

TEKSTİL MALZEMELERİ İLE KAPALI ALAN HAVA
KALİTESİNİN ARTTIRILMASI

Duygu GAZİOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Şule ALTUN

2014



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKSTİL MALZEMELERİ İLE KAPALI ALAN HAVA
KALİTESİNİN ARTTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Duygu GAZİOĞLU

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

**BURSA
Ocak 2014**

YÜKSEK LİSANS TEZİ ONAY FORMU

“Duygu GAZİOĞLU” tarafından “Prof. Dr. Şule ALTUN” yönetiminde hazırlanan “TEKSTİL MALZEMELERİ İLE KAPALI ALAN HAVA KALİTESİNİN ARTTIRILMASI” başlıklı tez, kapsamı ve niteliği açısından incelenmiş ve **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Şule ALTUN

.....

(Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği)

Prof. Dr. Mehmet KANIK

.....

(Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği)

Doç. Dr. Hasan Basri KOÇER

.....

(Bursa Teknik Üniversitesi, Lif ve Polimer Mühendisliği)

Tez Savunma Tarihi: 21/01/2014

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Mehmet ÇOPUR

21/01/2014

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Duygu GAZİOĞLU

İmzası:

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini, tecrübesini ve değerli zamanını paylaşan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Şule ALTUN'a, tez deneysel çalışmalarımı gerçekleştirdiğim University of Bolton'a, numunelerimin temin edilmesini sağlayan ORMO ve İPEKİŞ firmalarına, tez çalışmalarım sırasında benden maddi manevi tüm desteklerini esirgemeyen başta sevgili ailem olmak üzere, arkadaşlarıma, en içten dileklerle teşekkür ederim.

Duygu GAZİOĞLU

21 Ocak 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa no

1 GİRİŞ	1
2 LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1 İç Hava Kirliliği Nedir?	3
2.2 Trikloretilen	4
2.3 Hasta Bina Sendromu (HBS)	6
2.4 İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Faktörler	6
2.4.1 İç ortamda kullanılan yapı malzemeleri ve ürünler	6
2.4.2 Kimyasal değişimler	7
2.4.3 Kişisel alışkanlıklar	7
2.4.4 Bina faktörleri	7
2.5 İç Hava Kirleticisi Tipleri	7
2.6 Kapalı Alan Hava Kalitesinin İyileştirilmesi Amacıyla Yapılan Bazı Ölçümler	10
2.7 Kapalı Bir Ortamda Bulunan Tekstil Malzemeleri	12
2.7.1 Halılar	12
2.7.2 Duvar kaplamaları	13
2.8 Hava Kirleticilerinin Tekstil Yüzeyleri Üzerine Sorpsiyonu	13
2.9 Yün Lifleri	16
2.9.1 Yün lifinin kimyasal ve histolojik yapısı	16
2.9.2 Yün keratininin kimyasal yapısı	17
2.9.3 Keratin makromolekülleri arasındaki bağlar	19
2.9.4 Yün liflerinin moleküler üstü ve histolojik yapısı	21
2.9.5 Yün liflerinin histolojik yapısı	22
2.9.6 Yün liflerinin kimyasal özellikleri	26
2.10 Yün Lifiyle İlgili İstatistik Bilgiler	31
2.11 Protein Makromolekülü Yapısındaki Aminoasitler	32
2.11.1 Alifatik hidrokarbon kökü içeren monoamino-monokarboksilli asitler	32
2.11.2 Aromatik ve heterosiklik halka içeren monoamino-monokarboksilli asitler	33
2.11.3 Hidroksil grubu içeren monoamino-monokarboksilli asitler	33
2.11.4 Kükürt içeren aminoasitler	34
2.11.5 Diamino (veya bazik grup içeren)-monokarboksilli asitler	34
2.11.6 Monoamino-dikarboksilli asitler	35
2.11.7 Polar grup içeren aminoasitler	35
2.12 Yün Halı İç Hava Kirliliğini Nasıl Kontrol Eder?	35
3 MATERYAL VE YÖNTEM	40
3.1 Materyal	40
3.1.1 Yün numuneler	40
3.1.2 İç hava kalitesi ölçüm sisteminde kullanılan kimyasallar	44
3.1.3 Sistemde kullanılan araç ve gereçler	45
3.2 Yöntem	45
3.2.1 Test sisteminin kurulması ve kalibrasyonu	45
3.2.2 Test odacığının hacim kalibrasyonu	46
3.2.3 Kullanılan kimyasal için yapılan kalibrasyon	47
3.2.4 Test işlemine başlama adımları	47

3.2.5 Gaz numunelerinin GC-MS analizleri	48
3.2.6 Yün lifi numunelerinin FTIR analizleri	48
4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	49
4.1 Adsorpsiyon, Absorpsiyon ve Desorpsiyon Hakkında Bilgiler	49
4.2 Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi 1,2	50
4.3 Yıkanmış, Taranmış ve Boyalı Yün Lifi Numunesi 1,2	52
4.4 Yıkanmış, Karbonize Yün Lifi Numunesi 1,2	54
4.5 (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) Yün Lifi Numunesi 1,2	56
4.6 (Yıkanmış, Karbonize)+(Yıkanmış, Taranmış) Boyalı Yün Lifi Numunesi 1,2	58
4.7 Ham Kumaş ve Boyalı Kumaş	60
4.8 Yün Lifi Numunelerinin FTIR Sonuçları	62
5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKÇA	66
EKLER	70
ÖZGEÇMİŞ	77

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Şekil 2.1 ASTM D5116-10 standardında kullanılan test sistemi görüntüsü	11
Şekil 2.2 Çeşitli malzemelerin NO ₂ 'yi uzaklaştırma oranları	13
Şekil 2.3 Yün lifinin yüzey görüntüsü	17
Şekil 2.4 Yün lifi kesit görüntüsü	22
Şekil 2.5 Yün lifi yüzey görünümü	23
Şekil 2.6 Dünya lif üretimindeki trendler ve açılan stoklar	32
Şekil 2.7 Formaldehit ve proteinlerin reaksiyon şeması	39
Şekil 3.1 Kullanılan yün lifi numunelerinden görüntüler	40
Şekil 3.2 Kullanılan yün kumaş numunelerinden görüntüler	40
Şekil 3.3 Boyasız karbonize yün lifi numunelerinin mikroskop enine kesit görüntüleri (40 büyütme)	41
Şekil 3.4 Boyasız karbonize yün lifi numunelerinin mikroskop kesit görüntüleri (100 büyütme)	41
Şekil 3.5 Liflerin boyama prosesi	42
Şekil 3.6 Kumaş boyama prosesi	44
Şekil 3.7 Test sisteminin genel görünümü	45
Şekil 3.8 Çalışmada kullanılan test odacığı	46
Şekil 4.1a Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği	50
Şekil 4.1b Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği	51
Şekil 4.2a Yıkanmış, taranmış ve boyalı yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği	52
Şekil 4.2b Yıkanmış, taranmış ve boyalı yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği	53
Şekil 4.3a Yıkanmış, karbonize yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği	54
Şekil 4.3b Yıkanmış, karbonize yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği	55
Şekil 4.4a (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği	56
Şekil 4.4b (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği	57
Şekil 4.5a (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) boyalı yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği	58
Şekil 4.5b (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) boyalı yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği	59
Şekil 4.6a Ham kumaş için sorpsiyon grafiği	60
Şekil 4.6b Boyalı kumaş için sorpsiyon grafiği	61

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa no

Çizelge 2.1 Dünya sağlık örgütü kılavuzundaki uçucu organik bileşikler ve sağlık etkileri	4
Çizelge 2.2 Kapalı bir alanda bulunma olasılığı olan VOC kaynakları	8
Çizelge 2.3 TVOC (Total Volatile Organic Compounds) emisyonları ve sağlık etkileri	10
Çizelge 2.4 Halı ve sert zemin uygulamalarının karşılaştırılması	12
Çizelge 2.5 Kirli yünde bulunabilecek yabancı madde yüzdeleri	16
Çizelge 2.6 Yün keratininde bulunan aminoasitler ve sınıflandırılması	17
Çizelge 2.7 Tulup bölgesine ve lifteki yerine bağlı olarak kükürt miktarı değişimi (kükürt miktarı kuru ağırlık %'si olarak)	18
Çizelge 2.8 Yerleşim alanlarındaki malzemelerin NO ₂ uzaklaştırma oranları	37
Çizelge 4.1 Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi 1,2 için test şartları	50
Çizelge 4.2 Yıkanmış, taranmış ve boyalı yün lifi numunesi 1,2 için test şartları	52
Çizelge 4.3 Yıkanmış, karbonize yün lifi numunesi 1,2 için test şartları	54
Çizelge 4.4 (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) yün lifi numunesi 1,2 için test şartları	56
Çizelge 4.5 (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) boyalı yün lifi numunesi 1,2 için test şartları	58
Çizelge 4.6 Ham kumaş ve boyalı kumaş için test şartları	60

SEMBOL VE KISALTMA LİSTESİ

Semboller	Açıklama
°C	Celcius
pH	Power of Hydrogen
ppm	Parts Per Million
Kısaltmalar	Açıklama
DVS	Dynamic Vapour Sorption (Dinamik Uçucu Sorpsiyon)
HBS	Hasta Bina Sendromu
İHK	İç Hava Kalitesi
NHMRC	National Health and Medical Research Council (Ulusal Sağlık ve Tıp Aratırma Kurulu)
PAN-ACNF	Polyacrilonitrile-Activated Carbon Nanofibers (Poliakrilonitril-Aktif Karbon Nano Lifleri)
PVC	Poly(vinyl chloride) (Polivinil Klorür)
SVOC	Semi Volatile Organic Compound (Yarı Uçucu Organik Bileşikler)
TCE	Trikloretilen
TVOC	Total Volatile Organic Compound (Toplam Uçucu Organik Bileşikler)
VOC	Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşikler)
VVOC	Very Volatile Organic Compound (Çok Uçucu Organik Bileşikler)
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

ÖZET

TEKSTİL MALZEMELERİ İLE KAPALI ALAN HAVA KALİTESİNİN ARTTIRILMASI

Duygu GAZİOĞLU

Bursa Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Prof. Dr. Şule ALTUN

Ocak 2014, 77 sayfa

İç hava kalitesi, insan sağlığı ve konforunu etkileyen önemli bir parametredir ve modern insan yaşamının yaklaşık % 90'ını kapalı ortamlarda geçirmektedir. Kapalı ortam havasında, azot oksitler, kükürt oksitler, karbon oksitler ve uçucu organik bileşikler başta olmak üzere pek çok kirletici gaz bulunmaktadır. Kirletici gazların yol açtığı baş ağrısı, boğazda iltihaplanma, kas ağrıları, cilt kuruluğu gibi etkiler, yaşam kalitesini düşürdüğü gibi, çalışan verimini de olumsuz etkilemektedir.

Bu tez çalışmasında, tekstil malzemelerinin iç hava kalitesine olan etkileri incelenmiştir. Farklı liflere yönelik literatür çalışmasının yanı sıra, işlem görmüş yün liflerinin Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün "İç hava kalitesi kılavuzu: seçilmiş kirleticiler" listesinde yer alan gaz formunda trikloretileni adsorplama davranışı da deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışma sonuçlarına göre, yün liflerinin gaz formundaki trikloretileni adsorplayabildiği/absorplayabildiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: İç hava kalitesi, sorpsiyon, tekstil, trikloretilen, yün lifi

ABSTRACT

IMPROVING INDOOR AIR QUALITY WITH TEXTILE MATERIALS

Duygu GAZİOĞLU

Bursa Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Fiber and Polymer Engineering Program

Master of Science Thesis

Prof. Dr. Şule ALTUN

January 2014, 77 pages

Indoor air quality is one of the major parameters affecting human health and comfort. Modern humans spend about 90% of their lives in indoors. There are various pollutant gases, especially nitroxides, sulfur oxides, carbon oxides, and volatile organic compounds, present in indoor air. Pollutant gases cause headaches, sore throat, muscle pain, dry skin result in poor quality of life.

In this study, the effects of textile materials on the indoor air quality are examined. Not only the literature study of the different fibers has done but also gas trichloroethylene, which is in “WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants” report, adsorption behavior of processed wool fibers were observed by the experiments. According to the experimental study results, it was seen that wool fibers can adsorb/absorb gas form of trichloroethylene.

Key Words: Indoor air quality, sorption, textile, trichloroethylene, wool fiber

1 GİRİŞ

İç hava kalitesi (İHK), kapalı alanlardaki hava kalitesini ifade eder ve özellikle kapalı alan kullanıcılarının sağlık ve konforuyla ilgilidir. İHK, mikrobiyal içeriklerden (bakteri ve küf), gazlardan (karbonmonoksit, radon ve uçucu organik bileşikler) ve partiküllerden etkilenmektedir.

Kapalı alanlarda bulunabilecek hava kirleticilerden başlıcaları; uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler, sülfür oksitler, azot oksitler, formaldehit, aldehytler vb. dır. Kapalı ortam havasını kirleten bu bileşikler canlı sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Örneğin baş ağrısı ve mide bulantısı; burun akması veya burun tıkanması, sinüzit, hapşıırma; gözde kuruma, kaşıınma, akma, iltihaplanma; boğazda iltihaplanma, ses kısıklığı, boğazda kuruma; normal olmayan yorgunluk hissi, uykusuzluk veya fazla uyuma isteğı; ağrılı kas ve eklemler; hatırlamada ve konsantre olmada zorluk çekmek, depresyon hissi, gerginlik ve sinirlilik; baş dönmesi, cilt kuruluğı gibi rahatsızlıklara yol açmaktadır [1,2].

Kapalı alanlardaki hava kalitesi sürdürülebilirliğe de katkı sağlar. Sürdürülebilirlik çevreye dost uygulamalarla ilgili bir terimdir (geri dönüşüm, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması gibi) ve çevresel, ekonomik, sosyal sürdürülebilirlik sağlandığı taktirde sürdürülebilir gelişme gerçekleştirebilmektedir. Doğaya karşı sorumlu davranılması çevresel sürdürülebilirliğin gereksinimlerindendir. Canlı sağlığı sadece sürdürülebilirliğin amaçları arasında değildir, aynı zamanda çevresel, ekonomik ve sosyal olayları etkilemekte ve onlar tarafından da etkilenmektedir.

Bu tez çalışmasında tekstil liflerinin iç hava kalitesine etkileri ile ilgili kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada, tekstil malzemeleri içerisinde, iç hava kirleticileri ile en fazla etkileşime sahip olan lifin yün lifi olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada iç hava kirleticisi olarak bilinen Trikloretilen (TCE) gazının, yün lifleri tarafından adsorbe/absorbe edilme davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Hücrelerde genetik değişikliklere sebep olarak görülen kanserojen etkilere sahip bir gaz olan TCE, bilindiğı gibi özellikle kuru temizleme işlemlerinde kullanılan önemli bir çözdendir, tekstil ve konfeksiyon işletmelerinde de, genellikle kalite kontrol aşamalarında leke ve yağ çözücü olarak kullanılmaktadır. Çevresel

açından özellikle ozon incilmesi ve deniz suyu ekotoksitesitesi üzerinde önemli etkileri vardır [3,4].

Tez kapsamında; Yıkanmış, taranmış boyasız yün lifi (19,5 μ inceliğinde), Yıkanmış, taranmış boyalı yün lifi (19,5 μ), Yıkanmış, karbonize olmuş yün lifi (19,8 μ inceliğinde), (Yıkanmış, karbonize) + (Yıkanmış, taranmış) yün lifi, (Yıkanmış, karbonize) + (Yıkanmış, taranmış) boyalı yün lifi, ham kumaş, boyalı kumaş numuneleri kullanılmıştır. Numuneler vakumlanmış test odacığında kirletici gaz olan TCE'ye maruz bırakılmış, belirli zaman aralıklarında da sistemden manuel olarak alınan gaz numuneleri GC-MS ile analiz edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışma sonuçlarına göre, yün lifleri TCE'yi adsorbe/absorbe edebilmektedir. Bu sonuçlardan hareketle özellikle kuru temizleme işletmelerinde ve yağ-leke çıkarma işlemlerinin gerçekleştirildiği tekstil işletmelerinde, yün liflerinden yapılan filtrelerin, maskelerin veya adsorpsiyon yüzeylerinin işçi sağlığı açısından değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

2 LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 İç Hava Kirliliği Nedir?

İç hava kirliliği, gaz veya partikül formdaki kirleticilerin iç hava atmosferini değiştirerek insan sağlığının ve konforunun etkilenmesi olarak tanımlanabilir. İnsanlar genellikle zamanının çoğunu kapalı ortamlarda geçirdikleri için, iç hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri dış hava kirliliğinden daha fazladır [5].

İyi bir İHK için farklı dizayn stratejileri kullanılmaktadır; kontrollü havalandırma uygulanması, uygun dizayn yöntemlerinin kullanılması ve sağlıklı bina materyallerinin kullanılması bu stratejilerdendir. Özellikle duvarların hava geçirgenliği özelliği ile ortam nemi azalacak ve mantar, bakteri oluşumu önlenmiş olacaktır [3,6,7].

Endüstrileşmiş ülkelerde, insanlar zamanlarının %70-90'ını kapalı alanlarda (ev, ofis, okul, otomobil, uçak, fabrika vb.) geçirmektedirler bu süreç içinde kapalı ortamın doğası kişilerin sağlığını, hayat kalitesini ve üretkenliğini etkilemektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, dış ortamda bulunan kirleticilerin kapalı ortamlarda da bulunduğu gözlemlenmiştir, hatta dış ortama kıyasla iç ortamlarda daha yüksek konsantrasyonlar bulunmaktadır. İç havanın bu bileşiminin insanlar tarafından solunması sonucunda büyük sağlık sorunlarının meydana gelebileceği düşüncesi ile Avustralya Ulusal Sağlık ve Tıp Araştırma Kurumu (Australia National Health and Medical Research Council-NHMRC) ve Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization-WHO) ortamda bulunan zararlı bileşiklerle ilgili çalışmalarını sürdürmüşlerdir, çalışmalar özellikle formaldehit, uçucu organik bileşikler ve toplam uçucu organik bileşikler (VOCs-Volatile Organic Compound ve TVOC-Total Volatile Organic Compound) üzerinde yoğunlaşmıştır [8].

İç ortam havasında pek çok farklı VOC farklı konsantrasyonlarda bulunabilmektedir. WHO (World Health Organization)'nun iç hava kalitesi için yayınlamış olduğu kılavuzda konsantrasyonu ve insan sağlığına zarar verme potansiyeli daha yüksek olan VOC'ler Çizelge 2.1'deki gibidir.

Çizelge 2.1 Dünya sağlık örgütü kılavuzundaki uçucu organik bileşikler ve sağlık etkileri

Benzen	İlik kanseri, Genetik bozukluklar
Karbonmonoksit	Kalp hastalıkları
Formaldehit	Duyusal tahrip
Naftalin	Solunum yolları yaralarının sebep olduğu iltihaplanmalar
Azot Dioksit	Solunum semptomları, bronşlarla ilgili problemler, solunum yolu iltihaplanmaları ve bağışıklığın azalması
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	Akciğer kanseri
Radon	Akciğer kanseri, diğer kanserlere de yol açacak problemler oluşturmak (özellikle lösemi ve solunum yolları ile ilgili kanser çeşitleri)
Trikloretilen	Hücrelerde genetik değişikliklere sebep olarak görülen kanserojen etkiler (karaciğer, böbrek, safra bezi)
Tetrakloretilen	Böbrek rahatsızlıkları

2.2 Trikloretilen

Genel Tanım

Trikloretilen (TCE) (C_2HCl_3 ; molekül ağırlığı 131,40 g/mol'dür) sıklıkla kullanılan bir endüstriyel çözücüdür. Uçucu ve renksiz bir sıvıdır kloroforma benzer hafif tatlımsı bir kokusu vardır. Erime noktası $-84,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, kaynama noktası $86,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. 20

°C de; Henry yasası sabiti $1,03 \cdot 10^{-2}$ atm-m³/mol, buhar basıncı 7,8 kPa, suda çözünebilirliği 1,1 g/l'dir.

Dönüştürme Faktörleri

760 mmHg ve 20 °C'de; 1 ppm = 5.465 mg/m³ ve 1 mg/m³ = 0.183 ppm; 25 °C'de, 1 ppm = 5.374 mg/m³ ve 1 mg/m³ = 0.186 ppm [10].

İç Hava Kaynakları ve Etkileri

Trikloretilen; yağ, kir, katran gibi maddeler için çözücü olarak kullanılmaktadır. Ayrıca boya temizleyicilerde, yazı düzelticilerde, yapıştırıcılarda, leke çıkarıcılarda, sıvı halı temizleme maddelerinde de trikloretilen bulunmaktadır. Trikloretilen özellikle tekstil - konfeksiyon imalatında yağ ve kir lekelerinin çıkarılmasında ve kuru temizleme işleminde de sıkça kullanılan bir kimyasaldır. Trikloretilenin (TCE) yan etkileri genelde insanlarda solunum yoluyla alınması sonucu gözlemlenmektedir ama içme suyunun kirlenmesi sebebiyle de insan sağlığına etkileri görülebilmektedir. Çünkü TCE su yüzeyinden hızlıca buharlaşabilir ve iç havayı kirletici etkide bulunabilir (örneğin suyun duşta, çamaşır makinesinde, bulaşık makinesinde kullanımı gibi). Kirlenmiş içerikli toprak da iç havadaki TCE konsantrasyonuna buharlaşma yoluyla etkide bulunabilir [9-11].

Trikloretilen ve etanol buharının lifli yüzeylerdeki sorpsiyonu konusunda yapılan bir çalışmada; trikloretilen sorpsiyonunun polipropilende, naylon ve yün liflerine göre daha belirgin olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada yüzey alanı tanımından gidilmiştir ve dağılım katsayısını (partition coefficient(k): sorb edilen miktarın denge halindeki buhar miktarına oranı) hesaplayarak kıyaslama yapmışlardır [12].

Trikloretilenin ilk etkileri merkezi sinir sistemi üzerinde görülmektedir; uykusuzluk, yorgunluk, baş ağrısı, baş dönmesi, bulanık görme, yüzde hissizlik ve uyuşma, güçten düşme görülen etkilerdendir. Karaciğer, akciğer, böbrekler, mide, bağırsak sistemleri ve cilt üzerinde de etkisi vardır [11].

2.3 Hasta Bina Sendromu (HBS)

Hasta bina sendromu kapalı alanda harcanan zamanla orantılı olarak ortamın doğası gereğince bina kullanıcıları üzerinde gözlemlenen bir durumdur. Bu durum özel bir hastalık olmamakla birlikte insanlar üzerinde bazı belirtileri vardır. Yaygın HBS belirtileri aşağıda verilmiştir:

- Baş ağrısı ve mide bulantısı
- Burun problemleri (burun akması veya burun tıkanması, sinüzit, hapşıırma)
- Göz problemleri (gözde kuruma, kaşıınma, akma, iltihaplanma; bulanık görme; göz yanması; kontakt lenslerle ilgili sorunlar)
- Boğaz problemleri (boğazda iltihaplanma, ses kısıklığı, boğazda kuruma)
- Yorgunluk (normal olmayan yorgunluk hissi, uykusuzluk veya fazla uyuma isteğı)
- Titreme ve ateşlenme
- Kasların ağrması (ağrılı kas ve eklemler)
- Nörolojik belirtiler (hatırlamada problem ve konsantrasyon kaybı, depresyon hissi, gerginlik ve sinirlilik)
- Baş dönmesi
- Cilt kuruluğı [1,2,13].

2.4 İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Faktörler

2.4.1 İç ortamda kullanılan yapı malzemeleri ve ürünler

- Bina Yapı Malzemeleri; kompozit ahşap, polivinilklörür (PVC) borular, PVC tel/kablo yalıtımı, vb.
- Diğer malzemeler; halılar, döşemeler, boyalar, mobilyalar, temizlik ürünleri, elektronik aletler, kıyafetler, vb.

2.4.2 Kimyasal değişimler

- Oksitlenme reaksiyonları: İç hava kirleticilerinin kimyasal reaksiyona girmeleri ile oluşan ve serbest radikaller, epoksiler, aldehitler, ketonlar, asitler, diasitler, dikarboniller gibi oksidasyon ürünleri açığa çıkaran reaksiyonlardır.
- Hidroliz reaksiyonları: Hidroliz reaksiyonları da diğer önemli bir iç ortam reaksiyon çeşididir. İ ortamdaki malzemelerin çoğunda bulunan plastikleştiriciler ve alev geciktiriciler, fitatları ya da fosfat esterleri içermektedir. Bu esterler su ile reaksiyona girerek hidroliz olurlar, ortama asit ve alkol ürünleri verirler. Son 50 yıl içerisinde esterleri içeren birçok ürün kapalı ortamlara girmiştir, bu sebeple iç ortam havasında oluşan problemler artmaktadır.

2.4.3 Kişisel alışkanlıklar

- Sigara içmek, evcil hayvan beslemek, kapalı ortamlarda harcanan zaman diliminin fazla olması da iç ortam hava kalitesini etkilemektedir.

2.4.4 Bina faktörleri

- Dar yapılaşmalar, klima kullanımı gibi etkenler de iç hava kalitesini değiştirmektedir.

2.5 İç Hava Kirletici Tipleri

İç ortam havasında rastlanan önemli kirletici tipleri aşağıda verilmiştir:

- İnorganik gazlar: karbonmonoksit, azot oksitler (NO_x), sülfür dioksit (SO_2), ozon (O_3), radon.

Moleküler yapısında en az bir karbon ve hidrojen atomu içeren bütün kimyasal bileşikler organik bileşik olarak isimlendirilirler. Uçucu organik bileşikler düşük kaynama noktaları nedeniyle iç ortam havasında gaz halde bulunurlar.

- Çok uçucu organik bileşikler (VOCs): Formaldehit, asetaldehit, akrolein, 1-3 butadien, isopren.

- Uçucu organik bileşikler (VOCs): Yaygın iç ortam uçucu organik bileşikleri; benzen, kloroflorokarbonlar.
- Yarı uçucu organik bileşikler (SVOCs): Biyositler ve mantarlar, yanma sonucunda oluşan yarı uçucu organik bileşikler, alev geciktiriciler, ısı transfer sıvıları, kişisel bakım ürünleri, pestisit ve herbisitler, plastikleştiriciler, leke ve su iticiler.
- Metaller, mineral lifler ve partiküller: Kurşun (iç ortamda kullanılan boyalardan, dış ortamdaki motorlu araçların yanma gazlarının iç ortama olan emisyonlarından kaynaklanan), civa (iç ortamda kullanılan boyalardan, lambalardan, termometrelerden kaynaklanan), kadmiyum, asbest [14-16].

Çizelge 2.2 Kapalı bir alanda bulunma olasılığı olan VOC kaynakları

VOC Kaynağı	Tipik Kirleticilere Örnekler
Tüketici ve Ticari Ürünler	Alifatik Hidrokarbonlar (n-dekan) Aromatik Hidrokarbonlar (toluen, ksilen) Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar (metilen klorit) Alkoller, Ketonlar (aseton, metil etil keton) Aldehitler (formaldehit), Esterler, Eterler (glikol eterler)
Boyalar	Alifatik Hidrokarbonlar (n-heksan, n-heptan) Aromatik Hidrokarbonlar (toluen) Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar (metilen klorit, propilen diklorit) Alkoller, Ketonlar (metil etil keton) Esterler (etil asetat), Eterler (metil eter, etil eter, butil eter)
Yapıştırıcılar	Alifatik Hidrokarbonlar (heksan, heptan) Aromatik Hidrokarbonlar Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar Alkoller, Aminler, Ketonlar (aseton, metil etil keton) Esterler (vinil asetat), Eterler

Çizelge 2.2 Kapalı bir alanda bulunma olasılığı olan VOC kaynakları (devamı)

Mobilyalar ve Kıyafetler	Aromatik Hidrokarbonlar (stiren) Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar (vinil klorit) Aldehitler (formaldehit) Eterler, Esterler
Yapıştırıcılar	Alifatik Hidrokarbonlar (heksan, heptan) Aromatik Hidrokarbonlar Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar Alkoller, Aminler, Ketonlar (aseton, metil etil keton) Esterler (vinil asetat), Eterler
Mobilyalar ve Kıyafetler	Aromatik Hidrokarbonlar (stiren) Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar (vinil klorit) Aldehitler (formaldehit) Eterler, Esterler
Bina Materyalleri	Alifatik Hidrokarbonlar (n-dekan) Aromatik Hidrokarbonlar (toluen, stiren, etilbenzen) Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar (vinil klorit) Aldehitler (formaldehit), Ketonlar (aseton) Eterler, Esterler (üretan, etilasetat)
Ocaklar, sobalar, dekoratif ısıtıcılar vb.	Alifatik Hidrokarbonlar (propan, butan, isobutan) Aldehitler (asetaldehit)
İçme suyu	Halojenleştirilmiş Hidrokarbonlar

Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi kapalı alanlarda bin kadar farklı türde uçucu organik karışım bulunabilir, yetişkinler ve çocuklar soluma esnasında bu karışımı kolayca içlerine çekebilirler. Çok az miktarda organik gaz karışımı bile uzun sürede oldukça zararlı sağlık etkileri yaratabilir. VOC buhar olarak normal oda sıcaklığında bulunur. Bu kimyasal içerik güneş ışığı ile reaksiyona girmekte ve oluşan ozon akciğerlere zarar vermektedir [1].

Kapalı ortamlarda en çok bulunabilecek hava kirleticiler; karbonmonoksit, azotoksitler, sülfüroksitler, uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler (VOCs), aldehytler, radon ve formaldehittir [17,18].

Çizelge 2.3’de TVOC’nin canlılarda yol açtığı etkiler konsantrasyonlara bağlı olarak verilmiştir.

Çizelge 2.3 TVOC (Total Volatile Organic Compounds) emisyonları ve sağlık etkileri

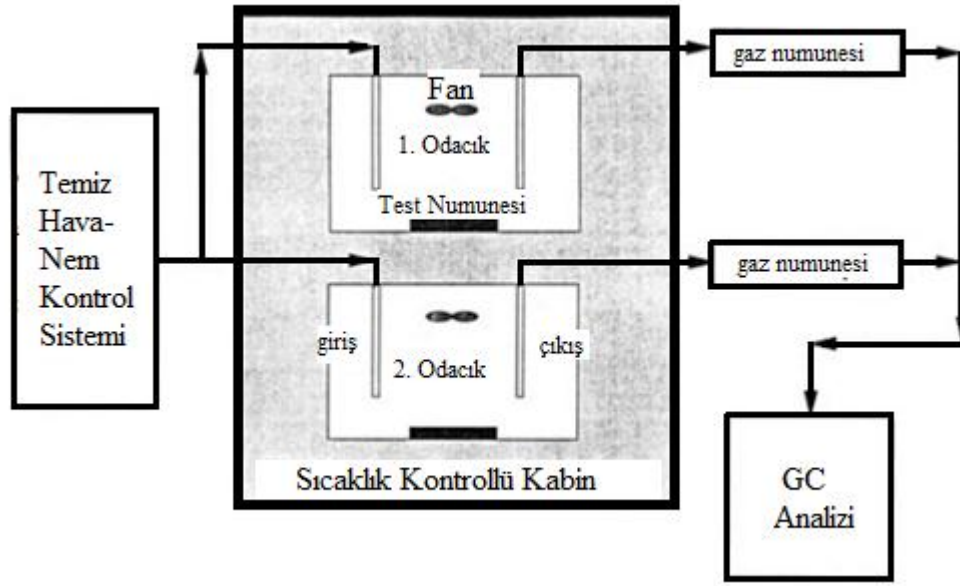
0,20 mg/m ³ ’den daha az	Tahriş veya rahatsızlık beklenmiyor
0,20-3,0 mg/m ³ arasında	Tahriş ve rahatsızlık verme olasılığı var
3,0-25,0 mg/m ³ arasında	Rahatsızlık ve olası baş ağrıları
25 mg/m ³ ‘den daha fazla	Sinir hücrelerinde toksik değişkenliği oluşabilir

Geçmişten günümüze iç hava kalitesini etkileyen 3 önemli faktör aşağıda maddelenmiştir.

- 1- İkinci dünya savaşından önce bina materyalleri çoğunlukla doğal maddelerden yapılmaktaydı, ancak günümüzde bu materyaller kompleks yapılar haline gelmiştir.
- 2- Günümüzde inşa edilen binalar 1945 yılı öncesine göre daha küçüktür ve yaşam alanları daha dar hale gelmiştir. Bu binaların dıştan ve içten olan kimyasal içerikleri iç ortamlarda kirleticilerin artmasına sebep olmaktadır.
- 3- Günümüzde dar binaların dışarıya olan hava filtrasyonu daha azdır [19].

2.6 Kapalı Alan Hava Kalitesinin İyileştirilmesi Amacıyla Yapılan Bazı Ölçümler

İç hava kalitesini ölçmek amacıyla yapılan testlerde genellikle dış ortamdan tamamen yalıtılmış özel odacıklar kullanılmaktadır. Literatürde farklı boyutlarda ve farklı amaçlarla kullanılan birçok kapalı test odacığı örnekleri bulunmaktadır. Bu test odacıklarında gerekli sıcaklık, nem, yükleme oranı ve gaz akışı oranı ayarlanabildiğinden analizler test edilecek ortama en yakın şekilde gerçekleştirilebilmektedir. EK 1’deki çizelgede farklı test odacıları hakkında detaylı bilgi verilmiştir [20,21].



Şekil 2.1 ASTM D5116-10 standardında kullanılan test sistemi görüntüsü [20]

ASTM D5116-10 standardı, küçük test odacıklarına yönelik bir standarttır. ASTM D5116-10 standardına göre organik emisyonlar için küçük ortam test odacıkları adsorbe edici olmayan (non-adsorbent), kimyasal olarak inert malzemeden yapılmalı ve pürüzsüz bir iç yüzeye sahip olmalıdır. Böylece adsorpsiyon veya diğer bileşiklerle reaksiyon verme gibi sorunlar engellenmiş olur. Yapıda kullanılan malzemelerde, sızdırmazlık maddesi ve yapıştırıcıya dikkat edilmelidir çünkü uçucu organik bileşikler salabilirler veya adsorbe edebilirler. Paslanmaz çelik veya cam yaygın olarak kullanılan iç yüzeylerdir. Kapalı odacıklarda, hava giriş çıkışları olmalı, sıcaklık ve nem ayarları yapılabilmelidir [20].

ASTM D6670-01 ise VOC'ler için oda büyüklüğünde test odacıkları kullanılan, malzemelerin gerçek boyutlarında test edilebildiği standarttır [22,23].

Literatürde, kullanılan standartlardan farklı ölçülere sahip başka odacık örnekleri de bulunmaktadır. Örneğin yün lifi ile yapılan bir çalışmada 600mm x 400mm x 600mm boyutlarında bir test odacığı kullanılmıştır. Odacık içindeki formaldehit konsantrasyonu PPM400 formaldehit test cihazıyla ölçülmüştür. Sıcaklık ve nemi sırasıyla, 22 ± 1 °C ve $65 \pm 2\%$ olarak belirlemişlerdir [23]. Kumaşlar üzerinde yapılmış başka bir çalışmada da 33,5 litrelik cam odacık, fleksiğlas kapak ile

kapatılarak kullanılmıştır. Kumaş numuneleri $20,5^{\circ}\text{C} \pm -16,3^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\% 56 \pm \% 4,7$ nem ortamında test edilmiştir [25].

Yapılan bir diğer çalışmada ise 2 adet $1,64\text{m}^3$ hacminde paslanmaz çelikten üretilmiş kapalı odacıklar kullanılmıştır (her kapalı odacığın yüzey alanı $7,5\text{ m}^2$ 'dir ve yüzeyin hacme oranı $4,6\text{ m}^{-1}$). Odacıkların iç üst tavanında karıştırma fanı bulunmaktadır. Odacık içine temiz hava akışı kütle akış kontrolörü tarafından düzenlenmiştir. Odacık içi nemlendirilmesi belli miktarda havanın sıcak su içeren nemlendirici cihazı içinden geçirilmesiyle yapılmıştır. Odacık deney sonuçlarının görüntülenmesi için on-line veri izleme sistemi kullanılmıştır [26].

2.7 Kapalı Bir Ortamda Bulunan Tekstil Malzemeleri

2.7.1 Halılar

Halılar kapalı ortamlarda bulunan en geniş yüzey alanına sahip malzemelerdir. Halılardaki lif kütlelerinin küçük partikülleri hapsetme özeliği sayesinde havadaki bazı kirlenmeler tutulabilmektedir ancak halılara uygulanan bitim işlemlerindeki kimyasallar, küf-kirler, halının arka yüzünde yapıştırıcı olarak kullanılan bağlayıcılar İHK'ya negatif etki yapmaktadır. Çizelge 2.4 halı kullanımının iç ortamda bulunan partikül oranlarına etkisini göstermektedir [27].

Çizelge 2.4 Halı ve sert zemin uygulamalarının karşılaştırılması

Tanımlama	Partikül $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sert zemin kaplaması kullanıldığında ince toz konsantrasyonu	62,9
Halı zemin kaplaması kullanıldığında ince toz konsantrasyonu	30,4

Yeni Zelanda'da araştırmacılar yün halıların ortam içinde üretilen formaldehit miktarını azalttığını ve 4 saat gibi bir sürede yün halının, ortamda bulunan yüksek miktarda formaldehit ve azot oksit içeriğini neredeyse sıfırladığını göstermişlerdir. Fakat sentetik liflerle üretilen halılarda neredeyse yün halıların yarısı kadar etki

gözlenmiştir. Yerden ısıtılmalı binalarda dahi sıcaklığa rağmen yün halıların halen gazları tuttuğu gözlemlenmiştir. Azot dioksit için yün ve sentetik lifleriyle ilgili yapılmış çalışmalarda da formaldehit için elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yeni halıların VOC salınımları daha yüksektir [28].

Yün – Sentetik Halılar



Şekil 2.2 Çeşitli malzemelerin NO₂'yi uzaklaştırma oranları [5]

2.7.2 Duvar kaplamaları

Duvar kaplamalarında ise, kâğıt ve lifler kullanılmaktadır. Biyobozunur duvar kaplamaları geri kazanılmış kâğıt ya da lif içerir, güvenli ve sağlıklıdır. Polivinilklorür esaslı duvar kaplamaları ise uçucu organik bileşikler açığa çıkarabilmektedir. Kullanılan yapışkanlarda da vinil esaslı olanlar VOC (Volatile Organic Compounds) içeriğine sahiptir. Tekstil ürünleri iç ortamlarda perdeler, döşemelik kumaşlar, gibi pek çok alanda daha kullanılmaktadır [24,28,29].

2.8 Hava Kirleticilerinin Tekstil Yüzeyleri Üzerine Sorpsiyonu

Hava kirleticilerinin tekstil yüzeylerine sorpsiyonu konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar özellikle farklı hammaddelerin sorpsiyon kapasiteleri üzerinde yoğunlaşmıştır. İyi sorpsiyon özelliği nedeniyle yün, üzerinde en fazla çalışma yapılan liftir. Örneğin bir çalışmada yün, naylon ve viskoz rayonu lifleri

SO₂'ye tabi tutulmuş, naylon lifi hızla doygunluğa ulaşırken rayon lifi 1 saat içerisinde doygunluğa ulaşmış, yün ve pamuk lifleri ise SO₂ sorpsiyonuna 1 saatten sonra da devam etmiştir. Ayrıca bu çalışmada 100 g yün lifinin 325 ppm NO₂'yi 24 saat içerisinde 5 ppm'e ve naylon lifinin de 60 ppm'e indirdiği gözlenmiştir. Naylon halılar ise yün halılara kıyasla NO₂'yi ortama daha hızlı geri vermektedirler. 420 ppm formaldehiti 4 saat gibi bir sürede sıfıra yakın değerlere indirebilen yün halının 30 °C'ye kadar ısıtıldığında bile ortama geri vermediği de gözlemlenmiştir. Bu durum da yün ile formaldehit arasında geri dönüşsüz bir reaksiyon olduğunu göstermiştir. Naylon halılar ise formaldehite karşı oldukça düşük bir afinite göstermişlerdir yani naylon halıların belli bir formaldehit taşıma kapasitesi vardır [30].

Yapılan bir başka çalışmada da akrilik, poliester, naylon ve yün halılar NO₂ sorpsiyonuna göre karşılaştırılmıştır. Diğer lifler yüne oranla 1/3'ten daha az oranda sorpsiyon gerçekleştirmiştir. Ayrıca bu malzemelerin NO₂'yi 5 günden sonra bile ortam sıcaklığı ve nemi yükseldiği halde desorbe etmediği gözlenmiştir. Nem ve yüzey alanı arttıkça sorpsiyon da arttığı gözlemlenmiştir [30,31].

Yünün yapısında bulunan lizin, asparajin, glutamin, tirozin, triptofan, histidin ve sistein aminoasitlerinin reaksiyonuyla formaldehit yünün yapısına bağlanır. Formaldehit yapıda çapraz bağ oluşturuyor böylece formik asitteki şişmeyi düşürüyor ve burulma rijitliğini de artırıyor [30,32,33].

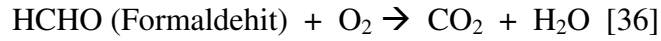
Gregory'nin çalışmalarına göre pamuk ve rayon liflerinin SO₂'yi başlangıçta uzaklaştırma oranları yün lifi ile kıyaslanabilir sonuçlar vermiştir fakat selülozik lifler çok hızlı bir şekilde doygunluğa ulaşmıştır dolayısıyla SO₂'yi yüne kıyasla daha az sorpsiyon edebilmişlerdir. Naylon lifinin sonuçları doğal liflere göre daha düşük çıkmıştır. Nem ve SO₂ konsantrasyonunun yün lifinin sorpsiyonuna etkisi araştırılmıştır ve yüksek nem değerlerinin sorpsiyon oranını arttırdığı gözlemlenmiştir. Gregory'nin yün için yaptığı çalışmalarda sorpsiyonun en azından bir kısmının kimyasal reaksiyonla gerçekleştiği fakat rayonda daha ziyade fiziksel bir sorpsiyon gerçekleştiğinden bahsedilmektedir [34,35].

Gregory'nin çalışmalarında, dispers ve asit boyarmadde ile boyanmış naylon lifinin, boyanmamış naylon lifine göre daha az SO₂ sorpladığı da gözlemlenmiştir. Alkali ve

nötral şartlarda boyanan yün liflerinin asidik şartlarda boyanan yün lifine oranla daha fazla SO₂ sorpladığı gözlenmiştir. Bu durum liflerin pH 'ının düşük olmasıyla ilişkilendirilmiştir [34,35].

Wilson yaptığı çalışmada örme yün kumaş kullanmış ve %35 oranında SO₂'yi sorpsiyon ettiğini görmüş, pamuk-fitilli kadife kumaşın da %14 oranında SO₂'yi sorpsiyon ettiği gözlenmiştir. Ayrıca SO₂ sorpsiyonunun malzemenin yüzey özellikleri tarafından etkilendiği de görülmüştür [34,37].

Yapılan bir başka çalışmada poliakrilonitril esaslı aktif karbon nanolifi (PAN-ACNF) ve manganez oksit katalist (MnO_x) bileşimi olan hibrit yapının iç ortamda bulunan formaldehiti oda sıcaklığında ve yüksek nem içeren ortamlarda bile UV ışığı olmadan uzaklaştırabildiği görülmüştür. Bu uzaklaştırma prosesi iki aşamalıdır; önce formaldehit, Poliakrilonitril-Aktif karbon nano lif (PAN-ACNF) yapının mikro gözeneklerinde adsorbe olmuş ve ardından da MnO_x nanopartikülleri tarafından oksidatif bozunmaya uğramıştır. Bozunmadan sonra ortamda karbondioksit ve su oluşmuştur.



Yün üzerine yapılan bir çalışmada ise, farklı numune yapılarının formaldehit adsorpsiyon ve absorpsiyonuna etkisine bakılmıştır. Ayrıca anyon oluşumunun iç hava kirleticilerini tutucu etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre ise yün lifi %74 oranında ve yün kumaşı %69,3 oranında ortamdaki formaldehiti adsorbe ettiği gözlemlenmiştir [24].

Yapılan diğer bir çalışmada SO₂'nin halılardaki sorpsiyonu incelenmiştir. Hav ile halı arka yüzeyinin sorpsiyon davranışları karşılaştırılmıştır. Hav kısmının arka yüzeye göre daha fazla SO₂ sorpladığı gözlenmiştir. Hatta halıların arka yüzey m² gramajı hav tabakasından daha fazla olmasına rağmen, hav tabakasının sorpsiyonunun daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Asit boyalı yün halıların, nötral boyalı veya alkali yıkamalı numunelere göre daha düşük oranda SO₂'yi sorpladığı saptanmıştır. Ayrıca farklı renklerin de SO₂

sorpsiyonuna etkisi incelenmiştir. En düşük sorpsiyon pembe renkte ve en yüksek sorpsiyon da yeşil renkte gözlenmiştir [38].

2.9 Yün Lifleri

2.9.1 Yün lifinin kimyasal ve histolojik yapısı

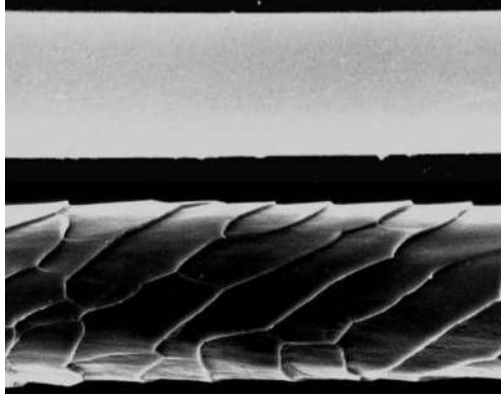
Koyunlardan elde edildiği şekilde yün kabaca; yün lifleri, yün yağı, yün teri, pislikler ve nem olmak üzere 5 öğeden oluşmaktadır. Bu 5 ögenin miktarı; yün lifinin cinsine, doğa ve hayvanın yaşama koşullarına bağlı olarak büyük farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 2.5 Kirli yünde bulunabilecek yabancı madde yüzdeleri

Yün Cinsi	Yün Yağı	Yün Teri	Pislikler	Bitkisel Atıklar
İnce	10-40	2-20	5-40	0,5-12
Orta	5-20	2-20	5-20	1-5
Uzun	5-10	2-20	5-10	0,1-2
Halı Yünü	5-10	2-20	5-20	0,5-2

Yün yağı suda çözünmez fakat karbon sülfür, benzen, petrol eteri gibi organik çözücülerde çözülür. Kimyasal bileşim bakımından yün yağı yüksek moleküllü alkol ve yağ asitlerinin bir karışımıdır. Asit olarak; palmitik, stearik, mistirik, karnauba ve serotik asitler; alkol olarak; seril ve karnaubil alkol ile kolestrin en önemli öğeleri oluşturmaktadır. Yün yağının %55-60 kadarı sabunlaştırılabilirken, geri kalan kısmı sabunlaştırılmaz. Yapağı yıkama sularında özel şekilde ayrılan yün yağı lanonin (krem yapımında kullanılır) yapımında kullanılmaktadır.

Yün teri soğuk suda çözülebilmektedir ve genellikle nötr veya hafif bazik özelliktedir (pH: 5,5-10). Yün terinin 2/3'ünden fazlasını organik asitlerin potasyum tuzları oluşturmaktadır. Yün terinin geri kalan kısmını ise, potasyumklorür, potasyumsülfat, ve %5 kadarı diğer anorganik bileşiklerle, %3 kadar anorganik bileşikler oluşturmaktadır.



Şekil 2.3 Yün lifinin yüzey görüntüsü [39]

2.9.2 Yün keratininin kimyasal yapısı

Yıkanmış kuru yün liflerinin analizleri sonucu;

%50-52 Karbon

%22-25 Oksijen

%16-17 Azot

%6,5-7,5 Hidrojen

%3-4 Kükürt

Koyunun cinsine, beslenme ve iklim koşullarına, örneğin alındığı tulup kısmına bağlı olarak analiz sonuçları kendi aralarında farklılık gösterirler. Yünü oluşturan protein maddesine keratin denir ve bunun makro moleküllerinde yapıtaşı (monomer olarak) 22 ayrı cins α -aminoasidi bulunmaktadır.

Çizelge 2.6 Yün keratininde bulunan aminoasitler ve sınıflandırılması

Sınıfı	İsmi
Katyonik	Arjinin, Lisin, Histidin
Anyonik	Asparajin asidi, Glutamin asidi
Hidroksil grubu içeren	Serin, Theronin, Tirosin
Kükürt içeren	Sistein, Sistin, Metionin, Sistein asit
Polar	Asparajin, Glutamin
Hidrofob	Glisin, Alanin, Valin, Loysin, İsoloysin, Prolin, Fenilalanin, Triptofan

Yün keratinindeki aminoasitler içerisinde gerek miktar gerekse makro moleküller arasında kovalent bağ oluşabilmesi nedeniyle en önemlisi sistindir.

Sistin yapıtaşının makro moleküller içerisindeki yerleşimi farklı şekillerde olabileceği gibi, lifler içerisindeki dağılımı ve hatta çeşitli yün tiplerindeki miktarı da farklılıklar göstermektedir. Liflerin kükürt miktarını saptayarak sistin bağları hakkında fikir yürütmek mümkündür. Yündeki kükürdün çok büyük bir kısmı sistin yapıtaşına ait olup, ancak az bir kısmı sistein, metionin, lantionin ve sistein asidi gibi diğer kükürtlü aminoasidi yapıtaşlarına aittir.

İnce yün lifindeki kükürt (dolayısıyla sistin) miktarının, kalın liflerdekine nazaran daha fazladır. Bunun açıklaması, kalın liflerde iyi oluşmuş bir medulla tabakası (mıh kanalı) varlığına dayanmaktadır. Hemen hemen hiç kükürt içermeyen medulla tabakası nedeniyle tüm lifin ortalama kükürt miktarı biraz daha düşük çıkmaktadır. İnce liflerde ise medulla tabakası mikroskop altında fark edilemeyecek kadar ince olduğundan tüm lifin ortalama kükürt miktarı daha yüksek olmaktadır.

Bir lifin uç kısmındaki kükürt miktarının kök kısmındakine nazaran daha azdır. Liflerin hayvan üzerindeki uzamaları sırasında uç kısımlar ılık, hava ve nem ile daha fazla temas ettiğinden, bu kısımlardaki sistin kısmen değişikliğe uğramakta ve kükürt miktarı azalmaktadır.

Çizelge 2.7 Tulup bölgesine ve lifteki yerine bağlı olarak kükürt miktarı değişimi (kükürt miktarı kuru ağırlık %'si olarak)

Lifin Kısmı	Boyun	Kaburga	But
Uç	2,83	3,27	2,78
Orta	3,18	3,23	3,26
Kök	3,55	3,53	3,45

Lifi oluşturan çeşitli tabakaların içerdikleri kükürt miktarları, dolayısıyla sistin miktarları da kendi aralarında önemli farklılıklar göstermektedirler. Lifin en iç kısımlarını oluşturan medulla tabakasında (mıh kanalında) kükürt miktarı yok denecek kadar azdır (%0,23) fakat buna karşılık bu tabakada diğer tabakalarda

bulunmayan lipoidler bulunmaktadır ve dikarboksilli asit miktarının da fazla olduğu tahmin edilmektedir (bazik boyarmaddeleri daha hızlı bir şekilde alabildiği için).

Dışta bulunan pul tabakasının (örtü hücrelerinin) içerdđi kükürt ve dolayısıyla sistin miktarı ise, tüm liflerin ortalamasına göre oldukça daha yüksektir. Buna karşılık bu tabakadaki arjinin, tirosin ve serin gibi aminoasitlerin miktarı kortekse nazaran düşüktür.

2.9.3 Keratin makromolekülleri arasındaki bağlar

Yün lifleri bilinen bütün doğal ve yapay lifler arasında en fazla çeşitte moleküller arası çekim kuvvetlerinin var olduğu liflerdir. Yün liflerinde makro moleküller arasında var olan bağları 4 ana grupta incelemek mümkündür;

- Kovalent bağlar
- Tuz bağları
- Hidrojen köprüleri
- Apolar bağlar (Hidrofob çekim kuvvetleri)

Kovalent Bağlar

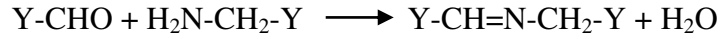
Yün keratininde makropeptid zincirlerini birbirine bağlayan en önemli kovalent bağ disülfür köprüleridir. Bir diaminodikarboksilli asit olan sistin iki ayrı makropeptid zincirinde yapıtaşısı olarak yer aldığında, bu iki zincir birbirine disülfür köprüsü üzerinden kovalent olarak bağlanmış olmaktadır.

Bunun yanında sistin yapıtaşısının bir ucundaki amino ve karboksil gruplarının serbest durumda bulunduğu, disülfür köprüsünün aynı makropeptid zincirinde kulp şeklinde oluştuğu, disülfür köprüsünün makropeptid zinciri içerisindeki yer aldığı şekillerde düşünülebilir.

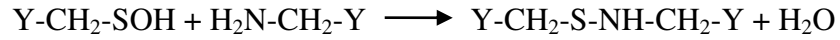
Sistin (disülfür) köprüleri özellikle bazların etkisiyle kısmen lantionin (monosülfür) köprülerine dönüşebildiğinden, bazik işlem görmüş yün liflerinde lantionin köprüleri de bulunmaktadır.

Normal yünde isopeptid bağları çok az (10 mikromol/g) olmasına rağmen bu miktar yüksek sıcaklıklarda fazla kurutulan yünde artmaktadır.

Kısa bir süre nem ve sıcaklık etkisinde kalan yün liflerinde sistin köprülerinin bir kısmı hidrolitik olarak parçalanmakta ve bu arada oluşan sulfen asidi grubu dayanıksız olduğundan, hidrojen-sulfür koparak aldehite dönüşmekte bu da komşu sulfhidril grubuyla lantionin köprüsü oluşturabileceği gibi, komşu amino uç guruplarıyla tepkimeye de girebilmektedir.



Sulfen asidi grubu doğrudan kendisi de komşu amino uç guruplarıyla tepkimeye girip yeni kovalent köprü bağları oluşturabilmektedir.



Tuz Köprü Bağları

Keratin makromoleküllerini oluşturan aminoasitler içerisinde lizin, arjinin ve histidin bazik gurup içeren ve asparajin asit ile asidik gurup içeren ve dolayısıyla anyon oluşturabilen yapıtaşlarıdır. Katyon ve anyonlar arasındaki elektrostatik çekim kuvvetleri nedeniyle, bu bazik ve asidik özellik gösteren guruplar komşu durumda bulunduklarında aralarında tuz köprü bağları oluşmaktadır.

Yün keratininin isoiyonik noktası pH 4,9'dadır. İsoiyonik noktada keratin makromoleküllerindeki katyon ve anyonların sayıları birbirine eşit olduğundan bunların kendi aralarında oluşturduğu tuz köprü bağları sayısı da en fazladır. Bu nedenle pH 4,9'da yün lifleri en dayanıklı durumdadır ve tepkimelere girme istekleri düşüktür.

Hidrojen Köprüleri

Yün keratininde H-köprüleri, peptid bağlarında bulunan C=O ve NH gurupları arasında oluşabileceği gibi, katyonik ve polar aminoasit yapıtaşları veya hidroksil

(veya tioalkol) grubu içeren aminoasit yapıtaşları ile anyonik veya polar aminoasidi yapıtaşları arasında da oluşabilir.

İlginç olan nokta, fibroin ve β -keratinden farklı olarak, α -keratinde H köprülerinin birinci derecede aynı makromolekülün karbonil ve NH-gurupları arasında oluşmasıdır. α -heliks sarmal yapıya sahiptir ve bu sarmal zincirdeki herhangi bir NH grubu aynı zincirdeki kendinden daha sonra gelen üçüncü aminoasit yapıtaşına ait karbonil grubuyla H köprüsü oluşturmaktadır.

Yün liflerinin esnetilmesi ancak bu H köprülerinin koparılmasıyla mümkün olduğundan, yün lifleri yüksek bir elastikiyete sahiptirler. β -keratinde ise H-köprüleri birinci derecede komşu makromoleküllerin karbonil ve NH-gurupları arasında oluşmaktadır.

İsoiyonik yünde; arjinin, lizin, histidin gibi katyonik aminoasit yapıtaşları veya asparajin, glutamin gibi polar aminoasit yapıtaşları veya serin, threonin, tirozin gibi hidroksil veya sistein gibi tialkol grubu içeren aminoasitlerin kökleri H-donatoru olarak; asparajin asit, glutamin asit gibi anyonik aminoasit yapıtaşları veya asparajin, glutamin gibi polar aminoasit yapıtaşları da H-akseptörü olarak aralarında H-köprüleri oluşturabilmektedirler.

Apolar Bağlar (Hidrofob Çekim Kuvvetleri)

Keratin makromolekülünü oluşturan aminoasidi yapıtaşlarından; alanin, valin, loysin, isoleysin, prolin, fenilalanin ve triptofan yandal (R) olarak apolar (hidrofob) alkil ve aril gurupları içermektedirler. Bu hidrofob gurupların özellikle sulu ortamlarda hidrasyondan kurtulmak için birbirine yaklaşmak istemesi şeklinde oluşan apolar bağlar (hidrofob çekim kuvvetleri) zayıftırlar ve liflerin kimyasal özellikleri üzerindeki diğer bağlara nazaran daha azdır.

2.9.4 Yün liflerinin moleküler üstü ve histolojik yapısı

Yün lifleri sulu ortamda başlangıçtaki boyunun %70 fazlasına kadar esnetilebilmekte ve etki eden kuvvet kalkınca tekrar eski boylarına dönmektedirler. Diğer liflerde

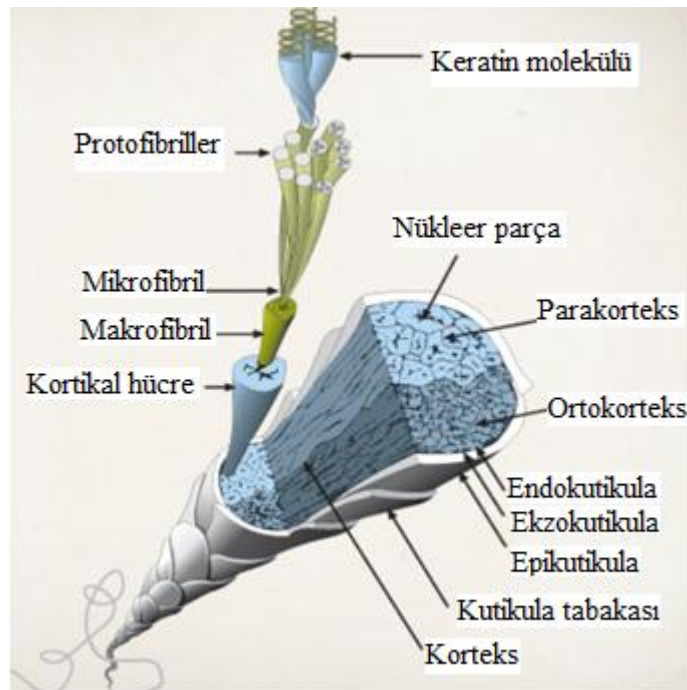
görülmeven bu durum esneme sırasında sarmal yapıdaki α -keratinin sarımları açılmış, uzatılmış makropeptid zincirlerinden oluşan β -keratin yapısına dönüşmesiyle açıklanabilmektedir.

Gerek iğ hücreleri içerisindeki kristalin lif elementleri arasında, gerekse iğ hücrelerinin çevresinde matriks denilen amorf yapıli yapıli protein bulunmaktadır. İğ hücrelerinin içerisinde, kristalin lif elementlerinin arasında bulunan matriksi oluşturan protein kısmı kristalin kısma nazaran oldukça daha fazla kükürt içermektedir. İğ hücrelerini çevresinde bulunan matriksi oluşturan protein kısmının ise glisin ve tirozin miktarı yüksektir.

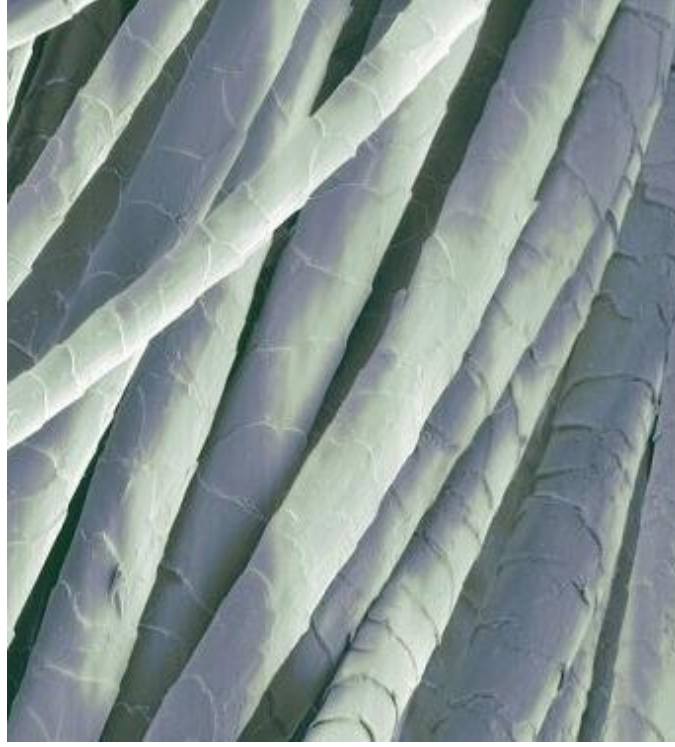
2.9.5 Yün liflerinin histolojik yapısı

Kaba bir yün lifi 3 tabakadan oluşmaktadır;

- 1) Epidermis (kutikula, örtü hücreleri, pul) tabakası
- 2) Korteks tabakası
- 3) Medulla tabakası (mih kanalı)



Şekil 2.4 Yün lifi kesit görüntüsü [40]



Şekil 2.5 Yün lifi yüzey görünümü [40]

Epidermis

Lifin üstünü kaplayan epidermis (kutikula) tabakası boynuzlaşmamış, yassılaştırmış, cansız epitelyum (kutikul) hücrelerinden oluşmaktadır. Bu hücreler lifin üstünü örttüğü için bunlara örtü hücreleri veya pul tabakası da denir.

Örtü hücrelerinin alt kısımları, kendilerinden sonra gelen hücrelerin üst kısmıyla örtülmüş durumdadır ve hücreler lif eksenine belli açı oluşturacak konumda bulunmaktadır. Üst kısımlarının hafifçe yukarı kalkmış ve uçlarının serbest durumda olması nedeniyle, yün liflerinin yüzeyi belli bir düzeyde ve yönde pürüzlülük kazanmaktadır. Bu düzenli pürüzlü yüzey yapısı ise, yün liflerinin keçeleşme ve kohezyon özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır. Örtü hücrelerinin (pulcukların) sayısı ve boyutları yün lifinin cinsine göre önemli farklılıklar göstermektedir.

Epidermis (kutikula) tabakası; epikutikula, ekzokutikula ve endokutikuladan oluşmaktadır. En dışta bulunan 3-10 nm kalınlığındaki epikutikula zarında bir protein

olduğu kanıtlanmıştır. Fakat bu ince zarın normal yün keratininden farklı olan bazı özellikleri vardır ve epikutikula zarı en dışta bulunduğundan bu farklı özellikler tüm yün lifinin özelliklerini de etkilemektedir.

Örneğin lifler arasındaki sürtünmenin beklenmeyen derecede düşük olması, lif yüzeyinin yüksek derecede hidrofob olması ve lif yüzeyinin kimyasal maddelerin, enzimlerin etkisine karşı, lifin esas kısmına nazaran daha dayanıklı olması, epikutikula zarının varlığından ileri gelmektedir. Boyama ve terbiye işlemleri sırasında bu zar frenleyici bir etki göstermektedir. Diğer taraftan gerek hava koşulları, gerekse mekanik zorlamalar sonucu liflerin üzerindeki epikutikula zarı yer yer uzaklaştığından, liflerin yüzeyi sulu flottelere, kimyasal maddelere, enzimlere karşı yer yer farklı özellikler göstermektedir. Yün terbiyesi sırasında yünlü mamullerin homojen bir şekilde flotteyle ıslatılmamasının, emdirilememesinin de en önemli nedenlerinden birisi de bu durumdan kaynaklanmaktadır.

Korteks Tabakası

Örtü hücrelerinin altında bulunan korteks yün lifinin % 90 kadarını oluşturmaktadır ve ilk bakışta iğ şeklinde, uzunca, az veya çok bükülmüş kortikal hücreleri içerdiği görülmektedir. Kortikal hücreler arasında matriks denilen amorf kısım bulunmaktadır.

İğ şeklindeki korteks hücrelerinin kaba liflerde daha kalın ve daha kısa boyda olmalarına karşı, ince liflerde bu hücreler daha ince ve uzun dolayısıyla daha esnek bir yapıda bulunmaktadırlar.

Önemli olan bir nokta korteks tabakasının homojen ve her tarafta aynı özelliğe sahip bir yapıda olmamasıdır. Korteks tabakası bilateral (ikili) bir yapıya sahiptir. Ortokorteks (β -korteks) ve parakorteks (α -korteks) diye isimlendirilen bu iki kısım bazı özellikleri bakımından farklılıklar göstermektedirler;

- Ortokorteks daha kolay şişebilmekte, kimyasal maddeleri de daha kolaylıkla ve daha fazla alabilmektedir.
- Ortokorteks enzimler tarafından daha kolaylıkla etkilenmektedir.

- Ortokorteks çeşitli ayraçlar içerisinde daha kolaylıkla ve daha fazla çözülmetedir.
- Ortokorteks daha bazofil bir karaktere sahip olup, bazik boyarmaddeler tarafından daha koyu boyanmaktadır. Parakorteks ise daha asidofil bir karaktere sahip olup, anyonik boyarmaddelere karşı afinitesi fazladır. Bu nedende ortokorteks yerine β -korteks, parakorteks yerine de α -korteks terimlerinin kullanılması önerilmektedir.
- Ortokorteks ve parakorteksin isoelektriksel noktaları farklıdır (Parakorteksin isoelektriksel noktası daha yüksektir).
- Liflerin kopması esnasında önce parakorteks kısmının koptuğu varsayımı ağırlık kazanmaktadır.
- Ortokorteks ve parakorteksi oluşturan kortikal hücrelerin görünüşleri ve yerleşik sıklıkları farklılık göstermektedir.

Formamid gibi H-köprüleri koparmada etkili çözücülerle yapılan deneylerde, parakortekse nazaran daha fazla ortokorteksin çözüldüğü görülmektedir. Çözülme için makromoleküller arasında bulunan disülfür köprülerinin de kopması gerektiğine göre, ortokortekste disülfür köprüsü sayısının parakortekse nazaran daha az olması gerekmektedir.

Farklı özellikteki kortikal hücrelerin lif içerisindeki dağılım durumunun, liflerin kıvrıcılığı ile yakından ilgili olduğu da ortaya çıkmıştır. Sınır durum olarak korteks tabakası simetrik veya asimetrik bir yerleşim durumuna sahip olabilir. Simetrik yerleşme durumu lif kıvrımlarının (kıvrıcılığının) az olması sonucunu doğurmaktadır. Örneğin hemen hemen tümüyle parakorteksten oluşan insan saçı düz, ortokorteksten oluşan oğlak tiftik lifleri de çok hafif dalgalıdırlar. Az kıvrımlı olan kaba yün liflerinde de simetrik bir yerleşme izlenmektedir. Örneğin linkoln yünlerinde ortokorteks kısmı lifin ortasında bulunmaktadır, parakorteks kısmı da bunun etrafını sarmaktadır.

Asimetrik yerleşme durumu ise, lif kıvrımlarının fazla olması sonucunu doğurmaktadır. Bunun en güzel örneği ince kıvrımlı merinos yünlerinde görülmektedir. Bunlarda parakortikal hücreler lif kıvrımlarının iç bükey

kısımlarında, ortokortikal hücreler ise lif kıvrımlarının dış bükey kısmında bulunacak şekilde yerleşmişlerdir. Böyle bir yerleşim ancak kortikal hücrelerin, fibrillerin, eksen çevresinde eksen çevresinde belli bir açı yaparak sarmal (helezonlu) yerleşmeleri sonucu sağlanabileceğinden, bu yerleşim durumu ile lifin kıvrıcılığı arasındaki bağlantı daha iyi anlaşılabilir.

Medulla Tabakası (Mıh Kanalı)

Yün liflerinin ortasında bulunan mıh (öz) kanalının çapı hayvanların ırkına, kişiliğine ve bakım durumuna göre büyük farklılıklar gösterir. Prensip olarak lif kabalaştıkça mıh kanalının kalınlaştığı ve lif inceldikçe mıh kanalının yavaş yavaş ortadan kalkarak mikroskop altında görünmez hale geldiği söylenebilir. 30 mikrondan daha ince liflerde mıh kanalına ender rastlanır. Fakat bu prensip kesin olmayıp, linkoln, leicester yünü gibi mıh kanalına pek rastlanılmayan çok kaba yünler de vardır.

Mıh kanalı lifin deride meydana gelişi sırasında ortada yer alan gevşek yapılı geniş hücrelerin sonradan kurumaları ile oluşmaktadır. İçleri hava ile dolu olduğundan mikroskop altında siyah renkli görünürler.

2.9.6 Yün liflerinin kimyasal özellikleri

Keratin makromolekülleri selüloz makromoleküllerinde olduğu gibi bir tek monomerden oluşmayıp 22 ayrı α -aminoasit yapıtaşından oluştuğu için yün liflerinin kimyasal özellikleri selüloz lifleri ve yapay liflere nazaran oldukça daha çok yönlüdür.

Suyun Yün Liflerine Etkisi

Su molekülleri yün lifinin miseller arası bölgelerine nüfus ederek, liflerin özellikle enine kesitlerinin %25 kadar artmasına yol açar. Albumin, jelatin gibi diğer bazı protein maddelerine nazaran yün lifinin sudaki şişmesi oldukça azdır. Bu durum lifleri oluşturan makro molekül ve fibrillerin tek başlarına bulunmayıp, çeşitli çekim kuvvetleriyle birbirlerine bağlı olmalarıyla yakından ilişkilidir. Örneğin tuz köprülerinin en fazla olduğu isoionik bölgede (pH 5-7) şişme en az olmaktadır.

Suyun etkisiyle makromoleküller arasındaki H-köprüleri ve tuz köprüleri kısmen koptuğunda, yün liflerinin yaş kopma dayanımları, kuru kopma dayanımlarına nazaran daha düşüktür (%78-96,5'u kadardır).

Su özellikle yüksek sıcaklıklarda makromoleküller arasındaki çeşitli bağları önemli derecede kopardığından, basınç altında 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda su buharıyla uzunca bir süre işlem gören yün lifleri zarar görebilmektedir.

Liflerin su ile ıslanmalarının zor ve yetersiz olmasında yüzey epikutikula zarının rolü önemlidir. Bunun yanında keratin makromoleküllerini oluşturan yapıtaşlarında glisin, alanin, valin, loysin, isolysin, fenilalanin gibi yalnız alifatik veya aromatik hidrokarbon kökü içeren aminoasitler liflere belirli bir hidrofob karakter kazandırmaktadırlar.

Asitlerin Yün Liflerine Etkisi

Yün lifleri prensip olarak, selüloz liflerine nazaran daha dayanıklıdırlar. Fakat bu dayanıklılığın da sınırları vardır ve derişik kuvvetli asitler içerisinde, özellikle yüksek sıcaklıklarda lifler yalnız zarar görmekle kalmazlar, hatta yeterli süre bekletilirlerse tümüyle parçalanarak çözülebilirler.

İsoiyonik bölgede (pH 5-7) keratin makromoleküllerinde iyon halinde bulunan bazik (amino, guanidil, imidazolil) gurupların ve asidik karboksilat guruplarının sayısı birbirine eşit olduğundan, bunların kendi aralarında oluşturdıkları tuz köprü bağ sayısı da en fazladır. Bu bölgede yün lifinin şişmesi ve herhangi bir tepkimeye girme yeteneği en azdır. Dolayısıyla isoiyonik bölgede yün lifleri H veya OH iyonlarını bünyesine alıp bağlayamamaktadır.

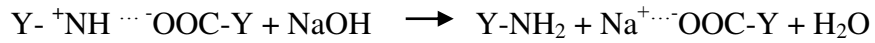
Daha kuvvetli asidik ortamlarda (pH<5) ise pH değeri düştükçe artan miktarda asit iyonu makro moleküller arasındaki tuz köprülerini kopararak liflere bağlanmaktadır. Tuz köprülerinin kopması nedeniyle asidik ortamda yün lifleri daha fazla şişebilir ve esneyebilir duruma gelmekteyseler de, makro moleküllerde ve bunlar arasındaki disülfür köprülerinde bir kopma olmadığı sürece liflerin zarar görmesi, esaslı değişikliklere uğraması tehlikesi yoktur. Bu nedenle çok derişik olmamak ve çok

yüksek sıcaklıklarda, uzun süre çalışmamak koşuluyla yünlü mamuller asidik ortamlarda zarar görmeden terbiye edilebilir.

Bazların Yün Liflerine Etkisi

Yün lifleri selüloz liflerinden farklı olarak bazlara karşı özellikle yüksek sıcaklıklarda çok hassastırlar. Lifler %3'lük kaynar sodyum hidroksit çözeltisi içinde bile tümüyle çözülebilirler. Bu çözücü etki, bazların lifleri oluşturan makromoleküller arasındaki çeşitli bağları koparabildiği gibi, peptid bağlarını kopararak makromolekülleri de parçalayabilmesinden ileri gelmektedir.

İsoiyonik bölgede pH (5-7) keratin makromoleküllerinde iyon halinde bulunan bazik ve asidik gurupların sayısının birbirine eşit olduğu ve dolayısıyla bunların kendi aralarında oluşturdıkları tuz köprü bağları sayısının en fazla olduğu hatırlanırsa, bazik ortamda (pH>7) pH değeri yükseldikçe, artan miktarda baz iyonunun makromoleküller arasındaki tuz köprülerini kopararak liflere bağlanabileceği görülür;



Tuz köprülerinin kopmaya başlaması nedeniyle, zayıf bazik ortamlarda (pH<10) yün lifleri daha fazla şişebilir ve esneyebilir duruma gelmektedirler. Bu nedenle nötr ortamdakine nazaran daha yumuşak ve güzel bir tutuma sahiptirler.

Tuzların Yün Liflerine Etkisi

Alkali ve toprak alkali metallerin nötr tuzları yün lifleri tarafından belirli miktarda adsorbe edilebilmektedirler. Bunların yün boyamacılığı sırasında ortamın pH değerine bağlı olarak boyarmadde alımını yavaşlatıcı veya hızlandırıcı etki göstermeleri, daha ziyade dissosiyasyon olmuş tuz moleküllerindeki anyonların liflerdeki + yüklü guruplar tarafından elektrostatik çekim kuvvetiyle alınmaları ve katyonların da boyarmadde moleküllerinin dissosiasyonunu ve assosiasyon derecesini etkilemelerinden ileri gelmektedir.

Suların sertliğini oluşturan kalsiyum ve magnezyum tuzları da lifler tarafından adsorbe edilebileceklerinden, sert suyla kaynatılan yün liflerinde hafif bir sararma görülür.

İndirgen Maddelerin Yün Liflerine Etkisi

Yün liflerinin indirgen maddeler ile ılıman koşullar altında işlem görmesi sonucu, lifler önemli bir değişikliğe uğramaz ve zarar görmez. Bu nedenle yünlü mamullerin indirgen maddelerle (kükürtdioksit gazı, sulfuröz asit, ditionit tuzları ve türevleri gibi) yapılan ağartması eskiden beri uygulama alanı bulmaktadır.

Sulu ortamlarda çalışıldığı takdirde makromoleküller arasındaki tuz köprüleri ve H köprülerinin de önemli bir kısmı kopacağından, lifler böylece kolaylıkla şekil verilebilir duruma geçmektedirler. İndirgen maddelerle yapılan işlemlerin ardından yapılacak işlemlerle kopan disülfir köprülerinin yeniden oluşması veya bunların yerine daha dayanıklı yeni köprülerin oluşturulması olanakları yün liflerinin kimyasal fiksaj işlemlerinin esasını oluşturmaktadır.

Yükseltgen Maddelerin Yün Liflerine Etkisi

Yün liflerinin yükseltgen maddeler ile ılıman koşullar altında işlem görmesi sonucu, lifler zarar görmez. Bu nedenle yünlü mamullerin hidrojen peroksit ile ağartılması son yıllarda artan bir önem kazanmıştır. Diğer taraftan yünlü mamullerin başta klor olmak üzere bazı yükseltgen maddelerle işlem görmesi sonucu keçeleşme özelliğinin azaldığı bilinmektedir.

Önemli olan husus, yükseltgen maddelerin ağır koşullar altında makro moleküllerdeki peptid bağlarını da kopararak liflerin tümüyle zarar görmesine yol açabilmesidir.

Işık ve Sıcaklığın Yün Liflerine Etkisi

Işığın yüne etkisi gerek etkiyi oluşturan ışığın oluşumuna gerekse yünlü mamulün gördüğü terbiye işlemlerine bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Bu

etki ilk olarak (sararma veya ağarma) liflerin renginin değişmesi şeklinde belli olsa da, uzun süre ışık altında bekletilen liflerin kopma dayanımları azalır, tutumları bozulur ve boyanma özellikleri değişikliğe uğrar.

Yün liflerine etkiyen ışınlar, morötesi ve mavi ışınlardır. 380-475 nm dalga boyundaki ışınlar (mavi ışık) oksijen ve suyun da var olması durumunda, yün liflerinin doğal sarımtırak renginin ağarmasına yol açmaktadırlar. Dalga boyu 380 nm'den daha kısa olan ışınlar ise, yün liflerinin sararmasına yol açmaktadırlar ve bu etkileri oksijen ile suyun varlığında daha belirgin olmaktadır.

Işık etkisiyle yün liflerinin sararmasının nedeni, bazı aminoasit yapıtaşlarının parçalanarak renkli parçalanma ürünleri oluşturmasıyla ilgilidir. Sararmada hangi aminoasit yapıtaşının birinci derecede etkili olduğu tam bilinmemektedir. Serbest aminoasit çözeltilerinin ışık etkisinde bırakılması şeklinde yapılan deneyler birinci derecede triptofan ve tirosinin daha az olarak da fenilalanin, histidin ve sistinin sararmaya yol açabileceklerini göstermişlerdir.

Sıcaklığın etkisine gelince 100 °C üzerinde kurutulan yün liflerinde hafif bir sararma görülür fakat liflerde baz artıkları bulunmadığı ve süre çok uzatılmadığı takdirde bu sararma ve liflerde meydana gelen değişimler rahatsız edici düzeyde değildirler.

Kuru yün liflerinin 100-150 °C arasında ısıtılması sonucu lifteki sistinil, seril, threonil, arjinil, prolil, triptofil, lisil ve alanil köklerinin yavaş bir şekilde parçalandığı izlenmiştir. Su bulunması halinde (yaş yün liflerinin) parçalanma ve sararma daha fazla olmaktadır. Oksijenin bulunmaması parçalanmanın olmasını engellememektedir.

Kuru yün liflerinin 140 °C'den daha yüksek sıcaklıklarda ısıtılmaları sırasında, amonyak ve hidrojen-sülfür gazlarının açığa çıktığı fark edilmektedir. Buna paralel olarak liflerdeki sistin ve sistein miktarları azalmakta lantionin miktarı artmaktadır. 200 °C'da ısıtılmış yün lifleri kahverengi bir renk almakta ve liflerin sudaki ve bazik çözeltilerdeki çözünürlüğü artmaktadır. Bu durum sistin köprülerinin azalması sonucudur. Sıcaklık yükseldikçe piroliz (termik parçalanma) hızlanmakta ve 590 °C

aşıldığında oluşan piroliz gazları bir kıvılcım veya alev temasında kolaylıkla tutuşmaktadır.

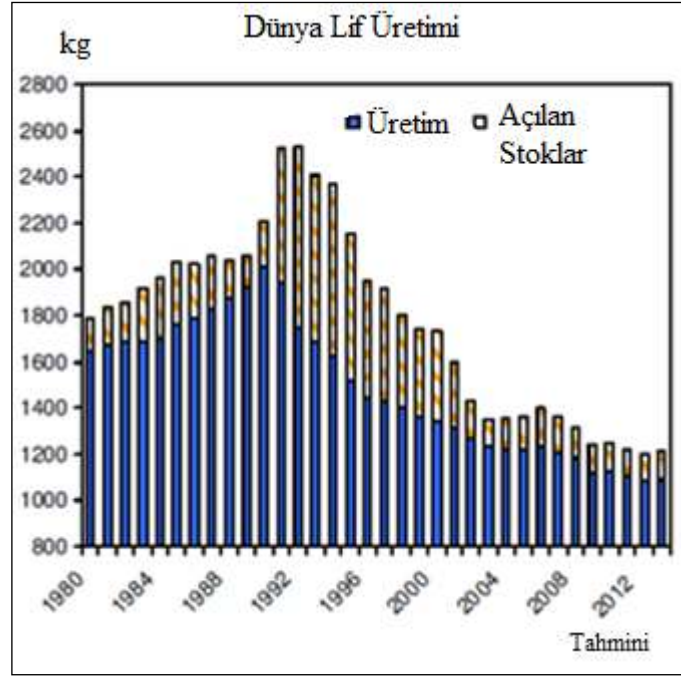
İçerdikleri yüksek azot miktarı (%16-17) nedeniyle yün liflerinin pirolizi sonucu oluşan gazlar hafif bazik özellik göstermektedirler ve liflerin yanma ısıları oldukça düşüktür (4,95 kCal/g) [40].

2.10 Yün Lifiyle İlgili İstatistikî Bilgiler

2011/2012 döneminde; dünyadaki koyun sayısındaki artışa rağmen, yün lifi üretimi beklenmeyen bir şekilde azalış göstermiştir.

Yün lifi fiyatları, 2011 yılı ortalarında US\$ bazında en üst seviyelere çıkmasına rağmen 2011/2012 döneminde düşüş gözlenmiştir ve hatta 2012/2013 döneminin ilk çeyreğinde bu düşüş daha da artarak devam etmiştir.

Yün üretimi ve tedariği; 2011/2012 döneminde, dünyadaki toplam yün lifi üretimi son 70 yılın en düşük seviyelerindeydi. Ülkeler çapında bakıldığında en büyük düşüş Arjantin'de (%18), ardından Urugay (%3), son olarak da Güney Afrika ve Yeni Zelanda'da (%2) gözlemlenmiştir. Dünyadaki en büyük yün üreticisi olan Avustralya'daki yün lifi üretimi de %1'lik bir düşüş göstermiştir. Sonuç olarak da 2011/2012 döneminde dünyadaki toplam yün tedariği %3'lük bir düşüş göstermiştir.

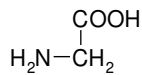


Şekil 2.6 Dünya lif üretimindeki trendler ve açılan stoklar [42]

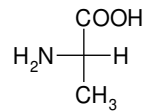
Şekil 2.6’te Dünya yün üretimindeki trendler ve son 30 yıldaki açılan stoklar gösterilmektedir. Ayrıca bu tablo yıllık yün hammadde talebi için açılan stokların oranını göstermektedir ve tablodan da görüldüğü üzere bu oranda düşüş vardır. Tabloda görüldüğü gibi yıllık talepler için açılan stokların oranının 1990’larla (%40) karşılaştırıldığında %11’lerde olduğu görülmektedir [42].

2.11 Protein Makromolekülü Yapısındaki Aminoasitler

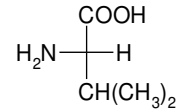
2.11.1 Alifatik hidrokarbon kökü içeren monoamino-monokarboksilli asitler



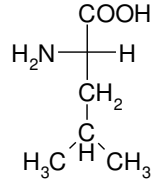
Amino-asetik asit
Glikokol
Glisin (Gly)



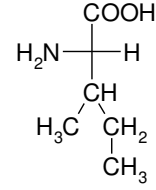
α -Amino-propionik asit
L (+) Alanin (Ala)



α -Amino-isovalerik asit
L (+) Valin (Val)

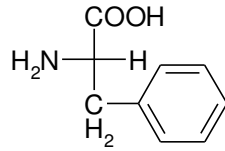


α -Amino-isokaproik asit
L (-) Loysin (Leu)

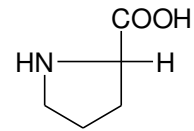


α -Amino- β -metilvalerik asit
L (+) Valin (Val)

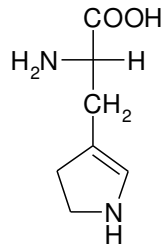
2.11.2 Aromatik ve heterosiklik halka içeren monoamino-monokarboksilli asitler



α -Amino- β fenil-propionik asit
L (-) Fenilalanin (Phe)

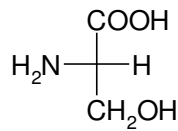


Pirrolidin-2- karboksilli asit
L (-) Prolin (Pro)

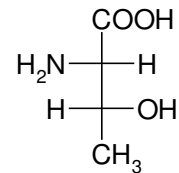


B- [İndolil-(3)]-alanin
L (-) Triptofan (Try)

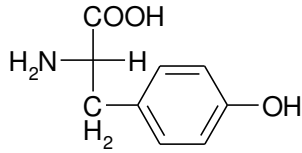
2.11.3 Hidroksil grubu içeren monoamino-monokarboksilli asitler



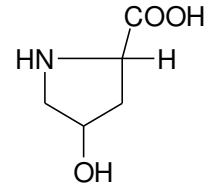
α -Amino- β -hidroksi-propionik asit
L (-) Serin (Ser)



Ls(-) α -Amino- β -hidroksi-bütirik asit
Dg (-) Threonin (Thr)

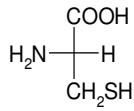


β-(4-hidroksi-fenil)-alanin
L(-)-Tirozin (Try)

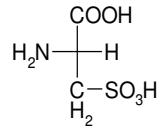


4-hidroksi-pirrolidin-2-karboksilli asit
L (-) Hidroksiprolin (Hypro)

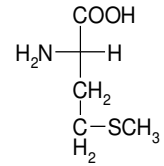
2.11.4 Kükürt içeren aminoasitler



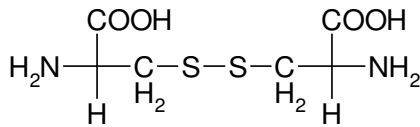
Α-Amino-β-merkpto-propiyonik asit
L(-) Sistein (CySH)
(Cys)



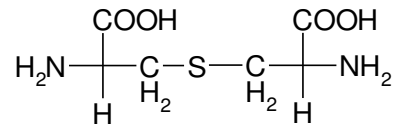
α-Amino-β-sülfonik asit-
propiyonik asit
L (-) Sistein asidi
(CySO₃H)



α-Amino-γ-metilmerkpto-
bütürük asit
L (-) Metionin (Met)

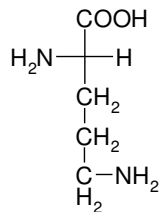


L(-) Sistin (Cys)₂

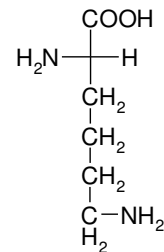


L (-) Lantionin (Lan)

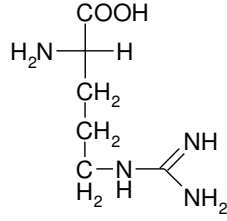
2.11.5 Diamino (veya bazik gurup içeren)-monokarboksilli asitler



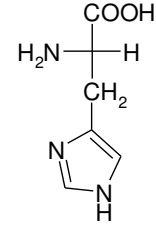
α,δ-Diamino-valerik asit
L(+)-Ornithin (Orn)



α,ε-Diamino-kapronik asit
L (+) Lisin (Lys)

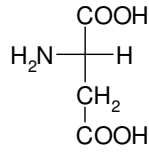


α -Amino- δ -guanidil-valerik asit
L(+)-Arjinin (Arg)

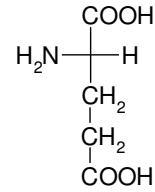


β ,[İmidazoli-(4)]-alanin
L (-) Histidin (His)

2.11.6 Monoamino-dikarboksilli asitler

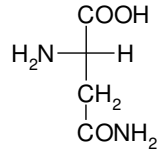


α -Amino-sükkinik asit
L(+)-Asparajin Asit (Asp)

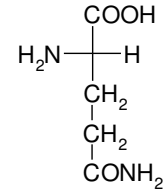


α -Amino-glutarik asit
L (+) Glutamin asit (Glu)

2.11.7 Polar gurup içeren aminoasitler



2-Amino-sükkinik asitamid (4)
L(-)-Asparajin (Asp-NH₂) (Asn)



2-Amino-glutarik asitamid (5)
L- Glutamin (Glu-NH₂)

[41].

2.12 Yün Halı İç Hava Kirliliğini Nasıl Kontrol Eder?

Halılar diğer iç ortam mobilyaları ve eşyalarına göre gaz absorpsiyonu için oldukça daha büyük yüzey alanına sahiptirler. 1 m² boyanmış duvar yüzeyi 1 m²'den biraz daha fazla absorplama yüzeyine sahipken; 1 m² yün halıda 1000g yün lifi olduğu varsayıldığında yaklaşık olarak 100 m² lif yüzeyi oluşmaktadır. Bu yüzden halıların iç hava kirlilikleri uzaklaştırmaya katkısı diğer materyallerden çok daha fazladır [5].

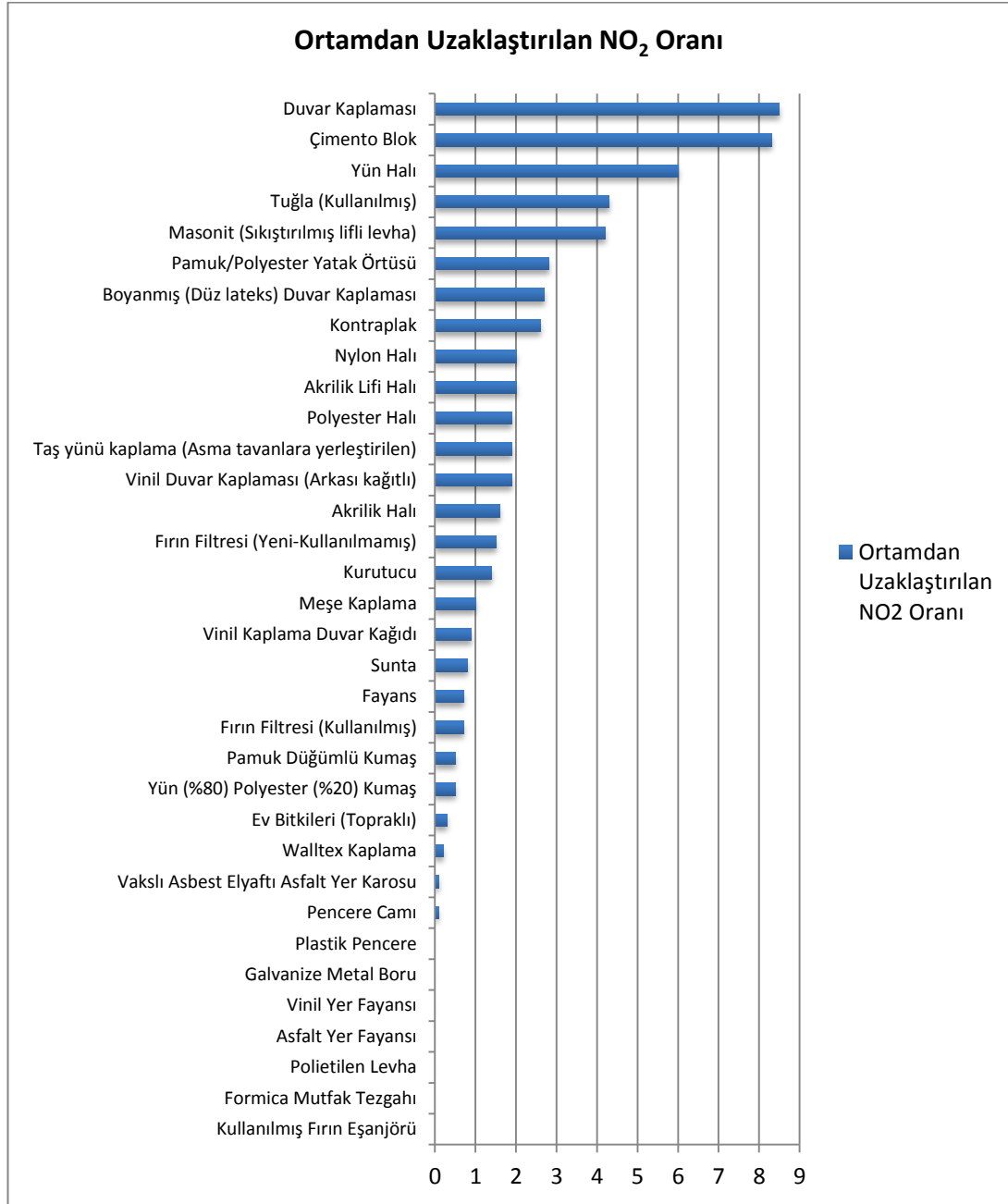
Yün Lifi ve Yün Halıların Kirleticileri Absorplama/Adsorplama Özelliği

Halıları diğer iç ortam malzemeleri ile karşılaştırdığımızda daha büyük bir yüzey alanına sahip olduklarını görmekteyiz. Halılarda kullanılan yün lifleri kimyasal özellikleri sebebiyle önemli olan bazı iç ortam kirleticileri (formaldehit, azot dioksit, sülfür dioksit gibi) için iyi bir absorbe edicidir. Bundan dolayıdır ki yün lifleri hasta bina sendromuna da sebep olan iç hava kirliliğinin kontrolünde önemli bir rol oynarlar. Formaldehit, yün lifi yapısında bulunan arginin ve tryptophan gibi amino yan gurupları ve birincil amino gurupları ile kimyasal reaksiyona girerek iyi bir şekilde absorbe edilebilir. Amerika gaz araştırma enstitüsü (US Gas Research Institute) bulgularına göre yün lifi, bina yapı ve döşeme malzemelerinden kaynaklanan azot dioksiti en yüksek oranda uzaklaştırabilen bir malzemedir [43].

Yün Lifinin Azotdioksiti (NO_2 'yi) Absorplaması

NO_2 'nin NO 'ya dönüştürülebilmesi iç hava kalitesinin zararlı sağlık etkilerinin önlenmesinde büyük bir gelişmedir. NO_2 'nin NO 'ya dönüştürülebilmesinde etkili olan materyallerle ilgili Çizelge 2.8 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.8 Yerleşim alanlarındaki malzemelerin NO₂ uzaklaştırma oranları



Bu çizelgenin alt kısmındakiler NO oluşumunu sağlayamayan materyallerdir. NO₂'nin ortamdan uzaklaştırılabilmesi için NO dönüşüm mekanizmaları oldukça önemlidir. Deneysel çalışmalarda NO₂'nin iç ortamdan uzaklaştırılmasında nemin etkisi, seçilen materyaller için deneme yapılarak gözlemlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlara göre %15'ten %70'lik nem oranına çıkılması NO₂'nin ortamdan uzaklaştırılmasını yün halı ve filtre gibi materyaller için artırırken, alçı duvar için hiçbir fark yaratmamıştır.

Yün halı numuneleri için 1 µl NO₂, %5 ve %70 nem oranına sahip 2 ayrı odacık ortamlarında deneyler gerçekleştirmişlerdir. Yün halının, ortamdaki NO₂'yi tamamıyla uzaklaştırmasından sonra odacıklar 31,3 °C'ye kadar dıştan ısıtan lambalarla ısıtılmışlardır. Bu durum daha ılıman ortam koşullarının oluşmasını sağlamıştır. Sıcaklık artışıyla birlikte, yün halı tarafından tutulan NO₂ miktarının %10-15'i NO'ya dönüştürülmüştür ve ortamdaki NO₂ miktarında tekrar artış gözlenmemiştir çünkü NO₂'nin yün halı ile yaptığı bağ kolayca kopabilecek bir bağ değildir [26].

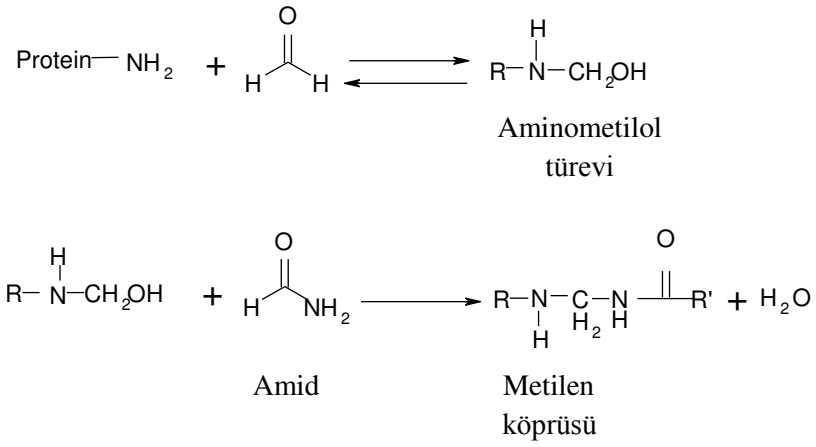
Yün Lifinin Formaldehiti (CH₂O) Absorplaması

Uçucu organik bileşiklerden bir tanesi olan Formaldehit, birçok doğal malzemeden (örneğin et 2–20 mg/kg, meyve ve sebzeler 6,3–35 mg/kg, odun 0.04 mg/kg) çeşitli konsantrasyonlarda doğal yollarla oluşmaktadır. Formaldehit aynı zamanda insan metabolizmasının da bir ürünüdür ve insanın nefesinde 1,2' den 72 ppb' ye kadar değişen oranlarda gözlenebilir. Formaldehit, tekstilden dezenfektasyona kadar birçok değişik alanda kullanılmaktadır fakat formaldehit konusundaki en büyük kaygı üre formaldehit köpük izolasyonundan ve ahşap ürünlerinden olan emisyonlardan kaynaklanmaktadır.

Formaldehit yün lifi tarafından iki şekilde tutulmaktadır;

- 1- Lif yapısı içindeki mikro boşluklarda fiziksel tutunma
- 2- Yün lifi ile kimyasal bağ yaparak kimyasal tutunma

Formaldehitin yün lifi içerisindeki proteinlere yüksek reaktivitesi vardır: lizin, arjinin gibi aminoasitlerin yan zincirleriyle ve ayrıca glutamin ve asparajin gibi amido guruplarla reaksiyona girer. Bu reaksiyona bir örnek Şekil 2.7'deki gibidir;



Şekil 2.7 Formaldehit ve proteinlerin reaksiyon şeması [24]

Yukarıdaki reaksiyonda formaldehitin kararsız metilol ara bağı adımı sayesinde proteinle yaptığı kalıcı metilen köprüleri görülmektedir. Bu çalışmada dinamik uçucu sorpsiyonu (Dynamic Vapour Sorption-DVS) teknikleriyle, küçük ölçekli ölçüm metotları kullanılarak formaldehitin yün tarafından tutulması incelenmiştir [24,44].

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Yün numuneler

Bu tez çalışmasında iç hava kalitesini iyileştirmesi planlanan tekstil malzemesi olarak yün lifi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan numuneler;

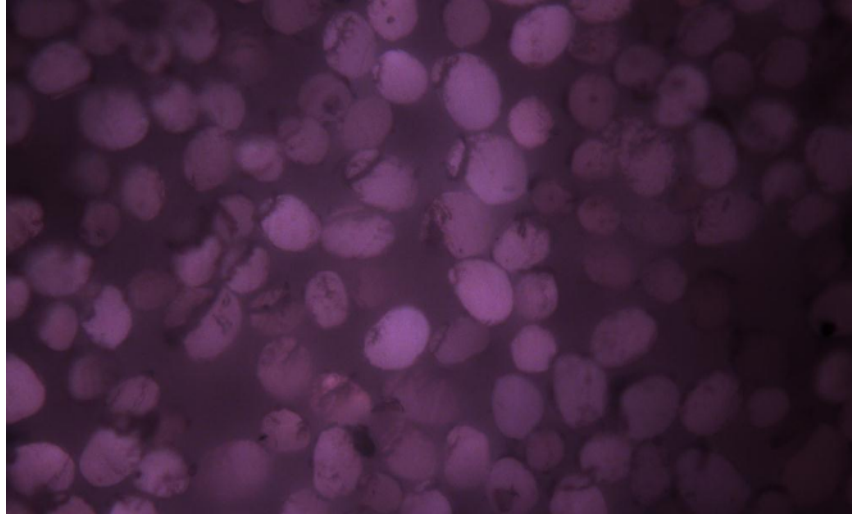
Bu çalışmada kullanılan yün lifi numuneleri ORMO firması, kumaş numuneleri ise İPEKİŞ firması tarafından temin edilmiştir. Yün liflerinin ve yün kumaşların görüntüleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir.



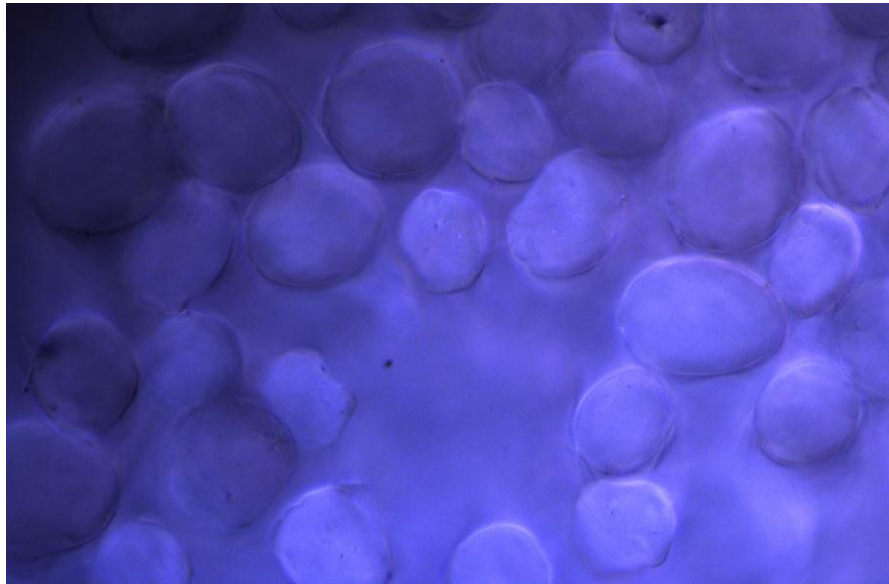
Şekil 3.1 Kullanılan yün lifi numunelerinden görüntüler



Şekil 3.2 Kullanılan yün kumaş numunelerinden görüntüler



Şekil 3.3 Boyasız karbonize yün lifi numunelerinin mikroskop enine kesit görüntüleri (40 büyütme)



Şekil 3.4 Boyasız karbonize yün lifi numunelerinin mikroskop kesit görüntüleri (100 büyütme)

LEICA DM 2500 model mikroskop kullanılarak 40 büyütme ve 100 büyütme lif kesit görüntüleri alınmıştır. 100 büyütme yapılırken immersion sıvısı kullanılmıştır.

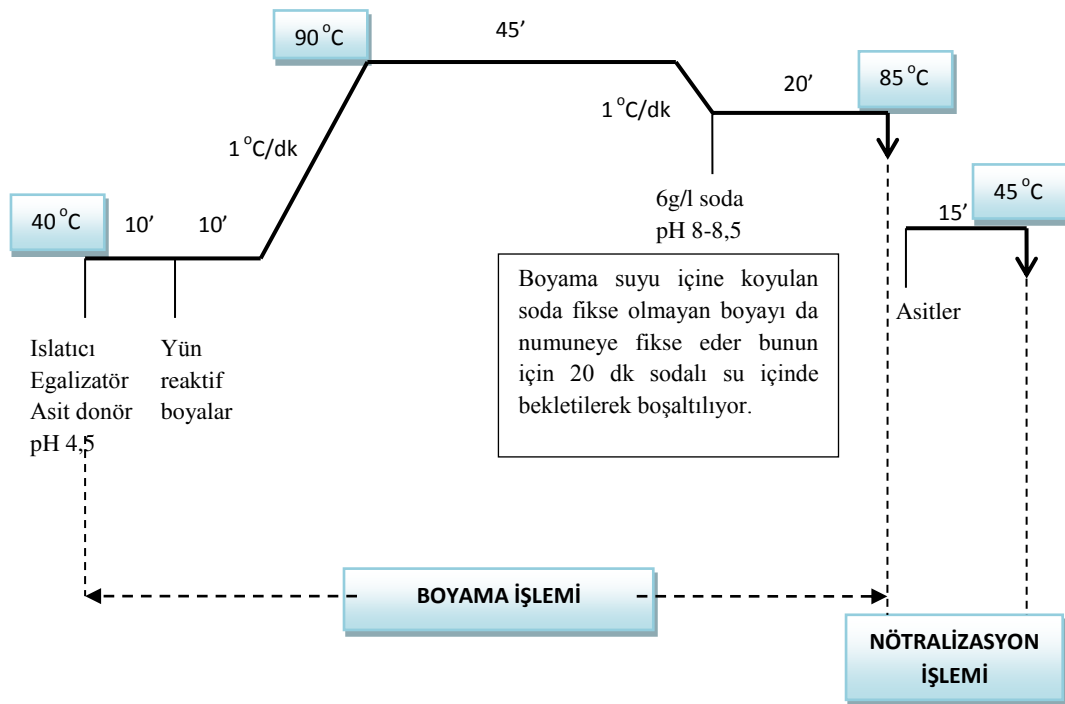
- Yıkanmış, taranmış boyasız yün lifi numunesi; incelik $19,5\mu$, 8 kıvrım/cm
- Yıkanmış, taranmış boyalı yün lifi numunesi; incelik $19,5\mu$, 7 kıvrım/cm
- Yıkanmış, karbonize olmuş yün lifi numunesi; incelik $19,8\mu$, 7 kıvrım/cm
- (Yıkanmış, karbonize) + (Yıkanmış, taranmış) yün lifi numunesi; 7 kıvrım/cm

- (Yıkanmış, karbonize) + (Yıkanmış, taranmış) boyalı yün lifi numunesi; 7 kıvrım/cm
- Ham kumaş, örgü; 2/1 dimi Z, sıklık; 28 atkı/cm, 28 çözgü/cm'dir. Kumaşta kullanılan ipliğin inceliği de Nm76/2'dir.
- Boyalı kumaş; örgü; 2/1 dimi Z, sıklık; 28 atkı/cm, 28 çözgü/cm'dir. Kumaşta kullanılan ipliğin inceliği de Nm76/2'dir. Kumaşın boyama koşulları aşağıda verilmiştir:

Liflerin Boyama Prosesi

HT boyama makinesinde çektirme yöntemine göre boyama işlemi yapılmıştır.

Liflerin boyama prosesi Şekil 3,5'te verilmiştir.



Şekil 3.5 Liflerin boyama prosesi

Boyama işlemi:

- 0,5g/l ıslatıcı (Cottoclarin F; Yüzeyaktif maddeler kombinasyonudur, anyoniktir)
- %2 egalizatör (Miralan LTD, en fazla 90 °C'de çalışıyor),
- %4 amonyum sülfat (asit donör; pH dengeleyici olarak) kullanılmıştır.

- 3,8 ml/l, pH 4,5 (formik asit %4)

Çalışmada yün reaktif boyarmaddeler kullanılmıştır. Kullanılan boyarmaddeler ve oranları aşağıda verilmiştir:

- %1,800 Kemosolan Yellow W-CE
- %0,590 Kemosolan Navy W-CE
- %0,950 Unisol Red 6 GN
- %0,163 Unisol Blue 3 GN

Boyama işlemi sonrasında 10-15 dk taşar çalkalama yapılır. Nötralizasyon işleminde de, 45 °C’de 15 dk formik asit (0,6 ml/l) ile muamele ederek pH’ı 8-8,5’lerden 5-5,5’a indirip bu aralıkta sabit tutmak için indirmek için asitleme yapılır.

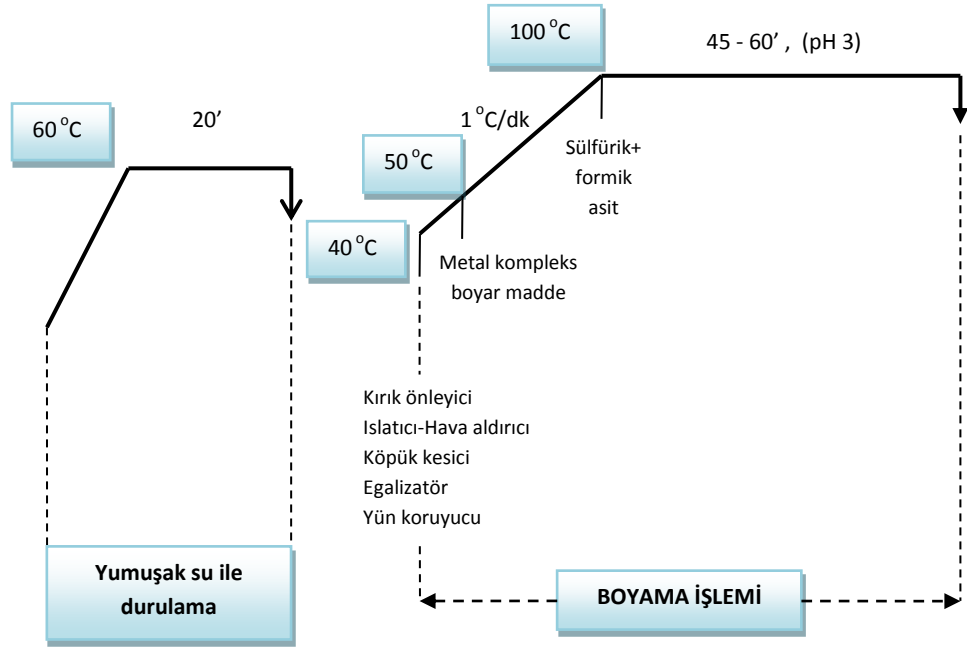
Santrifüjde elyaf 800-1000 dev/dk arasında çalışan makinalarda sıkılmaya alınır. 45-60 dk arası sıkılıyor ve sonra RF (Radyo Frekans) kurutucudan geçiyor (105 °C civarı sıcaklıkta fakat lif üzerindeki sıvı ve neme bağlı olarak bu sıcaklık değişir).

ORMO firmasından alınan yün lifi numunelerine uygulanmış karbonizasyon işlem şartları:

Karbonize işlemi, yünün yıkama aşamasında temizlenemeyen bitkisel artıkların kömürleştirilmesidir. 20-30 °C’de, %5-7 ‘lik sülfürik asit ve 1-2 g/l deterjan çözeltisinden geçirildikten sonra 60-80 °C’de kurutma ve ardından 95-120 °C’lerde bitkisel artıklar yakılarak karbonize işlemi yapılmaktadır. Yakma işleminden sonra ufalama ile tozlar dökülür ve daha sonra sodyum karbonat içerikli nötral sıvıdan geçirilir. Az deterjan eşliğinde durulanan lifler hidrojen peroksit ile ağartılır (pH 5, formik asit) ve son kurutma yapılır.

Kumaşın Boyama Prosesi

Pipo tipi HT boyama makinası ile 1:1 metal kompleks boyama yapılmıştır. Kumaşların boyama prosesi Şekil 3,6’da verilmiştir;



Şekil 3.6 Kumaş boyama prosesi

Boyama işlemi:

- Kırık önleyici 0,8 g/l, Anticrease P (Tanatex)
- Islatıcı-hava aldirıcı 0,5 g/l, Seavet MDF (Dystar)
- Köpük kesici 0,5 g/l, Silikotek (Alfa kimya)
- Egalizatör %3, Albegal Plus
- Yün koruyucu %2, Miralan Q (keçeleşmezlik)
- Boyar madde (1:1 Metal Kompleks): %x Neolan P; (HUNSTMAN) 15 dk dozajlama yöntemi ile ilave ediliyor)

Kurutma; T=120 °C’de ramda yapılmaktadır.

3.1.2 İç hava kalitesi ölçüm sisteminde kullanılan kimyasallar

- Trikloretillen (TCE) iç hava kirleticisi olarak kullanılmıştır; BDH Chemicals Ltd. Poole England tarafından üretilmiştir, %99,8 saflıkta ve % 0,02 w/w trietilamin ile stabilize edilmiştir.
- Azot (%99,998) gazı test odacığı içinde taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır.
- Argon (%99,998) gazı test odacığı içinde inert bir gaz olarak TCE konsantrasyon değişimini daha sağlıklı bir şekilde gözlemleyebilmek için kullanılmıştır.

3.1.3 Sistemde kullanılan araç ve gereçler

- Vakumlanabilen ve içerideki gaz basıncı ölçülebilen cam test odacığı
- Manyetik karıştırıcı/ısıtıcı
- HP5890 GC/VG Trio 1000 GC-MS sistemi
- Phenomenex Zebron ZB5 GC-MS kolonu
- Cam malzemeler (Deney tüpü, balon, beher, erlen, pipet vb.)
- SGE marka gaz sızdırmaz şırınga (gaz tight şırınga) (50µl, 250 µl'lik)
- SGE marka sıvı şırıngası (10µl ve 50µl'lik)
- Thermo Nicolet/iS50 FTIR Spectrometre

3.2 Yöntem

University of Bolton, Institute for Materials, Research and Innovation laboratuvarlarında kurulan Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de verilmiş test odacığı düzeneği kullanılmıştır, sorpsiyon analizi GC-MS cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Test sisteminin kurulması ve kalibrasyonu



Şekil 3.7 Test sisteminin genel görünümü



Şekil 3.8 Çalışmada kullanılan test odacığı

3.2.2 Test odacığının hacim kalibrasyonu

Çalışmada kullanılan test odacığı Şekil 3.8’ de gösterilmektedir. Öncelikle bu test odacığının hacim kalibrasyonu yapılmıştır. Hacim kalibrasyonu esnasında öncelikle ortamın sıcaklık ve nem değerleri okunmuştur ve ardından test odacığının boş halde tartımı yapılmıştır. Daha sonra test odacığı su ile doldurularak 2 saat boyunca bu suyun oda sıcaklığına gelmesi için beklenmiştir. Bu beklemin ardından test odacığındaki su seviyesi kontrol edilerek tekrar tartım yapılmıştır. Tüm bu işlemlerin ardından su için (P,T, ρ) tablosundan ρ değeri okunması ve okunan değeri kullanarak hesaplamalar sonucunda hacme geçiş yapılmıştır.

$$\rho(\text{yoğunluk}) = \frac{m(\text{kütle})}{V(\text{hacim})} \quad V(\text{hacim}) = \frac{m}{\rho}$$

Yapılan kalibrasyon hesaplamaları sonucunda test odacığının hacmi yaklaşık olarak 1107 ml bulunmuştur.

3.2.3 Kullanılan kimyasal için yapılan kalibrasyon

Şırınga için yapılan kalibrasyonlarda ise sıvı haldeki trikloretilen (TCE) kimyasalının tartım denemeleri yapılmıştır. Bu işlemin ardından da farklı miktarlarda TCE test odacığına enjekte edilerek TCE' den kaynaklanan basınç farklılığı gözlemlenmeye çalışılmıştır.

Sistemde TCE ile birlikte Azot ve Argon gazları kullanılmıştır. Azot gazı sistemde taşıyıcı gaz olarak, Argon gazı ise inert bir gaz olarak TCE konsantrasyon değişimini daha sağlıklı bir şekilde gözlemleyebilmek için kullanılmıştır.

3.2.4 Test işlemine başlama adımları

- i. Test odacığı vakumlanır,
- ii. Test odacığı Azot gazı ile $P = 487,18$ hektopascal'a kadar doldurulur,
- iii. 10 μ l TCE enjekte edilir ve TCE'den kaynaklanan basınç değişimi kaydedilir,
- iv. TCE'den kaynaklanan basınç değişimi kadar Ar gazı sisteme ilave edilir,
- v. Test odacığı $P = 1$ atm (yaklaşık 1013 hektopascal) olana kadar Azot gazı ile doldurulur.

Test odacığı içerisinde homojen bir gaz karışımı elde etmek için sistem 30 dakika boyunca manyetik karıştırma uygulanarak bekletilmiştir.

Homojen karışım sağlandıktan sonra lifler için 0,2 g numune; “(yıkılmış, karbonize) + (yıkılmış, taranmış) yün lifi numunesi” için ise 0,1 g “(yıkılmış, karbonize) yün lifi ve 0,1 g “(yıkılmış, taranmış) yün lifi karıştırılarak numune hazırlanmıştır. Kumaş numune boyutları ise 2 cm x 1,5 cm olarak belirlenmiştir. Ardından da numune test odacığı içerisine yerleştirilmiş ve deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Sonrasında her 15 dakikada bir test odacığından şırınga ile 50 μ l gaz numunesi alınarak yaklaşık 300 dk'lık periyot için GC-MS analizleri yapılmıştır.

3.2.5 Gaz numunelerinin GC-MS analizleri

Deneyisel çalışmada iç hava kirleticisi olarak kullanılmış olan trikloretilen gazı analizleri HP5890 GC/VG Trio 1000 GC-MS sistemi ile DB-5MS kapiler kolon (25 m x 0.32 mm OD x 0.25 μ m) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

GC-MS analiz şartları; 35 °C’de 2 dk bekleyip 5 °C /dk artış ile 40 °C’ye yükselme ve 40 °C’den 20 °C/dk artış ile 220 °C’ye çıkış şeklinde belirlenmiştir. Enjeksiyonlar 50 μ l numune miktarında splitless olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.6 Yün lifi numunelerinin FTIR analizleri

TCE sorpsiyon testlerinin FTIR analizleri için, erlen içerisine 20 ml TCE koyulmuştur ve 0,1 g yün lifi numunesi teflon bant yardımıyla erlen içerisine sarkıtılmıştır. Yün lifi numuneleri erlen içerisinde oda sıcaklığında yaklaşık iki gün bekletildikten sonra ve erlenden çıkarıp bir gün beklendikten sonra FTIR analizleri yapılmıştır.

TCE sorpsiyonu sonrasında yün lifi yapısında meydana gelen değişiklikleri belirlemek için Thermo Nicolet/iS50 FTIR Spectrometre cihazı ile 400-4000 cm^{-1} tarama aralığında tüm yün lifleri analiz edilmiştir. FTIR analizlerinde başlangıç yün lifi numuneleri ile TCE sorpsiyonu çalışılmış yün numunelerinin spektrumları kıyaslanmıştır.

4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Adsorpsiyon, Absorpsiyon ve Desorpsiyon Hakkında Bilgiler

Adsorpsiyon (yüzeyde tutma); bir fazda bulunan iyon ya da moleküllerin, diğer bir fazın yüzeyinde yoğunlaşması ve birikmesi işlemi adsorpsiyon olarak tanımlanmaktadır. Adsorpsiyon türleri aşağıdaki gibidir;

- Fiziksel adsorpsiyon, van der waals bağlarının oluşumu ile olur ve adsorpsiyon sıcaklıkla azalır.
- Kimyasal adsorpsiyon, kimyasal bağ oluşumu ile meydana gelir ve adsorpsiyon sıcaklıkla artar.
- Elektrostatik adsorpsiyonda ise adsorbe edilen madde ile adsorbe eden yüzey arasındaki elektriksel çekim ile oluşur [45].

Absorpsiyon ise emme içine alma; kelime anlamı olarak da bir akışkanın (sıvı veya gaz) kendine göre daha yoğun bir ortamda çözünmesi, soğurulması veya hapsedilmesi anlamına gelmektedir.

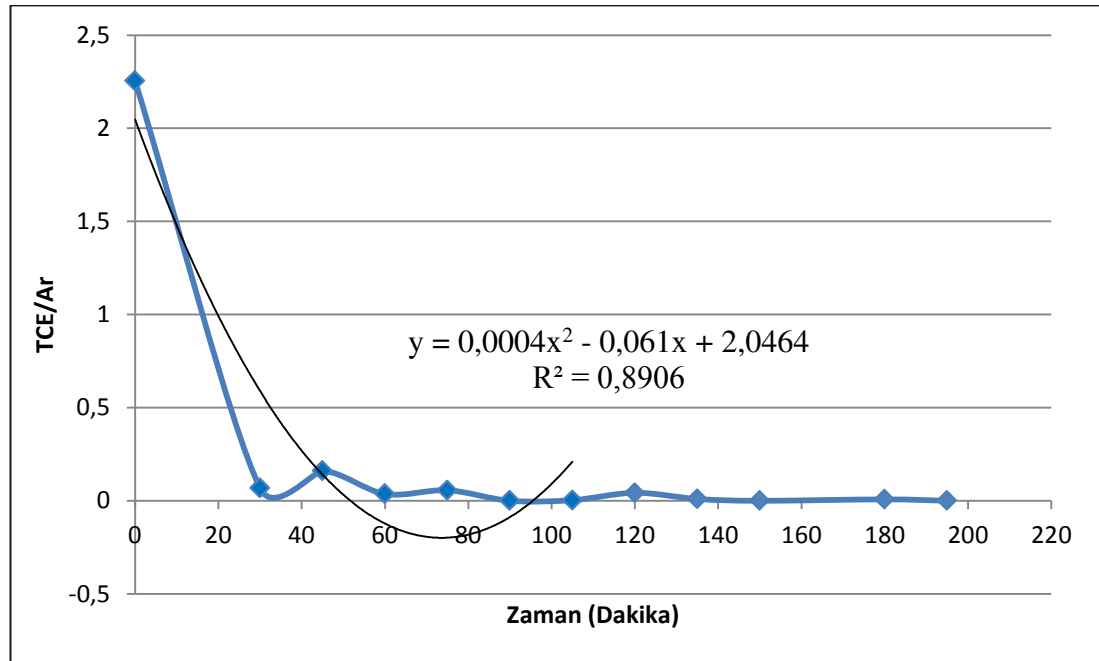
Adsorpsiyon ve absorpsiyon kimi zaman aynı anda olabilir. Bu iki olayı birden ifade etmek için “sorpsiyon” terimi kullanılır [46].

Desorpsiyon ise bir sorpsiyon ifadesinin zıttıdır yani adsorbe veya absorbe olmuş maddenin yüzeyden ayrılması olayıdır [47].

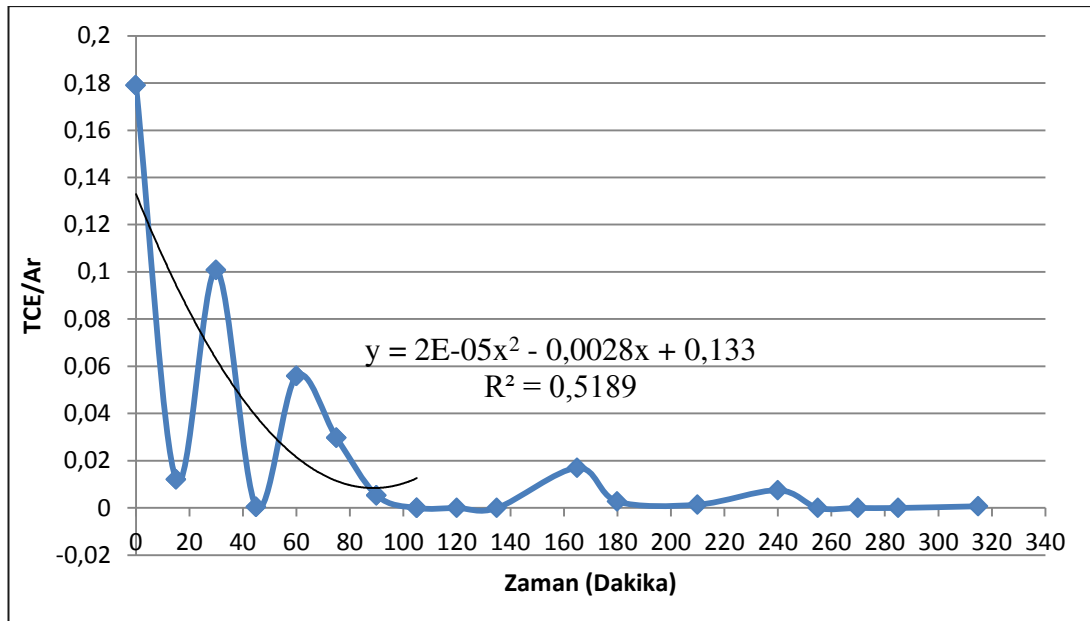
4.2 Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi 1,2

Çizelge 4.1 Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi 1,2 için test şartları

Basınç değerlerinin izlenmesi	Yıkanmış+taranmış boyasız numune 1,2 için basınç değerleri (hektopaskal)
İlk basınç değeri	9,36
N ₂ eklendikten sonra	487,18 (a) – 488,46 (b)
TCE enjekte edildikten sonra	489,74 (a) – 491 (b)
Ar eklendikten sonra	492,3 (a) – 493,59 (b)
N ₂ eklendikten sonra	1013



Şekil 4.1a Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği



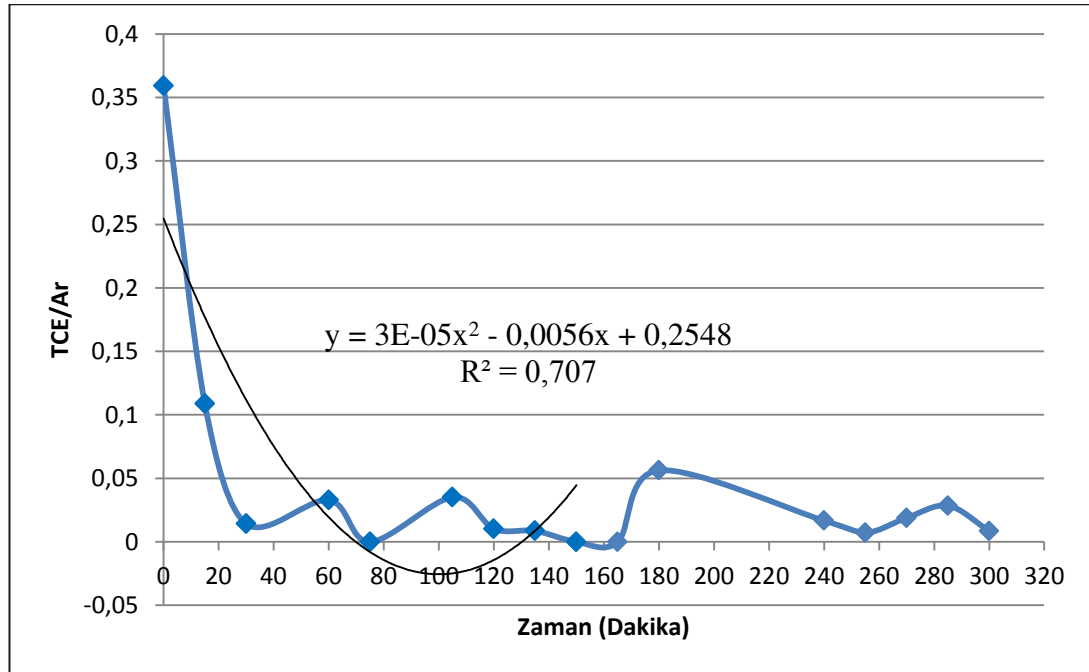
Şekil 4.1b Yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği

Şekil 4.1a’da yıkanmış, taranmış ve boyasız yün lifi numunelerinde, ilk 30 dakikada hızlı bir sorpsiyon olduğu gözlenmektedir ve 30 dakikanın ardından TCE/Ar konsantrasyon oranı sıfırlanmıştır. 50-200 dakikalar arasında ise TCE/Ar konsantrasyon oranının sabit kaldığı ve desorpsiyonun başlamadığı görülmüştür. Yapılan ikinci ölçümde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. TCE’nin yündeki aminoasitlerle bağ yapabilmesi ihtimali olmakla beraber, TCE’nin lif yapısındaki pulcuk tabakasının arasına girerek de yapıya tutunabileceği düşünülmektedir. Şekil 4.1b’de görülen sonuçlarda 300 dakika geçilmiş olmasına rağmen henüz desorpsiyon başlamamıştır.

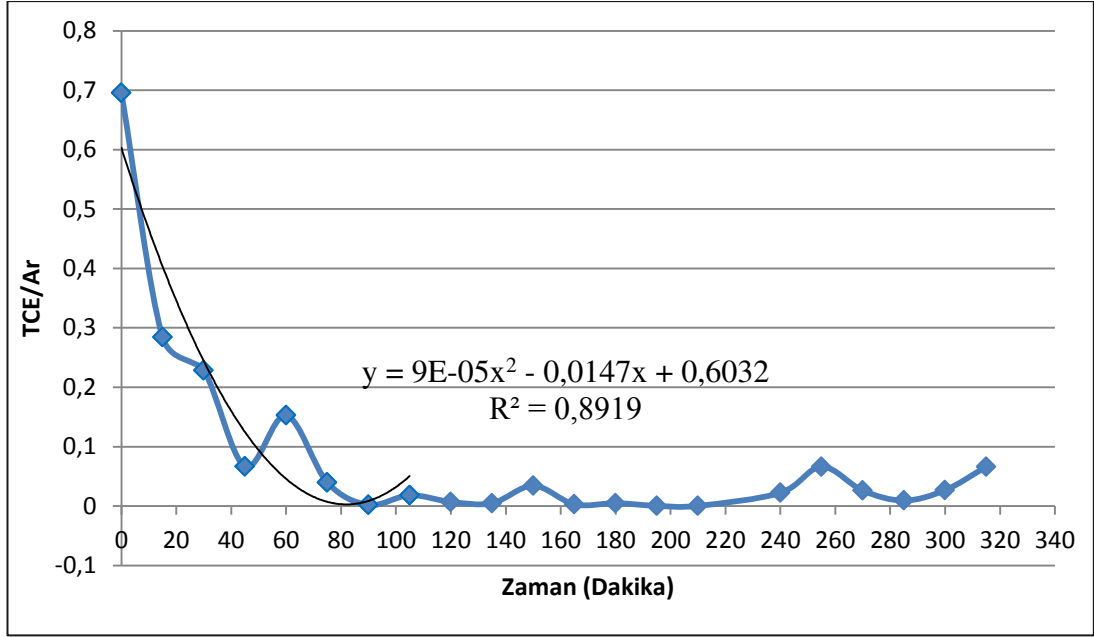
4.3 Yıkanmış, Taranmış ve Boyalı Yün Lifi Numunesi 1,2

Çizelge 4.2 Yıkanmış, taranmış ve boyalı yün lifi numunesi 1,2 için test şartları

Basınç değerlerinin izlenmesi	Yıkanmış+taranmış boyalı numune 1,2 için basınç değerleri (hektopaskal)
İlk basınç değeri	9,49 (a) – 9,36 (b)
N ₂ eklendikten sonra	487,18
TCE enjekte edildikten sonra	489,74 (a) – 491,02 (b)
Ar eklendikten sonra	492,3 (a) – 494,87(b)
N ₂ eklendikten sonra	1013



Şekil 4.2a Yıkanmış, taranmış ve boyalı yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği



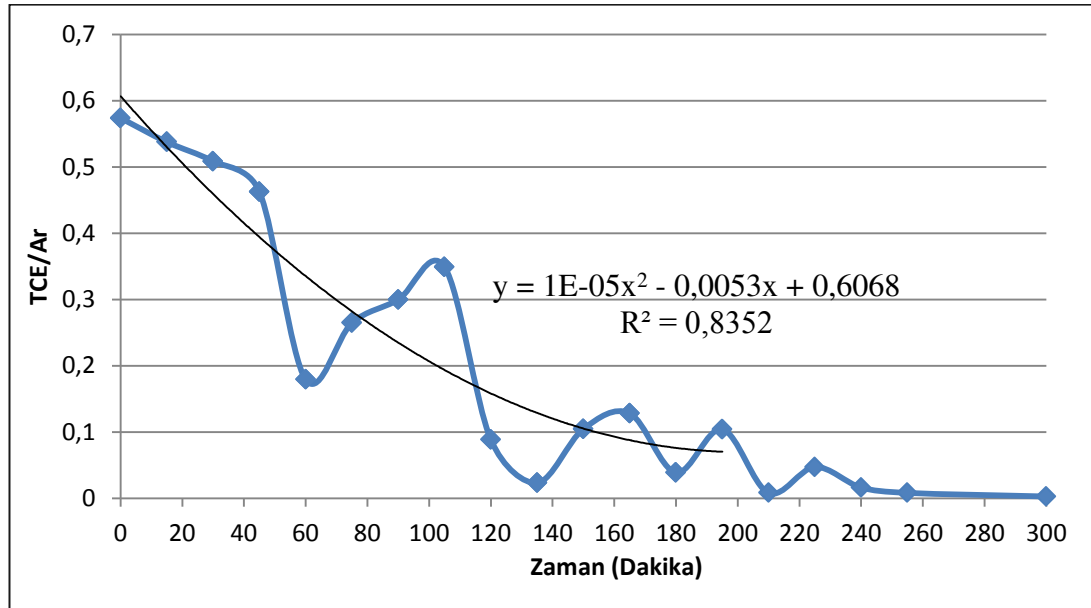
Şekil 4.2b Yıkanmış, taranmış ve boyalı yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği

Şekil 4.2a ve Şekil 4.2b’de yıkanmış, taranmış ve boyanmış yün lifi numunelerinde de sorpsiyonun gerçekleştiği görülmüştür. Ancak elde edilen sonuçlar boyanmamış yün liflerine kıyasla daha az stabildir. Bu durumun oluşmasında liflerin boyanma proseslerinin etkili olduğu düşünülmektedir çünkü reaktif boyarmaddeler yün lifi yapısındaki amino asitlerle kovalent bağ yapmaktadırlar. Oluşan kovalent bağlar sonucunda yün lifi yapısında TCE’nin bağ yapabileceği gruplar azalmış olacaktır bu durumda TCE’nin yün lifi tarafından sorpsiyonunun zorlaşacağı düşünülebilir [40]. Ayrıca reaktif boyarmaddenin anyonik yapıda olması nedeni ile boyalı numunelere TCE’nin sorpsiyonunun zorlaşacağı düşünülebilir.

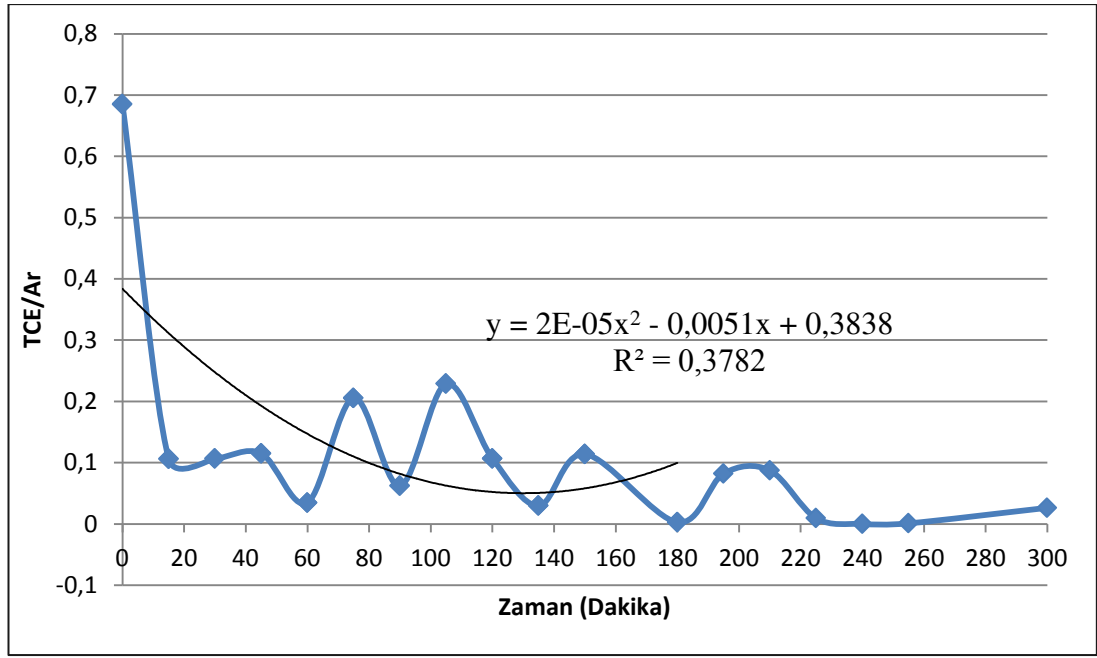
4.4 Yıkanmış, Karbonize Yün Lifi Numunesi 1,2

Çizelge 4.3 Yıkanmış, karbonize yün lifi numunesi 1,2 için test şartları

Basınç değerlerinin izlenmesi	Yıkanmış+ karbonize numune 1,2 için basınç değerleri (hektopaskal)
İlk basınç değeri	9,49
N ₂ eklendikten sonra	487,18
TCE enjekte edildikten sonra	491,02 (a) – 489,74 (b)
Ar eklendikten sonra	494,87 (a) – 492,31 (b)
N ₂ eklendikten sonra	1013



Şekil 4.3a Yıkanmış, karbonize yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği



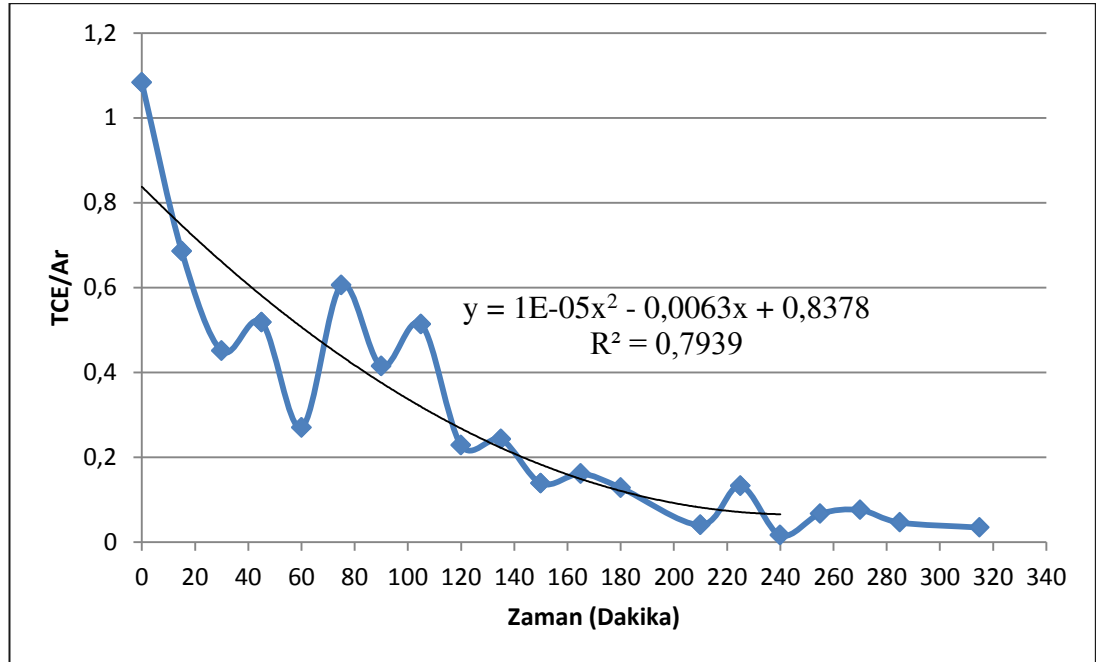
Şekil 4.3b Yıkanmış, karbonize yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği

Şekil 4.3a ve Şekil 4.3b'deki yıkanmış ve karbonize edilmiş yün lifi numunelerinde ise, diğer numunelerden farklı bir davranış görülmektedir. Karbonize liflerde sorpsiyon daha geç başlamış ve daha yavaş devam etmiştir. Bilindiği gibi karbonizasyon işleminde, yün lifleri asitlerle işlem görmektedir ve bu çalışmada kullanılan yün lifi numunelerinin karbonizasyonunda sülfürik asit kullanılmıştır. Sülfürik asit iyonlarının bir kısmı, yün makro molekülündeki bazik gruplar üzerinden tuz bağları oluşturarak yapıya bağlanabilirler. Oluşan bu bağ tersinir değildir, nötrleştirme işlemi yapılsa bile yapıda bir değişiklik olmaz. Dolayısıyla yün lifleri yapısındaki serbest amino grupları azalmış olacağından, TCE'nin bağlanabileceği grupların da azalması beklenir ve böylece TCE'nin yün lifleri tarafından sorpsiyonunun zorlaşacağı düşünülmektedir [41].

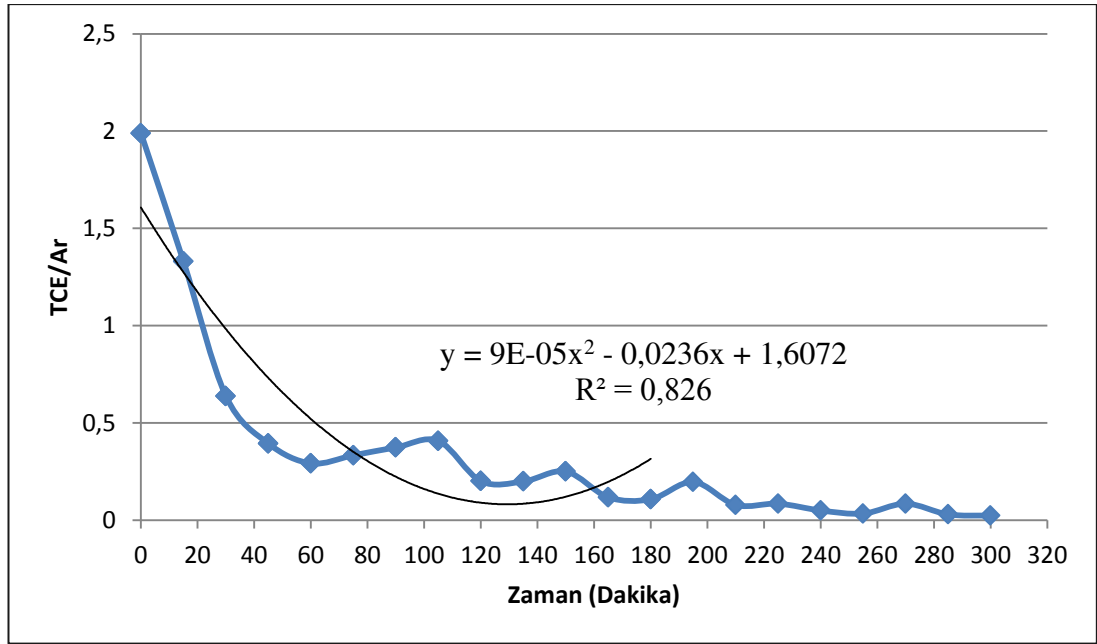
4.5 (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) Yün Lifi Numunesi 1,2

Çizelge 4.4 (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) yün lifi numunesi 1,2 için test şartları

Basınç değerlerinin izlenmesi	Yıkanmış+ karbonize boyalı numune 1,2 için basınç değerleri (hektopaskal)
İlk basınç değeri	9,49
N ₂ eklendikten sonra	487,18 (a) – 488,47 (b)
TCE enjekte edildikten sonra	489,74 (a) – 491,03 (b)
Ar eklendikten sonra	492,31 (a) – 493,6 (b)
N ₂ eklendikten sonra	1013



Şekil 4.4a (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği



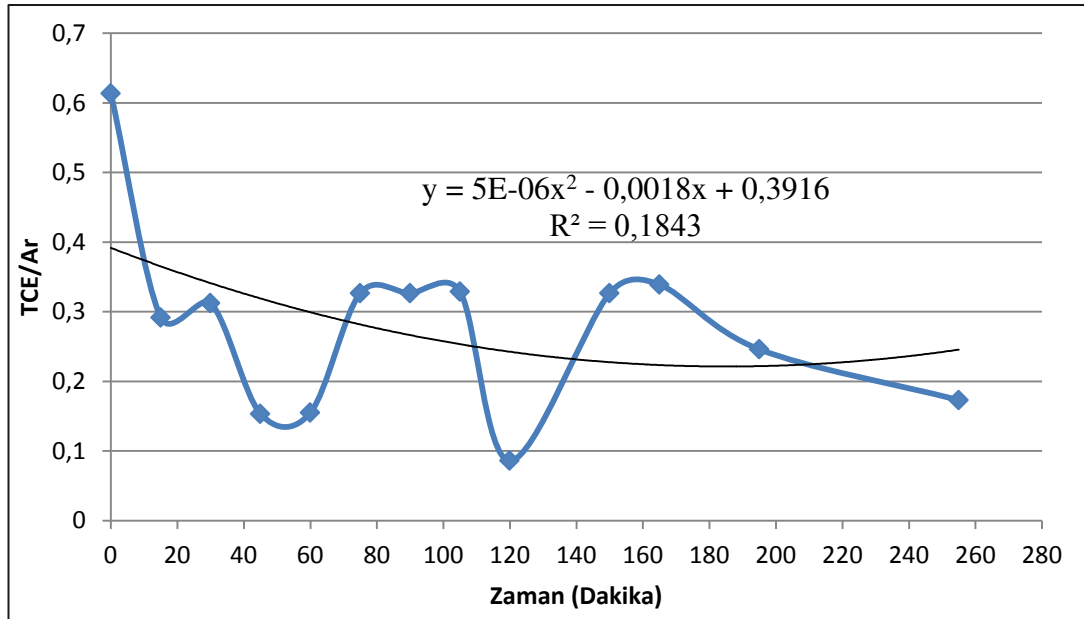
Şekil 4.4b (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği

Şekil 4.4a ve Şekil 4.4b’de görüldüğü gibi TCE’nin, karbonize olmuş ve karbonize olmamış yün liflerinin karışımından oluşan numune tarafında sorpsiyonu çok iyi olmamakla birlikte değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenliğin sebebinin de karbonizasyon işleminde gerçekleştirilen asit muamelesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kullanılan sülfürik asitin yapıdaki bazik gruplarla tuz oluşturarak ve keratin makro moleküllerinin yapısında bulunan triptofan yapıtaşının miktarını belli oranlarda azaltarak TCE’nin bağlanabileceği grupların sayısını azaltması nedeni ile sorpsiyonun değişkenlik gösterdiği düşünülebilir [41].

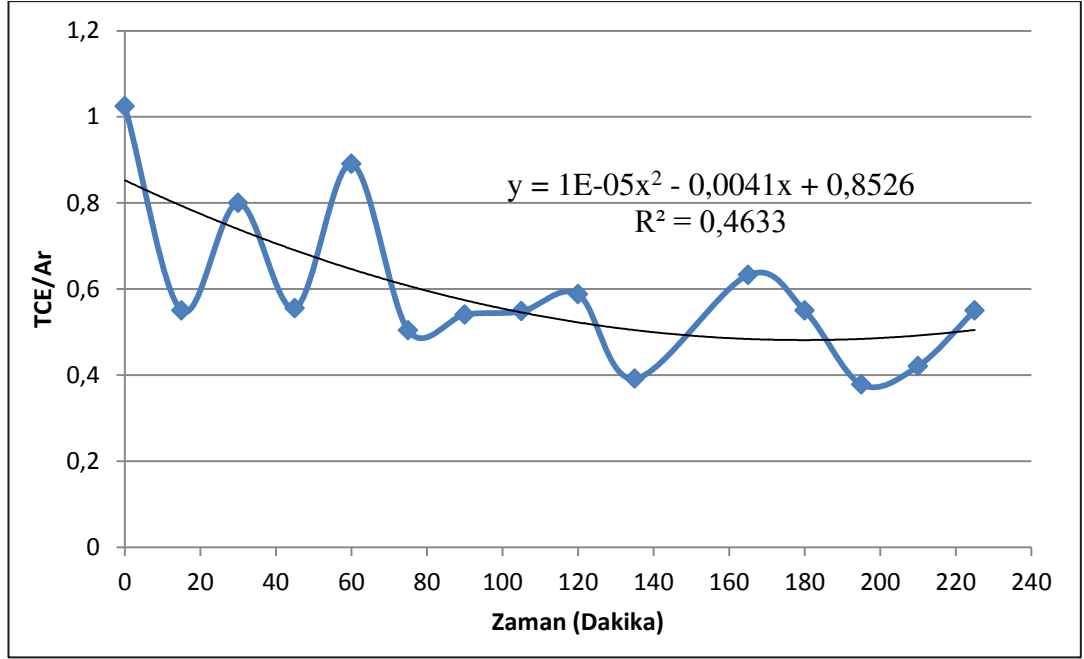
4.6 (Yıkanmış, Karbonize)+(Yıkanmış, Taranmış) Boyalı Yün Lifi Numunesi 1,2

Çizelge 4.5 (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) boyalı yün lifi numunesi 1,2 için test şartları

Basınç değerlerinin izlenmesi	Karbonize+karbonize olmayan 1,2 için basınç değerleri (hektopaskal)
İlk basınç değeri	9,49
N ₂ eklendikten sonra	487,18
TCE enjekte edildikten sonra	489,74
Ar eklendikten sonra	492,31
N ₂ eklendikten sonra	1013



Şekil 4.5a (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) boyalı yün lifi numunesi-1 için sorpsiyon grafiği



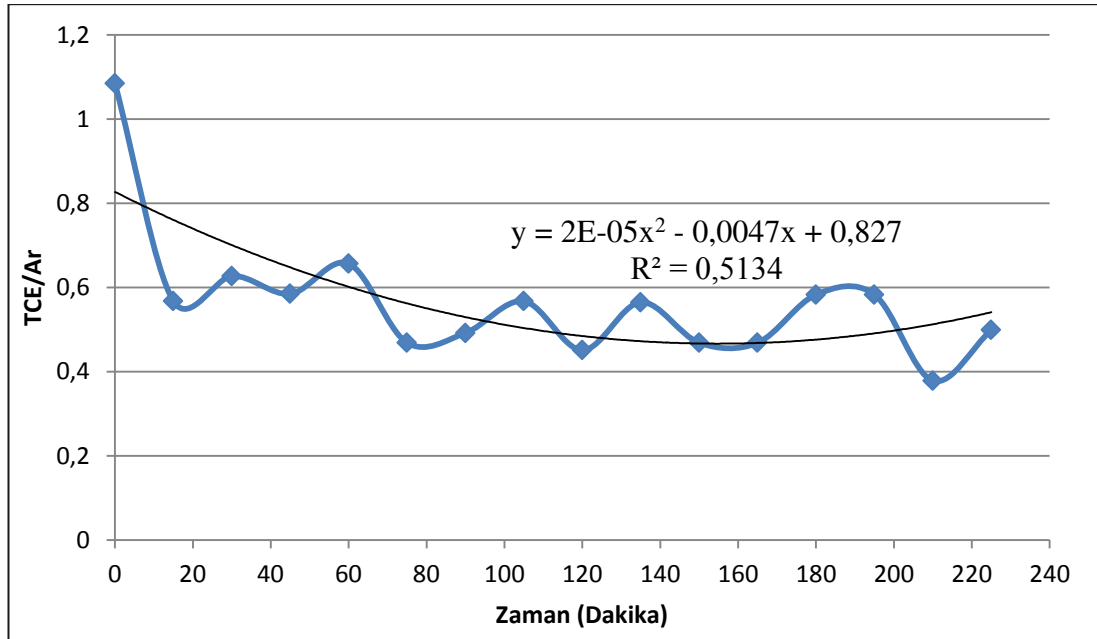
Şekil 4.5b (Yıkanmış, Karbonize) + (Yıkanmış, Taranmış) boyalı yün lifi numunesi-2 için sorpsiyon grafiği

Şekil 4.5a ve Şekil 4.5b’de verilmiş sonuçlardaki TCE/Ar oranı değişiminde, hem karbonize işleminin hem de reaktif boyama yöntemiyle yapılan boyama prosesinin etkili olduğu düşünülmektedir. Her iki grafikte de sorpsiyonun ilk 20 dakikalara kadar hızlı bir şekilde gerçekleştiği ve ilerleyen dakikalarda belli oranda sorpsiyon olduğu ve sorpsiyonun zamanla değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu değişkenliğin sebebinin yine karbonizasyon işlemi ve boyama prosesi esnasında yün liflerinin yapısında bulunan ve TCE’nin bağlanabileceği grupların azalmasından dolayı olabileceği düşünülmektedir [41].

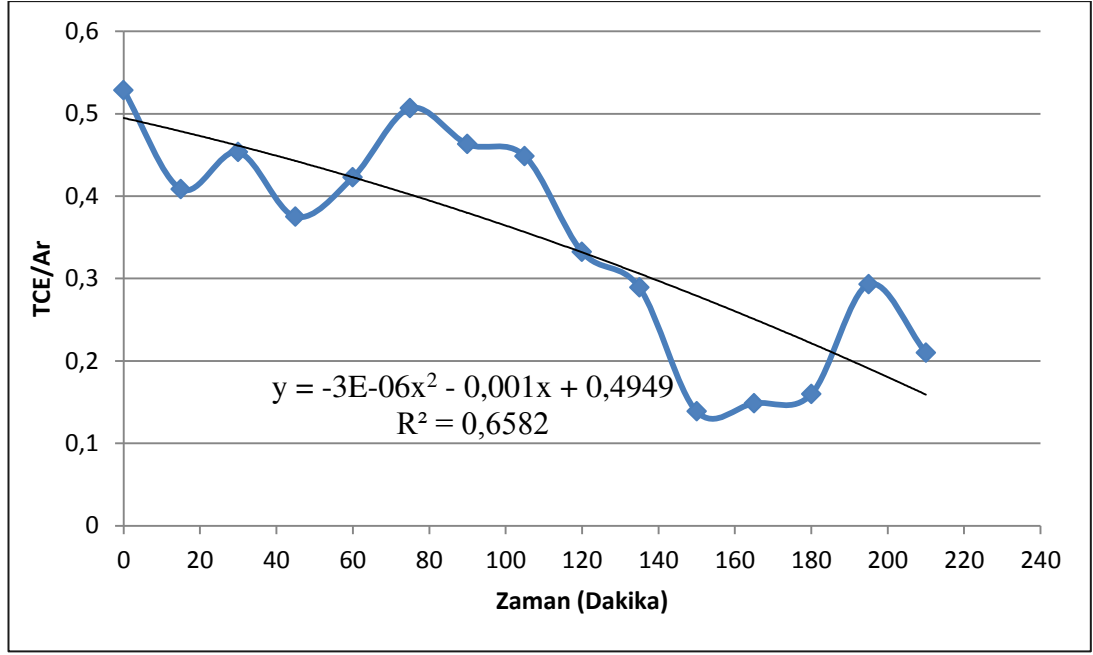
4.7 Ham Kumaş ve Boyalı Kumaş

Çizelge 4.6 Ham kumaş ve boyalı kumaş için test şartları

Basınç değerlerinin izlenmesi	Ham kumaş-boyalı kumaş için basınç değerleri (hektopaskal)
İlk basınç değeri	9,49
N ₂ eklendikten sonra	487,18
TCE enjekte edildikten sonra	489,74
Ar eklendikten sonra	492,31
N ₂ eklendikten sonra	1013



Şekil 4.6a Ham kumaş için sorpsiyon grafiği



Şekil 4.6b Boyalı kumaş için sorpsiyon grafiği

Şekil 4.6a'de ham kumaş ve Şekil 4.6b'de boyalı kumaş numunelerinin sorpsiyon grafikleri görülmektedir. Ham kumaşta başlangıç TCE/Ar oranı hızlı bir düşüş göstermektedir ve ardından da küçük değişimlerle aynı seviyelerde sabit kalmıştır. Boyalı kumaşta ise başlangıç TCE/Ar oranı ham kumaşa göre daha az bir değişimle düşüş göstermiştir ve ardından da sorpsiyon prosesi esnasında TCE/Ar oranı sıfırlanmadan değişkenlik göstermiştir. Yün kumaş 1:1 metal kompleks boyama yöntemine göre boyanmıştır. Boyama işlemi kuvvetli asidik ortamda gerçekleşmiştir ve boyarmaddeler yapıya koordinatif kovalent bağlarla, güçlü elektrostatik çekim kuvvetleriyle ve iyonik bağlarla tutunmuşlardır. Boyar madde kompleksinin liflere afinitesinin fazla olması ve life sağlam bağlarla bağlanması nedeni ile boyalı yün kumaşta TCE'nin tutunabileceği gurupların sayısı azalacaktı. TCE'nin sorpsiyon değişkenliğinin sebebinin bu durum olduğu düşünülmektedir [41].

4.8 Yn Lifi Numunelerinin FTIR Sonuçları

Yn liflerinin FTIR sonuçları EK 2'deki gibidir.

Spektrumlarda $800\text{-}950\text{ cm}^{-1}$ aralığında görüldüğü gibi $\text{C}=\text{C}$ 'dan dolayı TCE'nin ynn yüzeyinde yapısını koruyarak sorb olduğu görülmektedir. Bütün yn lifi spektrumlarında TCE sorpsiyonu gerekleğmiğ numunede $800\text{-}950\text{ cm}^{-1}$ aralığında oluğan pikler yn lifinin TCE sorpsiyonu gerekleğtirdiğini göstermektedir. Ancak son spektrumlara bakıldığında yn lifleri TCE sorpsiyonu sonrasında oda koğullarında bir gün bekletildiğinde lifin zerindeki TCE'nin desorpsiyonunun gerekleğtiği grlmğtr.

5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Gaz veya partikül formdaki kirleticilerin iç hava atmosferini değiştirerek insan sağlığını ve konforunu etkilemesi iç hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Endüstrileşmiş ülkelerde, insanlar zamanlarının %70-90'ını ev, ofis, okul, otomobil, uçak, fabrika gibi kapalı alanlarda geçirmektedirler. Dolayısıyla bu süreç içerisinde iç hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri dış hava kirliliğinden daha fazladır.

Literatürde yapılan çalışmalar sonucunda; dış ortamda bulunan kirleticilerin, iç ortamlarda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu görülmüştür. İç havanın bu bileşiminin insanlar tarafından solunması sonucunda büyük sağlık sorunlarının meydana gelebileceği düşüncesi ile “Ulusal sağlık ve tıp araştırma kurumu” ve “Dünya sağlık örgütü” ortamda bulunan özellikle formaldehit, uçucu organik bileşikler ve toplam uçucu organik bileşikler üzerinde ilgili çalışmalarını sürdürmüşlerdir.

İç ortam havasında pek çok farklı uçucu organik bileşik farklı konsantrasyonlarda bulunabilmektedir. Dünya sağlık örgütünün iç hava kalitesi için yayınlamış olduğu kılavuzda konsantrasyonu ve insan sağlığına zarar verme potansiyeli daha yüksek olan uçucu organik bileşikler (benzen, karbonmonoksit, formaldehit, naftalin, azotdioksit, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, radon, trikloretilen, tetrakloretilen) verilmiştir. Kapalı ortamlarda bulunma olasılığı olan bu hava kirleticilerinin insan sağlığı üzerinde; baş ağrısı, mide bulantısı, sinüzit, hapşıрма, yorgunluk, konsantrasyon kaybı, cilt kuruluğu gibi yaygın belirtileri vardır.

Bu çalışmada; özellikle kuru temizleme işlemlerinde kullanılan önemli bir çözügen olan, tekstil ve konfeksiyon işletmelerinde de genellikle kalite kontrol aşamalarında leke ve yağ çözücü olarak kullanılan, hücrelerde genetik değişikliklere sebep olabilen, kanserojen etkilere sahip Triklöretilen (TCE) ile çalışılmıştır. TCE'nin çevresel açıdan özellikle ozon incilmesi ve deniz suyu ekotoksitesitesi üzerinde önemli etkileri vardır.

Kapalı ortamlarda bulunan bu hava kirletici konsantrasyonlarının tekstil yüzeyleri tarafından azaltılması konusunda henüz yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır.

Yapılan literatür çalışmaları sonucu diğer liflerin kirletici gazlarla etkileşiminin düşük olması nedeni ile yün lifi ile çalışılması kararlaştırılmıştır. Tekstil malzemeleri içerisinde, iç hava kirleticileri ile en fazla etkileşime sahip olan yün lifinin kompleks protein yapısından faydalanılarak, Trikloretilen (TCE)'in gaz faz sorpsiyonunun gerçekleştirilmesini hedefleyen bu yüksek lisans çalışmasında elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmiştir:

GC-MS analiz sonuçlarına göre:

- 1) Yıkanmış taranmış yün lifi numunelerinin TCE sorpsiyonu gerçekleştirdikleri gözlemlenmiştir.
- 2) Karbonizasyon ve boyama işlemlerinin uygulanmış olduğu yün lifi ve yün kumaş numunelerinde ise TCE'nin sorpsiyonunun değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bu durumun karbonize ve boyama işlemleri sonrasında TCE'nin, yün numune yapısında bağlanabileceği gurupların azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan deneysel çalışma sonuçlarına göre, yün lifleri TCE'yi adsorbe/absorbe edebilmektedir. Bu sonuçlardan hareketle özellikle kuru temizleme işletmelerinde ve yağ-leke çıkarma işlemlerinin gerçekleştirildiği tekstil işletmelerinde, yün liflerinden yapılan filtrelerin, maskelerin veya adsorpsiyon yüzeylerinin işçi sağlığı açısından değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Gelecekte Yapılabilecek Çalışmalar:

- ✓ Yün lifi numunelerinin farklı iç hava kirletici gazlarını sorpsiyon çalışmalarının yapılması,
- ✓ Farklı lifler ve yüzeyler kullanılarak gaz sorpsiyon çalışmalarının yapılması,
- ✓ Yapılan gaz sorpsiyon çalışmalarının desorpsiyon testleriyle birlikte yapılması,
- ✓ Test odacığı koşulları, boyutları ve malzemesi değiştirilerek, yeni numune test çalışmasının yapılması,
- ✓ Aynı test sistemi ve analiz yöntemi kullanılarak, istenilen malzemelerin emisyon testleri çalışmalarının yapılması,

- ✓ Laboratuvar ortamında gaz sorpsiyon çalışmaları denemiş ve başarılı sonuçları elde edilmiş numunelerin ileride kullanılması hedef gösterilen ortamda da kullanılarak sorpsiyon ömrünün ölçülmesi çalışmalarının yapılması.

Bu alışma yukarıda belirtilen alanlarda yapılacak çalışmalar için önemli bir bilgi birikimi ve deneyim elde edilmesini sağlamıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Jones A.P., Indoor Air Quality and Health, *Atmospheric Environment*, **1999**, 33, 4535-4564.
- [2] EPA, <http://www.epa.gov/iaq/voc2.html>, Aralık 2013.
- [3] <http://www.epa.gov/iaq/pubs/insidestory.html#IAQHome1>, Ağustos 2013.
- [4] EcoInvent veri tabanı 01.02.2011, Değerlendirme Metodu: CML2 BaseLine.
- [5] New Zealand Merino Company Limited, Control of indoor air pollution, <http://www.campaignforwool.co.nz/wp-content/uploads/2011/12/CONTROL-OF-INDOOR-AIR-POLLUTION.pdf>, Temmuz 2013.
- [6] Straube J.F., Degraauw J.P., Indoor Air Quality and Hygroscopically Active Materials, *Ashrae Transactions Journal*, **2001**, 107.
- [7] Simith B., Bristow V., Indoor Air Quality and Textiles: An Emerging Issue, *American Dyestuff Reporter*, **1994**.
- [8] Brown S.K., Sim M.R., Abramson M.J., Gray C.N., Concentrations of Volatile Organic Compounds in Indoor Air-A Review, *Indoor Air*, **1994**, 4, 123-134.
- [9] <http://www.drytry.com/ilac.html>, Aralık 2013.
- [10] World Health Organization Regional Office for Europe, WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants, Denmark, 2010.
- [11] EPA, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/tri-ethy.htm>, Aralık 2013.
- [12] Borrazzo J.E., Davidson C.L. ve Andelman J.B., Modelling of Indoor Air Quality and Exposure, *ASTM STP1205*, **1993**.
- [13] National Safety Council, Sick Building Syndrome (http://www.nsc.org/news_resources/resources/documents/sick_building_syndrome.pdf), Şubat 2012.
- [14] Darçın, P., Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.
- [15] Lee T.G., Biasio D., Santini A., Health and the Built Environment: Indoor Air Quality, The Faculty of Environmental Design, The University of Calgary, Canada, 1996.
- [16] Weschler C.J., Changes in Indoor Pollutants Since the 1950s, *Atmospheric Environment*, **2009**, 43, 153-169.
- [17] Smith K.R., Mehta S., Feuz M.M., Indoor Air Pollution from Household Use of Solid Fuels, Comparative Quantification of Health Risks, Chapter 18 <http://www.who.int/publications/cra/chapters/volume2/1435-1494.pdf>
- [18] Höpfe P., Martinac I., Indoor Climate and Air Quality-Review of Current and Future Topics in the Field of ISB Study Group 10, *Int J Biometeorol*, **1998**, 42, 1-
- [19] <http://www.asid.org/NR/rdonlyres/F10243FD-287B-4994-87BE-26ED36C06B51/0/TakeaBreath.pdf>, Ekim 2013.
- [20] ASTM D5116-10, Standard Guide for Small-Scale Environmental Chamber Determinations of Organic Emissions from Indoor Materials/Products, 2010.
- [21] Uhde E., Salthammer T., Impact of Reaction Products From Building Materials and Furnishings on Indoor Air Quality—A Review of Recent Advances in Indoor Chemistry, *Atmospheric Environment*, **2007**, 41, 3111-3128.
- [22] Dynamic Large Chamber Emissions Testing; Compliance Report Per BIFMA, LEED for Schools & CHPS Low Emitting Seating Criteria; April 27, 2009 MAS Project No.: M48732-006.
- [23] ASTM D6670-13, Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials/Products, 2013.

- [24] Huang X., Wang Y.J., Di Y.H., Experimental Study of Wool Fiber on Purification of Indoor Air, *Textile Research Journal*, **2007**, 77, 946.
- [25] Morrell B.J.T., Andrews B.A.K., Graves E.E., Pakarinen D.R., A Laboratory Scale Dynamic Chamber Test for Formaldehyde in Air from Finished Fabrics, *The Magazine of the Wet Processing Industry - Textile Chemist and Colorist*, **1991**, 23.
- [26] Spicer C.W., Coutant R.W., Ward G.F., Joseph D.W., Rates and Mechanisms of NO₂ Removal from Indoor Air by Residential Materials, *Environment International*, **1989**, 15, 643-654.
- [27] Carpet Institute of Australia Limited, Consumer Health Information – Indoor Air Quality, ExEx 14098, (www.carpetinstitute.com.au) http://www.carpetinstitute.com.au/good_health/, Aralık 2013.
- [28] <http://www.kashoucarpets.com/IAQ.pdf>, Ekim 2013.
- [29] Triped J., Sanongraj W., Oonkhanond B., Sanongraj S., Synthesis of Silk Fibroin Fiber for Indoor Air Particulate Removal, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, **2009**, 2;3.
- [30] Causer S.M., Mcmillan R.C., Bryson W.G., The Role of Wool Carpets in Controlling Indoor Air Pollutions, *The 9th International Wool Textile Research Conference*, **1995**.
- [31] Renes S., Leaderer B.P., Schapp L., Verstraelen H., Tosun T., Proc. Clima 2000, Denmark, **1985**, 221-226.
- [32] McPhee J.R., The Reaction of Formaldehyde with Wool and Its Effect on Digestion by Insects, *Textile Research Journal*, **1958**, 28, 303-314.
- [33] Reddie R.N., Nicholls C.H., *Textile Research Journal*, 1971, 41, 841-852.
- [34] Walters B., Goswami B., Vigo T.L., Sorption of Air Pollutants onto Textiles, *Textile Research Journal*, **1983**, 53: 354.
- [35] Gregory, C. J., Adsorption of Atmospheric Sulfur Dioxide by Natural and Synthetic Textile Fibers, Rutgers University, New Brunswick, N.J. 1968.
- [36] Wilson, M. J. G., Indoor Air Pollution, Proc. Roy Soc., **1968**, 300, 215-221.
- [37] Miyawaki J., Lee G.H., Yeh J., Shiratori N., Shimohara T., Mochida I., Yoon S.H., Development of Carbon-Supported Hybrid Catalyst for Clean Removal of Formaldehyde Indoors, *Catalysis Today*, **2012**, 185, 278– 283.
- [38] Walsh M., Black A., Morgan A., Sorption of SO₂ by Typical Indoor Surfaces Including Wool Carpets, Wallpaper And Paint, *Atmospheric Environment*, **1977**, 2, 11.
- [39] <http://textilebd-yarn.blogspot.com/2012/02/macro-and-micro-structure-of-wool-fiber.html>, Temmuz 2013.
- [40] http://yandex.com.tr/gorsel/search?text=wool%20fiber&pin=1&uinfo=sw-1600-sh-900-ww-1583-wh-761-wp-16x9_1600x900, Ocak 2014.
- [41] Tarakçıoğlu I., Tekstil Terbiyesi ve Makinaları (cilt 2), syf 0-60, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 1983.
- [42] IWTO Market Information 2012 Table of Content, Summary of 2011/12 and Outlook, http://www.iwto.org/uploaded/publications/Order_Forms/IWTO_Market_Information_2012_Table_of_Content.pdf, Temmuz 2013.
- [43] Johnson N.A.G., Wood E.J., Ingham P.E., McNeil S.J., McFarlane I.D., Wool as a Technical Fibre, *Journal of The Textile Institute*, **2003**, 94:3-4, 26-41.
- [44] Curling S.F., Loxton C., Ormondroyd G.A., A Rapid Method for Investigating the Absorption of Formaldehyde from Air by Wool, *J Mater Sci*, **2012**, 47, 3248– 3251.
- [45] http://www.yarbis.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/apaydin_7ce458f71226bddfe346d69494bab2ad.pdf, Aralık 2013.

- [46] MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Milli Eğitim Bakanlığı, Kimya Teknolojisi-Absorpsiyon Kolonu Hazırlama, 2008
<http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/AbsorbsiyonKolonuHazirlama.pdf>
- [47] <http://en.wikipedia.org/wiki/Desorption>, Aralık 2013.
- [48] Marc M., Zabiegala B., Namiesnik J., Testing and Sampling Devices for Monitoring Volatile and Semi-Volatile Organic Compounds In Indoor Air, *Trends In Analytical Chemistry*, **2012**, 32, 77-86.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı SOYADI : Duygu GAZİOĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri : 21/10/1987, TRABZON
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : duygu.gazioglu@btu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

<u>Derece</u>	<u>Alan</u>	<u>Üniversite adı</u>	<u>Mezuniyet</u> <u>Yılı</u>
<u>Lisans</u>	Tekstil Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi	2010
<u>Lisans (Yandal)</u>	Endüstri Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi	2011

BİLİMSEL ÇALIŞMALARI

Makale

1. S.C. Anand, K. Kanchi Govarthanam & **D. Gazioglu** (2013): A study of the modelling and characterisation of compression garments for hypertrophic scarring after burns. Part 1: Modelling of compression garments, Journal of The Textile Institute, DOI:10.1080/00405000.2012.753697
2. S.C. Anand, K. Kanchi Govarthanam & **D. Gazioglu** (2012): A study of the modelling and characterisation of compression garments for hypertrophic scarring after burns. Part 2: Characterisation of compression garments, Journal of The Textile Institute, DOI:10.1080/00405000.2012.739336

Bildiri

1. **D. Gazioglu**, Ş. Altun, J. Milnes, J. Geng, *Improving Indoor Air Quality with Textile Materials*, International Conference on Environmental Science and Technology-Cappadocia, Ürgüp, 2013, P 595.
2. S.K. Bhullar, M. Jun, **D. Gazioglu**, Y.Ulcay, *Electrospun Nanofibrous Scaffold Exhibiting Negative Poisson's Ratio*, 5th International R&D Project Brokerage Event, Bursa, 2013, P 354-355.

3. S.K. Bhullar, M.B.G. Jun, J. Ko, **D. Gazioğlu**, Y.Ulcay, *Development of Auxetic Biodegradable Blood Vessel Stent*, 5th International R&D Project Brokerage Event, Bursa, 2013, P319-320.
4. S.K. Bhullar, M. Jun, **D. Gazioğlu**, Y.Ulcay, *Auxetic Braided Stent Wrapped with Nano-Fibres*, 5th International R&D Project Brokerage Event, Bursa, Turkey, 2013, P 276-277.
5. Ş. Altun, A. Kara, **D. Gazioğlu**, Ş. Teke, H. B. Koçer, *Taşıt İç Hava Kalitesini İyileştiren Kompozit Tekstil Malzemesi Tasarımı ve Üretimi*, 1. Otomotiv Proje Pazarı, İstanbul, 2012.
6. **D. Gazioğlu**, K. Kanchi Govarthanam, S.C. Anand, *Burn Garments for Hypertrophic Scarring*, International Congress on Healthcare and Medical Textiles, İzmir, 2012, P 196-197.
7. Ş. Altun, **D. Gazioğlu**, *Tekstil Malzemeleri ile Kapalı Alanlarda Hava Kalitesinin Arttırılması*, 4th International R&D Project Brokerage Event, Bursa, 2012, P 483-484.
8. **D. Gazioğlu**, M. Yokuş, Y. Ulcay, *Braiding (Örme) Tekniği ile Yapay Ligament (Çapraz Bağ) Üretimi*, 4th International R&D Project Brokerage Event, Bursa, 2012, P 399-400.
9. Ş. Altun, A. Kara, A. Fatih Isık, **D. Gazioğlu**, Ş. Teke, Y. Ulcay, *Manyetik Alan Özelliği Olan Lif Üretimi*. 4th International R&D Project Brokerage Event, Bursa, 2012, P 371-372.

ÖDÜLLERİ

1. Ş. Altun, A. Kara, **D. Gazioğlu**, Ş. Teke, H. B. Koçer, *Taşıt İç Hava Kalitesini İyileştiren Kompozit Tekstil Malzemesi Tasarımı ve Üretimi*, 1. Otomotiv Proje Pazarı, İstanbul, 2012. (Ergonomi kategorisinde üçüncülük ödülü).
2. S.K. Bhullar, M.Jun, **D. Gazioğlu**, Y.Ulcay, *Auxetic Braided Stent Wrapped With Nano-Fibres*, International R&D Project Brokerage Event, Bursa, Turkey, 2013, P 276-277 (Diğer tekstiller kategorisinde üçüncülük ödülü).