



T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Mühendislik Fakültesi Dekanlığı  
Personel İşleri Birimi



Sayı : E-98038103-060.05-567957  
Konu : Raporlar (Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye  
ÜSTÜNTAĞ)

22.12.2023

**ARAŞTIRMA DEKANLIĞINA**

Fakültemiz Tekstil Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ'ın, ARGEPARK binasında ofis/laboratuvar alanı tahsisi gerçekleştiren araştırma grupları faaliyet raporu ekte gönderilmiştir.

Bulgilerini ve gereğini arz ederim.

**Prof.Dr. Ahmet Alper ÖNER**  
**Dekan**

Ek:Bölüm Yazısı ve Ekleri (25 Sayfa)

**Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.**

Belge Doğrulama Kodu :BSLCSECPZ Pin Kodu :42713

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/erciyes-universitesi-ebys>

Adres:Köşk Mahallesi Ahmet El Biruni Caddesi 38030 Melikgazi KAYSERİ

Telefon:+90 352 437 57 55 Faks:+90 352 437 57 84

e-Posta:mfdekanlik@erciyes.edu.tr Web:http://mf.erciyes.edu.tr/

KeP Adresi:erciyesuni@hs01.kep.tr

Bilgi için: Yasemin Duman

Unvanı: Bilgisayar İşletmeni





T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Mühendislik Fakültesi Dekanlığı  
Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanlığı



Sayı : E-96197461-602.04.02-567763  
Konu : Raporlar

22.12.2023

**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA**

Bölümümüz öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ'ın ARGEPARK binasında ofis/labarotauvar alanı tahsisi gerçekleştiren araştırma grupları faaliyet raporu yazımız ekinde sunulmuştur. Gereğini bilgilerinize arz ederim

**Prof.Dr. Abdulkadir BİLİŞİK**  
Bölüm Başkanı

Ek:Rapor



**ARGEPARK BİNASINDA OFİS/LABORATUVAR ALANI TAHSİSİ**  
**GERÇEKLEŞTİRİLEN ARAŞTIRMA GRUPLARI FAALİYET RAPORU**  
**(2023)**

EK - U

<b>Araştırma Grubu</b>	TekTeks
<b>Proje Yürütücüsü / Grup Lideri</b>	Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ
<b>Sanayi Kuruluşu (İş Birliği varsa)</b>	-
<b>Proje Türü / Destek Programı</b>	TÜBİTAK 1001
<b>Projenin Başlığı</b>	Tavuk Tüylerinden Hava Filtresi Malzemelerinin Geliştirilmesi
<b>Tahsise Konu Olacak Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihi</b>	01/10/2022-01/04/2025
<b>Araştırmacı(lar)</b>	Sümeyye Üstüntağ, Leyla Paşayeva
<b>Proje Grubu</b>	( x ) Fen ve Mühendislik Bilimleri ( ) Tıp ve Sağlık Bilimleri ( ) Sosyal Bilimler ( ) Üniversite-Sanayi İş Birliği
<i>Bu alan, ofis/laboratuvar alanı tahsisi sırasında sunulan bilgilerle doldurulmuştur.</i>	

## 1. DÖNEM İÇİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN FAALİYETLER VE ELDE EDİLEN BULGULAR/SONUÇLAR

Tahsis kapsamında yürütülen projenin iş-zaman çizelgesi dikkate alınarak dönem içinde proje kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler ve elde edilen sonuçlar sunulmalıdır.

### 122M485 Tübitak 1001 Kapsamında Yürütülen Faaliyetler ve Elde Edilen Sonuçlar

Tübitk 1001 kapsamında 1.Gelişme Raporu 1.10. 2023 tarihinde sunulmuş ve kabul edilmiştir. Proje kapsamında tamamlanan İş paketleri aşağıda sıralanmıştır.

İP No	1
İP Adı	<b>Tavuk Tüylerinden Lif Üretimi ve Özelliklerinin İncelenmesi İş Paketi</b>
Tamamlan iş adımları	1. Tavuk tüylerinin yıkanması, kurutulması ve dezenfekte edilmesi 2. Tavuk tüylerinin sap ve lifsi kısımlarının ayrıştırılması 3. Üretilmiş lif özelliklerinin testleri ve analizi

İP No	2
İP Adı	<b>Tavuk Tüyü Liflerinden Hava Filtresi Amaçlı Dokusuz Yüzey Numunelerinin Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi İş Paketi</b>
Tamamlan iş adımları	1. Tavuk tüyü liflerinden havalı serme ve termik bağlama yöntemi ile dokusuz yüzey üretilmesi ve hava geçirgenliği özelliklerinin test edilmesi 2. Tavuk tüyü liflerinden ıslak serme ve kimyasal bağlama yöntemi ile dokusuz yüzey üretilmesi ve hava geçirgenliği özelliklerinin test edilmesi

İP No	3
İP Adı	<b>Tavuk Tüylerinden Keratin Elde Edilmesi İş Paketi</b>
Tamamlan iş adımları	1. Tavuk tüylerinden, liflerinden ve saplarından keratin ekstraksiyonu 2. Elde edilen keratin numunelerinin analizi 3. Keratin içerikli nanolif üretimi için ön denemelerin yapılması

### 1. Tavuk Tüylerinden Lif Üretimi ve Özelliklerinin İncelenmesi İş Paketi

#### Malzeme

Kaz hav tüylerinden farklı olarak tavuk tüyleri üretimin amacı olmayarak bir yan ürün gibi ortaya çıkmaktadır ve ticari değeri oldukça düşüktür. Birçok işletmelerde ise söz konusu malzeme atık niteliğindedir. Buna göre de geleneksel olarak tavuk eti üreten işletmelerde tüy yıkama tesisleri bulunmamaktadır. Tavuk tüylerinin işlenmesi teknolojileri yaygınlaştığında bu tesislerin kurulması kaçınılmaz olacaktır. O zamana kadar ise tüyler alındığı yerden yıkandığı yere taşınana kadar zaman geçmekte ve tüyler belirli oranda bozulmaktadır. Bu bozulma tüylerin yolum usulüne göre az veya çok olabilir. Bu açıdan kuru yolumun ıslak yoluna göre daha uygun bir yöntem olduğu açıktır ve tavuk tüylerinin ticari değer kazanmasıyla bütün işletmelerin bu yöntemle çalışacağı muhtemeldir.

Bu çalışma günün şartları doğrultusunda elde edilen tüyler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılmış tavuk tüyleri Erpilic Entegre Tavukçuluk Üretim Pazarlama ve Ticaret A.Ş (Bolu) ve Banvit AŞ Elazığ Kanatlı

Kesimhanesinden temin edilmiştir. Tüylerin tavuk vücudundan alınması ile bize gelişi arasındaki süre yaklaşık bir gün teşkil etmiştir.

Yıkamada kullanılmış olan noniyonik yıkama maddesi Rudolf Şirketler Grubu'nun Bursa temsilciliğinden temin edilmiştir. Araştırmalarda kullanılmış olan NaClO ve NaOH ARKİM firmasından, etanol ise Nanotek şirketinden elde edilmiştir.

## Yöntem

Tavuk tüylerinden lif üretimi iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

1. Aşamada tavuk tüyleri lif üretimine hazırlanmıştır. Bunun için tüyler yıkanarak temizlenmiş, dezenfekte edilmiş ve kurutulmuştur.

2. Aşamada ise kurutulmuş tüylerin lif ve sap kısımları özel makine ile ayrıştırılmıştır.

## Tüylerin yıkanması, dezenfekte edilmesi ve kurutulması işlemleri

### Yıkama işlemi

Yıkama işlemi çamaşır makinesinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla daha önce yapılmış olan çalışmaların sonuçlarından yararlanılmıştır. Yıkama işlemi su ve yıkama maddeleri karışımından hazırlanmış çözeltide, Tablo 1'de verilmiş yıkama programına göre yapılmıştır (Şekil 1). Yıkama sırasında tüylerin dağılarak makineyi tıkamasını önlemek için tüyler özel yapılmış torbalarda yıkanmıştır.

Tablo 1. Tüylerin Yıkanması programı

Aşamalar	Yıkama Maddesi	Çözelti Oranı, %	İşlem Süresi, dakika	Sıcaklık, °C
Ön Yıkama	Sodyum Hipoklorit'in suda çözeltisi	0,4	20	23
Durulama	Su	100	20	23
1. Esas Yıkama	Noniyonik deterjan'ın suda çözeltisi	0,4	60	40
Durulama	Su	100	20	23
2. Esas Yıkama	Noniyonik deterjan'ın suda çözeltisi	0,4	60	40
Durulama	Su	100	20	23
Son yıkama	NaOH'ın suda çözeltisi	0,4	10	40
Durulama	Su	100	20	23

Genellikle yıkamadan sonra tüylerde karakteristik bir koku kalır ve bu, tüyleri işleme sıcaklığının artmasıyla artar. Tüylerde kükürt, merkaptanlar ve ester bileşiklerinin neden olduğu koku, asidik ortamda reaksiyonlarla nötrleştirilebilir. Aldehitler ve yağ asidi esterleri gibi maddelerin neden olduğu kokuların nötralizasyonu ise alkali bir ortamda gerçekleşebilir. Yani tüylerin yıkandıktan sonra koku yapmaması için hem asidik hem de alkali ortamlarda işlenmesi gerekir. Böyle bir yıkama işlemi, hızla bozulan maddelerin bozulma sürecini tamamen durduramasa bile en azından önemli ölçüde yavaşlatabilir. Bundan sonra tüyler bir yüzey aktif madde kullanılarak yıkanabilir ve sonda yağ asitlerini ve bunların kalıntılarını nötralize etmek için bazik ortamda işlenebilir.



Şekil 1. Yıkama işlemi

Bunları dikkate alarak tüylerin bozulmasını durdurmak için onlara sodyum hipoklorit ile ön yıkama uygulanmıştır. En sonda ise tüyler NaOH ile işlenmiştir. Bu tüylerden lif üretildikten sonra sadece liflere de uygulanabilir.

### **Kurutma işlemi**

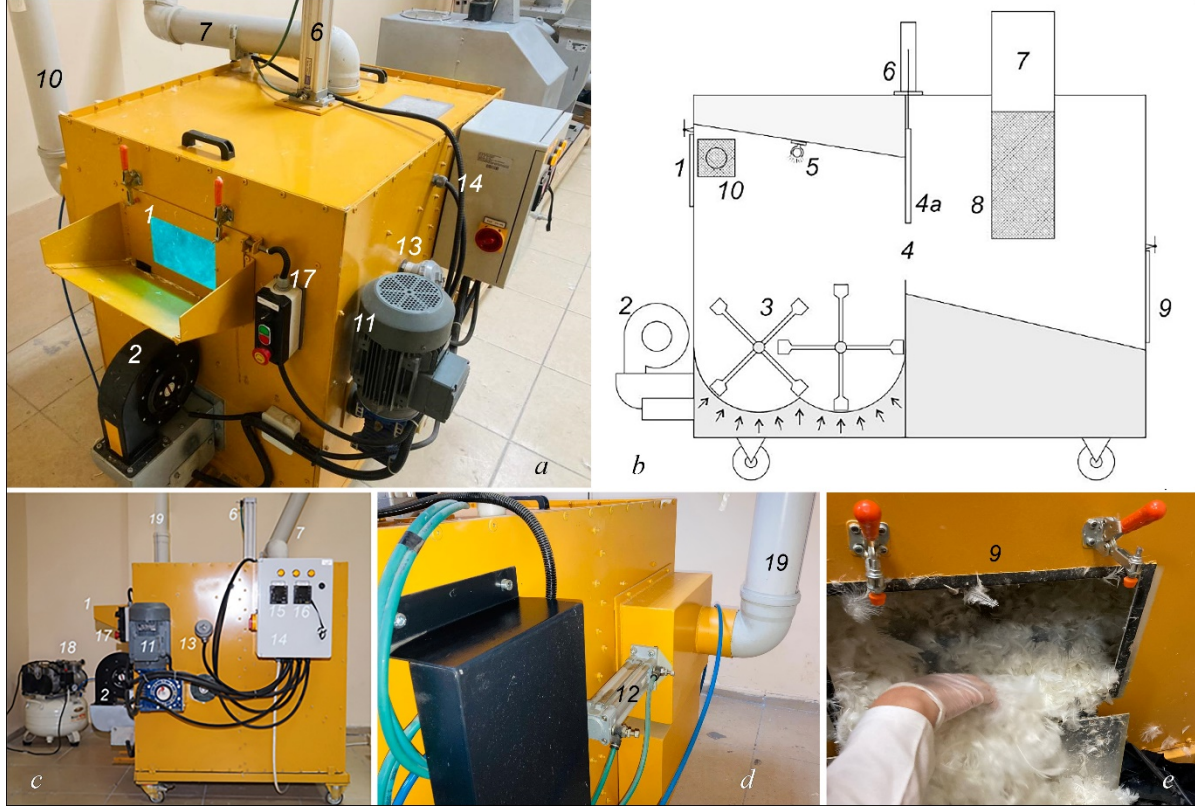
Sıkma sonrası tüyler daha önce tamamlamış olduğumuz TÜBİTAK1001:115M725 projesi kapsamında geliştirilmiş ve bu projemiz kapsamında ısıtma elemanı, otomasyon aksamaları ve elektrik şeması modernize edilmiş tüy kurutma makinesinde<sup>1</sup> 40°C sıcaklıkta %15 mutlak nem oranına kadar kurutulmuştur (Şekil 2). Şekil 2 için açıklamalar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kurutma makinesi (Şekil 2) için açıklamalar

	<b>Açıklamalar</b>
1	Tüylerin makineye yüklenmesi penceresi.
2	Kurutma alanına sıcak hava üfleyen fan. Fanın üflediği havanın sıcaklığı
3	ayarlanabilmektedir.
4	Karıştırıcılar. Kurutma alanında homojen kurumayı temin etmek amacıyla tüyleri sürekli karıştırmak içindir.
5	Kurumuş tüylerin ayrıştırılarak toplama alanına geçmesi için pencere. Kurutma işlemi kurutma alanına üflenen sıcak hava ile gerçekleşir ve kurutulmuş tüyler daha hafif oldukları için bu pencereden toplama alanına geçer. Pencere kapağının (4a) açılıp-kapaması zaman rölesi ile yönetilir.
6	Lifleri dezenfekte amaçlı ultraviyole lamba. Lamba açılıp kapatılabilir.
7	Kurutma alanıyla toplama alanı arasındaki pencere kapağını açıp kapatmak için vakum silindiri.
8	Kurutma sırasında oluşan tozların çıkış bacası. Kurutma sırasında tüylerden kopan parçacıklar şeklindeki tozun makineden tahliye edilmesini sağlar.
9	Toz toplayıcı. Kurutma sırasında oluşan tozları toplar ve bacaya verir.
10	Kurutulmuş tüylerin toplama alanından alınması için açılıp kapatılabilen pencere.
11	Kurutma sırasında ayrılan su buharını tahliye çıkışı.
12	Karıştırıcılara hareket veren motor.
13	Buhar tahliye çıkışını açıp kapatmak için vakum silindiri. Zaman rölesi ile yönetilir.
14	Termokupl.
15	Yönetim panosu.

<sup>1</sup> Söz konusu laboratuvar tipi tüy kurutma makinesi 2018 UTİB Türkiye Tekstil ve Konfeksiyon Sektörü X. Uluslararası Proje Pazarı kapsamında Prototip kategorisinde Birincilik Ödülü Kazanmıştır. Makine sürekli geliştirilmekte ve yenilenmektedir.

16	Kurutma sıcaklığı ayarlayıcı.
17	Kurutma süresi ayarlayıcı.
18	On/Off düğmesi.
19	Kompresör. Buhar tahliye bacası.



Şekil 2. Tüy kurutma makinesi

### Dezenfekte işlemi

Tüylerin dezenfekte işlemleri hem yıkama hem de kurutma aşamasında uygulanmıştır. Yıkama sırasında dezenfektan olarak sodyum hipoklorit ( $\text{NaClO}$ ) kullanılmış, yıkama sonunda tüylere sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ) ile işlem yapılmıştır. Kurutma sırasında ise makinenin içerisindeki UV lambası tüm kurutma süresinde dezenfekte işlemini gerçekleştirmiştir (Şekil 2a).

### Tavuk tüylerinden lif üretimi

Tavuk tüylerinden lif üretimi aşamasında, yıkanmış, kurutulmuş ve dezenfekte edilmiş tüyler sap ve lifsi kısımlarına ayrıştırılmıştır. Ayrıştırma işlemi, daha önce tamamlanmış TUBİTAK1001:115M725 projemiz kapsamında üretici firmadan bizim isteklerimiz doğrultusunda modifiye edilerek satın alınan makine yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Tavuk tüylerinden lif üretimi için makine parametrelerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu parametreler ve değişim aralıkları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Lif üretim makinesinin optimal çalışma parametreleri (Pasayev, 2017; 115M725 Raporu)

Deney faktörleri	Makinenin çalışma parametrelerinin değişim aralığı	Makinenin optimal çalışma parametreleri
Motorun dönme frekansı, Hz	0...90	51,2
Vananın dönme açısı, grad	0...90	11,7
Makine yüklenme yüzdesi, %	0...100	20,6

Tavuk tüylerinden lif üretim makinesinin çalışma prensibi aşağıdaki şekildedir: üstteki 1 girişinden makineye dahil edilmiş tüyler 3 dispergatöründe liflere ve sap parçalarına ayrıştırılır. Tüylerin ayrıştırılmış sap parçaları dispergatörün alt kısmında toplanır ve 2 kapağının açılması ile çıkarılabilir. Ayrıştırılmış lifler 5 vantilatörü ile savrulur ve 4 vanasından ve 6 sifonundan geçer ve 9 bankerinde toplanır, buradan ise 10 helezonuyla çıkışa verilir. Lif üretimi sırasında oluşan tozlar 7 bacası ile dışarı verilmek üzere dışarıda toplanır. Makine 8 yönetim panelinden yönetilir.



Şekil 3. Tavuk tüyünden lif üretim makinesi ve üretim çıktıları

- a) Tavuk tüylerinden lif üretim makinesinin genel görünümü, b) üretilmiş tavuk tüyü lifleri, c) ayrıştırılan tavuk tüyü sapı parçaları, d) tüyün lifli kısmı kesildikten sonra tüy sapı parçalarının mikroskop altında görünümü

Daha önce yapılmış çalışmalarda mümkün olduğu kadar uzun lifler içeren temiz lif kütlesi elde etmek için makinenin çalışma parametrelerine dayanarak çok faktörlü deney gerçekleştirilmiştir (Pasayev, 2017; TUBİTAK1001:115M725 Raporu). Deney sonuçlarının analizi ile makinenin elde edilen optimal çalışma parametreleri Tablo 3'ten görülebilir. Üretilmiş Tavuk tüyü lifleri paketlenerek depolanmıştır.

Çalışmalar ERÜ Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

### Tavuk tüyü liflerinin özelliklerinin incelenmesi

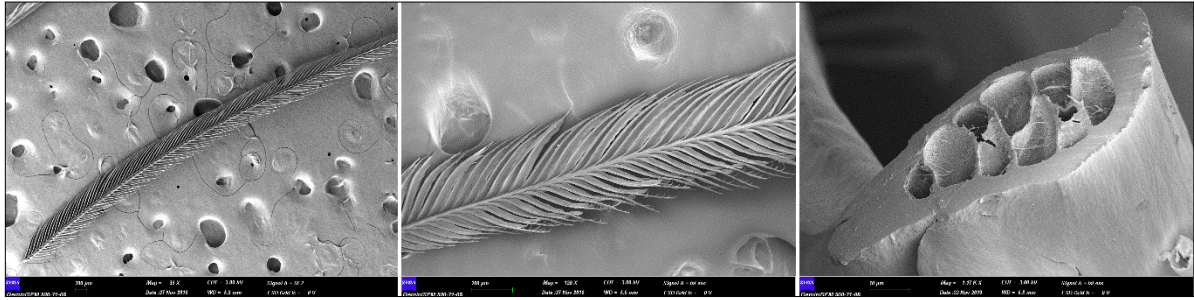
Daha önce yaptığımız çalışmalarla tavuk tüylerinin birçok özellikleri tarafımızdan incelenmiş ve literatürdeki verilerle kıyaslanmıştır. Tavuk tüyü liflerinin tarafımızdan incelenmiş önemli özellikleri Tablo 4'te yer almıştır. Tabloda yeni kaynaktan elde edilen tüylerin tekrar incelenmiş özellik değerleri de yer almaktadır. Bu özelliklerin incelenmesinde uygulanan yöntemler TUBİTAK1001:115M725 Raporundan izlenebilir.



Tablo 4. Tavuk tüyü liflerinin bazı önemli özellikleri

	Liflerin özellikleri	Eski değerler	Yeni değerler
1	Tavuk tüyü liflerinde protein miktarı, %	-	91
2	Tavuk tüyü liflerinde nem oranı, %	16-20	17-18
3	Tavuk tüyü liflerinin özgül ağırlığı, g/cm <sup>3</sup>	0,8	0,81
4	Tavuk tüyü liflerinin kopma mukavemeti, MPa	187,2±6,0	189±7,0
5	Tavuk tüyü liflerinin kopma uzaması, %	7,7±0,85	7,8±0,68
6	Tavuk tüyü liflerinin elastikiyet modülü, Gpa	4,6±1,45	4,8±1,33
7	Tavuk tüyü liflerinin uzunluğu, cm	1,5-3,5	1,4-3,6
8	Tavuk tüyü liflerinin inceliği, denye	76	77
9	TTL'nin normal şartlarda suda en kesitine göre şişme oranı, %	0,268	0,275
10	TTL'nin normal şartlarda su emme kapasitesi, %	176	179
11	Kuru TTL'nin normal şartlarda havadan nem alma oranı, %	9,89	10,12

Tavuk tüyü liflerinin yapısal özellikleri filtrasyon açısından çok önemli olduğu için daha detaylı analize edilmiştir. Şimdilik onu vurgulayalım ki, tavuk tüyü lifleri küçük telek şekilli bir yapıya sahiptir (Şekil 4). Ortada bir sap vardır ve üzerin kılçıklar yer almıştır. Kılçıkların üzerine ise küçücük çengelcikler vardır. Lifin iç yapısı gözenekli olup odacıklardan terşkil olunmuştur ki, bu odacıkların duvarları da gözeneklidir. Bunun sayesinde tüy lifleri oldukça hafiftir.



Şekil 4. Tavuk tüyü lifi görüntüleri: genel (solda), dış yapı (ortada), iç yapı (sağda)

Proje kapsamında tavuk tüyü liflerinin daha önce incelememiş olduğumuz bazı özellikleri araştırma konusu olmuştur. Bunlar tavuk tüyü liflerinin amino asit içeriği ve tüyler üzerinde yıkamadan sonra yağ kalıntıları kalıp kalmadığı ile bağlı testlerdir.

#### Tavuk tüyü liflerinin amino asit içeriğinin analizi

Tavuk tüyü liflerinin amino asit içeriğini bilmek tüy liflerinin sonraki kullanımına bağlı üzerinde yapılmalı olan fiziksel ve kimyasal işlemlerle ilgili karar almak açısından önemlidir. Literatürde bu konuda yeterli miktarda araştırma yapılmadığı görülmektedir. Sadece Saravanan ve arkadaşları tarafından yayınlanan bir makale vardır ki, her kes bu makaleye atıfta bulunmaktadır (Saravanan vd., 2012).

Tavuk tüyleri yukarıda belirtilmiş yöntem üzere lif üretimine hazırlık amacıyla yıkanmış, dezenfekte edilmiş ve kurutulmuştur. Kurutulmuş tüylerden tüy lifi üretilmiş, bu liflerden bir tutam alınarak amino asit analizine gönderilmiştir. Tavuk tüyü lifi örneklerinin amino asit içeriğinin analizi SÜBİTAM'da, Sıvı Kromatografisi-Kütle/Kütle Spektrometresi (LC-MS/MS) cihazı kullanılarak iki tekrarlı olarak yapılmış ve bu amaçla Jasem amino asit kitleri kullanılmıştır.

Başlangıçta numuneler asidik hidrolize uğratılmıştır. Bu amaçla 0,5 g numune kapaklı cam bir tüpe alınmış ve üzerine kitte bulunan 4ml Reaktif-2 eklenerek 110°C'de 24 saat boyunca hidroliz reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. Hidrolizat oda sıcaklığına ulaştığında 4000 rpm'de 5 dakika süresince santrifüjlenmiştir. Daha sonra 100 µl süpernatant alınmış ve bir vialle aktarılarak damıtık suyla 1ml'ye tamamlanmıştır. Bu seyreltme prosedürü bir kez daha tekrarlanarak, numunenin 800 kat seyreltilmiş hidrolizatı elde edilmiştir.

Hidroliz prosesini takiben kit numune hazırlığı şu şekilde uygulanmıştır: 50 µl seyreltilmiş numune hidrolizatı bir vialde transfer edilmiş ve üzerine sırasıyla, 50 µl kararlı izotop etiketli iç standart karışımı ile 700 µl Reaktif-1 ilave edilmiştir. Daha sonra karışım 5 saniye boyunca vortekslenmiştir. Tüm numuneler yukarıda belirtilmiş prosedürler doğrultusunda hazırlanarak LC-MS/MS sistemine enjekte edilmiştir. Amino asit miktarlarının belirlenmesi için gerekli olan kalibrasyon eğrisi, beş nokta kalibrasyon setinin hidroliz prosesi olmaksızın kit numune hazırlığı gereğince hazırlanmış ve LC-MS/MS sisteminde okutulmuş elde edilmiştir.

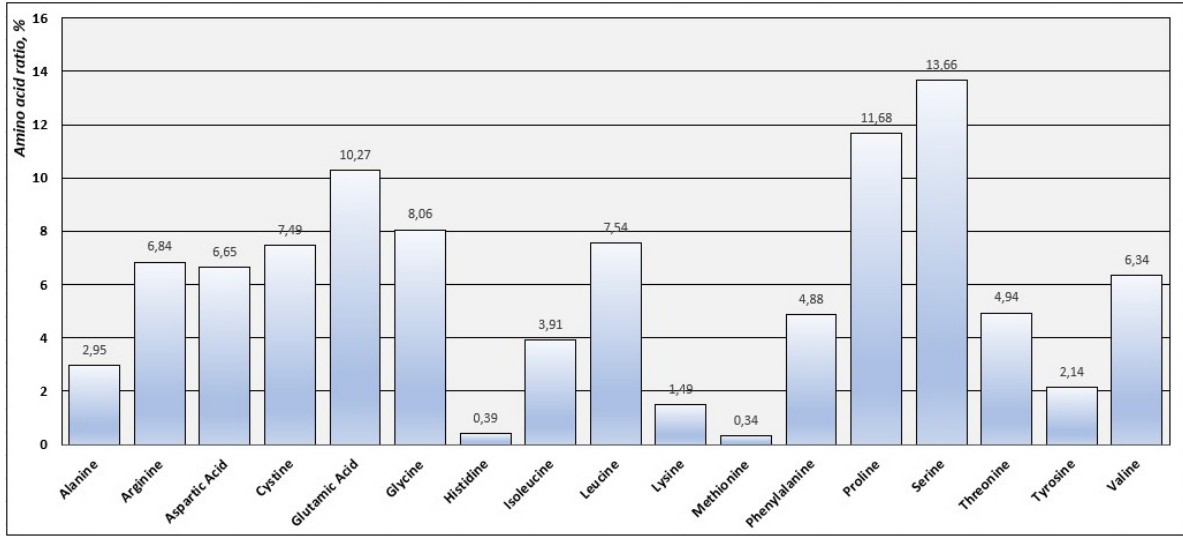
Agilent 1260 Infinity HPLC sistemi (Agilent Technologies, Santa Clara, USA) kullanılarak, 30°C'ye ayarlanmış Jasem amino asit analitik kolonuna, hazırlanmış numunedan 3 µl enjekte edilmiştir. Kromatografik ayırım, 0,7 mL/dk akışla gradient programlı A ve B mobil fazları ile 7,5 dakikalık analiz süresinde tamamlanmıştır. Kütle spektrometrik dedeksiyon ise pozitif iyonlaşma modunda ESI donanımlı Agilent 6460 tandem kütle spektrometresi (Agilent Technologies) cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Kütle detektörü parametreleri şu şekilde ayarlanmıştır: gaz sıcaklığı 150°C, gaz akışı 10L/dk, nebulizer basıncı 40 psi ve +2000 volt kapiler voltaj.

#### ***Aminoasit analizi sonuçları***

Tavuk tüyü liflerine uygulanmış amino asit analizi sonucu tüy liflerinde bulunan amino asitler ve onların oranı belirlenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 5'e aktarılmıştır ve Şekil 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Tavuk tüyü liflerinin amino asit içeriği

	Numuneler üzere oranlar, %		Ortalama oranlar, %	Saravanan vd., 2012
	Numune 1	Numune 2		
<b>Alanine</b>	2,95	2,95	2,95	3,44
<b>Arginine</b>	6,87	6,82	6,84	4,30
<b>Aspartic Acid</b>	6,65	6,64	6,65	10,0
<b>Cystine</b>	7,5	7,48	7,49	8,85
<b>Glutamic Acid</b>	10,27	10,27	10,27	7,62
<b>Glycine</b>	8,05	8,07	8,06	-
<b>Histidine</b>	0,39	0,39	0,39	-
<b>Isoleucine</b>	3,91	3,91	3,91	3,32
<b>Leucine</b>	7,55	7,54	7,54	2,62
<b>Lysine</b>	1,49	1,49	1,49	-
<b>Methionine</b>	0,34	0,34	0,34	1,02
<b>Phenylalanine</b>	4,88	4,89	4,88	0,86
<b>Proline</b>	11,76	11,6	11,68	12,0
<b>Serine</b>	13,57	13,75	13,66	16,0
<b>Threonine</b>	4,93	4,95	4,94	4,00
<b>Tyrosine</b>	2,13	2,15	2,14	1,00
<b>Valine</b>	6,34	6,33	6,34	1,61



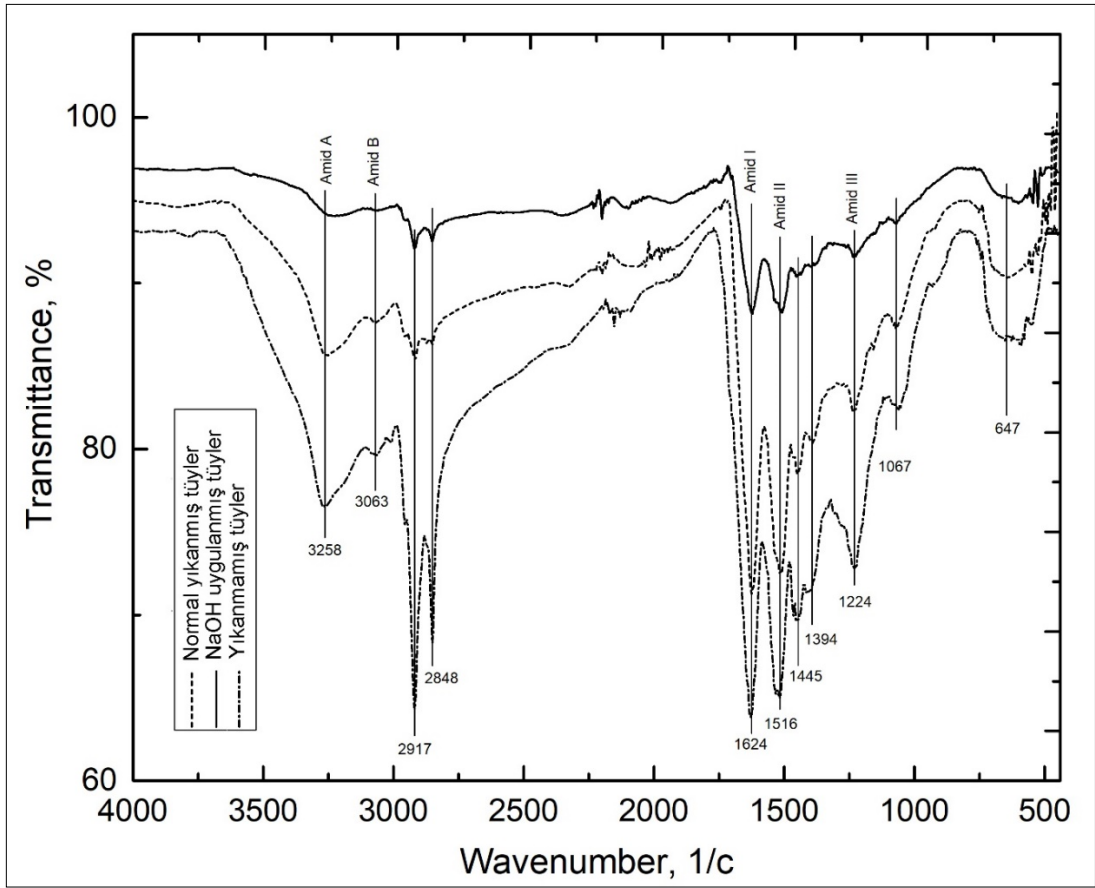
Şekil 5. Tavuk tüyü liflerinin amino asit diyagramı

Her şeyden önce tavuk tüyü liflerinde keratin oranının 0,91 olduğunu vurgulamamız gerekmektedir. Tavuk tüyü liflerinde Methionine, Histidine, Lysine ve Tyrosine miktarı önemli derecede az, Serine, Proline, Glutamic Acid, Glycine miktarı ise önemli derecede çoktur. Bizim analizde tavuk tüylerinde tespit edilmiş amino asit sayısı 17'dir. Saravanan ve arkadaşlarının tespit ettiği aminoasit sayısı ise 14'tür. Çalışma sırasında ortaya çıkmıştır ki, tüy liflerindeki amino asit sayısı ve oranı sadece kuşların yaşı ve beslenme şartlarına bağlı kalmayarak tüylerin yıkanma ve dezenfekte yöntemlerinden de etkilenmektedir.

#### Tavuk tüyü liflerinin FTIR analizi

Yıkanma sonrası tüylerde koku kalmasını önlemek için onlara yıkamanın son durulama aşamasından sonra tüylere normal sıcaklık ortamında NaOH'in %4 oranlı sulu çözeltisi ile 20 dakika işlem uygulanmıştır. Kurutulmuş tüylerde koku kalıp kalmadığı organoleptik yöntemle kontrol edildikten sonra tüylere FTIR analizi uygulanmıştır. Tüylere uygulanan FTIR testleri Erciyes Üniversitesi Teknolojik Araştırmalar Merkezindeki PERKIN ELMER marka 400 FT-IR/FT-FIR SPECTROMETER cihazında gerçekleştirilmiştir.

Yıkanmış tüyler üzerinde esas koku verici maddeler olan yağ kalıntılarının kalıp kalmadığını kontrol etmek için tüylere NaOH ile işlem yapmazdan önce ve sonra FTIR analizi uygulanmıştır. Elde edilen FTIR spektrometreleri şekil 8'de verilmiştir.



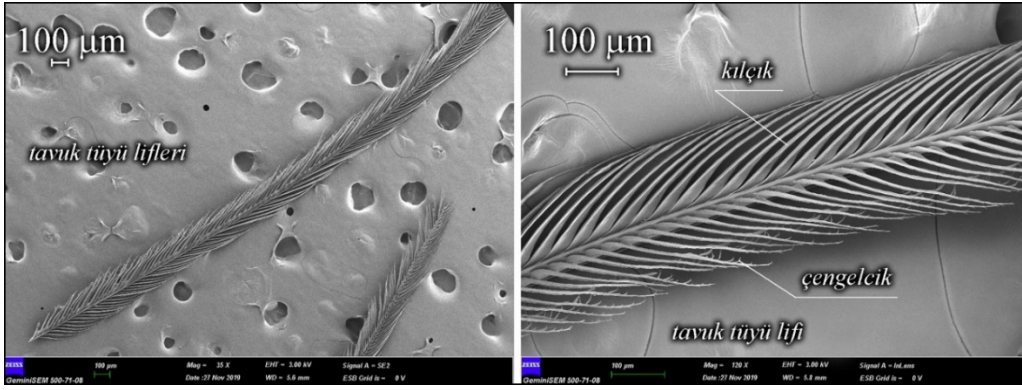
Şekil 6. Yıkamamış ve iki farklı yöntemle yıkamış tavuk tüylerinin FTIR spektrometreleri

Şekil 6'da verilmiş yıkamamış, yıkanarak NaOH uygulanmamış ve yıkanarak NaOH çözeltisi ile işlem yapılmış tüylere ait spektrometrelerden görüldüğü gibi yıkama sonunda tüylere NaOH çözeltisi ile işlem yapılması tüylerin keratin yapısını nerede ise etkilememiş, sadece tüyler üzerindeki yıkama ile giderilemeyen yağ kalıntıları gibi bazı maddeler giderilmiştir. Bu maddelerin, özellikle yağ kalıntılarının giderilmesi tüyler üzerindeki kokuyu da gidermiştir.

## 2. Tavuk Tüyü Liflerinden Hava Filtresi Amaçlı Dokusuz Yüzey Numunelerinin Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi İş Paketi

Tavuk tüylerinden filtrasyon amaçlı dokusuz yüzey numunelerinin üretilmesinin bazı özellikleri vardır. Bu özellikler tavuk tüyü liflerinin yapısı ile bağlantılıdır. Her şeyden önce vurgulamak gerekir ki, tavuk tüyü lifleri kısa liflerdir. Daha önceki çalışmalara dayanarak tavuk tüyü liflerinin uzunluğunun 0,7-4,5cm aralığında değiştiği söylenebilir. Lif kütlelerinin %93'nün uzunluğu ise 1,2-2,4cm aralığında değişmektedir (Kocatepe ve Paşayev, 2018).

Diğer bir husus tavuk tüyünden elde edilen liflerin telek şekilli yapısıdır. Şekil 7'de tavuk tüylerinden elde ettiğimiz liflerin ERÜ TAUM'da çekilmiş SEM görüntüsü verilmiştir. Bu yapısal özelliklerin tavuk tüyü liflerinden dokusuz yüzey üretilmesinde dikkate alınması gerekmektedir. Filtrasyon açısından böyle bir yapının önemi vardır. Çünkü tüy lifi üzerinde bulunan kılçıklar ve onların üzerindeki çengelcikler arasındaki mikron tertibindeki boşluklar havadaki parçacıkların yakalanması açısından önemlidir. Ancak diğer taraftan böyle bir yapısal özellik liflerin birbirine tutunmasını zorlaştırır.



Şekil 7. Tavuk tüyü liflerinin SEM görüntüsü

Tavuk tüyü liflerinde filtrasyon amaçlı dokusuz yüzey elde etmek için kuru ve ıslak serme yöntemlerinden yararlanılması mümkündür. Lifler kısa oldukları için kuru serme yöntemlerinden havalı serme daha uygundur. Liflerin telek şekilli yapısı birbirine tutunmalarını zorlaştırdığı için onların herhangi bir yöntemle birbirine bağlanmasının temin edilmesi gerekmektedir. Liflerin filtreleme kabiliyetinin korunması açısından bağlayıcı olarak termoplastik maddelerden üretilmiş düşük erime sıcaklığına sahip bikomponent liflerden yararlanılması daha uygun görülmüştür.

Liflerin kısa olması düzgün bir yüzey elde etmek açısından ıslak serme yöntemini daha cazip kılmaktadır. Ancak liflerin birbirine bağlanması problemi burada da mevcuttur. Burada bağlayıcı madde olarak dispersiyon yapıştırıcılardan yararlanılması daha anlamlıdır.

### Tavuk tüyü liflerinden ıslak serme ve kimyasal bağlama ile dokusuz yüzey üretilmesi

#### Malzeme

Malzeme olarak tavuk tüylerinden üretilen lifler kullanılmıştır. Lifleri birbirine bağlamak için Polivinil Asetat'ın suda dispersiyonundan yararlanılmıştır. SmartKimya firmasına ait Polivinil Asetat'ın bazı özellikleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. PVAc bazı özellikleri

Fiziksel ve kimyasal özellikler	Karakteristikler
Fiziksel hali	Viskoz sıvı
Renk	Beyaz
Kuru madde	%47-48
pH (23°C'de)	4,0-6,0
Çözünürlük	Suda çözünür
Viskozite (23°C'de)	18,0-25,0 cps
İçeriğinde su oranı	%60-70

#### Yöntem

Suda seyreltilmiş PVAc elde etmek için saf suya belirlenmiş miktarda PVAc ilave ederek karıştırılmış ve içerisinde belirlenmiş miktarda TTL olan kaba dökülmüştür. Lifler tam ıslanana kadar karıştırılmış ve düzgün form tutabilmesi için kaptaki 1 saat beklemeye bırakılmıştır. 1 saat sonra lifler süzgeçle süzülür ve su damlaması kesildikten sonra üzerine ıslanmayan kartondan kesilmiş levha yerleştirilmiş ve levhanın üzerine 2 kg ağırlığında yük konulmuştur. Karışım 24 saat süzülme bırakılmıştır. 24 saat sonra süzgecin içerisinde form tutmuş TTL alınarak mikrodalgalı fırında 5 dakikada kurutulmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. Islak serme işlemleri

Filtrasyon verimliliği açısından farklı numune varyantlarının denenmesi için iki faktörlü deney tasarlanmıştır. Deneyde yönetilebilen faktörler olarak TTL miktarı ile dispersiyonda PVAc konsantrasyonu kabul edilmiştir. Deney planı Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Islak serme ile dokusuz yüzey üretimine dair iki faktörlü deney tablosu

	Karışımda TTL miktarı, gr	Disperiyonda PVAc konsantrasyonu, %
1	20	1
2	25	1
3	30	1
4	20	2
5	25	2
6	30	2

Çıkış parametreleri olarak numunenin yoğunluğu hesaplanmış ve hava geçirgenliği ölçülmüştür. Deney sonuçları Minitab 21 programında işlenmiştir.

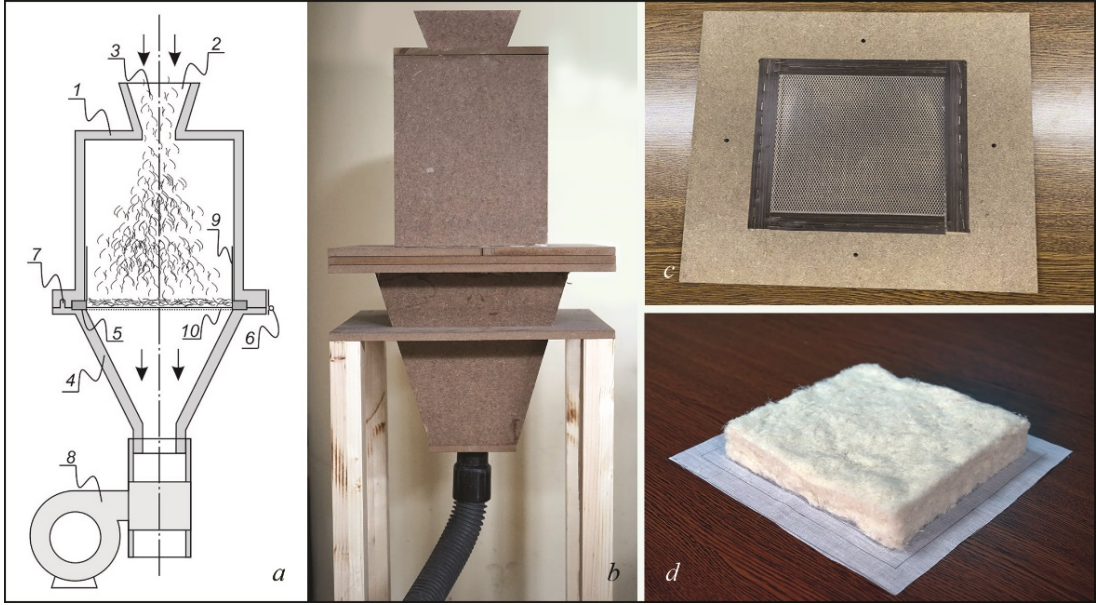
### Tavuk tüyü liflerinden kuru serme ve ısı bağlama ile dokusuz yüzey üretilmesi

#### Malzeme

Malzeme olarak tavuk tüylerinden üretilen lifler kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak PE-PP içerikli bikomponent lif kullanılmıştır. Bu liflerin özgül ağırlığı  $0,8\text{gr}/\text{cm}^3$  olmak suretiyle tavuk tüyü liflerinin özgül ağırlığına yakındır. Dış komponentin erime sıcaklığı  $120^\circ\text{C}$  teşkil etmektedir.

#### Yöntem

Tavuk tüyü liflerinden kuru serme yöntemi ile dokusuz yüzey üretimi için özel olarak tarafımızdan tasarlanmış havalı serme aparatından yararlanılmıştır (Paşayev vd., 2019). Aparatın 1 üst kısmının 2 girişinden lifler dahil edilir. Aparatın 1 kısmı ile 4 alt kısmı birbirine 6 menteşesi ile bağlıdır fe onların arasına 5 plakası yerleştirilmiştir (şekil 9a ve b). Plakada dikdörtgen şeklinde boşluk açılmış ve boşluğa liflerin geçemeyeceği ağ tutturulmuştur (Şekil 9c). Aparata dahil edilmiş lifler 8 vakum pompasının emiş gücü sayesinde homojen bir şekilde 5 ünitesi içerisindeki 10 ağı üzerine serilir. Serilmiş liflerin kolay bir şekilde alınarak prese yerleştirilmesi için 10 ağı üzerine bez parçası yerleştirilerek serilme onun üzerine gerçekleştirilmiştir (Şekil 9d). Serilmiş lif kütesinin içerisinde kalan boşluklar yüksek vakum emişi sayesinde dolarak oluşturulan yüzeyde homojenlik sağlanmış olur. Serilmiş yüzeyin yüksekliği 1 kısmının iç tarafına yapıştırılmış 9 cetvelinin yardımıyla ölçülür.



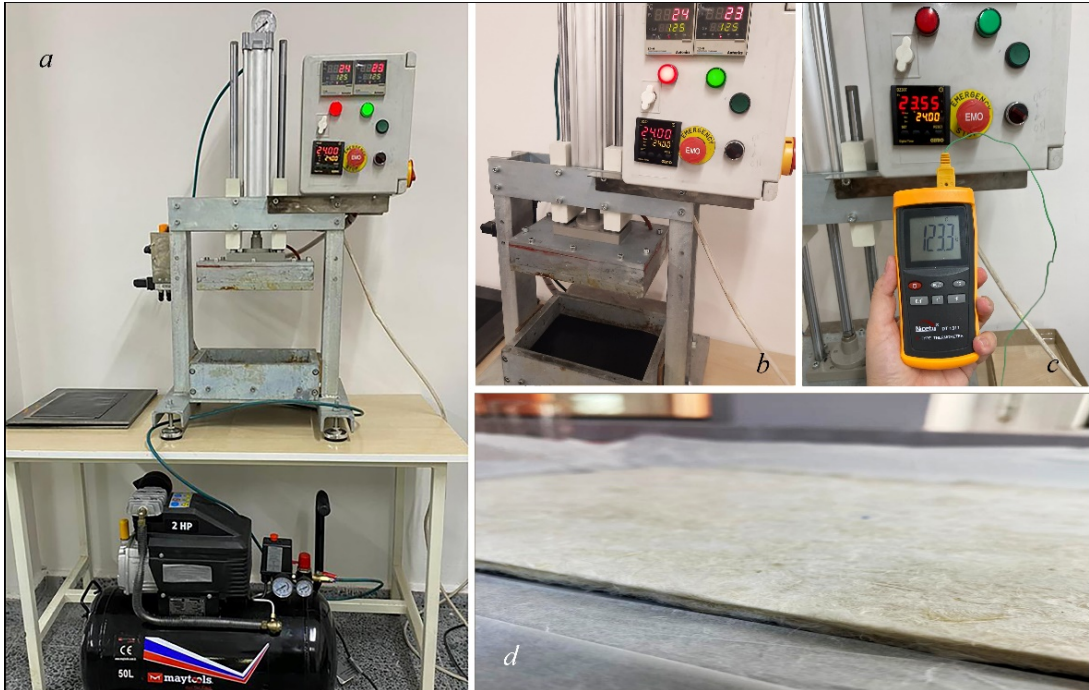
Şekil 9. Hava ile kuru serme aparatı

Lifler önce serilmeye hazırlanmıştır. Bu aşamada tavuk tüyü lifleri (TTL) bikomponent liflerle (BKL) karıştırılmıştır. Karışımın homojenliği için TTL ile BKL'nin yaklaşık aynı uzunluklarda olmasını dikkate alınmıştır.

Hazırlanmış karışım serildikten sonra bez parçası ile birlikte aparattan alınarak prese yerleştirilmiştir. Presin üst ve alt yastıkları bağımsız ısıtma ve sıcaklık ayarlama ünitelerine sahiptir ve sıkıştırılmış hava ile çalışır (Şekil 10a). Presin yastıkları erkek-dişi şeklinde tasarlanmıştır (Şekil 10b).

Presin alt ve üst yastıkları 130°C sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra serilmiş lifler teflon film üzerine aktararak prese verilmiştir. Liflerin üzerine de teflon film serildikten sonra presin yastığı indirilmiştir. Presleme basıncı 6 Bar olarak sabit tutulmuş, presleme süresi preslenen lif kütesinin tam ortasında sıcaklık 120°C'ye ulaşana kadar geçen süre ile ön deneylerle belirlenmiştir. Bu amaçla özel termometreden yararlanılmıştır (şekil 12c). Üretilmiş dokusuz yüzey numunesi örneğinin resmi Şekil 9d' de verilmiştir.

Filtrasyon verimliliği açısından farklı numune varyantlarının denenmesi için iki faktörlü deney tasarlanmıştır. Deneyde yönetilebilir faktörler olarak TTL ve BKL karışımında TTL oranı (%) ve üretilecek numunenin kalınlığı (mm) alınmıştır. Presleme sıcaklığı 130°C, presleme basıncı 6Bar, toplam lif miktarı 50gr olarak sabit tutulmuştur.



Şekil 10. Elektrikli kuru pres

Karışımında TTL oranı üç seviyede (%25; %35 ve %45), numune kalınlığı ise iki seviyede (4mm ve 6mm) değiştirilmiştir. Deney planı Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Kuru serme ile dokusuz yüzey üretimine dair iki faktörlü deney tablosu

	Karışımında TTL oranı, %	Numune kalınlığı, mm
1	25	4
2	35	4
3	45	4
4	25	6
5	35	6
6	45	6

Çıkış parametreleri olarak numunenin yoğunluğu hesaplanmış ve hava geçirgenliği ölçülmüştür. Deney sonuçları Minitab 21 programında işlenmiştir.

### **Tavuk tüyü liflerinden üretilmiş dokusuz yüzeylerin özelliklerinin incelenmesi**

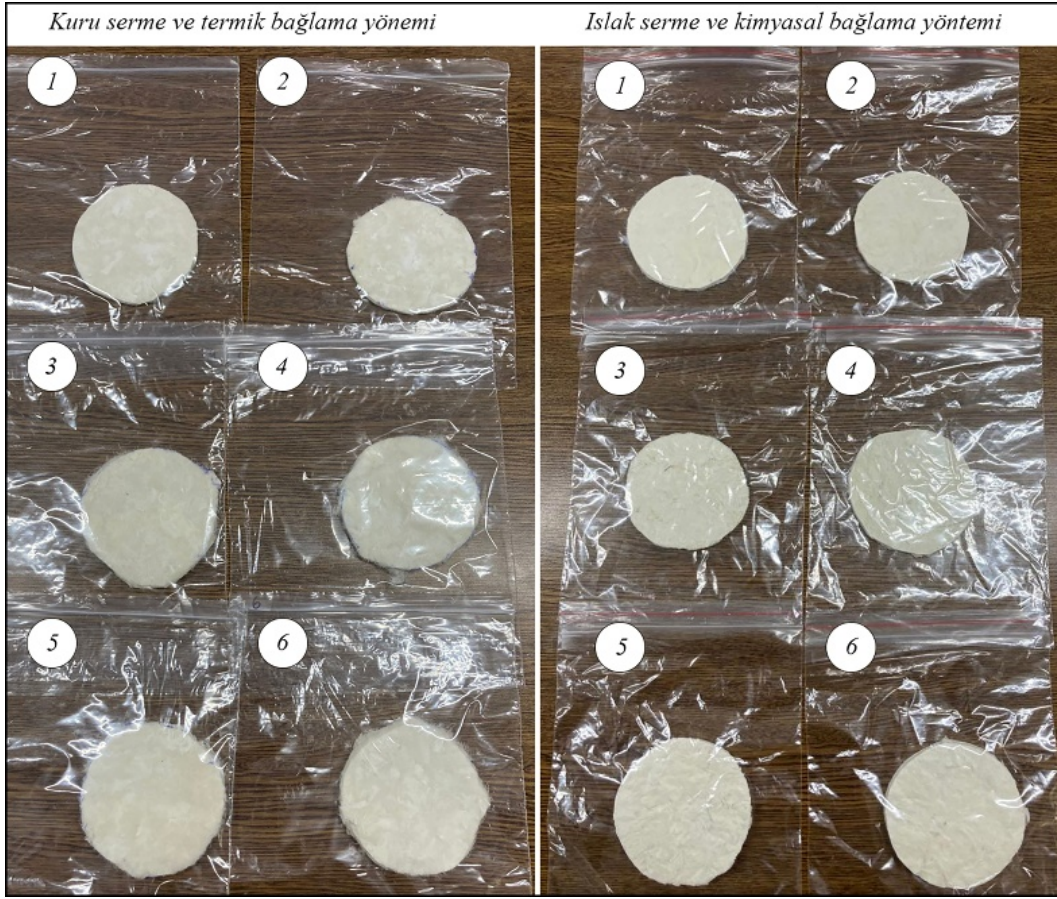
TTL’den üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin foto resimleri Şekil 11’de verilmiştir. TTL’den kuru ve ıslak serme ile üretilmiş dokusuz yüzey numuneleri (DYN) özelliklerinin incelenmesi amacıyla bir dizi testlere tabi tutulmuştur.

### ***Dokusuz yüzeylerin SEM analizi***

Islak ve kuru serme yöntemleri ile üretilmiş DYN’nin iç yapısını ve liflerin birbirine nasıl bağlandığını görmek için numunelerin iç yapısının SEM görüntüleri alınmıştır. Bu amaçla Erciyes Üniversitesi TAUM’da bulunan ZEIS markalı GEMINI 500 model alan emisyonlu taramalı elektron mikroskopundan yararlanılmıştır.

Üretilmiş numunelerin iç yapısını görebilmek için keskin bir jilet yardımı ile cam bir plaka üzerinde numune orta kısmından hassas bir şekilde kesilerek çift taraflı bantla metal plakalar üzerine yapıştırılmıştır. Bundan sonra hazırlanmış numuneler SEM analizine tabi tutulmuştur.





Şekil 11. TTL'den farklı yöntemlerle üretilmiş DY numuneleri



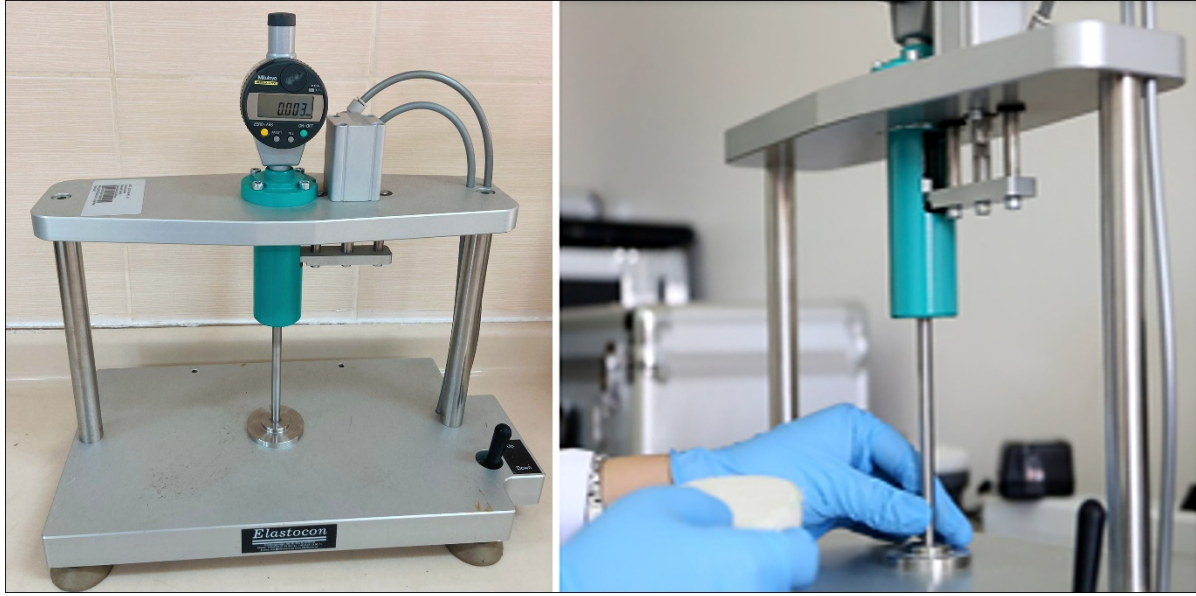
Şekil 12. Islak (a, b) ve kuru serme (c, d) ile üretilmiş numunelerin iç kesit fragmanları

Islak serme ile üretilmiş numunelerde bağlayıcı maddenin lifler üzerine bazen damlacıklar şeklinde, bazen ise film şeklinde bağlandığı görülmektedir. Kuru sermede ise termoplastik polimerin lif üzeri ile aktığı ve bu sayede lifleri birbirine bağladığı görülmektedir. Her iki durumda dokusuz yüzey yapısının hava geçirgenliği engellenmemektedir.

#### ***Dokusuz yüzeylerin kalınlığının tayini***

Numunelerin kalınlığı TS EN ISO9073-2 standardına göre Elastocon markalı kalınlıkölçerle ölçülmüştür. Ölçümler EÜ Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Numuneler TS EN ISO139 standardı gereği iklimlendirme kabininde kodisyonlanmıştır. Daha sonra üzerinde en az 5 farklı noktadan kalınlık değerleri elde edilmiş ve ortalaması hesaplanmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Dokusuz yüzeylerin kalınlık ölçümleri

Kuru ve ıslak serme yöntemleri ile üretilmiş DYN'nin kalınlıkları ölçülmüştür. Sonuçlar Tablo 9'da yer almaktadır. Numunelerin kalınlıkları arasında fark olup olmadığını görmek için sonuçlara ANOVA uygulanmıştır. Bunun için her numuneye ait sonuçların normal dağıldığı Ryan-Joiner kriterine göre test edilmiştir ve olumlu cevap alınmıştır. ANOVA ile numunelerin kalınlıkları arasında 0,95 olasılıkla fark olduğu görülmüştür.

Tablo 9. Üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin kalınlık ölçüm sonuçları

	Islak serme yöntemi ile üretilmiş DYN kalınlığı, mm						Kuru serme yöntemi ile üretilmiş DYN kalınlığı, mm					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<b>1</b>	5,67	5,36	7,30	4,90	9,89	10,97	4,74	4,90	5,47	6,71	6,68	7,45
<b>2</b>	5,20	5,62	7,21	4,98	9,74	10,58	4,81	4,95	5,40	6,91	6,72	7,55
<b>3</b>	5,74	5,81	7,21	4,86	9,32	10,00	4,82	4,96	5,42	6,43	6,69	7,75
<b>4</b>	5,74	5,90	7,11	5,03	9,30	9,71	4,79	4,85	5,41	6,69	6,66	7,51
<b>5</b>	5,32	5,79	7,23	4,98	9,81	9,88	4,62	4,96	5,40	6,80	6,71	7,61
<b>Orta.</b>	5,53	5,70	7,21	4,95	9,61	10,23	4,76	4,92	5,42	6,71	6,70	7,54

### Dokusuz yüzey ve hacim üzere ağırlığının ve gözenekliliğinin hesaplanması

DYN'nin yüzey üzere ağırlığı EN ISO9073-1 ve hacimsel ağırlığının (hacim üzere ağırlığının) hesaplanması ASTM D3776 standardı üzere gerçekleştirilmiştir. Bunun için standardın C varyantı uygulanmıştır. 100cm<sup>2</sup> alana sahip numune TS EN ISO 139 standardına göre iklimlendirme kabininde normal ortam şartlarında kondisyonlandıktan sonra tartılmıştır ve malzemenin  $A_y$  yüzey birim ağırlığı (gramajı) numunenin birim alanının ağırlığı olarak aşağıdaki formül üzere hesaplanmıştır:

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

Burada  $A$  – ölçüm numunesinin ağırlığı,  $S$  – ölçüm numunesinin yüzey alanıdır.

Malzemenin birim hacim ağırlığı (hacimsel ağırlığı) ise numunenin birim hacminin ağırlığı olarak hesaplanmıştır:

$$A_h = \frac{A}{V} = \frac{A}{S \cdot h} = \frac{A_y}{h}$$

Burada  $V$  – numunenin hacmi,  $h$  – kalınlığıdır.

Hacimsel ağırlık ile özgül ağırlığı birbirinden ayırmak gerekmektedir. Hacimsel ağırlığı  $A_h$  hesapladığımızda malzemenin hacmi gözeneklerle birlikte hesaplanmıştır. Özgül ağırlık  $A_d$  hesaplandığı zaman gözeneklerin hacmi dikkate alınır. Buna dayanarak malzemenin özgül ağırlığına ve hacimsel ağırlığına göre malzemenin gözenekliyi  $G$  hesaplanabilir:

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

Ölçümler Araştırma Dekanlığı TekTeks AG laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Üretilmiş dokusuz yüzey numuneler 10cm çapında yuvarlak olarak kesilmiş ve hassas terazide ağırlıkları ölçülmüştür. Sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin ağırlık ölçüm sonuçları

	Islak serme yöntemi ile üretilmiş DYN						Kuru serme yöntemi ile üretilmiş DYN					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<b>Numunelerin ağırlığı, gr</b>	6,11	6,41	7,59	6,17	7,66	9,41	5,62	6,81	7,3	7,88	8,07	8,56

Numunelerin yüzey alanı 78,5cm<sup>2</sup> teşkil etmektedir. Numunelerin özgül ağırlığının yaklaşık olarak 0,81 gr/cm<sup>2</sup> olduğunu dikkate alarak ve EN ISO9073-1 ile ASTM D3776 standartlarına dayanarak Bölüm 2.3.3'de verilmiş olan yöntem üzere numunelerin alan birim ve hacim birim ağırlıkları ve gözeneklilik değerleri hesaplanmış, sonuçlar Tablo 11'e aktarılmıştır. Seçilmiş parametrelerle üretilmiş numunelerin gözeneklilik değerlerinin çok da farklı olmadığı görülmüştür. Bu, her iki serme yönteminin bu açıdan birbirlerinin alternatifi olabileceği anlamına gelmektedir.

Tablo 11. Üretilmiş DYN'nin yüzey ve hacim birim ağırlıkları ve gözenekliliği

	Islak serme yöntemi ile üretilmiş DYN						Kuru serme yöntemi ile üretilmiş DYN					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<b>Numune alan birimi ağırlığı, gr/cm<sup>2</sup></b>	0,0778	0,0817	0,0967	0,0786	0,0976	0,1199	0,0716	0,0868	0,0930	0,1004	0,1028	0,1090
<b>Numune hacim birimi ağırlığı, gr/cm<sup>3</sup></b>	0,1407	0,1433	0,1341	0,1588	0,1015	0,1172	0,1504	0,1763	0,1716	0,1496	0,1534	0,1446
<b>Gözeneklilik, %</b>	82,41	82,09	83,24	80,16	87,31	85,35	81,2	77,96	78,55	81,3	80,82	81,92

#### Dokusuz yüzeylerin nem oranının ve havadan nem kazanımının tayini

Üretilmiş DYN'nin nem kazanımı ve nem oranını belirlemek için ASTM D2654 standardı esas alınmıştır. İklimlendirme kabininde kondisyonlanmış numuneler ilk ağırlıkları tespit edildikten sonra 105°C sıcaklığa ısıtılmış etüve konmuştur. Aralıklarla kuruyan numunenin ağırlığı ölçülüp üst üste 3 ölçümden de aynı sonuç alındığında test durdurulup bulunan değer kuru ağırlık ( $M_k$ ) olarak kaydedilmiştir.

Kurutulan numuneler standart şartlarda (22°C, %63 nem ortamında) bekletilerek birer saat aralıkla ağırlık ölçümü yapılmıştır. Ölçülen 3 değer aynı olduğu durumda ölçüm durdurulup son değer nemli ağırlık ( $M_n$ ) olarak kaydedilmiştir. Nem kazanımı ( $NK$ ) ve nem oranı ( $NO$ ) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$NK = \frac{M_n - M_k}{M_k} \cdot 100\% \quad \text{ve} \quad NO = \frac{M_n - M_k}{M_n} \cdot 100\%$$

Ölçümler Araştırma Dekanlığı TekTeks AG laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Islak serme ve kimyasal bağlama yöntemi ile üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin nem oranı ve nem kazanımının tayin edilmesi ile ilgili Tablo 7'de verilmiş çok faktörlü deney planı üzere gerçekleştirilmiş deneylerin hesaplanmış sonuçları Tablo 12'de ifadesini bulmuştur.

Tablo 12. Islak serme ile üretilmiş DYN'in nem oranı ve nem kazanımının tayini ile ilgili sonuçlar

	%40 nemlilik ortamında				%60 nemlilik ortamında				%80 nemlilik ortamında			
	$M_k$ , gr	$M_n$ , gr	$NO$ , %	$NK$ , %	$M_k$ , gr	$M_n$ , gr	$NO$ , %	$NK$ , %	$M_k$ , gr	$M_n$ , gr	$NO$ , %	$NK$ , %
1	1,51	1,67	9,58	10,60	1,52	1,71	11,11	12,50	1,53	1,80	15,52	18,37
2	1,47	1,62	9,26	10,20	1,49	1,66	10,24	11,41	1,47	1,74	15,00	17,65
3	1,86	2,04	8,82	9,68	1,89	2,08	9,13	10,05	1,87	2,19	14,61	17,12
4	1,46	1,60	8,75	9,59	1,47	1,63	9,82	10,88	1,46	1,71	14,62	17,11
5	1,57	1,72	8,72	9,55	1,58	1,75	9,71	10,76	1,58	1,84	14,13	16,46
6	1,40	1,54	9,09	10,00	1,40	1,57	9,83	11,14	1,42	1,64	13,41	15,49

Sonuçlar Minitab 21 programı ile işlenmiştir. Bu işlemler ile %40, %60 ve %80 RH nem düzeyinde numunelerin nem oranı ve nem kazanımı yüzdeleri ile numunede tutkal miktarı ve tutkal çözeltisinde tutkalın konsantrasyonu arasındaki bağlantı ortaya çıkarılmıştır. %40, %60 ve %80 RH nem düzeylerinde numunelerin nem oranı ve nem kazanımı değerleri Ryan-Joiner kriterine göre test edilmiş ve verilerin dağılımı normal bulunmuştur. Üretilmiş numunelerin nem oranı ve nem kazanımı ile deney faktörleri olan numunedeki TTL miktarı ve çözeltideki bağlayıcı madde konsantrasyonu arasındaki bağlantıyı ortaya çıkarmak için Tablo 13'deki verilere regresyon analiz uygulanmıştır.

%40 nem düzeyinde gerçekleştirilmiş deney sonuçlarına uygulanmış regresyon analizin neticesine göre DYN'de TTL miktarının ve bağlayıcı madde konsantrasyonunun artması numunenin nem oranının ve nem kazanımının azalmasına getirmekte, ortamın nem düzeyinin yükselmesi ise numunelerin nem oranının ve nem kazanımının yükselmesine neden olmaktadır. Benzeri sonuçlar %60 ve %80 nem düzeyleri için de doğrulanmıştır.

Kuru serme ve ısı bağlama yöntemi ile üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin nem oranı ve nem kazanımının tayin edilmesi ile ilgili Tablo 8'de verilmiş iki faktörlü deney planı üzere üretilmiş numunelere ait hesaplanmış sonuçlar Tablo 13'de ifadesini bulmuştur.

Tablo 13. Kuru serme ile üretilmiş DYN'in nem oranı ve nem kazanımının tayini ile ilgili sonuçlar

	%40 nemlilik ortamında				%60 nemlilik ortamında				%80 nemlilik ortamında			
	$M_k$ , gr	$M_n$ , gr	$NO$ , %	$NK$ , %	$M_k$ , gr	$M_n$ , gr	$NO$ , %	$NK$ , %	$M_k$ , gr	$M_n$ , gr	$NO$ , %	$NK$ , %
1	2,34	2,39	2,09	2,14	2,34	2,4	2,50	2,56	2,33	2,41	3,32	3,43
2	2,41	2,47	2,43	2,49	2,44	2,51	2,79	2,87	2,45	2,54	3,54	3,67
3	2,47	2,53	2,37	2,43	2,46	2,54	3,15	3,25	2,46	2,58	4,65	4,88
4	2,43	2,48	2,02	2,06	2,41	2,48	2,82	2,90	2,38	2,44	2,46	2,52
5	2,48	2,56	3,13	3,23	2,44	2,52	3,17	3,28	2,96	3,05	2,95	3,04
6	2,54	2,66	4,51	4,72	2,58	2,67	3,37	3,49	2,45	2,55	3,92	4,08

Sonuçlar Minitab 21 programı ile işlenmiştir. Bu işlemler ile %40, %60 ve %80 RH nem düzeyinde numunelerin nem oranı ve nem kazanımı yüzdeleri ile numunedeki tutkal miktarı ve numunenin kalınlığı arasındaki bağlantı ortaya çıkarılmıştır. %40, %60 ve %80 RH nem düzeylerinde numunelerin nem oranı ve nem kazanımı değerleri Ryan-Joiner kriterine göre test edilmiş ve verilerin dağılımının normal olduğu görülmüştür. Üretilmiş numunelerin nem oranı ve nem kazanımı ile deney faktörleri olan numunedeki TTL miktarı ve numune kalınlığı arasındaki bağlantıyı ortaya çıkarmak için Tablo 14'deki verilere regresyon analiz uygulanmıştır.

Analiz sonucu ortaya çıkmıştır ki, %40 RH nem düzeyinde her iki faktörün numunenin nem oranı ve nem kazanımına etkileri pozitifdir. Faktörlerin karışımı da söz konusu parametreleri pozitif olarak etkilemekle birlikte numune kalınlığının etkisi daha fazladır. %60 RH nem düzeyinde her iki faktörün numunelerin nem oranı ve nem kazanımına doğrusal pozitif etki ettiği ve numunedeki lif miktarının etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. %80 RH nem düzeyinde numunedeki lif miktarının numunenin nem oranı ve nem kazanımına pozitif, numune kalınlığının ise negatif etkisi görülmüştür.

#### Dokusuz yüzeylerin hava geçirgenlik testleri

Numunelerin hava geçirgenliği Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarlarındaki Prowhite markalı K008 model Hava Geçirgenlik Test Cihazı ile ölçülmüştür.

Ölçüm TS 391 EN ISO 9237 test standardına uygun şekilde yapılmıştır. Numuneler 10cm çapında kesilip hazırlandıktan sonra test standartlarına göre iklimlendirme kabiniinde normal ortam şartlarında kondisyonlanmıştır. Daha sonra numuneler cihazın üzerinde bulunan 20cm<sup>2</sup>'lik standart numune tutucu ile tutulur. Cihazda 500 Pa'a kadar basınç düşümü sağlanabilir. Hava geçişi dm/dk cinsinden kaydedilir. Cihaz elektronik kontrollüdür. Ortalama 20sn sonunda ölçümü yapılan numunenin hava geçirgenlik değeri ölçüldükten sonra elektronik ekrandan değeri okunur. Doğruluk payını artırmak için her bir numunenin 3 farklı yerinden ölçümler yapılarak bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır. Tasarlanmış iki faktörlü deney planlarına göre Islak ve kuru serme yöntemleri ile üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 14'e aktarılmıştır.

Serme yöntemleri üzere DYN'nin hava geçirgenliği sonuçlarının normal dağıldığı Ryan-Joiner testine göre tespit edilmiştir. Sonuçlara regresyon analizi uygulanmış ve üretim faktörlerinin numunelerin hava geçirgenliğini nasıl etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Analiz için istatistiksel işlemler Minitab-21 programı ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 14. Üretilmiş DYN'nin hava geçirgenlik testi sonuçları

	Test numuneleri					
	1	2	3	4	5	6
<b>Islak serme ile üretilmiş DYN, mm/s</b>	43	38	37	49	49	42
<b>Kuru serme ile üretilmiş DYN, mm/s</b>	149	113	85	123	82	52

Islak serme ile üretilmiş DYN'nin hava geçirgenliği numunedeki lif miktarının artmasıyla düşmekte, çözültedeki bağlayıcı madde kansantrasyonunun artması ile yükselmektedir. Kuru serme ile üretilmiş DYN'nin hava geçirgenliği numunedeki lif miktarının ve numune kalınlığının artması ile düşmektedir. Her iki durumda numunedeki lif miktarı hava geçirgenliğini daha fazla etkilemektedir.

### 3. Tavuk Tüylerinden Keratin Elde Edilmesi İş Paketi

Tavuk tüylerinin yaklaşık olarak %91'ini oluşturan keratin, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve biyoyumluluk özelliklerine sahip ve toksik olmayan maddedir. Keratinde yaklaşık 20 civarında amino asit çeşitleri bulunmaktadır. Bu amino asitler, peptit bağları aracılığıyla birbirine bağlanır ve hidroksil grubu, karboksilik gruplar, amino grubu, tiol grubu ve aromatik grup gibi farklı reaktif bölgeler içerir. Ek olarak, keratin zincirlerindeki amino asitler; hem molekül içi hem de moleküller arası disülfür bağları, iyonik bağlar, hidrojen bağları veya hidrofobik bağlarla etkileşime girerler. Bu özellikler, keratinin su, zayıf asitler ve bazlar gibi polar çözücülerde çözünmesini güçleştirmektedir. Keratinin amino asitlerin dizilimlerine göre değişen  $\alpha$  ve  $\beta$  olmak üzere iki farklı türü bulunmaktadır. Tavuk tüyünün sap kısmı, daha çok sert yapıda  $\beta$  keratinden oluşurken, tüy lifi daha çok sarmal yapıdaki  $\alpha$  keratinden oluşmaktadır. Bu yapısal farklılıklar tavuk tüyünden keratin ekstraksiyonunu etkilemektedir (Pourjavaheri vd., 2019). Bu nedenle tüyden, tüy lifinden ve tüy sapından elde edilen keratinden üretilecek nanoliflerin özellikleri de farklılık göstermelidir. Proje kapsamında tavuk tüyü lifleri ve tavuk tüyü sapından ayrı ayrılıkta keratin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Keratin ekstraksiyonu iki aşamadan oluşan bir süreçtir.

*Hazırlık aşamasında* tüylreden elde edilmiş lif ve sap materyalinin her birinden alınmış örnekler ufalanmış, ağırlığı ölçülmüştür.

*Tavuk tüyü liflerinden keratin ekstrakte edilmesi aşamasında* Tablo 15'de verilmiş yöntem izlenmiştir.

Tablo 15. TTL'den keratin ekstrakte edilmesinin yöntem basamakları

Basamaklar	İşlemler
<b>1. Basamak</b> (Islanma)	100 ml saf suda 2,5 gr NaOH çözdürülmüştür. 2,5 gr TTL bu çözeltide 70°C sıcaklık ortamında 60 dakika mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır (şekil 13a). Sıcaklığı elde etmek için karıştırıcının altına manyetik ısıtıcı tabla yerleştirilmiştir. Çözeltinin pH'ı ölçülmüş ve 14 olduğu görülmüştür (şekil 13b).
<b>2. Basamak</b>	Islanma aşamasından sonra tavuk tüylerini çözmek için özel karışım hazırlanmıştır. Bu karışıma aşağıdaki maddeler dahil edilmiştir: 48,04 gr üre, 9,5 gr SMS, 5.76 gr SDS, 100 ml saf su.
<b>3. Basamak</b>	Hazırlanmış çözeltiye ıslanmış TTL dahil edilerek 70°C sıcaklıkta 5 dakika karıştırıldıktan sonra pH ölçülmüş ve 7 olduğu görülmüştür. 0,025 konsantrasyonlu NaOH çözeltisi ile pH değeri 10'a yükseltildikten sonra aynı sıcaklıkta 3 saat mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Karıştırıcının dönme hızı 1000 dak <sup>-1</sup> teşkil etmiştir.
<b>4. Basamak</b>	3 saat sonra TTL'nin çözüldüğü görülmüş ve çözelti süzgeçten geçirilmiştir. (Süzgeç parametresi: 64 gözcük/cm <sup>2</sup> ). Süzgeçten geçirilmiş çözelti 4000 dak <sup>-1</sup> hızla 15 dakika santrifüjde çöktürülmüştür (şekil 13c).
<b>5. Basamak</b>	Çöktürülmüş keratin beher içerisine alınarak saf suda 3 gün yıkanmıştır. Beherdeki su gün içinde 2 kez değiştirilmiştir.
<b>6. Basamak</b>	Beherin dibine çöken keratin petri kabında ETÜV'e yerleştirilerek 40°C sıcaklıkta kurutulmuştur (şekil 13d).
<b>6. Basamak</b>	Kurutulmuş keratin tartılmış ve keratin verimliliği aşağıdaki formül üzere hesaplanmıştır: $V_{filtr} = \frac{P_{lif} - P_{ker}}{P_{lif}} \cdot 100\%$ <p>Burada <math>P_{lif}</math> ve <math>P_{ker}</math> – sırasıyla işleme dahil edilen lif ve elde edilen keratinin ağırlığıdır.</p>

İşlemler Araştırma Dekanlığı TekTeks AG laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla MS300HS marka manyetik ısıtıcı tabla ve DLab OS20-Se marka mekanik karıştırıcı (Şekil 14a), HANNA Edge markalı pH Metre (Şekil 14b), DLab DM0424 marka santrifüj (Şekil 14c) ve Mikrotest marka ETÜV kullanılmıştır.



Şekil 17

Şekil 14. Tavuk tüyü materyallerinden keratin ekstrete edilmesi

Tavuk tüyü sapından keratin ekstrete edilmesi de aynı şema üzere gerçekleştirilmiştir. Sadece kimyasalların miktarı ve işlem sürelerinde farklılık olmuştur. İşlemlerin 1. Basamağında 2,5gr tüy sapı materyalinin ıslanması aynı çözelti ve sıcaklıkta 90 dakika sürmüştür. 3. Basamakta aynı çözeltide pH 12 seviyesinde sap materyaline 2,5 saat işlem uygulanmıştır. Çözülmüş sap materyalinden keratin elde edilmesi yine aynı şema üzere devam ettirilmiştir.

#### 122M485 Tübitak 1001 Projesi Kapsamında Alınan Cihazlar

1. Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı 500 ml/ BOROSİL/ 3840020/1
2. Masaüstü Bilgisayar (LENOVO IDEACENTRE 3/1)
3. Santrifüj cihazı/ Thermomac/ TMC815/1
4. Rotary Evaporator Yatay Tip/ Thermomac/ RE1000L - Dijital Döner Buharlaştırıcı/1
5. pH metre/Horiba LAQUA-PH1500-SS pH/ORP/1
6. Mekanik karıştırıcı/Weightlab/ WF-Od20/1

---

## 2. ARAŞTIRMA GRUBU BÜNYESİNDE DEVAM EDEN DİĞER PROJE FAALİYETLERİNİN DURUMU

---

Araştırma grubu bünyesinde tahsise konu olan proje dışında yürüten diğer projelerin ilerleyişi hakkında bilgi verilmelidir.

- TekTeks Araştırma Grubu bünyesinde **FBA-2022-11711 kodlu GAP projesi** (At Kılından Kompozit Malzemelerin Geliştirilmesi, Proje Yürütücüsü: Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ) 28.09.2023 tarihinde tamamlanmıştır. İlgili proje kapsamında yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

### At Kılından Kompozit Malzemelerin Geliştirilmesi

Bu projede, belirli bir kısmı atıl durumda olan, doğada çözünmesi uzun süren at kıllarının takviye malzemesi olarak kullanılması ile kompozitlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Projede, ilk olarak atların kuyruk ve yele kıllarının yapısal, fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda kuyruk ve yele kıllarının yoğunluğunun birbirinden farklı olduğu ve sırasıyla 1.34 g/cm<sup>3</sup> ve 1.29 g/cm<sup>3</sup> civarında olduğu bulunmuştur. Ayrıca kuyruk tüylerinin yeleden daha kalın olduğu ve ortalama çaplarının 227,4 µm ve 168,2 µm olduğu tespit edilmiştir. Mekanik test sonuçlarına göre 14,48 N/tex olan kuyruk kıllarının ortalama kopma mukavemeti, 13,00 N/tex olan yele kıllarının ortalama mukavemetinden istatistiksel olarak daha büyük bulunmuştur. FE-SEM sonuçları, at kılıının tıpkı diğer hayvan lifleri gibi kütikül, korteks ve medulla katmanlarına sahip olduğunu göstermiştir.

Projenin ikinci kısmında jüt lifi üzerine iğneleme yöntemi ile tutturulmuş kesikli at kılları LLDPE ve epoksi reçineye takviye malzemesi olarak kullanılmıştır. LLDPE'li kompozitler için takviye malzemesi NaClO ve NaOH ile muamele edilmiştir. Liflerin yüzey modifikasyonu ve PE-g-MA'nın yapıya dahil edilmesi, matris ile lif arasında mekanik kenetlenmeyi sağladığı, böylece uyumu ve yapışma derecesini artırdığı anlaşılmıştır. Yapıya PE-g-MA filminin eklenmesi ile çekme mukavemeti yaklaşık %26 civarında iyileşmiştir.

Çalışmanın üçüncü kısmında ise, at kılından dokunan kumaşların takviye edilmesi ile üretilen LLDPE ve epoksi esaslı kompozitlerin çeşitli özellikleri incelenmiştir. Kumaş numuneleri atkı demetindeki tel sayısı, atkı sıklığı ve kumaş türü açısından çeşitlendirilmiştir. LLDPE'li kompozitlerin üretimi için referans numune hariç kumaşlar EVA ile kaplanmıştır. Atkı sıklığı 146 tel/cm olan CP2020 kodlu numune 32,62 MPa'lık kopma mukavemeti ile en yüksek kopma direnci göstermiştir. Epoksi matrisli kompozitlerin üretiminde kumaşlar NaClO ile ön işleme tabii tutulmuştur. İşlem sonrası yüzeydeki safsızlıkların büyük oranda uzaklaştığı ve yüzeyin pürüzsüzleştiği görülmüştür. P2020 kodlu NaClO ile işlenen numunenin kopma mukavemeti UP2020 kodlu işlemsiz numuneden kopma mukavemetinden daha yüksek çıkmıştır. Dime kumaş takviyeli E-T2020 kodlu numune ile en yüksek kopma mukavemetine (55,75 MPa), en yüksek kopma uzamasına (%6,54) ve en yüksek elastik modüle (2 GPa) ulaşılmıştır.

- FBA-2023-13091 kodlu "Keratin esaslı nano yüzey içeren çok katmanlı ses yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi" konulu GAP projesi (Proje Yürütücüsü: Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ) 19.10.2023 tarihinde yürütülmeye başlanmıştır ve devam etmektedir.



### 3. 2023 YILI İÇERİSİNDE ÜNİVERSİTENİN STRATEJİK PLAN AR-GE HEDEFLERİNE SUNULAN KATKI

Laboratuvar ve/veya ofis alanı tahsis edilen Araştırma Gruplarının Üniversite Stratejik Planı Ar-Ge hedef kartlarında yer alan performans göstergelerine katkı sunacak nitelikli bilimsel yayın, proje, patent vb. gibi bilimsel çıktılar üretmesi beklenir. (*Argepark Laboratuvar Ve Ofis Alanı Tahsisine İlişkin Usul Ve Esaslar Madde 15*)

Bu kapsamda Üniversitemiz 2022-2026 Stratejik Planına sunduğunuz katkıları belirtiniz.

#### *Araştırma kapasitesinin artırılması (2022-2026 Stratejik Plan Hedef (H2.1)):*

Üniversitemiz 2022-2026 Stratejik Plan Hedef (H2.1) içerisinde bulunan WOS Veri tabanında bulunan indeksli dergilerde aşağıdaki yayınlar 2023 yılı için yapılmış olup, 2024 yılı için yayınlar hazırlanmaktadır. Ayrıca 2023 yılı içerisinde 2 adet bildiri Uluslararası Kongrelerde sunulmuştur.

#### **Yayınlar:**

1. An Approach for the Dyeing of Horsehair with Herbal Sources, BAHTİYARİ M. İ., BENLİ H., ÜSTÜNTAĞ S., Aydınlioğlu Ö., PAŞAYEV N., *Fibers and Polymers* , cilt.24, sa.1, ss.309-319, 2023 (SCI-Expanded)
2. Physical, thermal and mechanical properties of horse tail and mane hairs, *Research Journal of Textile and Apparel*, doi: 10.1108/RJTA-08-2023-0080 (Basım aşamasındadır, Kabul tarihi: 30 Kasım 2023) (SCI-Expanded)

#### **Bildiriler:**

1. At Kılı/Jüt Lifi Takviyeli Epoksi Esaslı Kompozit Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Üstüntağ S., Paşayev N., Polat G., 10 th International Congress On Life, Engineering, and Applied Sciences in a Changing World, İzmir, Türkiye, 12 - 14 Ağustos 2023, ss.18-25.
2. Yüksek Termal Konforlu Yatak Kumaşları İçin Mikrokapsüllenmiş Faz Değiştiren Malzemelerin Geliştirilmesi, Sapanıcı B., Üstüntağ S., Güneşoğlu C., 9. Uluslararası Erciyes Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 17 - 18 Temmuz 2023, ss.153-154.

#### *Araştırma kalitesinin artırılması (2022-2026 Stratejik Plan Hedef (H2.2)):*

Tekteks Araştırma Gurubu H2.2 performans göstergesine, 2023 yılı dahilinde 2 adet SCI-Expanded indeksli yayın, 2 adet uluslararası bildiri ve 1 adet yüksek lisans tezi ile katkıda bulunmuştur.

#### *Araştırma işbirliğinin artırılması (2022-2026 Stratejik Plan Hedef (H2.3)):*

TeksTeks araştırma grubu lideri Dr. Öğr. Üyesi Sümeyye ÜSTÜNTAĞ' danışmanlığında tamamlanan "Isıl Düzenleme Özelliği İyileştirilmiş Örme Yatak Kumaşlarının Geliştirilmesi" adlı yüksek lisans tezi 1501-TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı Tarafından 321049 kodlu proje ile desteklenmiştir. Ayrıca ilgili tez Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr Cem Güneşoğlu'nun ikinci danışman olarak iştiraki ile tamamlanmıştır. İlgili tez kapsamı ile Üniversite-Sanayi ve Üniversite-Üniversite iş birliğinin arttırılmasına katkı sağlanmıştır.

---

#### 4. BİR SONRAKİ DÖNEMDE YAPILMASI PLANLANAN ÇALIŞMALAR

---

2024 yılı içerisinde proje kapsamında yapılması planlanan çalışmalar ve elde edilmesi öngörülen bilimsel çıktılar hakkında bilgi verilmelidir.

Tekteks Araştırma Grubu, Bölüm 2' de belirtilen ve devam etmekte olan 1 adet BAP ve 1 adet Tübitak 1001 projesinden elde edilecek çıktılar ile üniversitemizin 2022-2026 Stratejik Planına indeksli yayınlar ile katkı sunmaya devam edecektir. Ayrıca tamamlanan FBA-2022-11711 kodlu GAP projesi kapsamında 2024 yılı için 3 adet makale yazılması planlanmaktadır. Bölüm 3'te belirtilen yüksek lisans tezi kapsamında 1 adet makale yazılmış olup, kabul sürecindedir.