi: Eylül 2017)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Süreyya KOCATEPE
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 18/08/1989- Sorgun
Medeni Durum: Bekar
e-mail: sureyya.kocatepe@hotmail.com
Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil
 Mühendisliği Bölümü, Kat:3, No:315, Melikgazi, KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	2015
Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	2012
Lise	Sorgun Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2013	Ankara Tuba&Venn A.Ş.	Satın Alma Mühendisi
2015-2018	Erciyes Üniversitesi	Tübitak Proje Asistanı

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (Science Citation Index (SCI) Expanded)

Paşayev, N., **Kocatepe, S.**, MARAŞ, N., Investigation of Sound Absorption Properties of Nonwoven Produced From Chicken Feather Fibers, *Journal of Industrial Textiles*, 2018, DOI: 10.1177/1528083718766843

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler

Balcı, O., Sancar, B., **Kocatepe, S.**, Şirin, S., 2012. Ozonation of İndigo Dyed Warp Yarns and Investigation of Some Effective Parameter. *AUTEX 2012-12th World Textile Conference*, Cilt 1, 665-6/1 pp., 13-15 June 2012, Zadar-Hırvatistan

Kocatepe, S., Çetiner, S., 2013. Fonksiyonel Yatak Örtüsü Tasarımı, V. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı, pp:390-391, Bursa, Türkiye

Kocatepe, S., 2014. Tavuk Tüylerinden Lif Üretimi, KSÜ MMMF. III. Ar-Ge Proje Pazarı, pp:54-55, 2-3 Haziran 2014, Kahramanmaraş, Türkiye

Maraş, N., **Kocatepe, S.**, Paşayev, N., 2016. Cilt Hastalıklarının Tedavisindeki Ceviz Kabuğu İçerikli Tekstil Yüzeylerinin Kullanımı, *VIII. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı*, pp:461-462, Bursa, Türkiye

Kocatepe, S., Maraş, N., Paşayev, N., 2016. Kuş Tüyü Liflerinden Araba Filtresi Malzemesi Üretimi, *VIII. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı*, pp: 338-339, Bursa, Türkiye

Paşayev, N., **Kocatepe, S.**, Tekoğlu, O., Maraş, N., 2016. Isı Koruyucu Giysilerde Kullanım Açısından Tavuk Tüyü Liflerinin Özelliklerinin Araştırılması, *1. Uluslararası Lif ve Polimer Sempozyumu*, Bursa, Türkiye

Kocatepe, S., 2017. Tekstil Atıklarının İnşaat Sektöründe Ses Yalıtım Amaçlı Kullanılması, *IX. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı*, pp:56, Bursa, Türkiye

Paşayev, N., **Kocatepe, S.**, Maraş, N., Soylak, M., Erol, M., 2017. Investigation Some Characteristics of Chicken Feather's Rachis, *17th World Textile Conference-Textile-Shaping The Future*, Materials Science and Engineering (254), Corfu, Atina, DOI: 10.1088/1757-899X/254/19/192013

Kocatepe, S., 2017. Use of All Types of Textile Waste For Insulation Purpose in Building Sector, *17th World Textile Conference-Textile-Shaping The Future*, Corfu, Atina

Kocatepe, S., Maraş, N., Paşayev, N., 2017. Tavuk Tüyü Liflerinden Dokusuz Yüzey Üretimi, XIV. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu (IITAS 2017), pp:141-143, 26-28 Ekim 2017, İzmir

Tekoğlu, O., **Kocatepe, S.**, Maraş, N., Paşayev, N., 2017. Tavuk Tüyü Liflerinin Dolgu Malzemesi Olarak Isı Koruyucu Özelliklerinin Araştırılması, *XIV. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu (IITAS 2017)*, Poster Bildiridir, 26-28 Ekim 2017, İzmir

Kocatepe, S., Paşayev, N., 2018. Tavuk Tüylerinin Lif Üretimi Açısından Yapısal Özelliklerinin Analizi, 3. *Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu*, pp: 127, 7-8 Mart 2018, Bursa, Türkiye

Kocatepe, S., 2018. Mikrobik Cilt Hastalıklarının Tedavisi İçin Kitosan Takviyeli Sargı Bezi Üretimi, *X. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı*, pp:81, Mart 2018, Bursa, Türkiye

Kocatepe, S., 2018. Tavuk Tüyü Liflerinden Ses Yalıtım Amaçlı Dokusuz Yüzey Yapılarının Geliştirilmesi, *X. Uluslararası Ar-Ge Proje Pazarı*, pp:125, Mart 2018, Bursa, Türkiye

Kocatepe, S., Paşayev, N., 2018. Investigation Of Sound Insulation Parameters of Nonwoven Surfaces Obtained From Chicken Feather Fibers Using Low Melt Fibers, *8th International İstanbul Textile Conference-Evolution Technical Textile (ETT 2018)*, pp:45, 14-15 Nisan, İstanbul, Türkiye

Paşayev, N., **Kocatepe, S.**, Maraş, N., Tekoğlu, N., 2018. Investigation of Hygroscopic Properties For Fibers Obtained From Chicken Feathers, *4th International Conference On Engineering and Natural Science (ICENS 2018)*, 3-6 May 2018, Kiev, Ukrayna

Paşayev, N., Tekoğlu, N., **Kocatepe, S.**, 2018. The Use Of Chicken Feather Fibers As Insulation Material For Winter Top Clothing, *4th International Conference On Engineering and Natural Science (ICENS 2018)*, 3-6 May 2018, Kiev, Ukrayna

Kocatepe, S., Erol, M., Paşayev, N., 2018. Statistical Analyses of Effects Of Production Parameters Of Sound Insulation Materials Produced From Chicken Feather Fibers On Acoustic Properties, *I. International Technology Sciences and Desing Symposium (ITESDES 2018)*, 28-29 June 2018, Giresun, Türkiye

Erol, M., **Kocatepe, S.**, Paşayev, N., 2018. The Effect of Thickness and Density To Acoustic Parameters For Composite Structures Produced From Rachis Material, *I. International Technology Sciences and Desing Symposium (ITESDES 2018)*, 28-29 June 2018, Giresun, Türkiye

Kocatepe, S., Erol, M., Paşayev, N., 2018. Evalution of Acoustic Properties Of Sound Insulation Materials Produced With Chemican Bonding Method From Chicken Feather Fibers, *I. International Technology Sciences and Desing Symposium (ITESDES 2018)*, Poster Bildiridir, 28-29 June 2018, Giresun, Türkiye

Erol, M., **Kocatepe, S.**, Paşayev, N., 2018. Sıcak Presleme Yöntemi İle Üretilen Rachis Kompozitlerinin Yapısal Parametrelerinin Analizi. *International Technology Sciences and Desing Symposium (ITESDES 2018)*, Poster Bildiridir, 28-29 June 2018, Giresun, Türkiye

Kocatepe, S. Production of Wall Material For Sound Insulation From Textile Waste Material, *International Student Festival of HARKAT*, Poster Bildiridir, 21-30 Kasım 2018, Tahran, İRAN