



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI BESİ ORTAMI VE YÜZEY-HACİM ORANLARI KULLANILARAK
BAKTERİYEL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

HAZIRLAYAN

NEJLA AŞIK

DANIŞMAN

DOÇ. DR. GÖKHAN GÜNDÜZ

BARTIN-2016



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI BESİ ORTAMI VE YÜZEY-HACİM ORANLARI KULLANILARAK
BAKTERİYEL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

Nejla AŞIK

JÜRİ ÜYELERİ

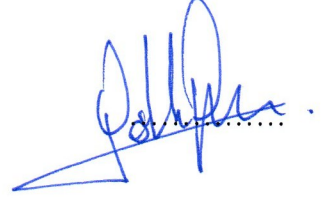
Danışman	:	Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ	-	Bartın Üniversitesi
Üye	:	Doç. Dr. Süleyman KORKUT	-	Düzce Üniversitesi
Üye	:	Doç. Dr. Deniz AYDEMİR	-	Bartın Üniversitesi

BARTIN-2016

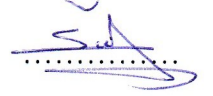
KABUL VE ONAY

Nejla AŞIK tarafından hazırlanan ‘FARKLI BESİ ORTAMI VE YÜZEY-HACİM ORANLARI KULLANILARAK BAKTERİYEL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU’’ başlıklı bu çalışma, 02/06/2016 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ (Danışman)



Üye : Doç. Dr. Süleyman KORKUT



Üye : Doç. Dr. Deniz AYDEMİR



Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun/...../20... tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

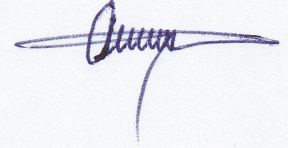
Doç. Dr. H. Selma ÇELİKİYAY
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ danışmanlığında hazırlamış olduğum “FARKLI BESİ ORTAMI VE YÜZEY-HACİM ORANLARI KULLANILARAK BAKTERİYEL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU” adlı Yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

02.06.2016

Nejla AŞIK



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren çok kıymetli Hocam Sayın Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında değerli tavsiyelerini ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Deniz AYDEMİR'e ve tez savunmama katılan Sayın Doç. Dr. Süleyman KORKUT'a teşekkür etmeyi borç bilirim.

Çalışmamın laboratuvar aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hüseyin SİVRİKAYA ve Sayın Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ'ye teşekkür ederim.

Deney çalışmalarımda bilgilerinden faydalandığım Arş. Gör. Ahmet CAN'a ve yardımlarından dolayı Dr. Esra ERBAŞ KIZILTAŞ'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmayı, ülkemizin bölünmez bütünlüğünü koruyan gazi ve şehitlerimize ithaf ediyorum.

Nejla AŞIK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI BESİ ORTAMI VE YÜZEY-HACİM ORANLARI KULLANILARAK BAKTERİYEL SELÜLOZ ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Nejla AŞIK

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ

Bartın - 2016, sayfa: XVI + 59

Bu çalışmada, farklı derinlik ve hacimlerde 2 ayrı besi ortamı kullanılarak bakteriyel selüloz (BS) üretimine olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, ATCC'den temin edilen *Gluconacetobacter hansenii* (ATCC® 23769™) ve piyasadan temin edilen havuç materyalleri kullanılmıştır. Karşılaştırma olarak BS üretiminin standart besi ortamı olan Hestrin ve Schram (HS) kullanılmıştır. Hazırlanan iki farklı besi ortamlarına (HS ve havuçtan elde edilen besi ortamı) *Gluconacetobacter hansenii* bakterisi ilave edilerek 10 gün bekletilmiştir.

Oluşan BS tabakalarının morfolojik özellikleri SEM ile incelenmiştir. Su tutma kapasitesi (STK) BS-H 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacim miktarları için sırasıyla; 38.60, 35.38, 36.35 ve 37.28 olarak bulunmuştur. BS-Kontrol 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacimlerindeki verimi ise sırasıyla; 69,07, 77,05, 71,17 ve 55,77 olarak bulunmuştur.

Selüloz verimleri BS-H 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacim miktarlarındaki verimi sırasıyla; 1,19 g, 1,35 g, 1,33 g, ve 1,21 g olarak belirlenmiştir. BS-Kontrol 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacimlerindeki verimi ise sırasıyla; 0,61 g, 0,51 g, 0,63 g, ve 0,65 g olarak belirlenmiştir.

Diğer taraftan, termal analiz sonuçlarına göre elde edilen BS'lerin, DTG_{max} pik değerleri ve $T_{\%50}$ değerleri genellikle $330^{\circ}C - 370^{\circ}C$ arasında olduğu belirlenmiştir.

XRD sonuçlarına göre BS-H ve BS-K kristal indekslerinin sırasıyla; % 77 - %87 ve 78 - 86 arası olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal bağ yapısının literatür ile karşılaştırıldığında uyumlu sonuçlar gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Bakteriyel selüloz; Havuç; TGA; FT-IR; TGA; XRD

Bilim Kodu

502.15.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF BACTERIAL CELLULOSE WITH DIFFERENT NUTRIENT SOURCE AND SURFACE – VOLUME RATIOS

Nejla AŞIK

Bartın University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Forest Industrial Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Gökhan GÜNDÜZ

Bartın - 2016, pp: XVI + 59

In this research, commercially available, carrot juice was explored as alternative feedstock for production of bacterial cellulose (BC) by *Gluconacetobacter hansenii* (ATCC® 23769™). Two types of culture media were used: Hestrin–Schramm and the carrot juice medium and these culture media were incubated statically for 10 days.

The effect of the different volumes of media on the microbial process and the utilization of the substrates by the bacteria, were also examined. The produced BC was analyzed using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), thermogravimetric analysis (TGA), and Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR).

The water holding capacity (WHC) did not vary greatly with 210 mL (38.6 %), 310 mL (35.4 %), 360 mL (36.4 %) and 410 mL (37.3 %) of carrot juice media, however the WHC of 310 mL HS media (77.1 %), actually achieved a greater WHC, compared to 410 mL of HS media (55.8 %). BC produced in the carrot juice media showed higher yields than cellulose produced in HS media, with values of 1.19 g, 1.35 g, 1.33 g and 1.21 g for media with 210 mL, 310 mL, 360 mL and 410 mL, respectively. According to XRD and TGA results, there were no significant differences in the crystallinity and thermal stability of

cellulose produced between HS and the carrot juice medium. FT-IR of BC from HS and carrot juice medium also demonstrated a similar spectrum to alpha cellulose and microcrystalline cellulose.

Key Words

Bacterial cellulose; carrot; TGA; FT-IR; TGA; XRD

Science Code

502.15.01



İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
BEYANNAME.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
ÖNSÖZ.....	i
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
 BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER	 1
1.1 Giriş	1
1.2 Çalışmanın Amacı	7
1.3 BNS Kullanım Alanları	7
1.4 Bakteriyel Selüloz ve Biyosentezi.....	10
1.5 Üretim Yöntemleri.....	11
1.6 Bakteriyel Selüloz Üretiminin Geleceği ve Perspektifler.....	17
 BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT	 19
2.1 Materyal.....	19
2.2 Metot.....	20
2.2.1 Canlandırma işlemi.....	20

	<u>Sayfa</u>
2.2.2 Stok kültürünün hazırlanması (SK)	20
2.2.3 Çalışmada Kullanılan Bakteriyel Selülozun Üretimi	21
2.2.4 Deney Setlerinin Hazırlanması.....	21
2.2.5 Bakteriyel Selülozun Eldesi, Yaş – Kuru Ağırlığının, Veriminin ve Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi	22
2.2.6 SEM Analizi	24
2.2.7 TGA Analizi	24
2.2.8 FT-IR Analizi	24
2.2.9 XRD Analizi.....	24
BÖLÜM 3 BULGULAR.....	26
3.1 Verime İlişkin Bulgular	26
3.2 BS-H SEM Analizine İlişkin Bulgular	29
3.3 BS-Kontrol SEM Analizine İlişkin Bulgular	35
3.4 TGA Analizine İlişkin Bulgular	41
3.5 FT-IR Analizine İlişkin Bulgular	44
3.6 XRD Analizine İlişkin Bulgular	46
BÖLÜM 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1: Bakteriyel selülozun anilin polimerizasyonu ile ilgili şematik gösterim	2
2: Selülozun büyükten küçüğe akış diyagramı.....	5
3: Kristalin selülozun kimyasal yapısının moleküller arası ve moleküller içi hidrojen bağlarının şematik gösterimi.....	5
4: Küp halinde doğranmış Nata de Coco (URL-2).....	6
5: Şekil 5: Yaralı vücut (a) ve yüze (b) uygulanmış bakteriyel selüloz)	9
6: Bakteriyel selülozdan imal edilen maske örneği.....	10
7: Bakteriyel selülozun biyosentezinin basitleştirilmiş akış diyagramı	11
8: Bakteriyel selülozun statik kültür ile üretimi	12
9: 50 l'lik Air lift biyoreaktörü.....	13
10: Bakteriyel selülozun dönen disk biyoreaktöründeki (DDB) sentezi	13
11: (a) 5 l'lik karıştırmalı tanklı biyoreaktör ile (b) 2 spin filitreli karıştırmalı tanklı biyoreaktör ile karşılaştırılması.	14
12: 50 l'lik küresel kabarcık sütunlu (Fluidized Bed) biyoreaktörü	15
13: Karıştırmalı tank biyoreaktörü	16
14: ATCC'den temin edilen <i>Gluconacetobacter hansenii</i> (Gossele et al.) Yamada et al. (ATCC® 23769™) kültürü	19
15: Deneylerde kullanılan havuç	19
16: Bir haftalık bekleme süresi sonrasında canlandırma işlemi sonucunda oluşan BS tabakası ve stok kültürü	21
17: Dondurularak kurutulmuş BS-H örneği	23
18: Dondurularak kurutulmuş BS-Kontrol örneği	23
19: Havuç besi ortamında elde edilen yaş BS örneği.....	28
20: Deneylerde kullanılan havuç besi ortamından elde edilen yaş BS örnekleri	28
21: Deneylerde kullanılan havuç besi ortamından elde edilen yaş BS tabakası	29
22: Deneylerde kullanılan havuç besi ortamından elde edilen BS tabakalarının yaş ağırlıkları tartılarak dondurucuya alınmadan önceki hali.....	29
23: 210 ml BS-H için SEM Analizi (x 30000).....	30
24: 210 ml BS-H için SEM Analizi (x 50000).....	30
25: 210 ml BS-H için SEM Analizi (x 200000).....	31

Şekil	Sayfa
No	No
26: 310 ml BS-H için SEM Analizi (x 30000).....	31
27: 310 ml BS-H için SEM Analizi (x 50000).....	31
28: 310 ml BS-H için SEM Analizi (x 200000).....	32
29: 360 ml BS-H için SEM Analizi (x 30000).....	33
30: 360 ml BS-H için SEM Analizi (x 50000).....	33
31: 360 ml BS-H için SEM Analizi (x 200000).....	34
32: 410 ml BS-H için SEM Analizi (x 30000).....	34
33: 410 ml BS-H için SEM Analizi (x 50000).....	35
34: 410 ml BS-H için SEM Analizi (x 200000).....	35
35: 210 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 30000)	35
36: 210 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 50000)	36
37: 210 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 200000)	37
38: 310 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 30000)	37
39: 310 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 50000)	38
40: 310 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 200000)	38
41: 360 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 30000)	39
42: 360 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 50000)	39
43: 360 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 200000)	40
44: 410 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 30000)	40
45: 410 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 50000)	41
46: 410 ml BS-Kontrol için SEM Analizi (x 200000)	41
47: BS numunelerine ait TGA grafiği	42
48: BS numunelerine ait DTG grafiği	43
49: BS-H için FT-IR analizi grafiği	45
50: BS-Kontrol için FT-IR analizi grafiği.....	46
51: BS-H için XRD analizi grafiği.....	47
52: BS-Kontrol için XRD analizi grafiği	48
53: Yaş - Kuru ağırlık analizi.....	49
54: BS kuru madde verim analizi.....	50
55: BS su tutma kapasitesi analizi.....	51

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
1: Çeşitli malzemelere ait olan young modülü değerleri (GPa)	3
2: Çeşitli malzemelere ait olan young modülü değerleri (GPa)	4
3: Bakteriyel selüloz (BS) kompozitleri ve kullanım alanları	8
4: Bakteriyel selüloz üretim yöntemleri ve karşılaştırmaları	12
5: Bakteriyel selüloz üretiminde <i>G. medellensis</i> 'in HS ortamında farklı karbon kaynakları ile modifiye edilmiş ortamına ilişkin verim değerleri.....	17
6: BS verim değerleri (kuru ağırlığa göre)	26
7: BS'a ait yaş - kuru ağırlık değerleri	27
8: BS'a ait su tutma kapasite değerleri.....	27
9: TGA değerlerine ilişkin sıcaklık değerleri.....	43
10: BS-H için FT-IR analizi pik değerleri.....	45
11: BS-K için FT-IR analizi pik değerleri.....	46
12: Farklı selüloz kaynaklarına ait olan (%) kristal indeksi değerleri.....	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

ml	: Mililitre
nm	: Nanometre
G	: Gram
Kg	: Kilogram
mm	: Milimetre
L	: Litre
mBar	: Mili Bar
mg	: Miligram
kV	: Kilowatt
µm	: Mikrometre
Cm	: Santimetre
M	: Metre
Å	: Anstrom
g/l	: Gram/litre
Dk	: Dakika
ml/dk	: Mililitre/ dakika
mA	: Mili amper

KISALTMALAR

BS	: Bakteriyel Selüloz
BNS	: Bakteriyel Nanoselüloz
BC	: Bakteriyel Selüloz
HS	: Hestrin ve Schramm
SK	: Stok Kültür
KOBİ	: Küçük ve Orta Bütçeli İşletmeler
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning electron microscopy)
FTIR	: Kızıl Ötesi Işını Analizi (Fourier transform infrared spectroscopy)

TGA	: Termogravimetrik Analiz (Thermogravimetric Analysis)
XRD	: X- Işını Kırınım Analizi (X- Ray Diffraction)
UDPGlc	: Üridin Difosfoglukoz
DDB	: Dönen Disk Biyoreaktörü
LH	: Laminar Hood
FREEZE-DRY	: Dondurarak Kurutma
STK	: Su Tutma Kapasitesi
BS-H	: Bakteriyel Selüloz-Havuç
BS-Kontrol	: Bakteriyel Selüloz-Kontrol
P	: Fosfor
MFC	: Mikro Fibril Selüloz
NFC	: Nano Fibril Selüloz
CNC	: Selüloz Nano Kristalin
UV	: Ultraviyole Işığı

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER

1.1 Giriş

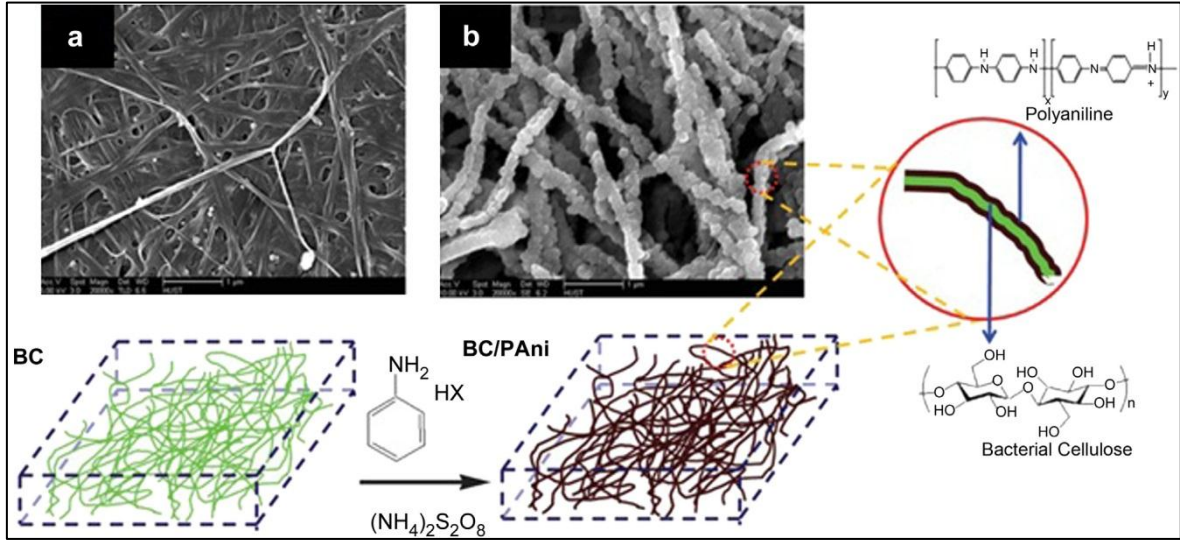
Bakteriyel nanoselüloz (BNS) kullanım alanı bakımından gelişen ve kendine özgü özellikleri olan bir nano malzemedir. BNC çeşitli bakteriler tarafından üretilmektedir, bunlar arasında en önemlisi 1886 yılında A. J. Brown tarafından keşfedilen gram-negatif ve asetik asit bakterileri ile gruplanan α -proteobakterisi olan *Acetobacter xylinum*'dur. Bu suş uzun yıllar bu isimle adlandırıldıktan sonra ATCC laboratuvar suşu olan ATCC 23769 olan ve günümüzde ismi *Gluconacetobacter hansenii* olarak değiştirilmiş olan türdür (Iyer vd., 2010; Gama vd., 2013).

Bu bakteriler, şekerler ve bitkisel karbonhidratların sentezinin olduğu her yerde bulunabilir. Buna örnek olarak, çürüyen meyvelerin yüzeyleri ve pastörize edilmemiş ve sterilize edilmemiş olan meyve suları verilebilir.

BNS, odundan üretilen nanoselüloz ile moleküler ve morfolojik bakımdan benzerlik göstermektedir. Diğer taraftan, bitkilerin ürettiği selülozda bulunan hemiselüloz ve lignin bakterilerin ürettiği saf haldeki selülozda bulunmaz. Geniş yüzey alanı ve hidrofilik yapısından dolayı bakterilerin ürettiği selüloz nanofibriller yüksek düzeyde su tutma kapasitesine sahiptir bu da onları kuvvetli bir hidrojel yapmaktadır. BNS tekstil ürünler, kozmetik, gıda ve sağlık alanlarında geniş bir kullanım alanı bulmuştur.

Bu kullanımında özellikle tıp ve eczacılık gibi alanlarda son yıllarda önemli çalışmalar yapılmaktadır. BNS toksik olmayan hidrojel yapısı ve iyi derecede olan mekanik özelliklerinden dolayı özellikle, (biyosentezi sırasında kazandırıldığı 3 boyutlu tüp şeklindeki yapısından dolayı) yapay damar yapımı, hidroksiapatit ile kemik dokusunun iyileştirilmesi, eklem protezleri ve yanık tedavisi, yara bantları, kozmetik ve ses dalgalarını uygun oranda iletmesinden dolayı özellikle akustik zar olarak kullanabilmektedir (Wan vd., 2007; Svensson vd., 2005; Putra vd., 2009; Fu vd., 2013; Jonas ve Farah, 1998; Ioelovich, 2013; Gama vd., 2013; Hu vd., 2014).

Hidrojel – Bakteriye selüloz yapımı Şekil 1’de gösterilmiştir (Qazi vd., 2014).



Şekil 1: Bakteriye selülozün anilin polimerizasyonu ile ilgili şematik gösterim. (BC Hidrojel. (a) ve (b) BS özü olan ve dışı Polianilin (PAni) ile kaplanmış SEM görüntüsü.

Polimer kompozit malzeme yapımında ise bu malzemelerin fiziksel, mekanik, teknolojik özelliklerini geliştirmek ve maliyetleri düşürmek amacıyla dolgu maddeleri kullanılmaktadır.

Bakteriye selüloza ait olan elastikiyet modülünün (Young Modülü) 35-90 nm genişliğindeki fibriller dikkate alındığında 75±15 GPa, bir başka çalışmada ise 114 GPa olduğu belirlenmiştir (Guhados vd., 2005; Hsieh vd., 2008). Diğer taraftan, 170 nm çapındaki liyosel (ağaç hamurunun N-Metilmorfolin N-oksit içinde çözülüp spinlenerek elde edilen lif) liflerinin young modülünün 93 GPa olduğu hesaplanmıştır (Cheng ve Wang, 2008). Eichhorn ve Young (2001) ise yaptıkları bir araştırmada mikrokristalin selüloza ait olan young modülünün 25±4 GPa dolaylarında olduğunu bulmuşlardır.

Çeşitli malzemelere ait olan young modülü değerleri (GPa) ise Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilmiştir (URL-1, 2003).

Tablo 1: Çeşitli malzemelere ait olan young modülü değerleri (GPa).

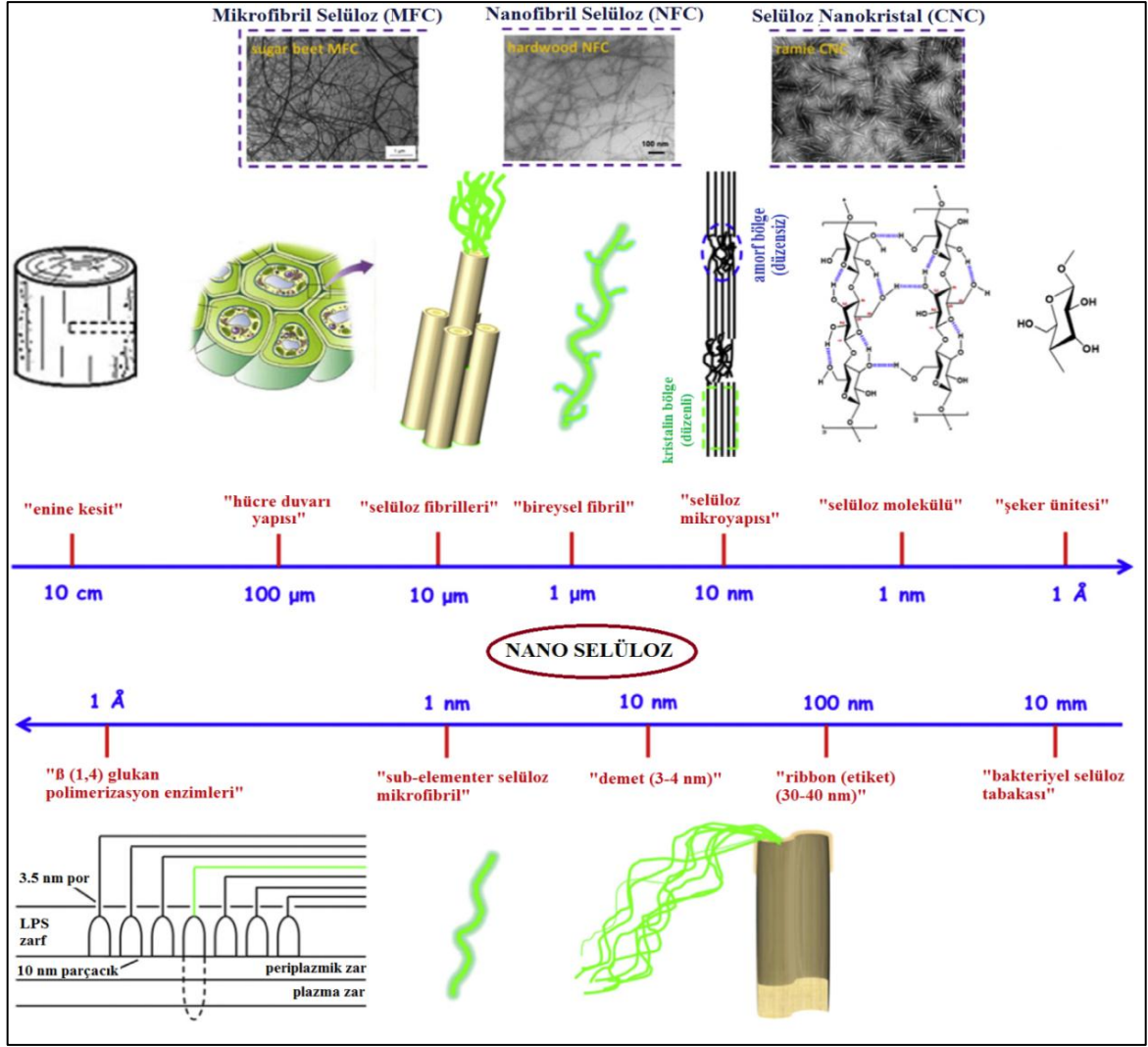
MALZEMELER	KATKI	MATERYALLER	YOUNG MODÜLÜ DEĞERLERİ
Metaller	Fe Katkılı	Dökme Demir	165-180
		Karbon Çeliği	200-215
		Düşük Alaşımlı Çelik	201-217
		Paslanmaz Çelik	189-210
	Fe Katkısız	Alüminyum Alaşımları	68-82
		Bakır Alaşımları	112-148
		Kurşun Alaşımları	12.5-15
		Magnezyum Alaşımları	42-47
		Nikel Alaşımları	190-220
		Titanyum Alaşımları	90-120
		Çinko Alaşımları	68-95
Seramikler	Camlar	Borosilikat Camı	61-64
		Seramik Camı	64-110
		Silis Camı	68-74
		Sodakalsik Camı	68-72
	Gözenekli	Tuğla	10-50
		Beton (tipik)	25-38
		Taş	6.9-21
	Teknik	Alümina	215-413
		(Alüminyumoksit)	302-348
		Alüminyum nitrür	400-472
		Bor karbürü	140-155
		Silikon	300-460
		Silisyum karbür	280-310
		Silisyum nitrür	600-720
		Tungsten karbür	
Kompozitler	Metal	Alüminyum/Silikon karbür	81-100
	Polimer	(CFRP)*	69-150
		(GFRP)**	15-28
Doğal	Doğal Malzemeler	Bambu	15-20
		Deri	0.1-0.5
		Odun (//)	6-20
		Odun ($\perp$)	0.5-3

*Karbon fiber takviyeli plastik(CFRP), **Cam lifi takviyeli plastik (GFRP)

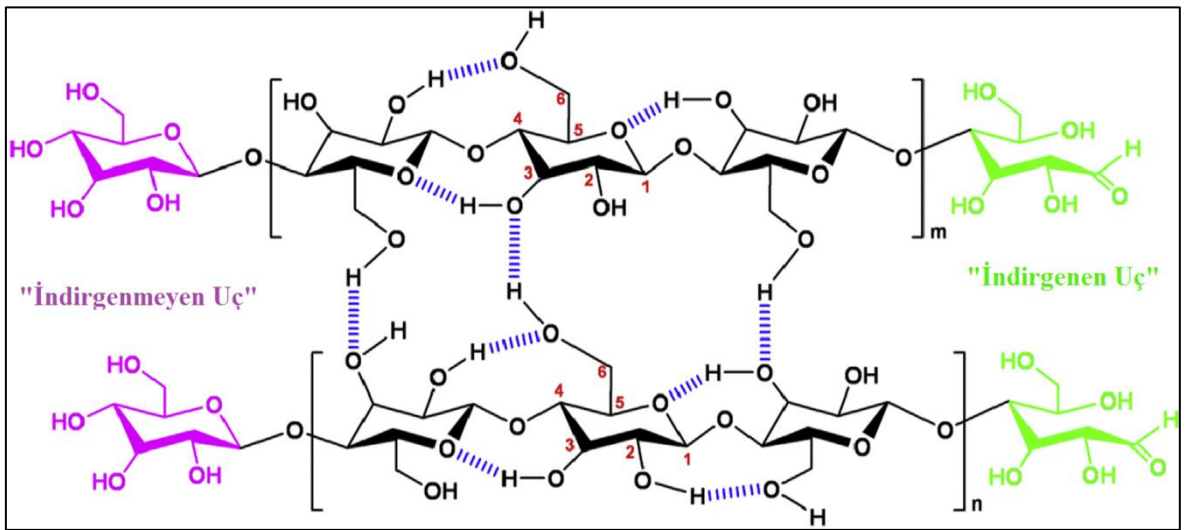
Tablo 2: Çeşitli malzemelere ait olan young modülü değerleri (GPa).

	POLİMER TİPİ	MATERYALLER	YOUNG MODÜLÜ DEĞERLERİ
Polimerler	Elastomerler	Butil Kauçuk EVA İzopiren (IR) Doğal Kauçuk (NR) Neopiren (CR) Poliüretan Elastomerler (elPU) Silikon Elastomerler	0,01 – 0,002 0,01 – 0,04 0,0014 – 0,004 0,0015 – 0,0025 0,0007 – 0,002 0,002 – 0,003 0,005 – 0,02
	Termoplastikler	ABS Selüloz Polimerler (CA) İyonomer (I) Naylonlar (PA) Polikarbonat (PC) PEEK Polietilen (PE) PET Akrilik (PMMA) Asetal (POM) Polipropilen (PP) Polistiren (PS) Poliüretan Termoplastik (tpPU) PVC Teflon (PTFE) Epoksiler Fenolikler Polyesterler	1,1 – 2,9 1,6 - 2 0,2 – 0,424 2,62 – 3,2 2 – 2,44 3,5 – 4,2 0,621 – 0,896 2,76 – 4,14 2,24 – 3,8 2,5 - 5 0,896 – 1,55 2,28 – 3,34 1,31 – 2,07 2,14 – 4,14 0,4 – 0,552 2,35 – 3,075 2,76 – 4,83 2,07 – 4,41
Polimer Köpükler	Polimer Köpükler	Esnek polimer köpüğü (VLD) Esnek polimer köpüğü (LD) Esnek polimer köpüğü (MD) Sert polimer köpüğü (LD) Sert polimer köpüğü (MD) Sert polimer köpüğü (HD)	0,0003 – 0,001 0,001 – 0,003 0,004 – 0,012 0,023 – 0,08 0,08 – 0,2 0,2 – 0,48

Diğer taraftan, çevreye daha az zarar veren ürünler tercih edilmektedir. BNS'un doğal olması ve yüksek direnç özelliklerinden dolayı geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Elektronik sanayisinde ise BNS iletken parçacıklar ile muamele edilerek kullanılmaktadır (Liang vd., 2012; Ateş ve Aztekin, 2011). Şekil 2'de Selülozun büyükten küçüğe akış diyagramı ve Şekil 3'de kristalin selülozun kimyasal yapısının moleküller arası ve moleküller içi hidrojen bağlarının şeması gösterilmiştir (Lin ve Dufresne, 2014) .



Şekil 2: Selülozun büyükten küçüğe akış diyagramı.



Şekil 3: Kristalin selülozun kimyasal yapısının moleküller arası ve moleküller içi hidrojen bağlarının şematik gösterimi.

Diğer taraftan, gıda sanayisinde Nata de Coco ve Kombuç a Çayı olarak da bilinmektedir. “Nata” birçok ÷lkede kullanılan lokal bir kelimedir ama genel anlamda İspanyolca’da krema anlamına gelmektedir. Nata de Coco ise özellikle Filipinler’de yaygın olarak kullanılan beyaz, sakızımsı, jelatinimsi olan ve Hindistan cevizinden besi kaynağı olarak yararlanılan, asetik asit bakterileri yardımıyla üretilen bir gıda çeşididir. Üretimi 1990’lı yıllarda Filipinler’de başlayıp çevre ÷lkeler de yayılmıştır. Günümüzde Filipinler, Endonezya, Vietnam, Çin, Malezya Tayland’da yaygın olarak üretilmektedir. 1991 yılında Japonya’da gençler arasında diyet içeceği olarak tanınmış ve moda haline gelmiştir. Nata de Coco saf selülozun kalın tabakalar halinde statik kültür şartlarında üretilmesiyle elde edilmektedir. Elde edilen bu tabaka küçük küpler halinde kesilerek kaynatılıp, daha sonra şerbetle muamele edilip tatlı bir gıda çeşidi olarak piyasaya sunulmaktadır. Piyasada yüksek lif oranı, düşük yağ ve kalori miktarı yüzünden tercih edilmektedir. Üretimi, büyük – ortak ve el yapımı küçük işletmelerde yapılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: K÷p halinde doğranmış Nata de Coco (URL-2, 2016).

Nata de Coco üretimi için aşağıdaki reçete tavsiye edilmektedir:

- Hindistan cevizi rendesi 1 (kg), 2 (litre) su ile muamele edilip süz÷lecek
- Kesme şeker 2 (kg)
- Asetik asit 500-600 (ml)
- Starter 6 (litre)
- Su 26 (litre)

Bu malzemelerle hazırlanan karışım 28-32 °C aralığında 8-10 gün süreyle bekletildikten sonra oluşan 1.5 (cm) kalınlığındaki bakteriyel selüloz tabakası elde edilir ve yıkanıp şerbetlendikten sonra satış için hazırlanır. Kombucha çayı ise, *Gluconacetobacter xylinus*'un siyah çay ile yapılan fermentasyon sonucu oluşan sıvı kısmı ise Kombucha çayı olarak değerlendirilmektedir (Goh vd., 2012; Gama vd., 2013; URL-3, 2016).

1.2 Çalışmanın Amacı

Statik yöntemde bakteriyel selüloz üretiminin küçük-orta boy sanayi ölçeğinde (KOBİ) gerçekleştirilmesi. Düşük üretim maliyeti ile bu büyüklükte bir ölçekte yaygın üretim imkanlarını ortaya çıkarmak. Büyük ve monopol yaratacak üretimden ziyade geniş kesimlerin istifade edebileceği standart kalitede ürün ortaya çıkarmak. Meyve ve sebze üretiminde meydana gelen atıkları, aynı zamanda da ana ürünlerini karbon ve azot kaynağı olarak kullanmak. Yiyecek sanayisinin dışında katma değeri daha yüksek ürünler elde etmek. Elde edilen hammaddenin uluslararası ölçekte fiyat-kalite bakımından rekabet edebilir durumda olması. Özellikle, kozmetik ve tıp alanlarında dışa bağımlılığı azaltacak ve ihracat imkânı doğurabilecek ürünlerin ve patentlerin geliştirilmesi. Çalışmanın önemi Türkiye’de statik yöntemle kitlesel biçimde üretilmeyen ve bu nedenle gıda, kozmetik – tıp alanlarında kullanılamayan bir hammaddenin üretilmesi olmaktadır.

Bakteriyel selüloz maskeleri ve tabakaları (Sheet) Türkiye’de üretilmeyen ve ithal edilen ürünlerdir. Bu nedenle, yurt içi üretiminde rekabet edebilirlik teşvik edilecektir. Diğer taraftan, sürekli ve ucuz hammadde temini nedeniyle patent ihtimali bulunan tıp uygulamaları (yara bandı, yanma yaralarının tedavisi ve farklı hastalıklar) için daha fazla araştırma yapıp patent alınabilecektir. Bilindiği üzere, bakteriyel selüloz tabakaları (sheet) farklı ilaçlarla muamele edilip yara tedavisinde kullanılmaktadır. Bu amaçla, bazı hastalıkların tedavisinde şu an için kullanılamayan bu ürünlerin yapımı için hammadde olarak bol sayıda üretim yapılabilir. Çalışmanın bir yönü de bu araştırmaları yapmaktır.

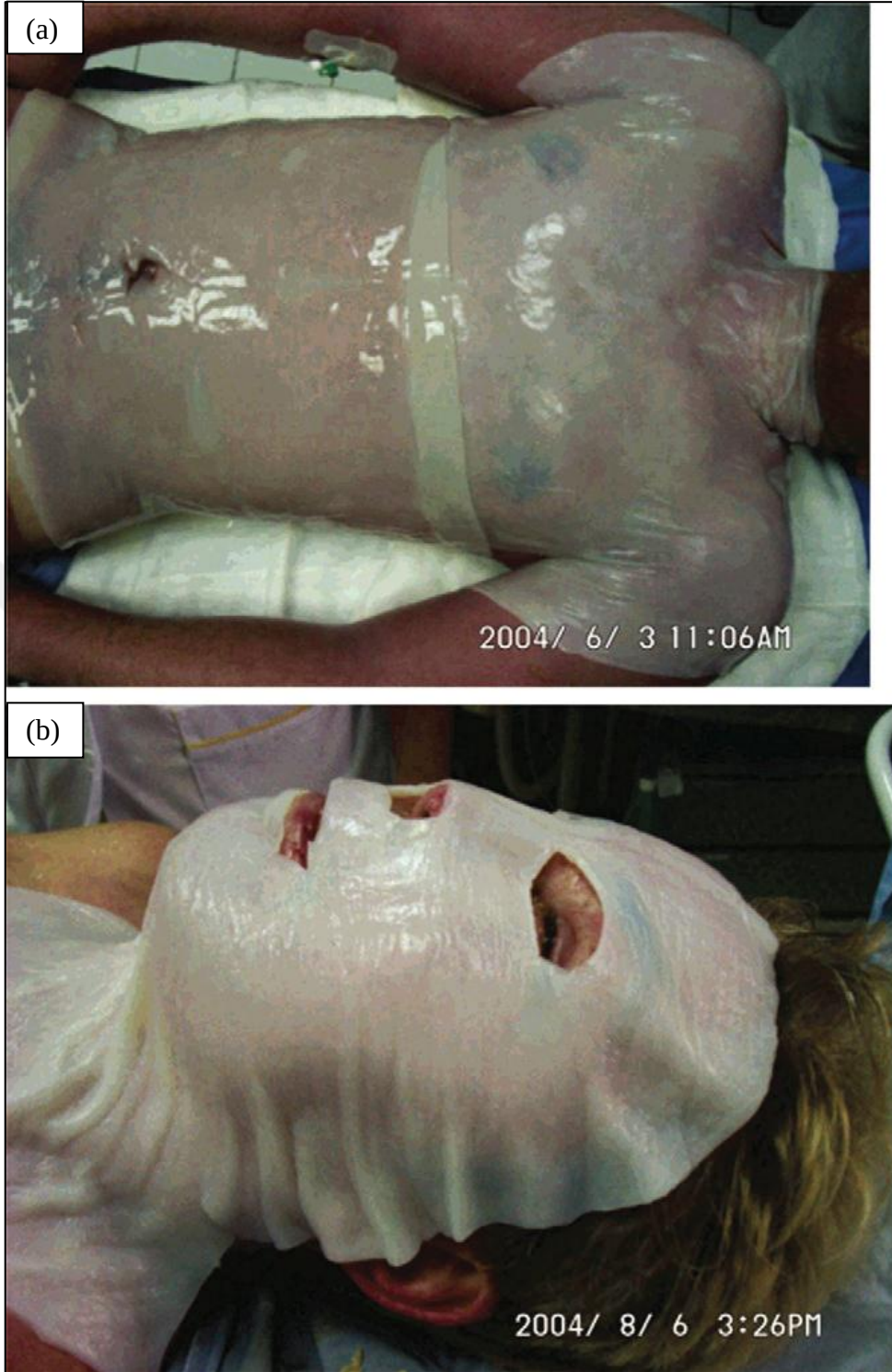
1.3 BNS Kullanım Alanları

Bakteriyel Selüloz (BS) kullanım alanları son yıllarda gelişmiştir. Farklı sanayi alanlarındaki uygulamaları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Bakteriye selüloz (BS) kompozitleri ve kullanım alanları.

Uygulama Alanı	Kullanılan Kompozit Malzeme	Kullanım Yeri	Kaynak/Patent
Elektronik	Grafit nanoplatelet	Elektrik iletkenliđi	(Zhou vd., 2013)
Elektronik	Poly-4-styrene sülfonik asit	Redox pil	(Gadim vd., 2014)
Elektronik	Poliüretan	Işık emici diyot (Film tabakası)	Ummartyotin vd., 2012)
Elektronik	-	Biyosenör (Biyoreaksiyon tespiti için)	Feng vd., (2012), Yang vd. (2012c), Vitta vd. (2010)
Kozmetik	Katyonik Polimer	Kozmetik Malzemesi	(Fu vd., 2013) / [US 2011/0039744 A1] (Heath vd, 2011)
Kozmetik	BS Membran (Zar)	Kozmetik Malzemesi	(Fu vd., 2013) / [ZL 200610075040.8] (Zhong, 2008)
Kozmetik	Gliserin Katkılı BS	Kozmetik Malzemesi	(Fu vd., 2013) / [JP 2009077752] (Nakamura vd., 2009)
Biyomedikal	Çitosan	Nanofilm	(Fernandes vd., 2009)
Biyomedikal	Hidroksiapatit	Kemik dokusu	(Tazi vd., 2012)
Biyomedikal	Gümüş nano parçacıklar	Antimikrobik yara tedavisi	(Zhang vd., 2013; Wu vd., 2014)
Biyomedikal	Parafin	Kemik dokusu yapımı kalıp	(Zaboroweska vd., 2010)
Biyomedikal	Bakteriyel Selüloz Hidrojel	Soğuk Paketi-Cold Pack	(Fu vd., 2013) / [ZL 201020239963.4] (Li et al., 2011)
Biyomedikal	BS Nano Gümüş	Anti Mikrobik Maske	(Fu vd., 2013) / [ZL 200910149665.8] (Zhong, 2011)
Biyomedikal	Kolajen ve Hidroksiapatit Katkılı Emilebilir BS Kompozitleri	Kemik ve Bağ Dokusu	(Fu vd., 2013) / [WO 2011150482] (Saska vd., 2011)
Biyomedikal	Hidroksiapatit Modifikasyonlu BS	Kemik ve Bağ Dokusu	(Fu vd., 2013) / [CN 200910036754.1] (Lin vd., 2009)
Biyomedikal	Karboksimetil – BS Kompoziti	Yapay Damar	(Fu vd., 2013) / [CN 200910126692.3] (Cao vd., 2009)
Biyomedikal	BS Heparin Kompoziti	Yapay Damar	(Fu vd., 2013) / [CN 200910067684.6] (Wan vd., 2009)

Şekil 5’de yaralı yüz ve vücuda uygulanmış bakteriye selüloz gösterilmektedir. Bu uygulama, vücut hatlarına uyumlu, rutubet sağlayıcı ve acı dindirici özellik göstermektedir (Czaja vd., 2007). Şekil 6’de ise kozmetik maske uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 5: Yaralı vücut (a) ve yüze (b) uygulanmış bakteriyel selüloz (Czaja vd., 2007).

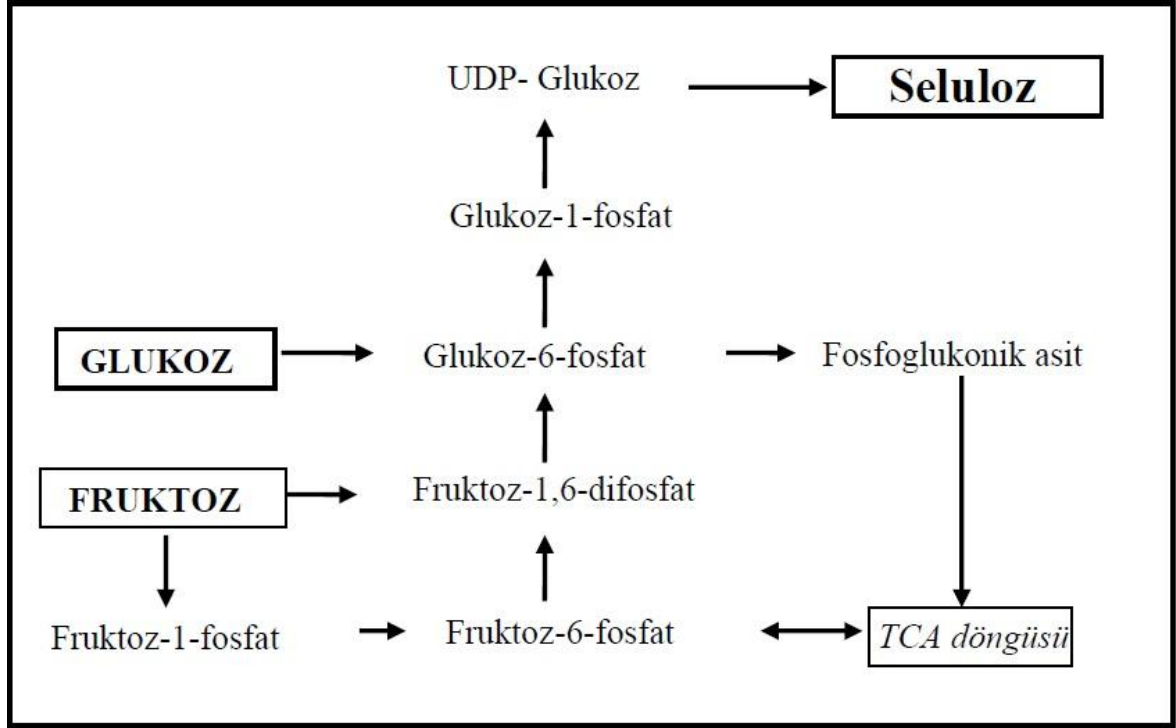


Şekil 6: Bakteriyel selülozdan imal edilen maske örneği.

1.4 Bakteriyel Selüloz ve Biyosentezi

Bakteriyel selülozun sentezi, spesifik olarak katalitik ve regülatör protein kompleksleri ve enzimler ile regüle edilen çok basamaklı bir işlemdir. Sentez işlemi glikozun selüloz öncülü olan üridin difosfoglukoz (UDPGlc) sentezini takiben β -1,4 glukan zincirine polimerizasyonunu içerir. Bitkilerde selüloz, membranda bulunan selüloz sentaz enzimi ile plazma membranında sentezlenirken, *A. xylinum* bakterisinde selüloz sentaz enzimi sitoplazmik membranda bulunur ve selüloz ekstraselüler olarak sentezlenir. *Acetobacter xylinum* tarafından sentezlenen selüloz, pentoz fosfat yolu veya Krebs döngüsünün, karbon metabolizmasının son ürünüdür. Glukoz, glukokinaz enzimi ile glukoz-6-P'a katalizlenir. Glukoz-6-P, fosfoglukomutaz enzimi ile glukoz- α -1-P'a dönüşür. Glukoz- α -1-P, UDPGlc pirofosforolaz enzimi ile UDPGlc'ye katalizlenir. Bu son enzim (UDPGlc pirofosforolaz), selüloz sentezinde en önemli olan enzimlerden biridir. Selüloz sentezlemeyen ve fenotipik olarak (Cel-) olan mutant hücrelerde bu enzimin eksik olduğu belirtilmiş ve bu durum deneysel olarak da gözlenmiştir. Bakteriyel selüloz üretimini etkileyen en önemli faktörlerden biri kullanılan karbon ve azot kaynaklarıdır. Selüloz üretiminde pahalı besi ortamı bileşiklerinin yerine; beyaz kabak suyu, seker pancarı atığı veya peynir altı suyu gibi ucuz endüstriyel atıklar da kullanılabileceği belirtilmiş ve bu atıkların kullanıldığı çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, besi ortamına piridoksin, nikotinik asit, paminobenzoik asit ve biotin gibi vitaminler eklenerek, bakteriyel selüloz sentezinde etkisi araştırılmıştır. Şekil

7’de bakteriyel biyosentezinin basitleştirilmiş akış diyagramı, gösterilmiştir (Çoban ve Bıyık, 2008; Yoshinaga vd., 1997).



Şekil 7: Bakteriyel selülozun biyosentezinin basitleştirilmiş akış diyagramı.

1.5 Üretim Yöntemleri

BNS üretilmesi için farklı birçok yöntem kullanılmaktadır bu yöntemler statik ve karıştırılmalı üretim olarak 2’ye ayrılabilir. Statik kültür üretiminde fermantasyon daha fazla insan gücü gerektiren kaplarda yapılmaktadır ve Şekil 8’de gösterilmiştir (Chawla vd., 2009). Tablo 4’de bazı üretim metotları ve özellikleri verilmiştir;

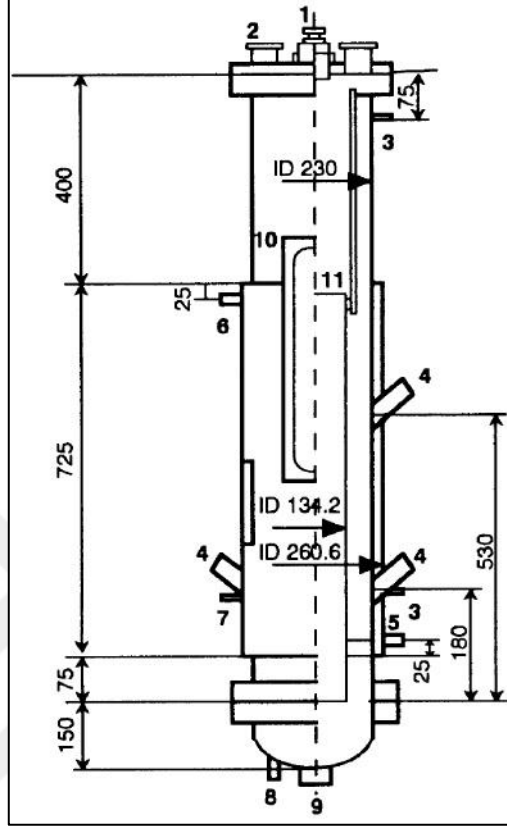


Şekil 8: Bakteriyel selülozun statik kültür ile üretimi (URL-4, 2016).

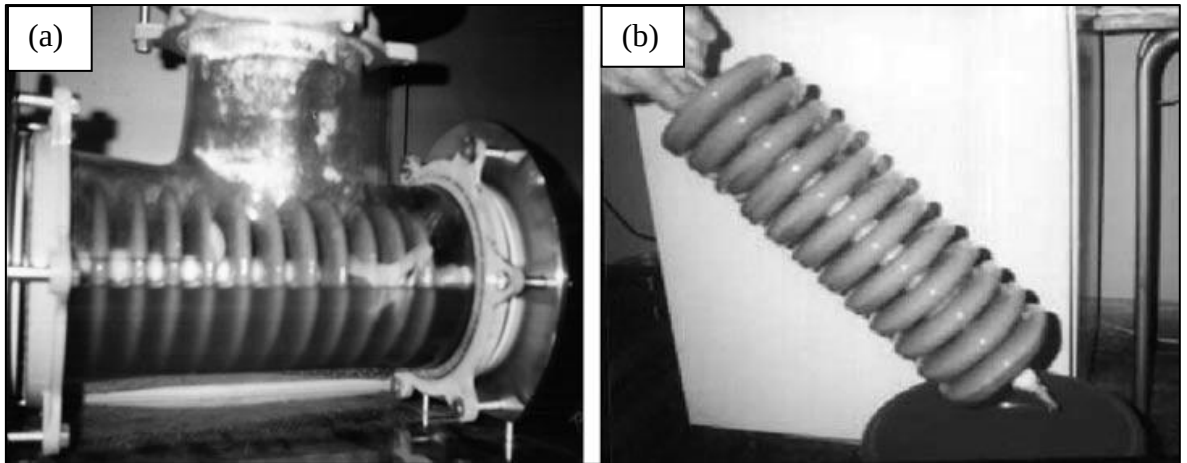
Tablo 4: Bakteriyel selüloz üretim yöntemleri ve karşılaştırmaları.

Reaktör Türü	Avantaj	Dezavantaj	Verim	Üretim	Kaynak
Airlift	Yüksek hücre konsantrasyonu ve verim, düşük makaslama direnci	Yüksek enerji gideri ve biyofilm oluşturma süresi	0,056–0,116 g/l/s	3,8 – 8,7 g/l	Chao vd., (1997, 2000, 2001b), Cheng vd., (2002), Ishida vd., (2003), Noro vd., (2004), Zuo vd., (2006)
Rotating Disc	Yüksek hücre konsantrasyonu, aerobik bakteriler için uygun	Sürekli üretim olmadığından (fasılalı) kontaminasyon riski yüksek	0,015 g/l/s	5,35 g/l	(Krystynowicz vd., 2002)
Biofilm	Yüksek hücre konsantrasyonu ve verim, ürünün ayrılmasında kolaylık	Büyük ölçekli üretimde kısıtlama	0,82 g (selüloz kuru)/ m ² /s		Hofinger vd., (2011)
Fluidized Bed	Uzun süreli üretim ve homojen parçacık karışımı; düşük makaslama direnci	Yüksek enerji gideri ve biyofilm oluşturma süresi	0,08 g/l/s	5,8 g/l	Song vd., (2009)
Stirred Tank	Yüksek hücre konsantrasyonu ve verim, uzun süreli üretim	Hücrelerde yüksek makaslama direnci, daha fazla karıştırma gereksinimi	0,058–0,23 g/l/s	4,57–13 g/l	Cheng vd., (2011), Zinnanti vd., (2009), Chao vd., (2001a), Jung vd., (2007), Noro vd., (2004)

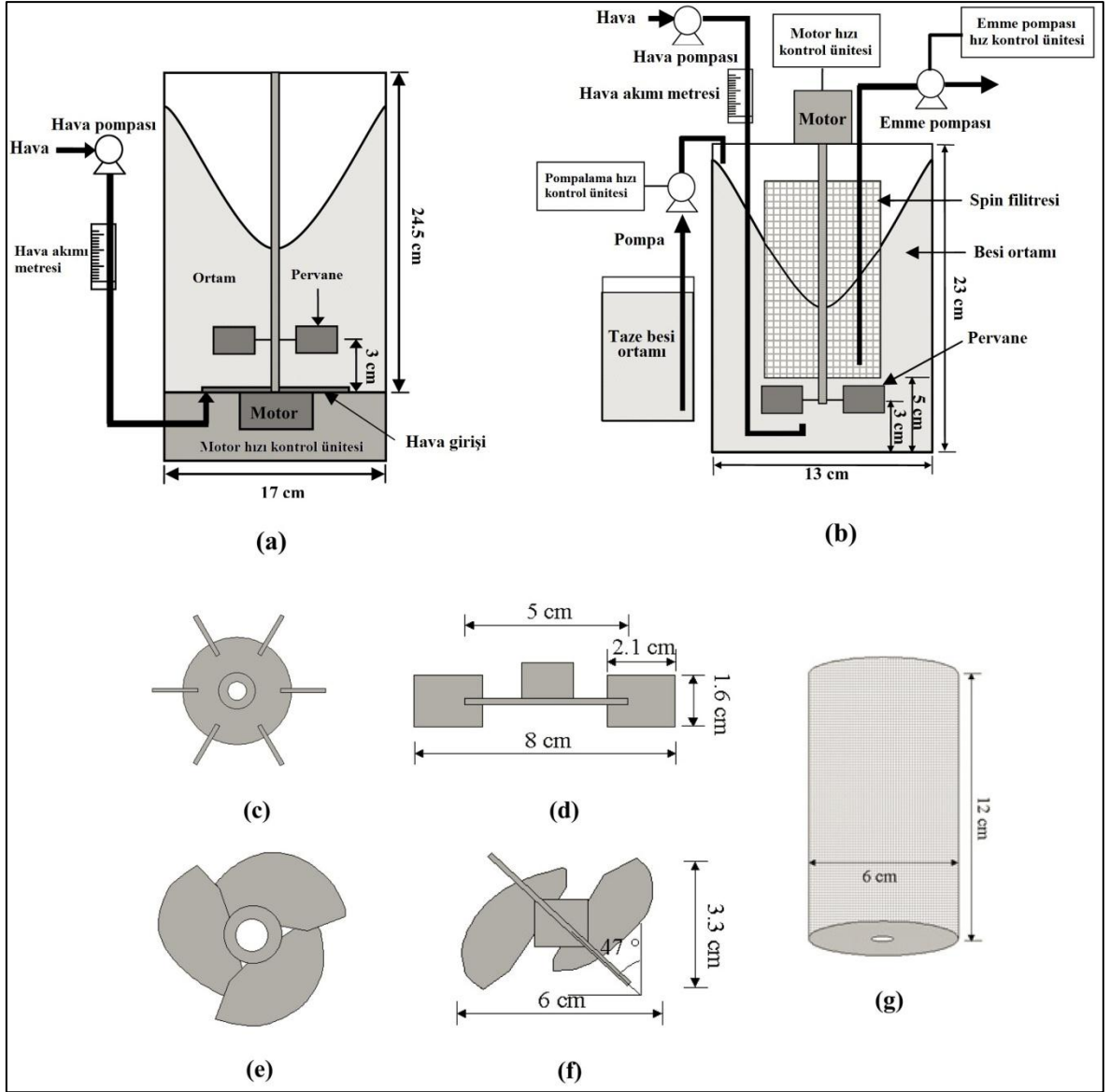
Şekil 9’da Airlift biyoreaktörü ve Şekil 10’da dönen disk biyoreaktörü (DDB) gösterilmiştir. DDB’de en fazla verim rotasyon hızının 4 d/dk olduğu ve yüzey alanının hacmine oranının 0.71 cm⁻¹ olduğu şartlarda belirlenmiştir (Krystynowicz vd., 2002).



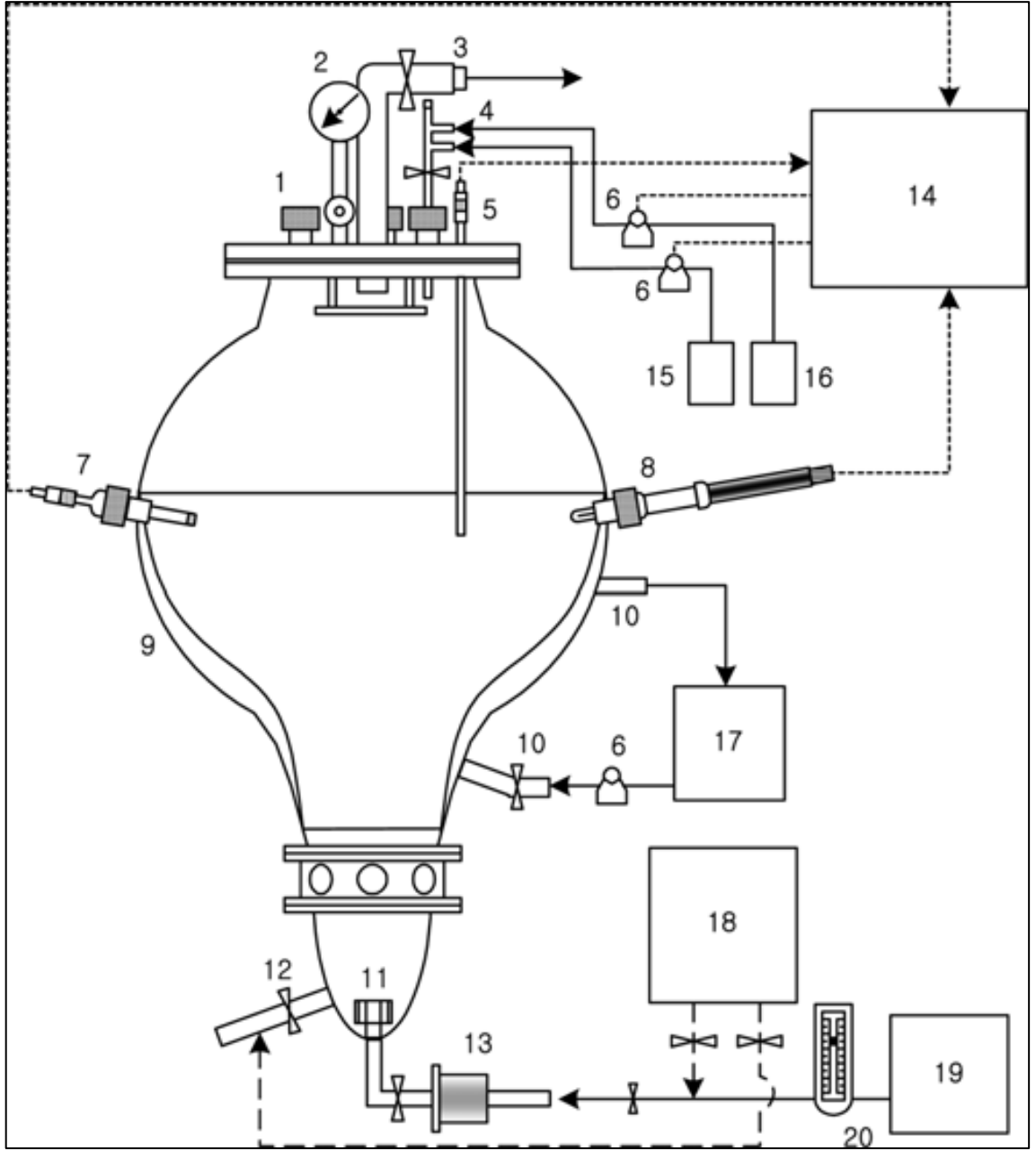
Şekil 9: 50 l’lik Air lift biyoreaktörü (birimler mm). 01 inokülasyon nozülü, 02 gaz çıkışı, 03 nozüller, 04 nozül sensörü, 05 ve 06 sırasıyla su giriş ve çıkışı, 07 numune alım nozülü, 08 sıcaklık sensörü, 09 drenaj, 10 izleme penceresi, 11 taslak tüpü (Chao vd., 1997).



Şekil 10: Bakteriyel selülozun dönen disk biyoreaktöründeki (DDB) sentezi. (a) DDB’deki üretim şekli (b) 7 günlük üretim sonrası elde edilen BS (Krystynowicz vd., 2002).



Şekil 11: (a) 5 l'lik karıştırılmalı tanklı biyoreaktör ile (b) 2 spin filitreli karıştırılmalı tanklı biyoreaktör ile karşılaştırılması. (c) ve (d) 6'lı pervane sırasıyla üstten ve yandan görüntüsü. (e) ve (f) 3'lü pervanenin sırasıyla üstten ve yandan görüntüsü. (g) gözenek açıklığı 38 µm olan spin filtresinin yandan görüntüsü (Jung vd., 2007).



Şekil 12: 50 l'lik küresel kabarcık sütunlu (Fluidized Bed) biyorektörü. 1 İnokülasyon nozülü, 2 buhar manometresi, 3 hava çıkışı, 4 enjeksiyon nozülü, 4 asit ve alkali girişi, 5 termometre, 6 transfer pompası, 7 DO elektrodu, 8 pH elektrodu, 9 ve 10 su jakleri, 11 hava girişi, 12 numune nozülü, 13 hava filitresi, 14 kontrol ünitesi, 15 asit kabı, 16 alkali kabı, 17 su banyosu, 18 buhar ünitesi, 19 kompresör, 20 hava hızı ölçümü.



Şekil 13: Karıştırılmalı tank biyoreaktörü (Foto: Nejla Aşık, 2016).

Bakteriyel selülozun fermentasyonunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar; karbon kaynakları, azot kaynakları, öncü moleküller (Aminoasitler, suda çözünen polisakkaritler), çözünmüş oksijen, pH (4-6), sıcaklık (28°C-30°C) sıralanabilir (Chawla vd., 2009). Diğer taraftan, farklı karbon kaynaklarına *G. medellensis*'in HS ortamında farklı karbon kaynakları ile modifiye edilmiş ortamına ilişkin verim değerleri değerleri Tablo 5'de verilmiştir (Castro vd., 2012).

Tablo 5: Bakteriyel selüloz üretiminde *G. medellensis*'in HS ortamında farklı karbon kaynakları ile modifiye edilmiş ortamına ilişkin verim değerleri.

Karbon Kaynağı	Kuru Selüloz Üretimi (g/l)
Maltoz	0,1
Glukoz	3,0
Fruktoz	0,4
Selobiyoz	0,1
Manitol	0,4
Ksiloz	0,1
Sükroz	2,0
Galaktoz	0,1

1.6 Bakteriyel Selüloz Üretiminin Geleceği ve Perspektifler

Bakteriyel selüloz (BS), odundan ve pamuktan selüloz elde ile ilgilenen sanayi için önem taşımaktadır. Bunun bir nedeni de bu alanların farklı amaçlarla kullanılma imkanından doğmaktadır (şehirleşme ve sanayileşme alanları). Fakat, BS halen istenilen sanayi ölçeğinde üretilmemektedir. BS üretiminin ekonomik fizibilitesi ağırlıklı olarak üretim yöntemine bağlıdır. Biyoreaktör seçimi ve fermantasyon şartları istenilen ürünün düzgün ve homojen olması bakımından önemlidir. Diğer taraftan, enerji giderleri de önemli bir yer almaktadır. Bir mukayese yapmak gerekirse airlift reaktörün işletme giderleri karıştırıcılı tankı olan reaktörün 1/6'sı kadardır. Farklı ihtiyaçlara cevap vermek için bazı durumlarda airlift ve karıştırıcılı reaktörlerin kombine olarak kullanılması mümkündür. Diğer taraftan, dönen diskli, dönen biyofilm, silikon zarlı, spin filter türü reaktörlerle üretim yapmak da yararlı sonuçlar vermektedir. Karbon kaynaklarının maliyetinin düşük tutulması amacıyla özellikle gıda yan ürünleri veya artık, atıklardan yararlanma yoluna gidilmektedir.

Karıştırmalı tanklarda yapılan üretimlerde selüloz üretmeyen mutantların oluşması bir sorun olarak görülmektedir. Bu nedenle, genetik olarak sağlam bakterilerin seçilmesine öncelik verilmektedir. BS verimini arttırmanın diğer bir yolu ise bakterinin genetik modifikasyonlara gidilmesidir. *G. xylinus*'un sayısını ikiye çıkarma süresi (doubling time) *E. coli* ve *B. subtilis*'e göre iki kat daha yavaştır. Bu nedenle, daha hızlı bölünebilen bu

bakteriler ile genetik modifikasyon verimi arttıran bir seçenek olabilecektir. Genetik olarak modifikasyonların özellikle gıda sanayisinde dikkate alınması gerekmektedir.



BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Deney materyali olarak ATCC'den temin edilen *Gluconacetobacter hansenii* (ATCC® 23769™) ve piyasadan temin edilen havuç kullanılmıştır (Şekil 14, Şekil 15).



Şekil 14: ATCC'den temin edilen *Gluconacetobacter hansenii* (ATCC® 23769™) kültürü.



Şekil 15: Deneylerde kullanılan havuç.

2.2 Metot

2.2.1 Canlandırma işlemi

Liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuş örnek olarak gelen numuneden SK hazırlanması için 50 ml Hestrin ve Schramm (HS) ortamı hazırlanmıştır. HS için aşağıda verilen formül uygulamıştır (Hestrin ve Schramm, 1954).

% 2	(w/v) D-Glucose
% 0.5	(w/v) Peptone
% 0.5	(w/v) Yeast Extract
% 0.27	(w/v) di-Sodium Hydrogen Phosphate (Na_2HPO_4)
% 0.115	(w/v) Citric Acid

2.2.2 Stok kültürünün hazırlanması (SK)

Liyofilizasyon işlemine tabi tutulmuş cam tüpün ucu, ateşle ısıtılarak ve üzerine soğuk steril destile su damlatılarak çatlatılmış, açılan kısımdan içerisindeki pamuk bir cımbız ile çıkarılmıştır. İçindeki bakteri örneğini HS içine aktarmak için tüpün içine 1-2 damla HS damlatılmış ve hazırlanmış olan 50 ml HS içine konulup çalkalanmış ve 27°C sıcaklık %65 bağıl nem olan ortamda sarsılmayacak şekilde 1 hafta beklemeye alınmıştır.

Bütün işlemler Laminar Hood (LH) içinde ve önce otoklav uygulanarak yapılmıştır (121°C, 20 dakika). LH ve tüm kullanılan malzemeler cımbız, eppendorf tüp, pastör pipeti vs. steril olması için deneyler öncesinde etanol ile temizlenerek 1 gece boyunca UV lambası altında bekletilmiştir.

1 hafta sonunda Şekil 20’de görülen HS karışımı üzerinde oluşan BS tabakası steril eldiven ile alınarak HS içine sıkılmıştır. SK için hazırlanan bakteri kültürü, % 80 Gliserin ve % 20 Destile Su karışımı ile beraber karıştırılarak 0,5 ml (Gliserin+Destile Su) ve 1,0 ml Bakteri kültürü şeklinde hazırlanarak 1,5 ml’lik eppendorf tüpler içine aktarılmış ve -80°C’de muhafaza edilmiştir.



Şekil 16: Bir haftalık bekleme süresi sonrasında canlandırma işlemi sonucunda oluşan BS tabakası ve stok kültürü.

2.2.3 Çalışmada Kullanılan Bakteriyel Selülozun Üretimi

100 ml iki adet HS besi ortamı hazırlanarak (destile su içerisine 2 g glikoz, 0,5 g peptone, 0,5 g yeast, 0,27 g di sodyum h. phospate, 0,115 g sitrik asit) 121°C’de 20 dk otoklavlanmıştır. Otoklav sonrasında hazırlanan besi ortamının sıcaklığı 30 °C’nin altına düşünce 3.GS’dan birer adet ilave edilip çalkalanarak aktifleşmesi için 30°C sıcaklıkta %65 bağıl nemde iklimlendirme dolabında 4 günlük bekleme süresine alınmıştır.

2.2.4 Deney Setlerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılacak olan derinliklerin belirlenmesi, havuç besi ortamının ve karşılaştırma için HS besi ortamının hazırlanması;

Deney kaplarının boyutları ve hacim değerleri;

17,5 x 11,5 x 1,5 cm = 210 ml

17,5 x 11,5 x 2,0 cm = 310 ml

17,5 x 11,5 x 2,2 cm = 360 ml

17,5 x 11,5 x 2,5 cm = 410 ml

HS besi ortamı için; Her biri üçer tekrarlı olmak üzere toplam; 3300 ml destile su, 66 g glikoz, 16,5 g yeast, 8,91 g di sodyum hidrojen fosfat ve 3,80 g sitrik asit kullanılarak besi ortamı hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılacak kaplar ve besi ortamı kontaminasyonu önlemek amacıyla 121°C’de 20 dakika otoklav işlemine tabi tutulmuştur. Besi ortamı daha

sonra % 5'lik starter ilavesiyle farklı derinliklerde olacak şekilde deney kaplarına konulmuştur. Bu numuneler bundan sonra 30°C sıcaklıkta % 65 bağıl nemde 10 gün bekletilmiştir.

Havuç besi ortamı için; Havuç – Su oranı 1-1,5 olarak alınmıştır ve her biri üçer tekrarlı olmak üzere toplam; 2790 ml destile su ve 4200 g havuç rendesi kullanılmıştır. Su ve rendelen havuç 5000 ml'lik erlenmayerde karıştırılarak 10 dakika kaynamaya bırakılmıştır. Soğuduktan sonra havuç-su karışımı süzülüp sıkılarak havuç besi ortamı elde edilmiştir.

Deneylerde kullanılacak kaplar ve besi ortamı kontaminasyonu önlemek amacıyla 121°C'de 20 dakika otoklav işlemine tabi tutulmuştur. Besi ortamı daha sonra % 5'lik starter ilavesiyle farklı derinliklerde olacak şekilde deney kaplarına konulmuştur. Bu numuneler bundan sonra 30°C sıcaklıkta % 65 bağıl nemde 10 gün bekletilmiştir.

2.2.5 Bakteriyel Selülozun Eldesi, Yaş – Kuru Ağırlığının, Veriminin ve Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi

Sentezlenen BS sıvı ortamından vakum filtrasyonu uygulanarak ayrılmış ve destile su ile 1 saat kaynatılmıştır. Buradan alınan numuneler % 2'lik (0,5 mol) NaOH ile 80°C'de 2 saat muamele edilmiştir. Bu şekilde içinde kalabilecek olan bakteri hücreleri tamamen uzaklaştırılmıştır. Elde edilen numuneler daha sonra akan musluk suyu altında 1 gece boyunca yıkanmış ve ertesi gün destile su ile tekrar yıkanıp durulanarak pH nötr hale getirilmiştir (Huang vd., 2016).

Durulanan BS – tabakası 20 dakika eğimli bir düzlemde bekletilerek fazla suyun uzaklaşması sağlanmıştır. Daha sonra yaş ağırlıkları tartılarak belirlen numuneler kilitli poşet içine konularak -15'de 48 saat dondurulmuştur ve freeze-dry (0,454 mBar ve -55°C) işlemine tabi tutularak kurutulmuştur. Bakteriyel selüloz verimi ise daha sonra bu kurutulmuş değerler üzerinden hesaplanmıştır. Su Tutma Kapasitesi (STK) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Shezad vd., 2010);

- BS yaş ağırlığı (g): 20 dakika 45° eğimli bir düzlemde bekletilen pH nötralize edilmiş yaş numuneler

- BS numunesinin kuru ağırlığı (g): Freeze-dry işlemine tabi tutulmuş numune

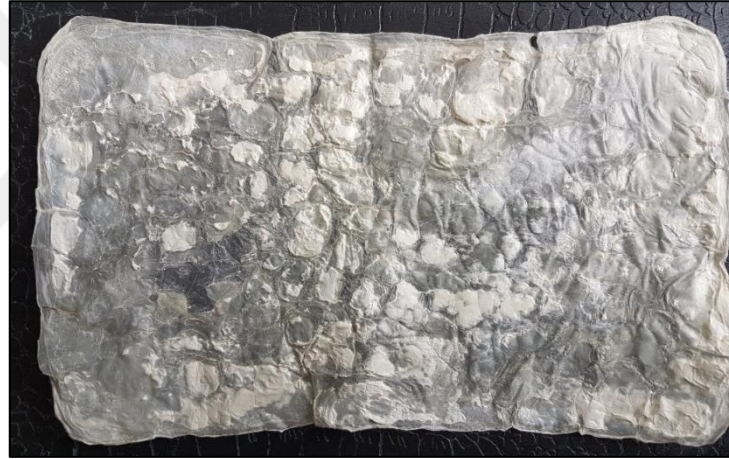
Su tutma kapasitesinin hesaplanmasında (%) Eşitlik 1 kullanılmıştır:

$$STK = \frac{BS \text{ yaş ağırlığı (g)} - BS \text{ numunesinin kuru ağırlığı (g)}}{BS \text{ numunesinin kuru ağırlığı (g)}} \quad (1)$$

Verimin hesaplanmasında (g/l) Eşitlik 2 kullanılmıştır:

$$Verim = \frac{Deney \text{ sonunda her bir kap içinden alınan tam kuru BS ağırlığı (g)} \times 1000}{Her \text{ bir sıvı besi ortamının hacmi (ml)}} \quad (2)$$

Bu numuneler daha sonra SEM, TGA, XRD ve FTIR analizlerine tabi tutulmuştur. Şekil 17 ve şekil 18’de dondurularak kurutulmuş BS örnekleri bulunmaktadır.



Şekil 17: Dondurularak kurutulmuş BS-H örneği.



Şekil 18: Dondurularak kurutulmuş BS-Kontrol örneği.

2.2.6 SEM Analizi

Dondurularak kurutulan numuneler vakum uygulanarak altın ile kaplanmıştır (Quorum, UK). Analizler için Quanta FEG 450, Netherlands marka taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Taramalarda, 5 kV güç, x30000, x50000 ve x200000 büyütme oranları uygulanmıştır.

2.2.7 TGA Analizi

TGA analizi, SII Model TG/DTA 7200 EXSTAR (Made in Japan) markalı cihaz ile yapılmıştır. Numuneler 5 mg ağırlıkta hazırlanarak 600°C'a kadar 10°C/dk olacak şekilde azot gazı kullanılarak (oksidasyonu önlemek amacıyla, 20 ml/dk akış hızı) yapılmıştır (Erbaş Kızıltas vd., 2015). Analizlerde kullanılan numuneler tesadüfi şekilde 3 tekrarlı olarak seçilmiştir.

2.2.8 FT-IR Analizi

Attenuated Total Reflectance Fourier-Transform InfraRed (ATR-FTIR) spektroskopi analizi, bakteriyel selüloz numuneleri üzerinde, Shimadzu IRAffinity - One FTIR spectrometer (Made in Japan) marka cihaz ile yapılmıştır. Universal ATR donanımlı olan bu analiz cihazı ile 4 cm⁻¹ çözünürlükte numune başına 200 tarama altında 4000 – 800 cm⁻¹ dalga sayısında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde numuneler 90 °C ve vakum altında 24 saat kurutulmuştur (Erbaş Kızıltas vd., 2015).

2.2.9 XRD Analiz

XRD Analizi, (Model EMPYREAN, Philips PANalytical, Netherlands) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analizde yüksek çözünürlüklü X-ışını difraktometresi (Bakır hedefli X-ışını tüpüne sahip, Ni-filtreli, K α : 1.54 Å) 45 kV – 40 mA değerlerinde radyasyon kaynağı olarak kullanılmıştır. Numuneler, 10°-50° 2 θ tarama aralığında 5°/dk tarama hızında incelenmiştir. Bakteriyel selüloza ait kristalinite endeksinin belirlenmesi (C.I.) Segal tarafından kullanılan pik yüksekliği (Peak height) metodundan ve Curve Fitting metodundan yararlanılarak yapılmıştır (Keshk, 2014; Terinte vd., 2011; Ibbett vd., 2008).

$$CI = 100 \times \frac{I_{020} - I_{non-cr}}{I_{020}} [\%] \quad (3)$$

Burada, I_{020} difraksiyon yoğunluğunun en büyük olduğu bölgedir (2θ , 16° - 18° arası). I_{non-cr} ise difraksiyon yoğunluğunun en düşük olduğu (2θ , 14° - 15°) arasındaki amorf bölgedir (Eşitlik 3).

Curve fitting metodunda ise:

$$CI = 100 \times \frac{I_{cr\ peak\ 1} + I_{cr\ peak\ 2}}{I_{non-cr} + I_{cr\ peak\ 1} + I_{cr\ peak\ 2}} [\%] \quad (4)$$

Bu eşitliğin hesaplanmasında ise BS-H ve BS-Kontrol; $I_{cr\ peak\ 1}$ birinci pik değerinin altındaki kırınım alanını ($2\theta = 13^\circ - 14^\circ$ arası) ve $I_{cr\ peak\ 2}$ ise ikinci pik değerinin altındaki kırınım alanının yoğunluğunu gösteriyor ($2\theta = 16^\circ - 18^\circ$). I_{non-cr} ise kristalin olmayan bölgelerdeki kırınım yoğunluğunu alanını gösteriyor (Ibbett vd., 2008) (Eşitlik 4).

BÖLÜM 3

BULGULAR

3.1 Verime İlişkin Bulgular

Deneyler 3 tekrarlı yapılmıştır ve en yüksek verim esas alınmıştır. Deney sonunda elde edilen BS-H 210, 310, 360 ve 410 ml’lik hacim miktarlarındaki verim sırasıyla; 1,19 g, 1,35 g, 1,33 g, ve 1,21 g olarak belirlenmiştir.

BS-Kontrol 210, 310, 360 ve 410 ml’lik hacimlerdeki verim ise sırasıyla; 0,61 g, 0,51 g, 0,63 g, ve 0,65 g olarak belirlenmiştir. Deneylere ait bulgular Tablo 6’de verilmiştir.

Tablo 6: BS verim değerleri (kuru ağılığa göre).

Bakteriyel Selüloz Verimi (g/l)			
Hacim (ml)	BS-Kontrol	BS-H	(%) Değişim
210	0,61	1,19	95
310	0,51	1,35	164
360	0,63	1,33	111
410	0,65	1,21	86

Deney sonunda elde edilen numunelerin yaş (20 dakika 45° eğimli bir düzlemde bekletildikten sonra) ağırlıkları BS-H 210, 310, 360 ve 410 ml’lik hacim miktarları için sırasıyla; 9,90 g, 15,28 g, 17,93 g ve 19,14 g olarak bulunmuştur. Tam kuru ağırlıkları ise sırasıyla; 0,25 g, 0,42 g, 0,48 g ve 0,50 g olarak bulunmuştur.

BS-Kontrol 210, 310, 360 ve 410 ml’lik hacim miktarlarında yaş ağırlıkları sırasıyla; 9,11 g, 12,56 g, 16,06 g, ve 15,33 g olarak bulunmuştur. Tam kuru ağırlıkları ise sırasıyla; 0,13 g, 0,16 g, 0,23 g, ve 0,27 g olarak bulunmuştur. Deneylere ait bulgular Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7: BS'a ait yaş - kuru ağırlık değerleri.

	BS-H		BS-Kontrol	
Hacim (ml)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
210	9,90	0,25	9,11	0,13
310	15,28	0,42	12,56	0,16
360	17,93	0,48	16,06	0,23
410	19,14	0,50	15,33	0,27

Su tutma kapasiteleri (STK) % olarak BS-H 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacim miktarları için sırasıyla; 38,60, 35,38, 36,35 ve 37,28 olarak bulunmuştur.

BS-Kontrol 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacimlerindeki verimi ise sırasıyla; 69,07, 77,05, 71,17 ve 55,77 olarak bulunmuştur. Deneylere ait bulgular Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: BS'a ait su tutma kapasite değerleri.

	Su Tutma Kapasitesi (%)	
Hacim (ml)	BS-H	BS-Kontrol
210	39,6	69,07
310	35,38	77,05
360	36,35	71,17
410	37,28	55,77



Şekil 19: Havuç besi ortamında elde edilen yaş BS örneği.



Şekil 20: Deneylerde kullanılan havuç besi ortamından elde edilen yaş BS örnekleri.



Şekil 21: Deneylerde kullanılan havuç besi ortamından elde edilen yaş BS tabakası.



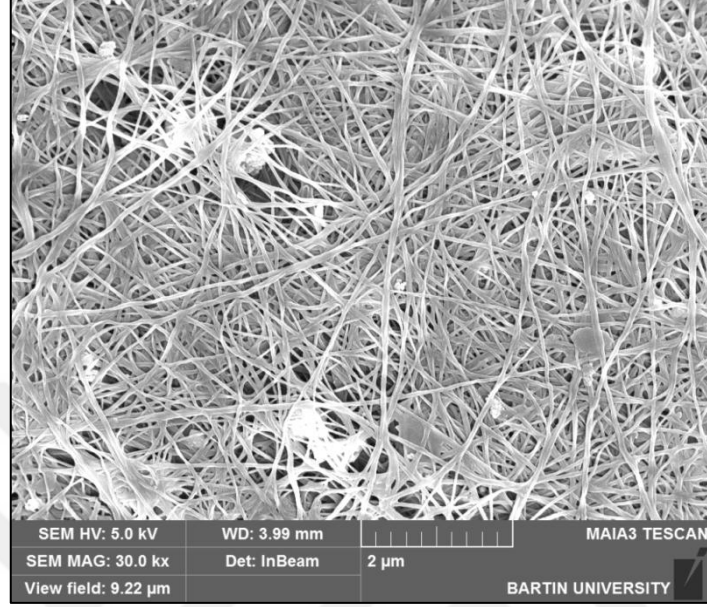
Şekil 22: Deneylerde kullanılan havuç besi ortamından elde edilen BS tabakalarının yaş ağırlıkları tartılarak dondurucuya alınmadan önceki hali.

3.2 BS-H SEM Analizine İlişkin Bulgular

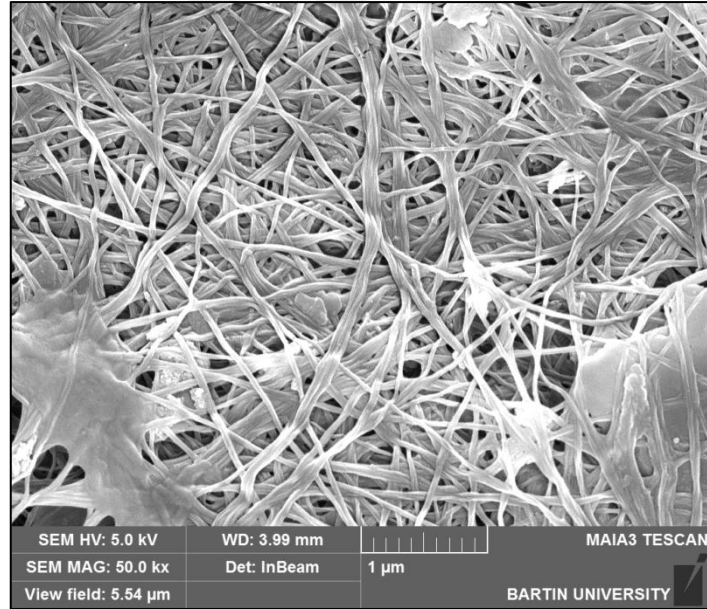
BS numunelerine ait olan SEM görüntü analizleri x30000, x50000 ve x200000 büyütme uygulanarak yapılmıştır.

Şekil 23, Şekil 24, Şekil 25’de 210 ml BS-H örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Diğer selüloz örnekleriyle

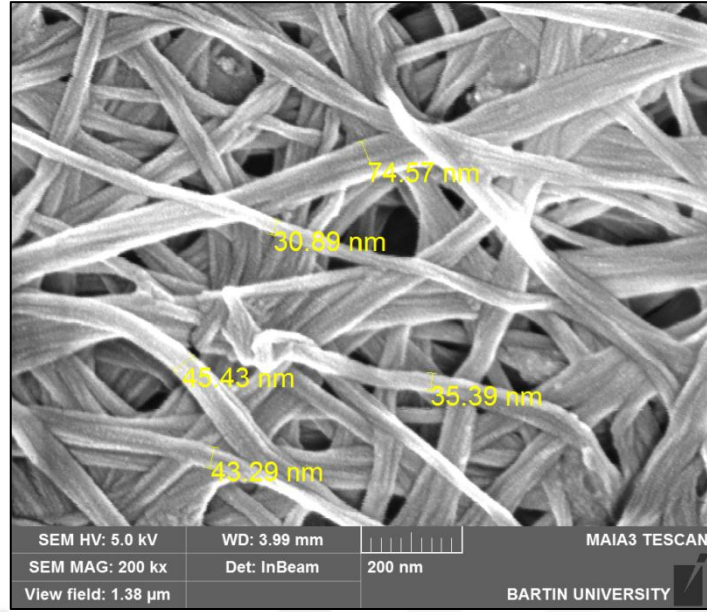
kıyaslandığında benzer yapıda oldukları görülmüş ve ağsı yapısının diğer örneklerle göre daha sıkı olduğu belirlenmiştir. Zincir çapları ölçülmüş ve ortalama zincir çapları 38,75 nm olarak bulunmuştur.



Şekil 23: 210 ml BS-H için SEM analizi (x 30000).

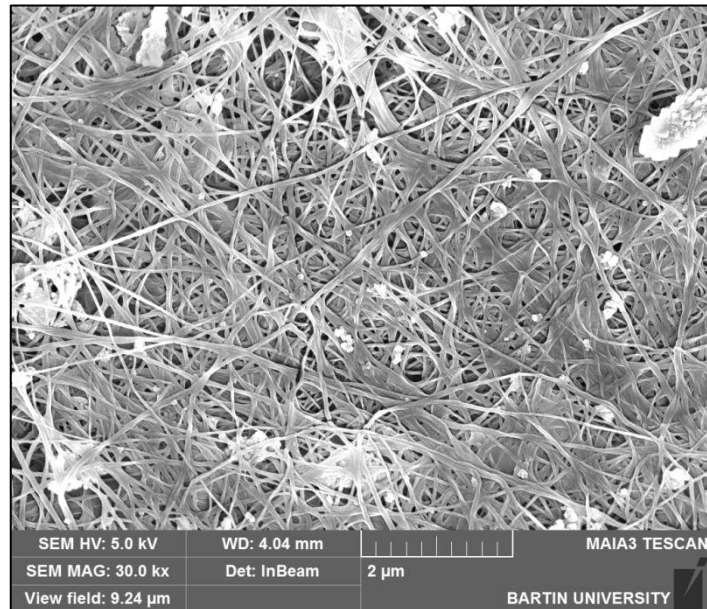


Şekil 24: 210 ml BS-H için SEM analizi (x 50000).

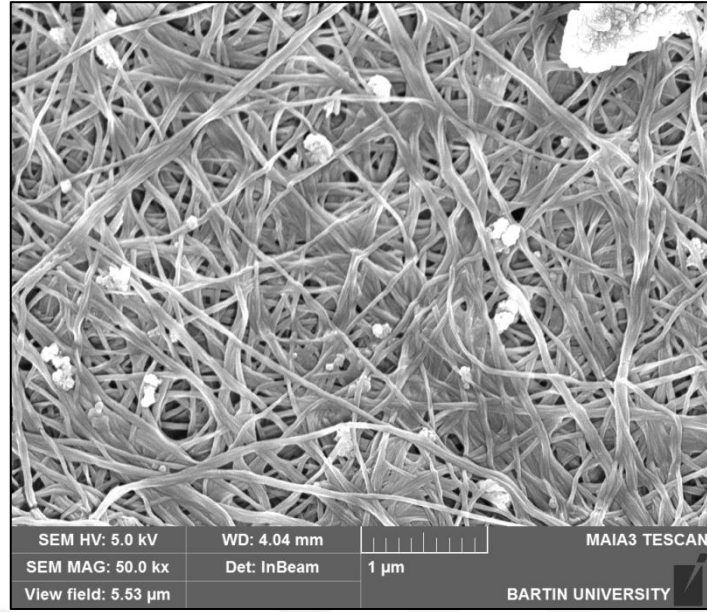


Şekil 25: 210 ml BS-H için SEM analizi (x 200000).

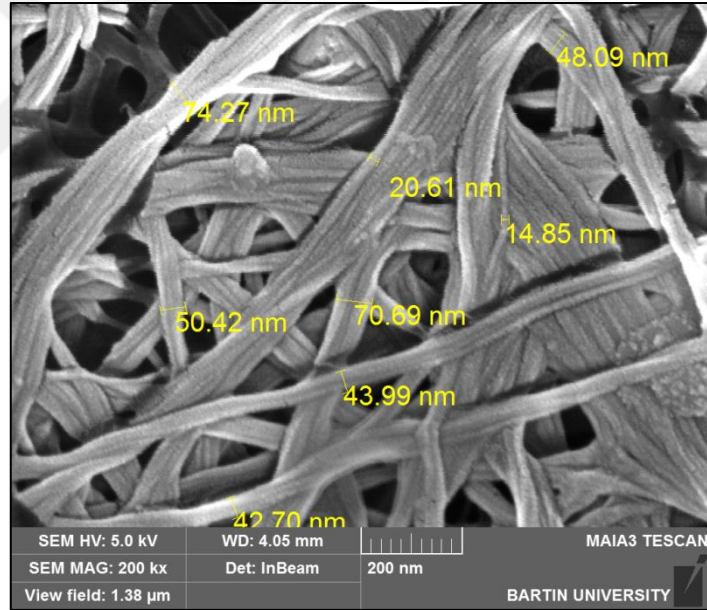
Şekil 26, Şekil 27, Şekil 28’de 310 ml BS-H örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Diğer selüloz örnekleriyle kıyaslandığında benzer yapıda oldukları ve diğer örneklere göre daha sıkı ağısı yapısının olduğu belirlenmiştir. Zincir çapları ölçülmüş ve Ortalama zincir çapları 39,4 nm olarak belirlenmiştir.



Şekil 26: 310 ml BS-H için SEM analizi (x 30000).

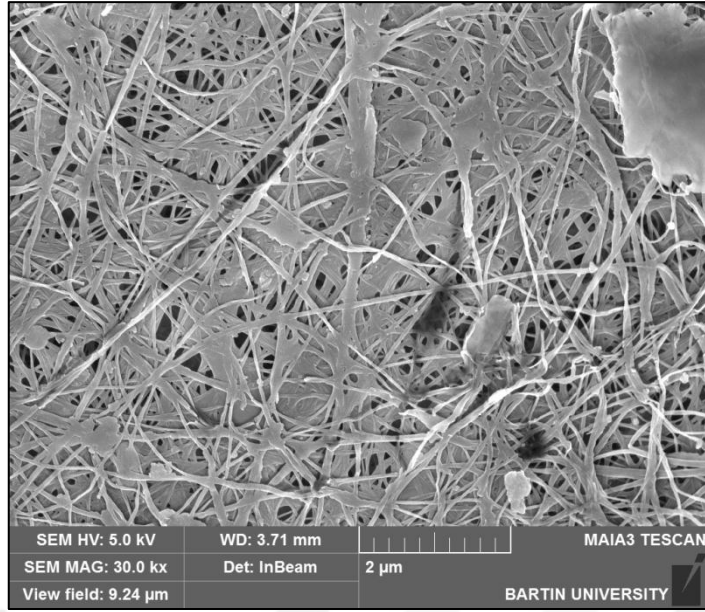


Şekil 27: 310 ml BS-H için SEM analizi (x 50000).

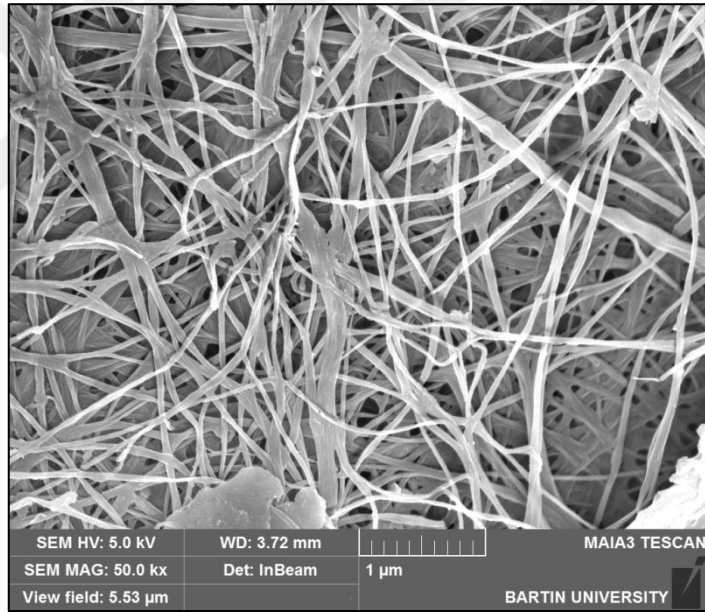


Şekil 28: 310 ml BS-H için SEM analizi (x 200000).

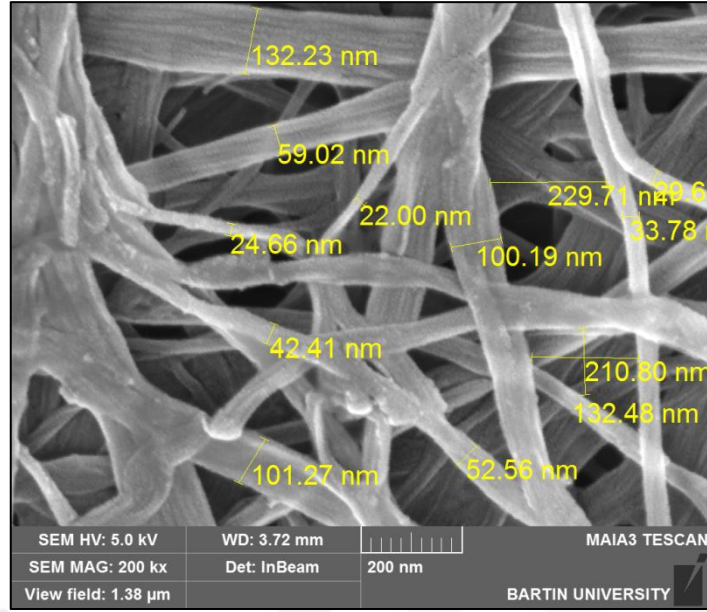
Şekil 29, Şekil 30, Şekil 31’de 360 ml BS-H örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Diğer selüloz örnekleriyle kıyaslandığında benzer ağsı yapıda oldukları görülmüştür. Zincir çapları ölçülmüş ve Ortalama zincir çapları 42,15 nm olarak saptanmıştır.



Şekil 29: 360 ml BS-H için SEM analizi (x 30000).

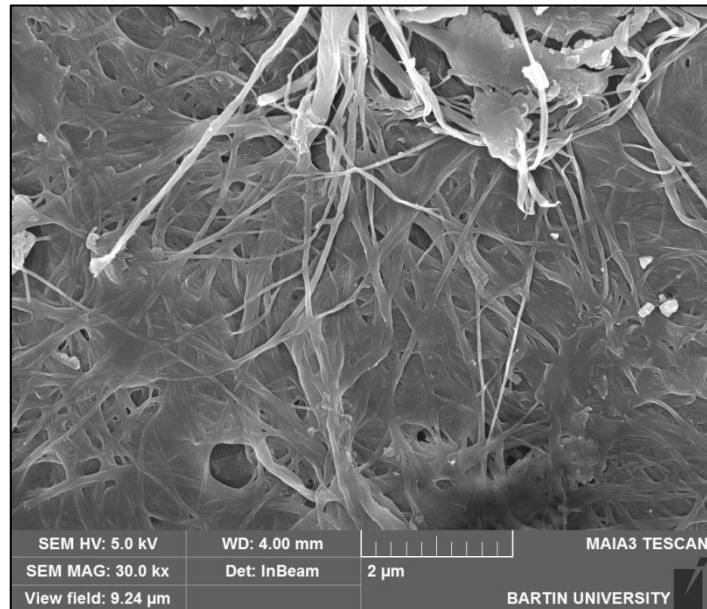


Şekil 30: 360 ml BS-H için SEM analizi (x 50000).

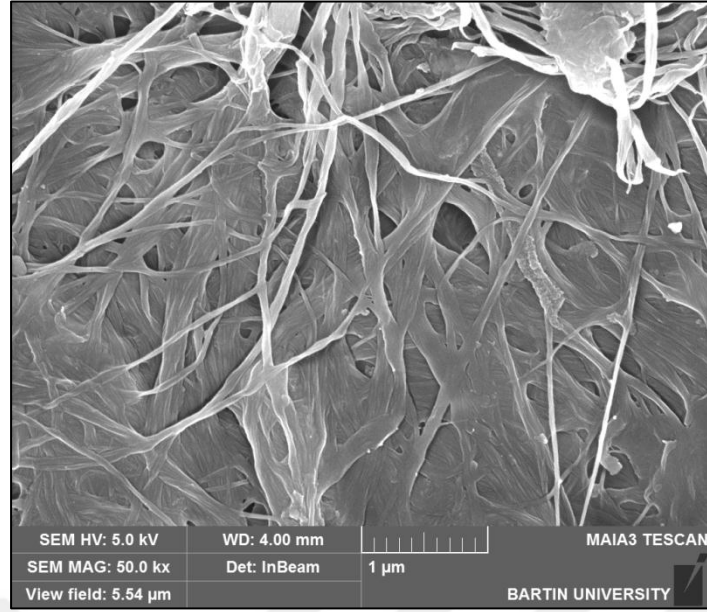


Şekil 31: 360 ml BS-H için SEM analizi (x 200000).

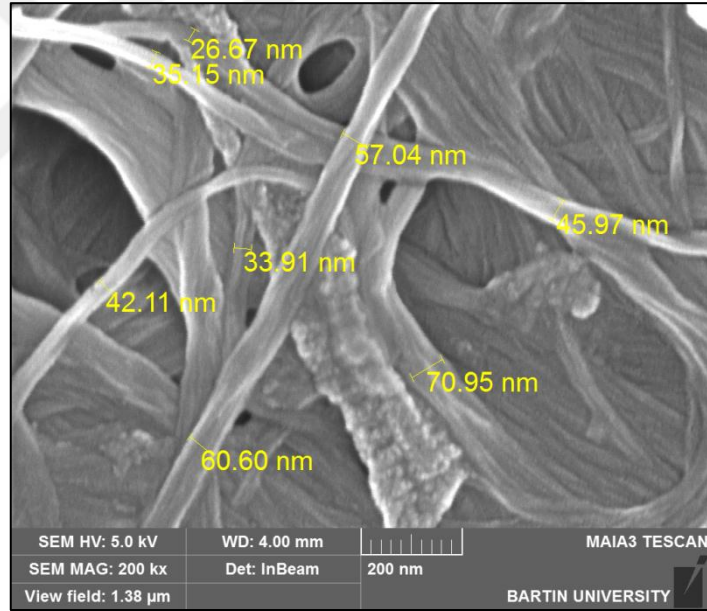
Şekil 32, Şekil 33, Şekil 34’de 410 ml BS-H örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Diğer selüloz örnekleriyle kıyaslandığında benzer ağsı yapıda oldukları görülmüştür ve ağsı yapının iyice birbirine kenetlendiği belirlenmiştir. Zincir çapları ölçülmüş ve ortalama zincir çapları 62,02 nm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 32: 410 ml BS-H için SEM analizi (x 30000).



Şekil 33: 410 ml BS-H için SEM analizi (x 50000).

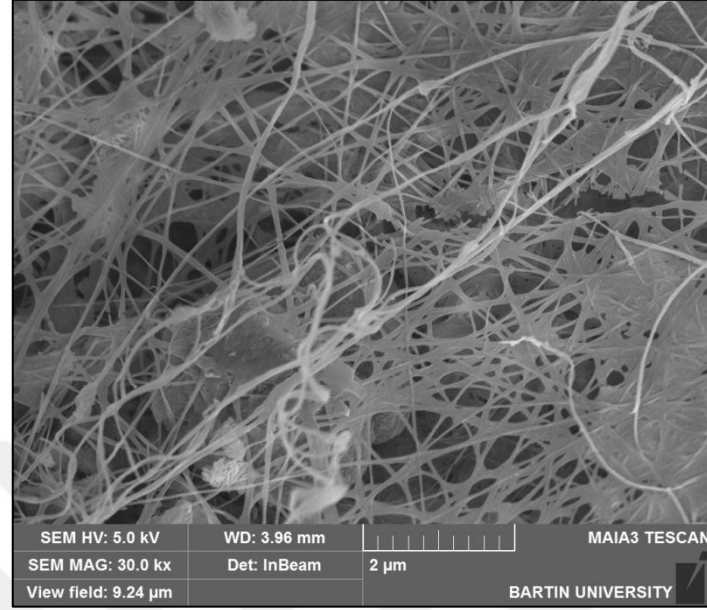


Şekil 34: 410 ml BS-H için SEM analizi (x 200000).

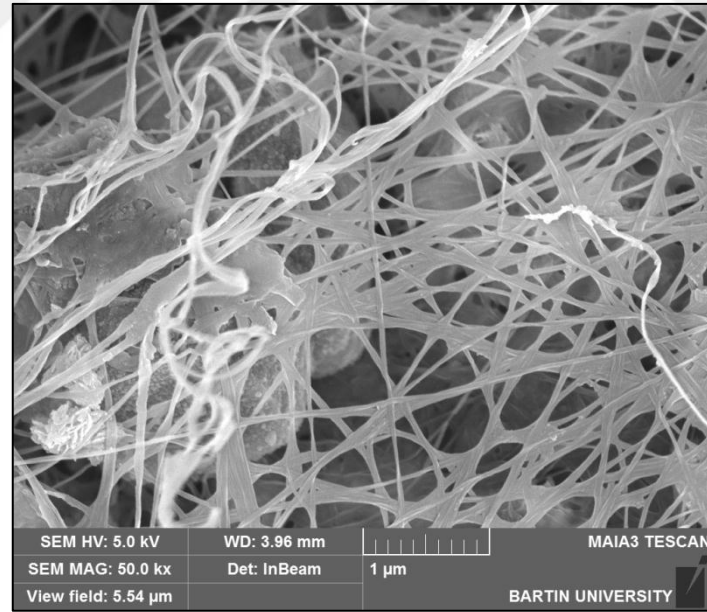
3.3 BS-Kontrol SEM Analizine İlişkin Bulgular

Şekil 35, Şekil 36, Şekil 37’de 210 ml BS-Kontrol örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Diğer selüloz örnekleriyle

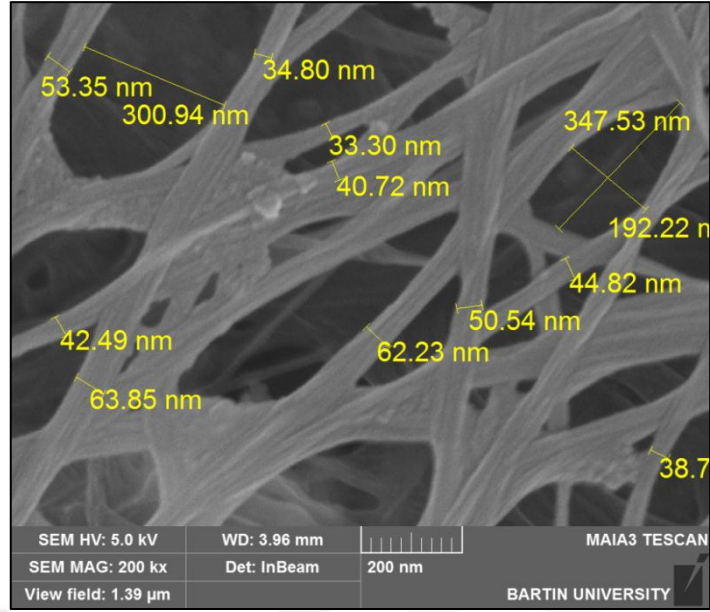
kıyaslandığında benzer yapıda oldukları görülmüştür. Zincir çapları ölçülmüş ve ortalama zincir çapları 47,35 nm olarak bulunmuştur.



Şekil 35: 210 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 30000).

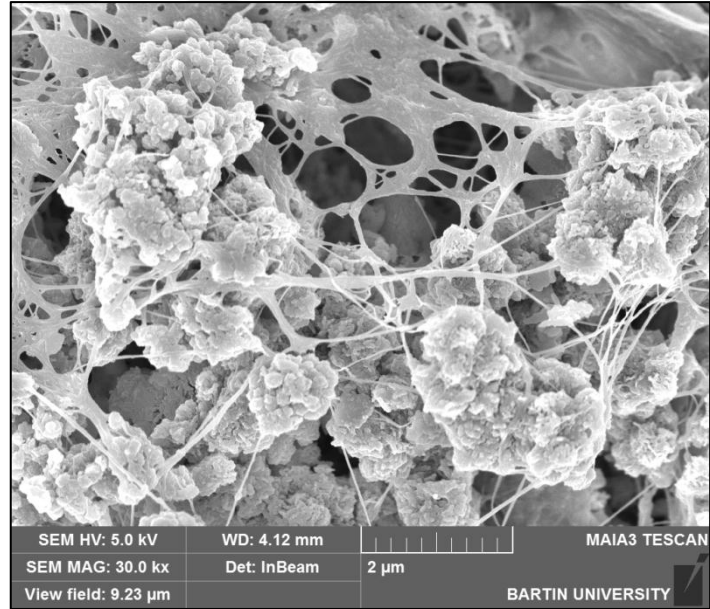


Şekil 36: 210 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 50000).

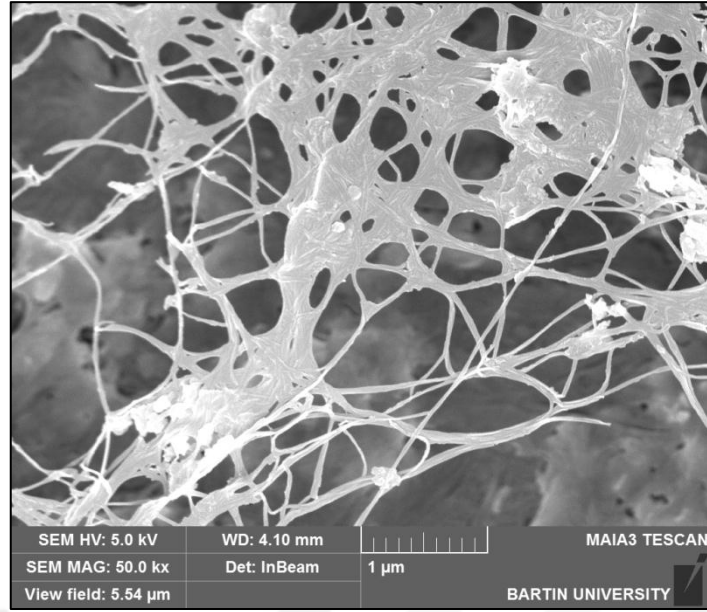


Şekil 37: 210 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 200000).

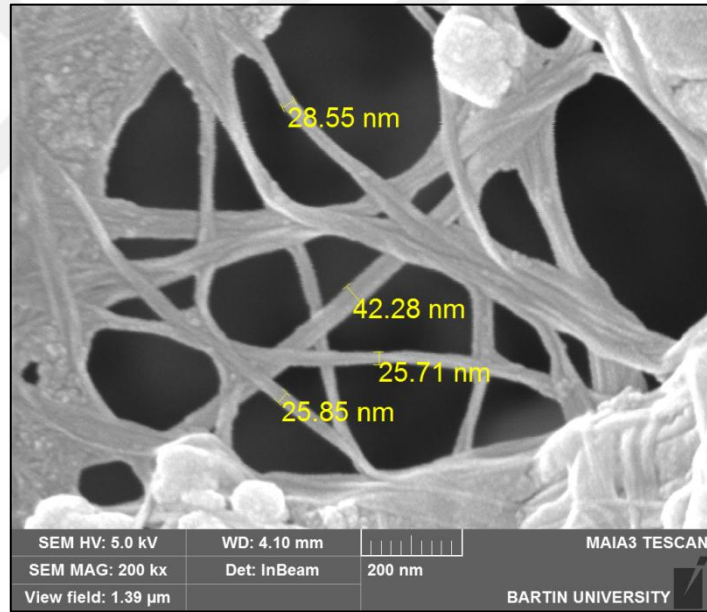
Şekil 38, Şekil 39, Şekil 40'da 310 ml BS-Kontrol örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Zincir çapları ölçülmüş ve ortalama zincir çapları 30,59 nm olarak belirlenmiştir.



Şekil 38: 310 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 30000).

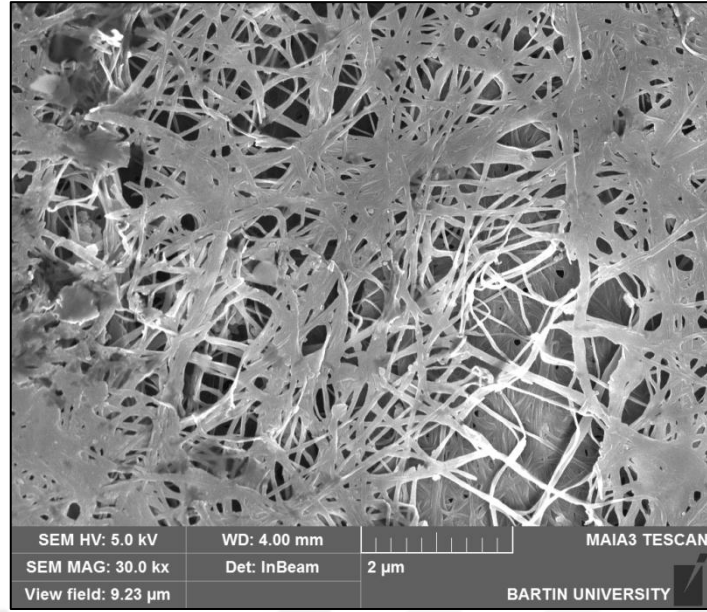


Şekil 39: 310 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 50000).

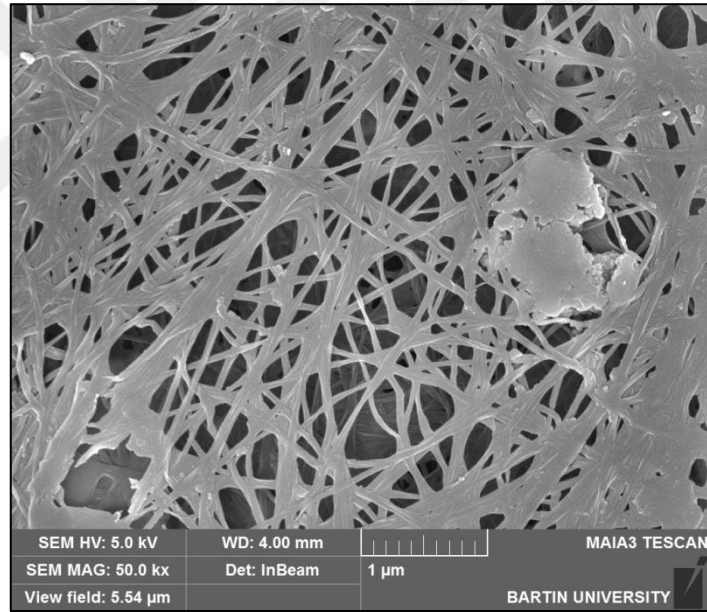


Şekil 40: 310 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 200000).

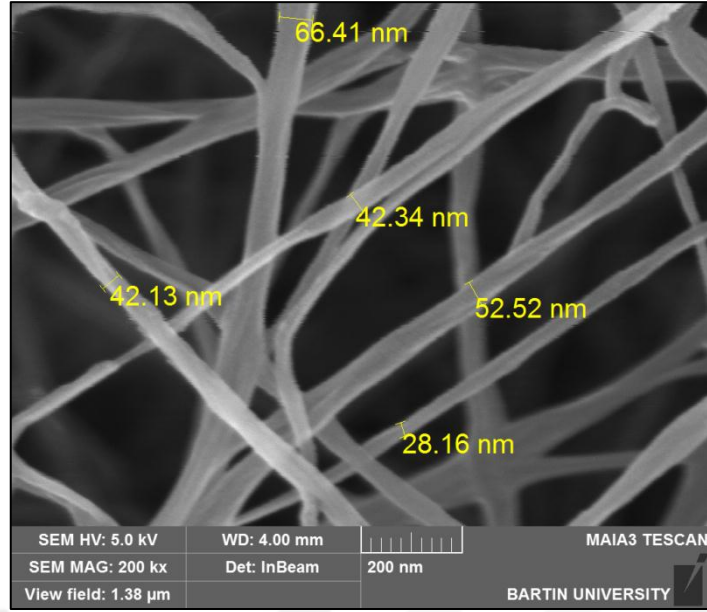
Şekil 41, Şekil 42, Şekil 43’de 360 ml BS-Kontrol örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Zincir çapları ölçülmüş ve ortalama zincir çapları 46,31 nm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 41: 360 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 30000).

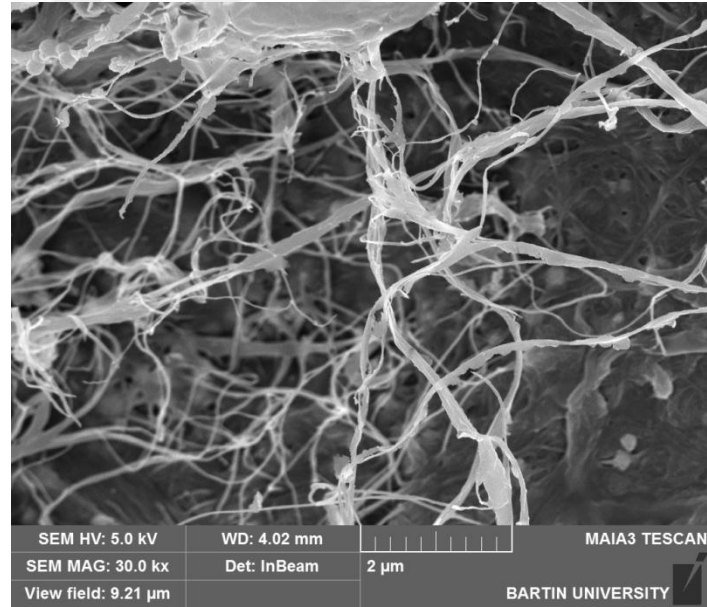


Şekil 42: 360 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 50000).

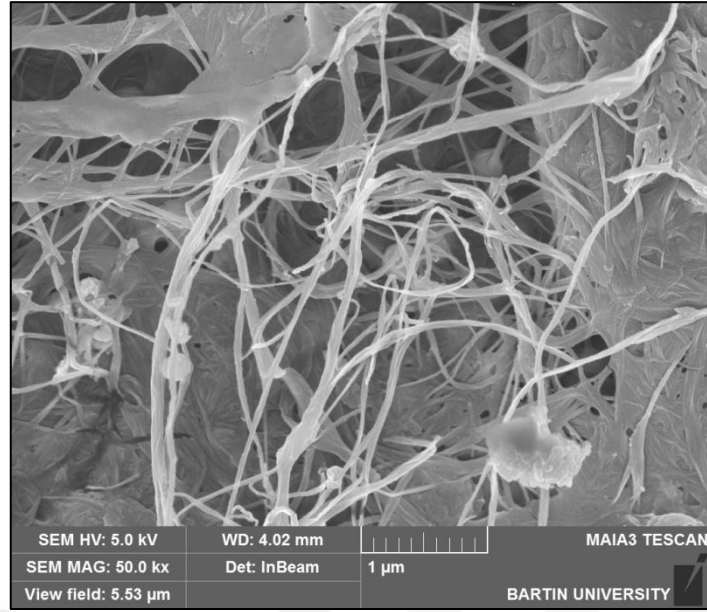


Şekil 43: 360 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 200000).

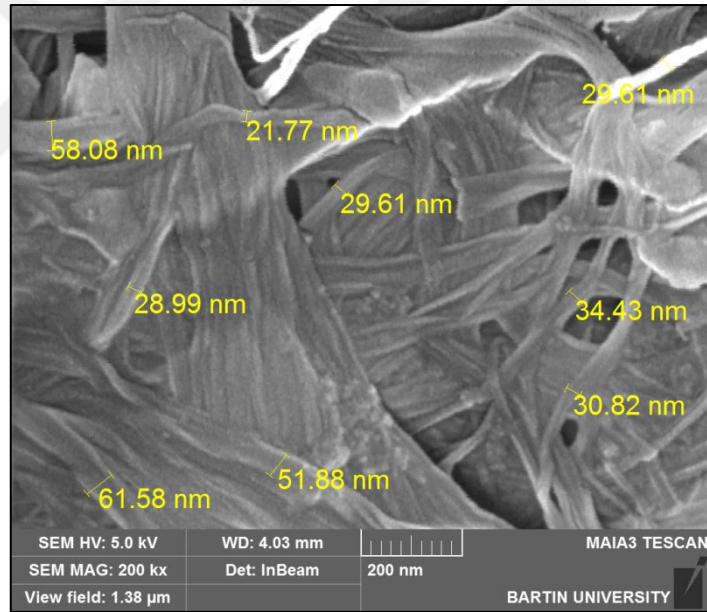
Şekil 44, Şekil 45, Şekil 46’da 410 ml BS-Kontrol örneği için sırasıyla; x30000, x50000 ve x200000 büyütmedeki SEM analizi sonuçları gösterilmiştir. Zincir çapları ölçülmüş ve ortalama zincir çapları 38,53 nm olarak saptanmıştır.



Şekil 44: 410 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 30000).



Şekil 45: 410 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 50000).

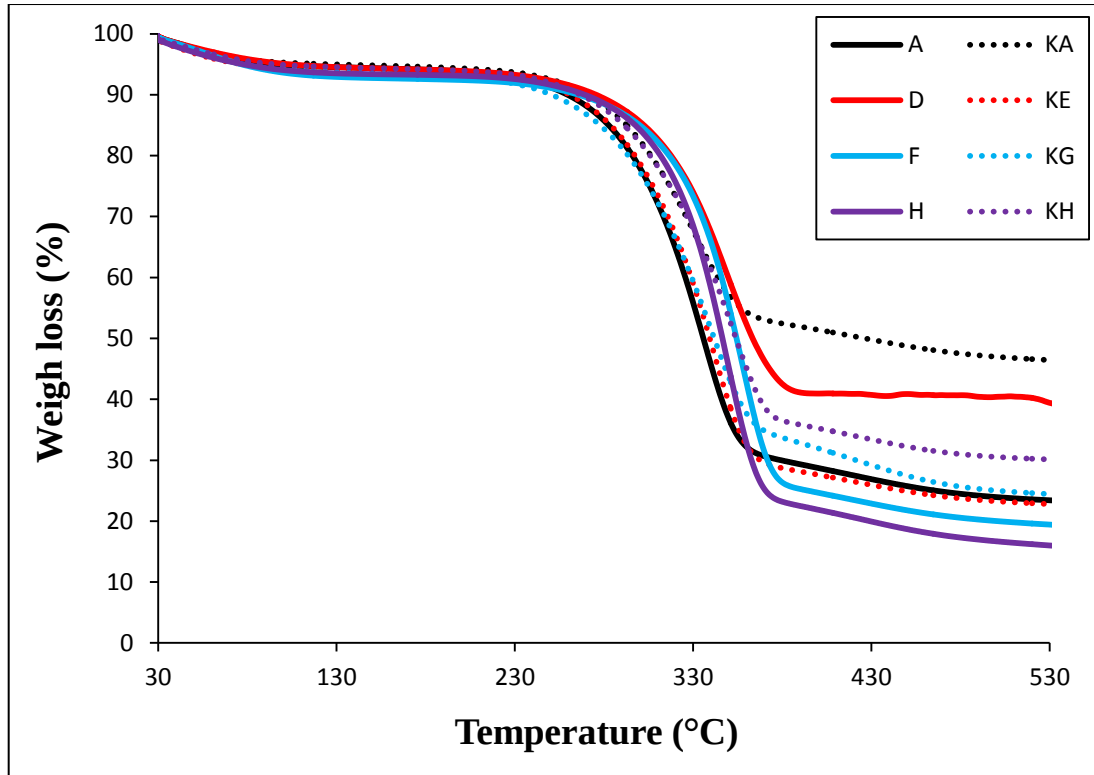


Şekil 46: 410 ml BS-Kontrol için SEM analizi (x 200000).

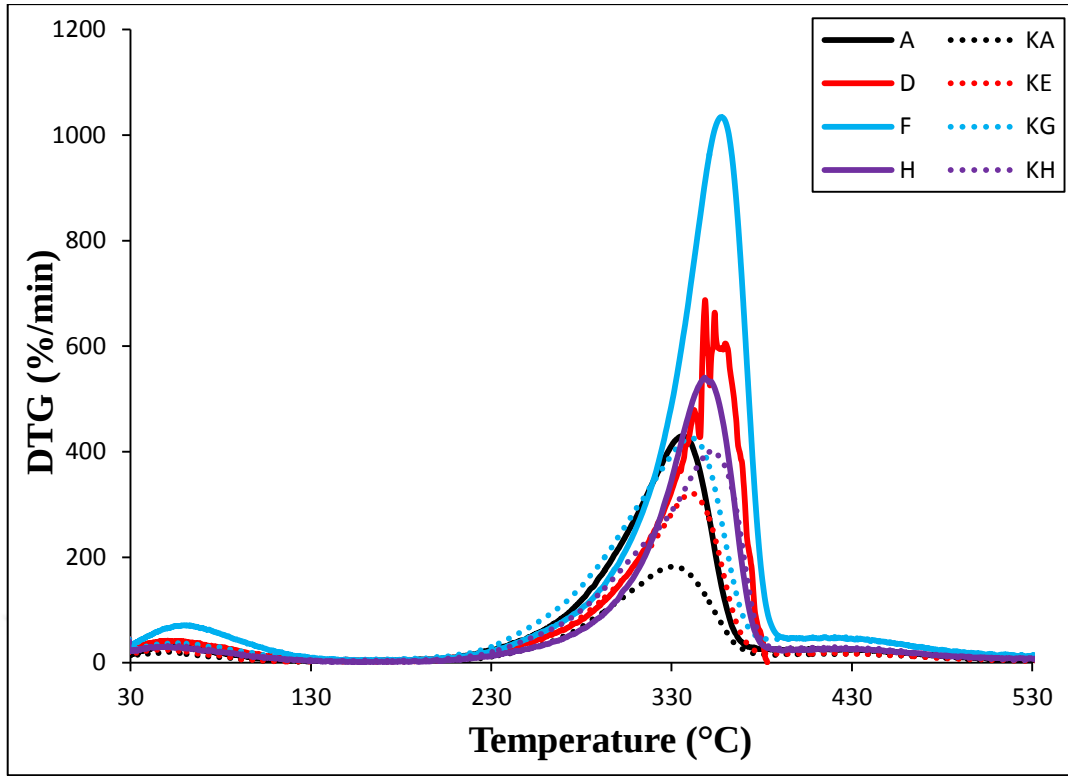
SEM analizi sonuçlarına göre (Şekil 23-46 arası), BS-H ve BS-Kontrol test örneklerine ait numunelerin gözenekli ve ağısı yapıda oldukları belirlenmiştir. İki test örneğinin de birbirine benzer yapıda olduğu anlaşılmıştır. BS-H örneğinden elde edilen SEM görüntüleri BS-Kontrol örneğinden elde edilen SEM görüntülerine göre ağısı yapısının daha yoğun ve daha sık olduğu görülmüştür.

3.4 TGA Analizine İlişkin Bulgular

Çalışmada sekiz farklı (A, D, F, H, KA, KE, KG ve KH) bakteriyel selüloz tipi hazırlanmış ve bu örneklerin termal kararlılıkları TGA-DTG analizi ile araştırılmıştır. Örnekler zamanın bir fonksiyon olduğu analizde ısının artmasıyla birlikte 30-100°C sıcaklıklar arasında küçük miktarlarda kütle kaybına uğramaya başlamıştır. DTG eğrileri de incelendiğinde bu sıcaklıklarda kütle kaybının olduğu göze çarpmaktadır. Genellikle biyolojik kökenli materyallerde rutubet içeriği yüksek olduğundan bu sıcaklıklarda buharlaşma ya da yapıdaki suyun uzaklaşmasıyla su içeriği kadar biyolojik materyaller kütle kaybına uğrarlar. Bu kayıp yapıda meydana gelen bir bozunma olmayıp yapı içerisindeki suyun uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Gerek TGA gerekse DTG incelendiğinde 100°C sıcaklıktan sonra 200°C sıcaklıklara kadar sabit bir eğri gösteren materyal çok az miktarlarda da olsa sabit bir bozulma göstermiştir fakat bu bozunma büyük oranlarda değildir. Özellikle 200°C sonrası hızlanan kütle kaybı 230° ve 370°C arasında en yüksek değerlere ulaşmıştır. En büyük kütle kayıpları genelde değişmesine karşın yaklaşık 320-355°C sıcaklıklarda yoğunlaşmıştır. Şekil 47 ve Şekil 48, örneklerle ait TGA ve DTG grafiklerini göstermektedir.



Şekil 47: BS numunelerine ait TGA grafiği.



Şekil 48: BS numunelerine ait DTG grafiği.

Bu grafiklere ait özet değerler Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9: TGA değerlerine ilişkin sıcaklık değerleri.

Analiz	T _{%10} (°C)	T _{%50} (°C)	DTG _{max} (°C)	Kütle Kaybı (%)
A	259,5	335,7	335,3	75,9
KA	273,2	427,9	328,3	52,6
D	278,6	366,2	348,2	64
KE	260,8	330,3	336,2	77,2
F	267,2	355,7	354,2	80,2
KG	250,5	341,8	336,5	75,5
H	271,5	348,6	344,3	83,4
KH	266,9	353,9	347,8	69,8

Selülozun degradasyon pik değeri 330°C – 370°C olarak bilinmektedir. Termal analiz sonuçlarına göre elde edilen BS’lerin, DTG_{max} pik değerleri ve T_{%50} değerleri genellikle bu sıcaklıklar arasında olduğu belirlenmiştir. Sadece KA için elde edilen T_{%50} değeri 427°C olarak belirlenirken, DTG_{max} değeri 330°C yakın bir sıcaklıkta olduğu saptanmıştır. T_{%10}

değerlerine bakıldığında en yüksek termal kararlılık 278,6°C ile D numunesinde elde edilmiştir. En düşük $T_{\%10}$ değeri ise 250,5°C ile KG numunesi için olduğu bulunmuştur. Kütle kayıpları incelendiğinde ise en yüksek kalıntı miktarı ise %52,6 ile KA değerinde saptanırken en az kalıntı miktarı ise %83,4 ile H numunelerinde olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak hazırlanan BS içerisinde en iyi termal kararlılık değerlerinin KA ve D numunesi için elde edildiği ve bu numunelerin yüksek termal kararlılık istenen yerlerde kullanılabileceği söylenebilir.

3.5 FT-IR Analizine İlişkin Bulgular

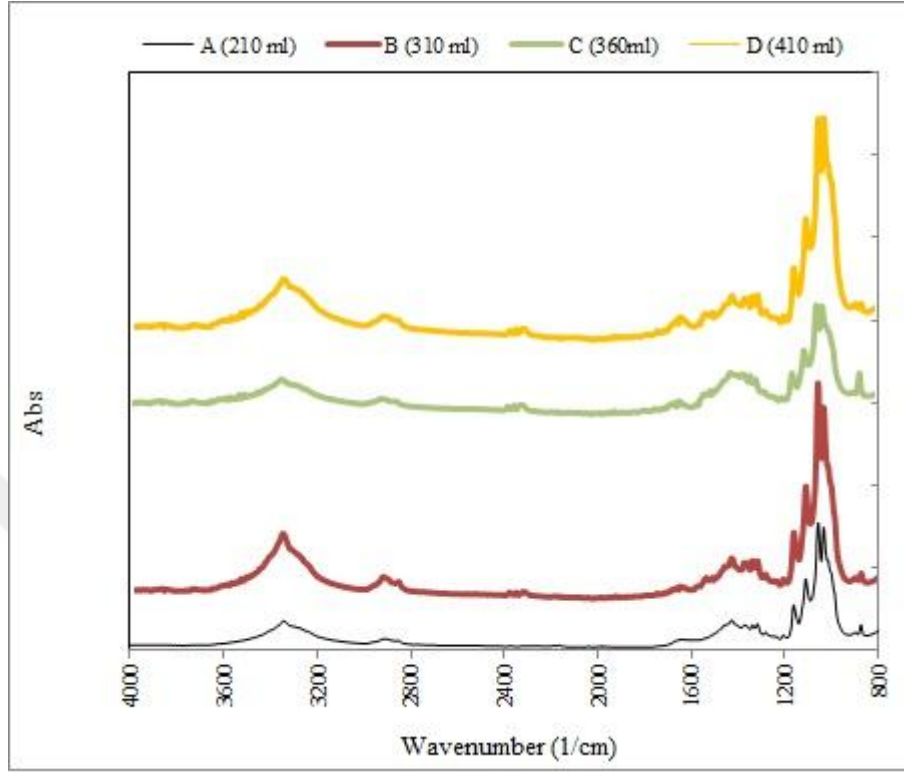
FT-IR analizi hidrojen bağlarının kuvvetini ve bu bağ ile bağlanmış kısımların incelenmesi için önemlidir. FT-IR analizine ilişkin grafik Şekil 49 ve Şekil 50’de verilmiştir. Bu değerler; 3000 cm^{-1} , 3350 cm^{-1} ve 3400 cm^{-1} - 3500 cm^{-1} arası O-H bağını, 2880 cm^{-1} , 2800 cm^{-1} - 2900 cm^{-1} arası C-H bağını, 1100 cm^{-1} - 1160 cm^{-1} C-O-C bağını, 1035 cm^{-1} - 1060 cm^{-1} arası C-O bağını, 1300 cm^{-1} C-H bağını ve 1400 cm^{-1} CH₂ bağını göstermektedir (Halib vd., 2012; Gomez vd., 2013).

Diğer bir çalışmada pik değerleri sırasıyla, 1375 cm^{-1} (C-H bağını), 1335 cm^{-1} (O-H bağını), 1315 cm^{-1} (CH₂ bağını), 1277 cm^{-1} (C-H bağını) ve 1225 cm^{-1} (O-H bağını) yapı içerisinde bulunan kristalin bölgelere işaret etmektedir (Castro vd., 2012).

Başka bir çalışmada, 2900 değeri hidroksil (-OH) grupları varlığında CH₂’e işaret etmektedir. Diğer taraftan, 3300 - 3400 cm^{-1} arası ise molekül içi hidrojen bağını göstermektedir. Bu değer, hidrojen bağlarının desenini aydınlatması bakımından önemlidir. Hidrojen bağının artan kuvvetiyle azalan bir frekansta (sıklıkta) farklı hidroksil grupları tek band şeklinde uzar (Sturcova vd., 2004).

1430 ve 1660 cm^{-1} değerleri ise karboksilat grupları ve karboksilik asit gruplarının yüzeydeki varlığını göstermektedir. 1045 - 1065 cm^{-1} arasındaki değerler ise şeker halkasının, eter C-O-C ve C-O-H (stretching vibration) uzama vibrasyonunu göstermektedir (Moosavi-Nasab vd., 2010).

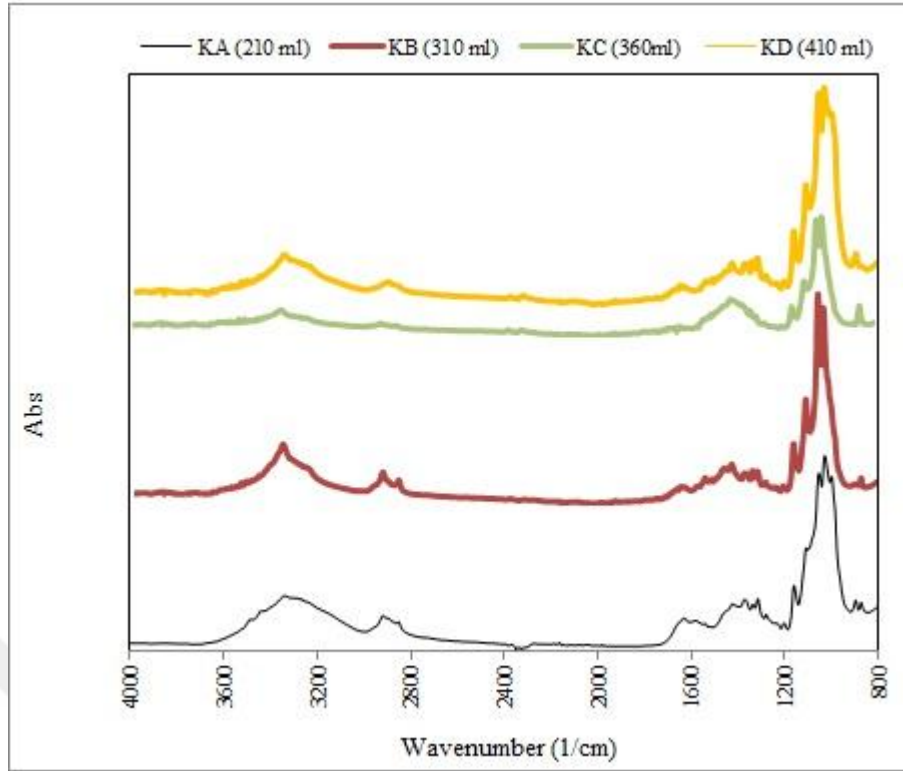
Çalışmada bulunan FT-IR analizine ilişkin değerler Tablo 10 ve 11’de, pik değerleri BS-H ve BS-K için sırasıyla Şekil 49 ve Şekil 50’de verilmiştir.



Şekil 49: BS-H için FT-IR analizi grafiği.

Tablo 10: BS-H için FT-IR analizi pik değerleri (cm⁻¹).

Analiz	Dalga Sayısı (cm ⁻¹)				
A (210 ml)	1031, 1056	1107, 1163	1315, 1336, 1369, 1425	2919	3342
B (310 ml)	1056, 1033	1107, 1163	1427, 1336, 1315, 1371	2916	3346
C (360 ml)	1053, 1029	1109, 1161	1315, 1342, 1375, 1421	2914	3346
D (410 ml)	1056, 1031	1109, 1161	1315, 1338, 1369, 1427	2918	3340



Şekil 50: BS-Kontrol için FT-IR analizi grafiği.

Tablo 11: BS-K için FT-IR analizi pik değerleri (cm^{-1}).

Analiz	Dalga Sayısı (cm^{-1})				
KA (210 ml)	1028, 1055	1107, 1159	1315, 1336, 1371, 1421	2916	3336
KB (310 ml)	1056, 1033	1110, 1161	1425, 1336, 1317, 1361	2918	3350
KC (360 ml)	1056, 1033	1109, 1163	1317, 1340, 1369, 1423	2920	3336
KD (410 ml)	1055, 1031	1109, 1161	1315, 1336, 1369, 1425	2895	3334

FT-IR sonuçlarından, BS-H ve BS-Kontrol değerlerinin birbirine benzer ve aynı kimyasal bağlara sahip oldukları belirlenmiştir.

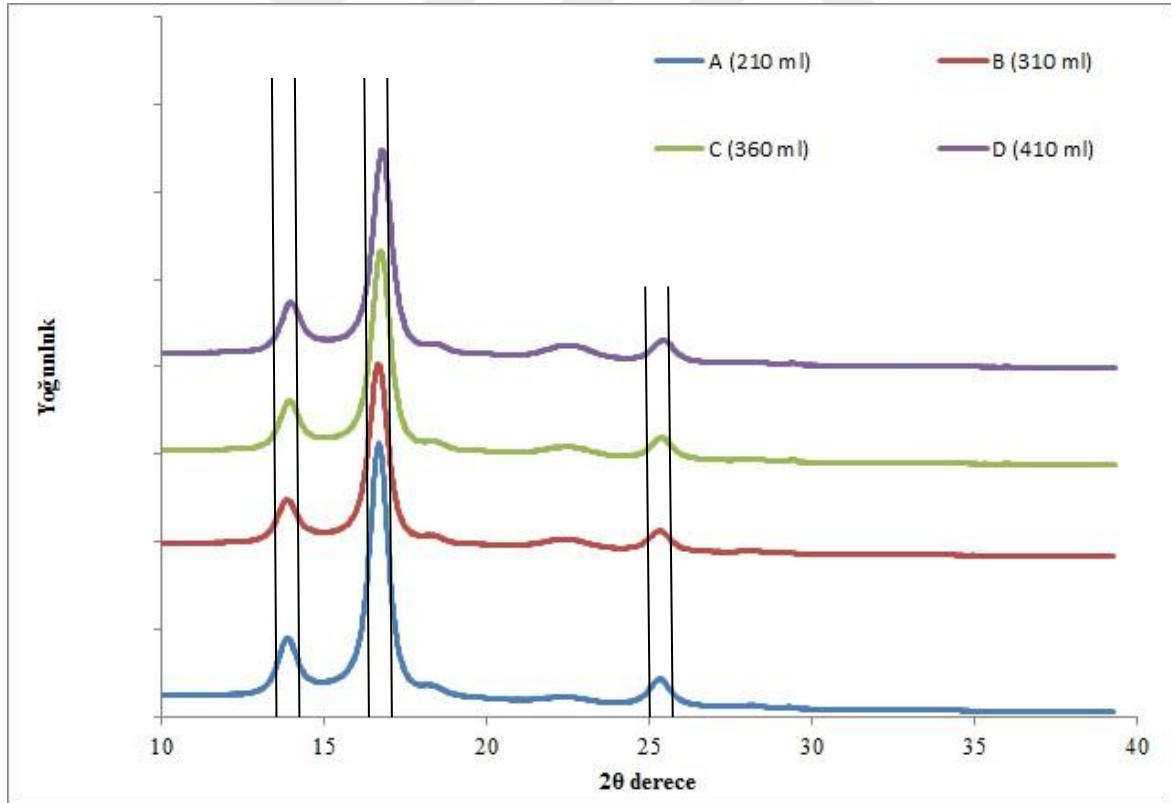
3.6 XRD Analizine İlişkin Bulgular

X-Işını Kırınım yöntemi (XRD), her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar. En basit

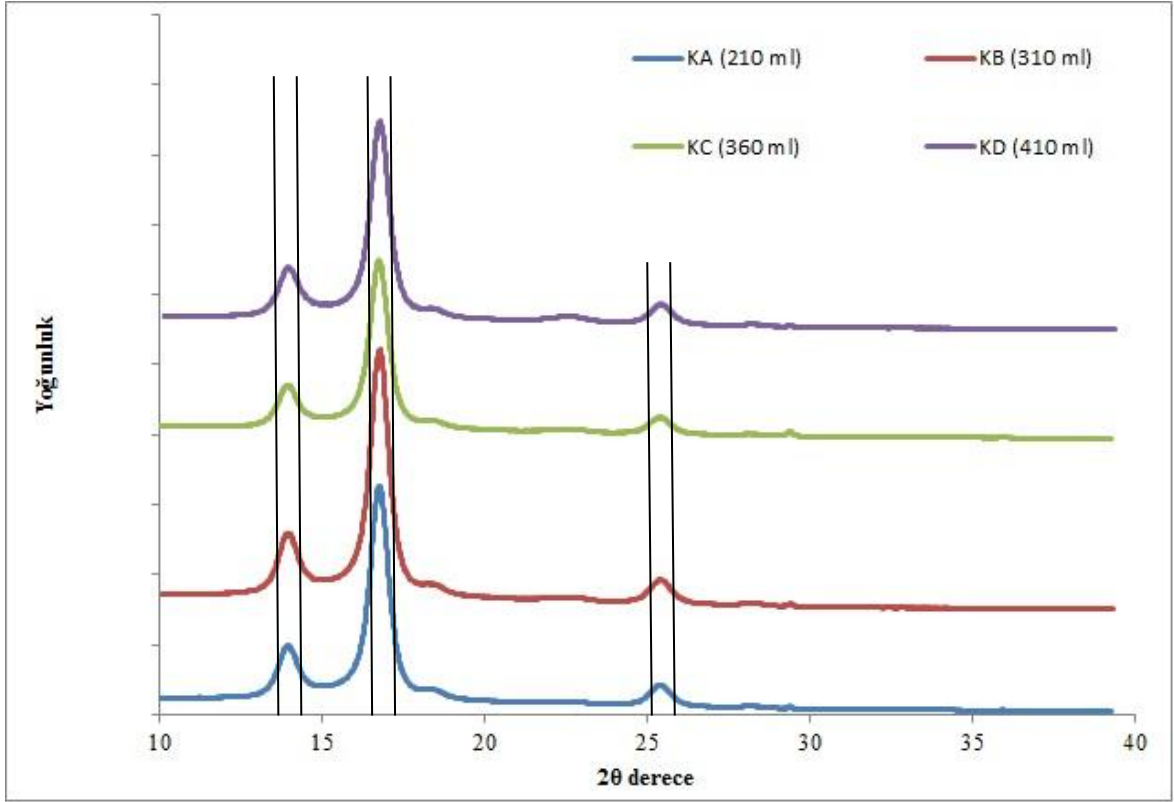
yorumlama, elde edilen verilerin daha önceden bilinen bir referans malzemeye ait verilerle karşılaştırmak suretiyle yapılandır.

BS-H için analizler sonucunda (Şekil 51), her bir analiz (210 ml, 310 ml, 360 ml ve 410 ml) için iki ana pik değeri belirlenmiştir. Bu pik değerleri sırasıyla; 13,91°: 16,72°, 13,87°: 16,70°, 13,87°: 16,72° ve 13,93°: 16,75° olarak bulunmuştur. Kristal indeksleri ise sırasıyla; Segal metodunda % 86, % 86, % 82 ve % 83 Curve fitting metodunda ise % 80, % 79, % 77 ve % 77 olmuştur.

BS-Kontrol için analizler sonucunda (Şekil 52), her bir analiz (210 ml, 310 ml, 360 ml ve 410 ml) için iki ana pik değeri belirlenmiştir. Bu pik değerleri sırasıyla; 13,99°: 16,78°, 13,91°: 16,74°, 14,00°: 16,77° ve 13,89°: 16,68° olarak bulunmuştur. Kristal indeksleri ise sırasıyla; Segal metodunda % 86, % 86, % 85 ve % 82 Curve fitting metodunda ise % 80, % 80, % 78 ve % 78 olmuştur (Cheng vd., 2009; Terinte vd., 2011; Ibbet vd., 2008).



Şekil 51: BS-H için XRD analizi grafiği.

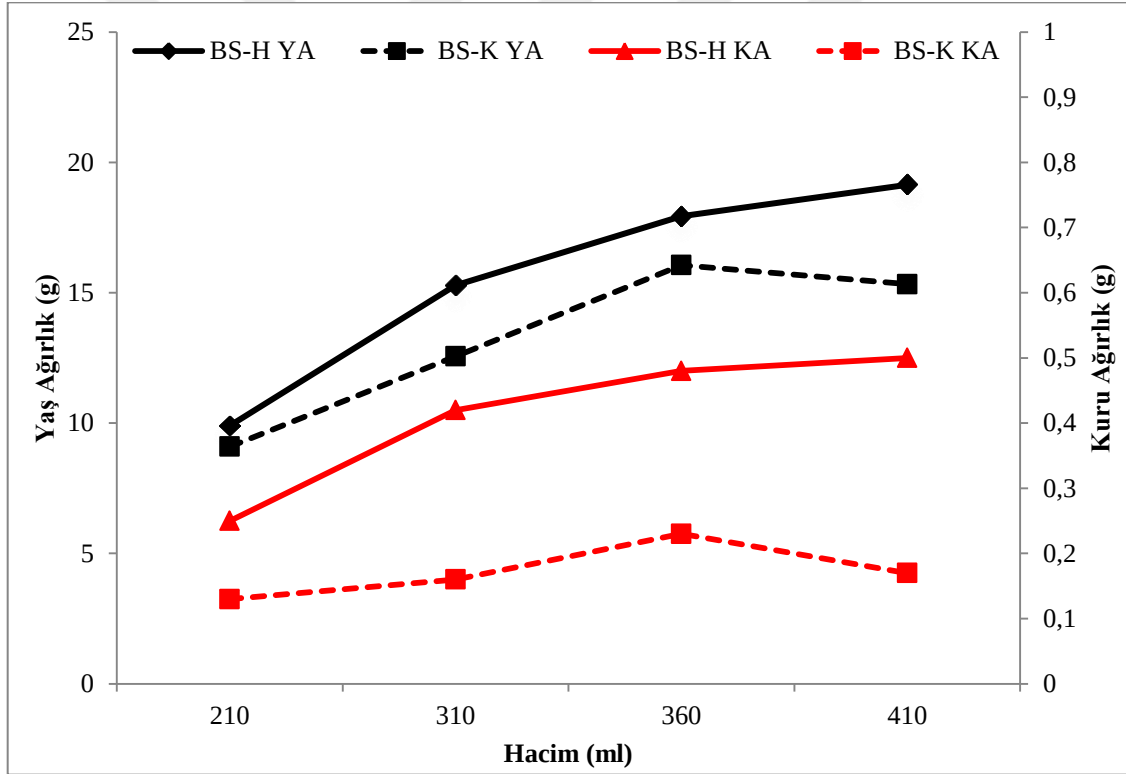


Şekil 52: BS-Kontrol için XRD analizi grafiği.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

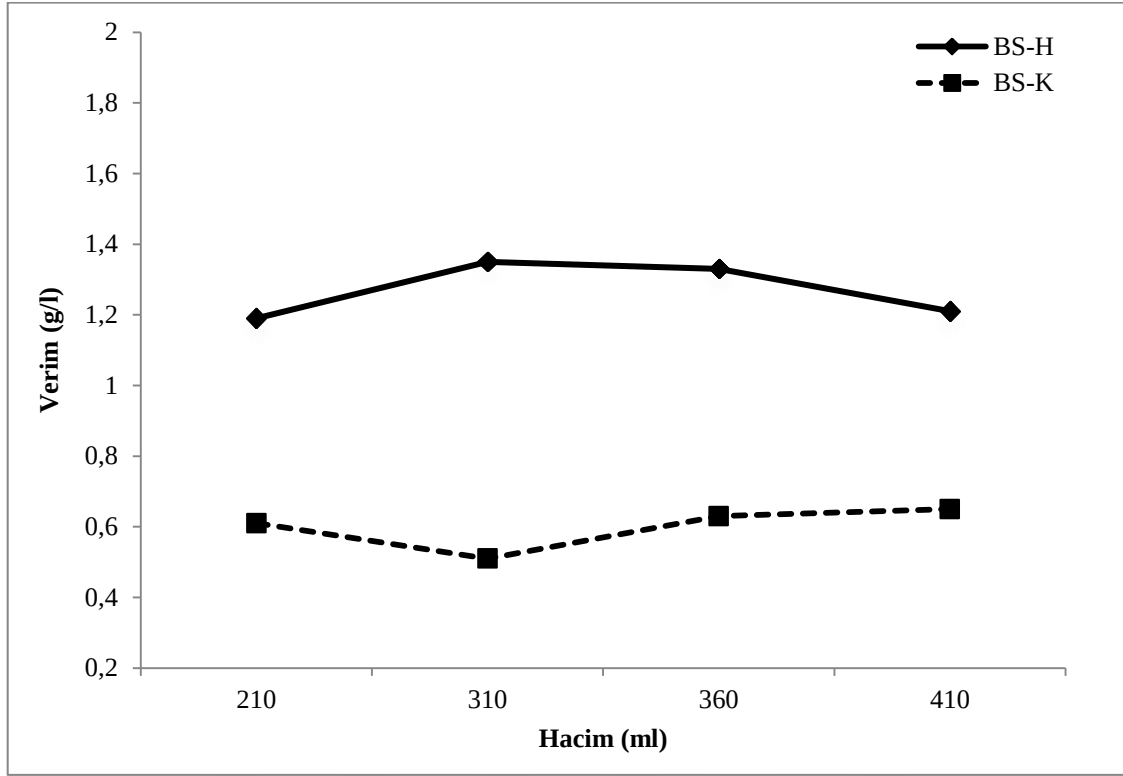
Yapılan deneyler sonucunda değerlendirilen numunelerin yaş ağırlıkları (g) olarak BS-H için, 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacim miktarlarında sırasıyla; 9,90, 15,28, 17,93, 19,14 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde, bu değerler BS-Kontrol numuneleri için sırasıyla; 9,11, 12,56, 16,06, 15,33 (g) olarak belirlendi (Şekil 53). Tam kuru ağırlıkları (dondurularak kurutulmuş) ise BS-H için 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacim miktarlarında (g) olarak sırasıyla; 0,25, 0,42, 0,48, 0,50 ve BS-Kontrol için; 0,13, 0,16, 0,23, 0,27 olarak ölçülmüştür (Şekil 54).



Şekil 53: Yaş - Kuru ağırlık analizi.

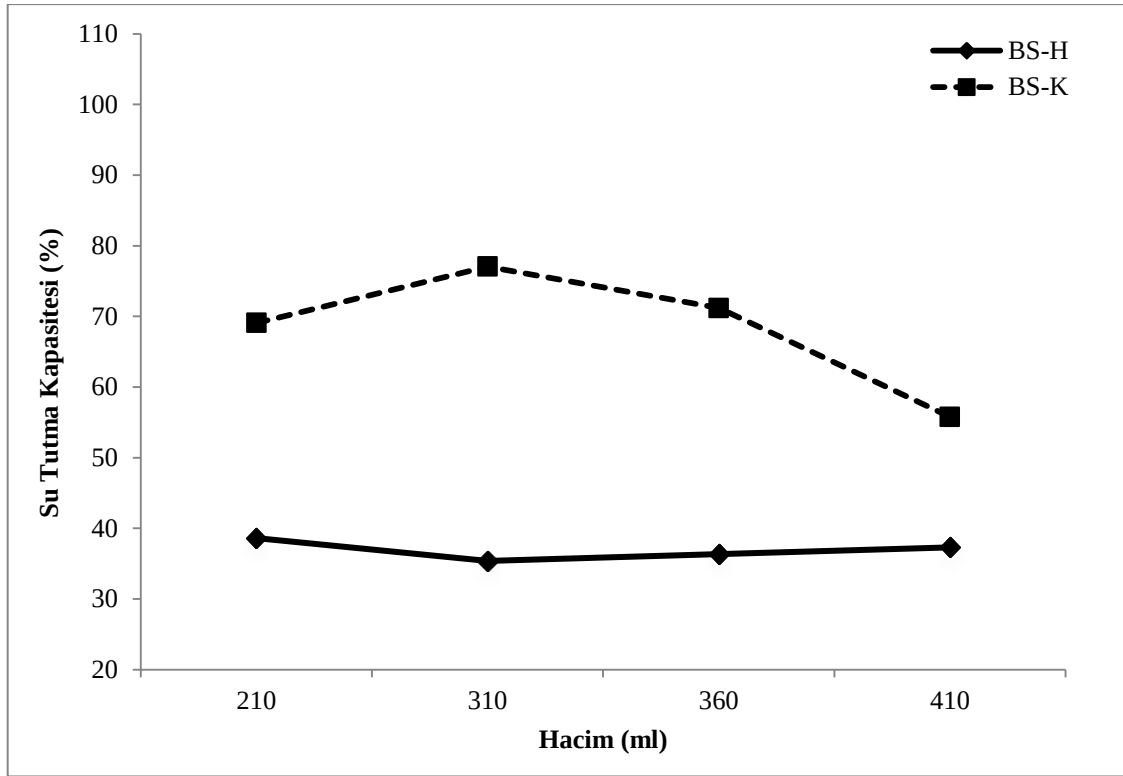
Verim değerleri ise BS-H için, 210, 310, 360 ve 410 ml'lik hacim miktarlarında sırasıyla; 1,19, 1,35, 1,33, 1,21 (g/l) olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde, bu değerler BS-Kontrol numuneleri için sırasıyla 0,61, 0,51, 0,63, 0,65 (g/l) olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre, verimin havuç besi ortamında kontrol örneklerine göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu bakımdan, havuç besi ortamının alternatif bir karbon kaynağı olarak kullanılması

tavsiye edilebilmektedir. Diğer taraftan, artan hacim miktarının yine verim üzerinde olumlu bir etki yaptığı belirlenmiştir.



Şekil 54: BS kuru madde verim analizi.

Su Tutma Kapasitesi (STK) ise BS-H için, 210, 310, 360 ve 410 ml’lik hacim miktarlarında (kuru ağırlığına oranla) sırasıyla; 38,6, 35,38, 36,35, 37,28 katı olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde, bu değerler BS-Kontrol numuneleri için sırasıyla; 69,07, 77,05, 71,17, 55,77 katı olarak ölçülmüştür (Şekil 55). Buna göre, BS-Kontrol örneklerinin STK’larının yaklaşık iki katı olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeninin, amorf bölgelerin fazla olması ile ilgili olduğu XRD analiz değerlerine göre söylenebilir.



Şekil 55: BS su tutma kapasitesi analizi.

SEM analizi sonuçlarına göre fibril çapları ortalama 40 nm – 75 nm arası olarak ölçülmüştür. Bu değerler, literatür değerleri ile örtüşmektedir ve elde edilen bu nanoselüloz; gıda, kozmetik, ilaç, kağıt ve kompozit yapımında hammadde ve dolgu maddesi olarak kullanılabilir.

Termal analiz sonuçlarına göre elde edilen BS'lerin, DTG_{max} pik değerleri ve T_{50} değerleri genellikle bu sıcaklıklar arasında olduğu belirlenmiştir. Sadece KA için elde edilen T_{50} değeri 427°C olarak belirlenirken, DTG_{max} değeri 330°C yakın bir sıcaklıkta olduğu saptanmıştır. Genellikle hazırlanan BS'ler selülozun literatür değerleri ile uyum göstermektedir (Halib vd., 2012).

XRD analizi sonuçları literatür ile karşılaştırıldığında uyumlu sonuçlar göstermiştir ve kristal indeksi yüksek değerler arasında yer almaktadır (Tablo 12).

Tablo 12: Farklı selüloz kaynaklarına ait olan (%) kristal indeksi değerleri.

Örnek	Kristalinite (%)	Kaynak
Pamuk	78	(Terinte vd., 2011)
Bakteriyel Selüloz	82	(Keshk, 2014)
Bakteriyel Selüloz	75	(Grande vd., 2009)
Bakteriyel Selüloz	79	(Carreira vd., 2011)
Bakteriyel Selüloz	78	(Shezad vd., 2010)
Bakteriyel Selüloz	85-93	(Cheng vd., 2009)
Bakteriyel Selüloz	84-89	(Czaja vd., 2004)
Bakteriyel Selüloz	63-81	(Sheykhnazari vd., 2011)
Bakteriyel Selüloz	74-85	(Amin vd., 2014)
Bakteriyel Selüloz	80	(Gomes vd., 2013)
Mikrokristalin Selüloz	77	(Keshk, 2014)
Mikrokristalin Selüloz	79	(Amin vd., 2014)

FT-IR değerleri ise literatür ile uyumlu sonuçlar gösterdiğinden, kimyasal olarak önemli bir farklılığın olmadığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Amin, M.C.I.M., Abadi, A.G., Katas, H. (2014). Purification, characterization and comparative studies of spray-dried bacterial cellulose microparticles. *Carbohydrate Polymers*, 99:180– 189.
- Ateş, E., Aztekin, K. (2011). Parçacık ve fiber takviyeli polimer kompozitlerin yoğunluk ve basma dayanımı özellikleri. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*. 26(2): 479-486.
- Carreira, P., Mendes, J.A.S., Trovatti, E., Serafim, L.S., Freire, C.R.S., Silvestre, A.J.D., Neto, C.P. (2008). Utilization of residues from agro-forest industries in the production of high value bacterial cellulose. *Bioresource Technology*, 102: 7354–7360.
- Castro, C., Zuluaga, R., Álvarez, C., Putaux, J.L., Caro, G.G., Rojas, O.J., Mondragon, I., Ganán, P. (2012). Bacterial cellulose produced by a new acid-resistant strain of *Gluconacetobacter Genus*. *Carbohydrate Polymers*, 89(4): 1033-1037.
- Chao, Y., Mitarai, M., Sugano, Y., Shoda, M. (2001a). Effect of addition of water-soluble polysaccharides on bacterial cellulose production in a 50-L airlift reactor. *Biotechnology Progress*, 17(4): 781–785.
- Chao, Y., Sugano, Y., Shoda, M. (2001b). Bacterial cellulose production under oxygen-enriched air at different fructose concentrations in a 50-liter, internal-loop airlift reactor. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 55(6): 673–679.
- Chao, Y.P., Ishida, T., Sugano, Y., Shoda, M. (2000). Bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum* in a 50-L internal-loop airlift reactor. *Biotechnol Bioeng*, 68(3): 345–352.
- Chao, Y.P., Sugano, Y., Kouda, T., Yoshinaga, F., Shoda, M. (1997). Production of bacterial cellulose by *Acetobacter xylinum* with an air-lift reactor. *Biotechnology Techniques*, 11(11): 829–832.
- Chawla, P. R., Bajaj, I. B., Survase, S. A., Singhal, R. S. (2009). Fermentative production of microbial cellulose. *Food Technology and Biotechnology*, 47(2): 107–124.
- Cheng, K.C., Catchmark, J.M. ve Demirci, A. (2009). Enhanced production of bacterial cellulose by using a biofilm reactor and its material property analysis. *Journal of Biological Engineering*, 3(12).
- Cheng, K.C., Catchmark, J.M., Demirci, A. (2011). Effects of CMC addition on bacterial cellulose production in a biofilm reactor and its paper sheets analysis. *Biomacromolecules*, 12(3): 730–736.
- Cheng, Q., Wang, S. (2011) . A method for testing the elastic modulus of single cellulose fibrils via atomic force microscopy. *Composites: Part A*, 39: 1838–1843.

- Çoban, E.P., Bıyık, H.H. (2008). Asetik asit bakterilerinden elde edilen alternatif selüloz. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 6(2): 19-26.
- Czaja, W. K., Young, D. J., Kawecki, M., & Brown, R. M. (2007). The future prospects of microbial cellulose in biomedical applications. *Biomacromolecules*, 8(1): 1–12.
- Eichhorn, S.J. & Young, R.J. (2001). The Young's modulus of a microcrystalline cellulose. *Cellulose*, 8: 197–207.
- Erbas Kiziltas, E., Kiziltas, A., & Gardner, D. J. (2015a). Synthesis of bacterial cellulose using hot water extracted wood sugars. *Carbohydrate Polymers*, 124: 131–138.
- Erbas Kiziltas, E., Kiziltas, A., Blumentritta, M., & Gardner, D. J. (2015b). Biosynthesis of bacterial cellulose in the presence of different nanoparticles to create novel hybrid materials. *Carbohydrate Polymers*, 129: 148-155.
- Feng, Y., Zhang, X., Shen, Y., Yoshino, K., Feng, W. (2012). A mechanically strong, flexible and conductive film based on bacterial cellulose/graphene nanocomposite. *Carbohydrate Polymers*, 87(1): 644–649.
- Fernandes, S.C.M., Oliveira, L., Freire, C.S.R., Silvestre, A.J.D., Neto, C.P., Gandinia, A., Desbrieres, J. (2009). Novel transparent nanocomposite films based on chitosan and bacterial cellulose. *Green Chemicals*, 11: 2023–2029.
- Fu, L., Zhang, J., Yang, G. (2013). Present status and applications of bacterial cellulose-based materials for skin tissue repair. *Carbohydrate Polymers*, 92: 1432– 1442.
- Gadim, T.D.O., Figueiredo, A.G.P.R., Rosero-Navarro, N.C., Vilela, C., Gamelas, J.A.F., Barros-Timmons, A., Neto, C.P., Silvestre, A.J.D., Freire, C.S.R., Figueiredo, F.M.L. (2014). Nanostructured bacterial cellulose–poly (4-styrene sulfonic acid) composite membranes with high storage modulus and protonic conductivity. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 6(10): 7864–7875.
- Gama, M., Gatenholm, P., Klemm, D. (2013). *Bacterial Nano Cellulose A Sophisticated Multifunctional Material*. CRC Press Taylor and Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487-2742, International Standard Book Number-13: 978-1-4398-6992-5 (eBook - PDF).
- Goh, W.N., Rosma, A., Kaur, B., Fazilah, A., Karim, A.A., Bhat, R. (2012). Microstructure and physical properties of microbial cellulose produced during fermentation of black tea broth (Kombucha). *II. International Food Research Journal*, 19(1): 153-158.
- Gomes, F.P., Silva, N.H.C.S., Trovatti, E., Serafim, L.S., Duarte, M.F., Silvestre, A.J.D., Neto, C.P., Freire, C.S.R. (2013). Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter sacchari* using dry olive mill residue. *Biomass and Bioenergy*, 55: 205-211.

- Grande, C.J., Torres, F.G., Gomez, C.M., Troncoso, O.P., Ferrer, J.C., Pastor, J.M. (2009). Development of self-assembled bacterial cellulose–starch nanocomposites. *Materials Science and Engineering C*, 29: 1098–1104.
- Guhados W, Wan WK, Hutter JL. (2005). Measurement of the elastic modulus of single bacterial cellulose using atomic force microscopy. *Langmuir*, 21: 6642-6646.
- Halib, N., Amin, M.C.I.M., Ahmad, I. (2012). Physicochemical properties and characterization of nata de coco from local food industries as a source of cellulose. *Sains Malaysiana*, 41(2): 205–211.
- Hestrin, S. & Schramm, M. (1954). Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. 2. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose. *Biochemical Journal*, 58: 345-352.
- Hofinger M, Bertholdt G, Weuster-Botz D. (2011). Microbial production of homogeneously layered cellulose pellicles in a membrane bioreactor. *Biotechnology and Bioengineering*, 108(9): 2237–2240.
- Hsieh, Y. C.; Yano, H., Nogi, M. and Eichhorn, S. J. (2008). An estimation of the Young's modulus of bacterial cellulose filaments. *Cellulose*, 15(4): 507-513.
- Hu W, Chen S, Yang J, Li Z, Wang H, (2014). Functionalized bacterial cellulose derivatives and nanocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 10: 1043–1060.
- Huang, C., Guo, H.-J., Xiong, L., Wang, B., Shi, S.-L., Chen, X.-F., Lin X.-Q., Wang, C., Luo J. & Chen, X.-D. (2016). Using wastewater after lipid fermentation as substrate for bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus*. *Carbohydrate Polymers*, 136:198–202.
- Ibbett, R., Domvoglou, D., ve Phillips, D.A.S. (2008). The hydrolysis and recrystallisation of lyocell and comparative cellulosic fibres in solutions of mineral acid. *Cellulose*, 15: 241-254.
- Ioelovich, M. (2013). Nanoparticles of amorphous cellulose and their properties. *American Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 1(1): 41-45.
- Iyer, P. R., S. M. Geib, J. Catchmark, T. Kao, and M. Tien. (2010). Genome sequence of a cellulose-producing bacterium, *Gluconacetobacter hansenii* ATCC 23769. *Journal of Bacteriology*, 192: 4256–4257.
- Jonas, R., Farah, L.F. (1998). Production and application of microbial cellulose. *Polymer Degrad Stabil*, 59: 101–106.
- Jung, J.Y., Khan, T, Park, J.K., Chang, H.N. (2007). Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter hansenii* using a novel bioreactor equipped with a spin filter. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 24(2): 265–271.
- Keshk SMAS. (2014). Vitamin C enhances bacterial cellulose production in *Gluconacetobacter xylinus*. *Carbohydrate Polymers*, 99: 98– 100.

- Krystynowicz, W., Czaja, A., Wiktorowska-Jezierska, M., Gonçalves-Mioekiewicz, M., Turkiewicz, S. (2002). Bielecki, Factors affecting the yield and properties of bacterial cellulose. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 29: 189–195.
- Liang, H.W., Guan, Q.F., Zhu-Zhu, Song, L.T., Yao, H.B., Lei, X., Yu, S.H. (2012). Highly conductive and stretchable conductors fabricated from bacterial cellulose. *NPG Asia Materials*, 4(e19).
- Lin, N., Dufresne, A. (2014). Nanocellulose in biomedicine: Current status and future prospect. *European Polymer Journal*, 59: 302–325.
- Lin, S.P., Calvar, I.L., Catchmark, J.M., Liu, J.R., Demirci, A., Cheng, K.C. (2013). Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose. *Cellulose*, 20: 2191–2219.
- Moosavi-Nasab, M., Yousefi, A.R. (2010). Investigation of physicochemical properties of the bacterial cellulose produced by *Gluconacetobacter xylinus* from date syrup. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 44: 1258-1263.
- Noro, N., Sugano, Y., Shoda, M. (2004). Utilization of the buffering capacity of corn steep liquor in bacterial cellulose production by *Acetobacter xylinum*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 64(2): 199–205.
- Putra, A., Kakugo, A., Furukawa, H., Gong, J.P. (2009). Orientated bacterial cellulose culture controlled by liquid substrate of silicone oil with different viscosity and thickness. *Polymer Journal*, 41(9): 764–770.
- Qazi, T.H., Rai, R., Boccaccini, A.R. (2014). Tissue engineering of electrically responsive tissues using polyaniline based polymers: A review. *Biomaterials*, 35: 9068-9086.
- Romanovicz, W.C.D. and Brown, R.M.(2004). Jr. Structural investigations of microbial cellulose produced in stationary and agitated culture. *Cellulose*, 11: 403 411.
- Sheykhnazari, S., Tabarsa, T., Ashori, A., Shakeri, A., Golalipourd, M. (2011). Bacterial synthesized cellulose nanofibers; Effects of growth times and culture mediums on the structural characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 86: 1187– 1191.
- Shezad, O., Khan, S., Khan, T., & Park, J. K. (2010). Physicochemical and mechanical characterization of bacterial cellulose produced with an excellent productivity in static conditions using a simple fed-batch cultivation strategy. *Carbohydrate Polymers*, 82: 173–180.
- Song, H.J., Li, H., Seo, J.H., Kim, M.J., Kim, S.J. (2009). Pilot-scale production of bacterial cellulose by a spherical type bubble column bioreactor using saccharified food wastes. *Korean Journal of Chemical Engineering* 26(1):141–146.
- Sturcova, A., His, I., Apperley, D.C., Sugiyama, J. ve Jarvis, M.C. (2004). Structural details of crystalline cellulose from higher plants. *Biomacromolecules*, 5: 1333-1339.

- Svensson, A., Nicklasson, E., Harrah, T., Panilaitis, B., Kaplan, D.L., Brittberg, M., Gatenholm, P. (2005). Bacterial cellulose as a potential scaffold for tissue engineering of cartilage. *Biomaterials*, 26: 419–431.
- Tazi, N., Zhang, Z., Messaddeq, Y., Almeida-Lopes, L., Zanardi, L.M., Levinson, D., Rouabhia, M. (2012). Hydroxyapatite bioactivated bacterial cellulose promotes osteoblast growth and the formation of bone nodules. *AMB Express*, 2(1): 61.
- Terinte, N., Ibbett, R., Schuster, K.C. (2011). Overview on native cellulose and microcrystalline cellulose I structure studied by x – ray diffraction (WAXD): comparison between measurement techniques. *Lenzinger Berichte*, 89: 118-131.
- Ummartyotin, S., Juntarob, J., Sainb, M., Manuspiyaa, H. (2012). Development of transparent bacterial cellulose nanocomposite film as substrate for flexible organic light emitting diode (OLED) display. *Industrial Crops and Products*, 35: 92– 97.
- URL-1 Materials Data Book, 2003 Edition, Cambridge University, <http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>.
- URL-2 Nata De Coco Manufacturing Sdn Bhd, <http://natadecoco.com.my/>, 18 Mai 2016.
- URL-3 How to produce nata de coco (by FE DE CASTRO, JOY SUMAGUE, DORY DE VILLA), <http://www.southpacificbiz.net/library/docs/howto/How%20to%20Produce%20Nata%20de%20Coco.pdf>, Eriřim: 18 Mayıs 2016.
- URL-4 A wet microbial cellulose pellicle being removed from a culture. https://en.wikipedia.org/wiki/Bacterial_cellulose#/media/File:Microbial_cellulose_pellicle.JPG. Eriřim: 17/05/2016.
- Vitta, S., Drillon, M., Derory, A. (2010). Magnetically responsive bacterial cellulose: synthesis and magnetic studies. *Journal of Applied Physics* 108(5):053905–053907.
- Wan, Y.Z., Huang, Y., Yuan, C.D., Raman, S., Zhu, Y., Jiang, H.J., He, F., Gao, C. (2007). Biomimetic synthesis of hydroxyapatite/bacterial cellulose nanocomposites for biomedical applications. *Materials Science and Engineering C*, 27: 855–864.
- Wu, J., Zheng, Y., Song, W., Luan, J., Wen, X., Wu, Z., Chen, X., Wang, Q., Guo, S. (2014). In situ synthesis of silver-nanoparticles/bacterial cellulose composites for slow-released antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate Polymers*, 102: 762-771.
- Yang, Z., Chen, S., Hu, W., Yin, N., Zhang, W., Xiang, C., Wang, H. (2012c). Flexible luminescent CdSe/bacterial cellulose nanocomposite membranes. *Carbohydrate Polymers*, 88(1): 173–178.
- Yoshinaga F., Tonouchi, J. ve Watanabe, K. (1997). Research progress in production of bacterial cellulose by aeration and agitation culture and its application as a new industrial material. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 61(2): 219-224.

- Zaboroweska, M., Bodin, A., Backdahi, H., Popp, J., Goldstein, A., Gatenholm, P. (2010). Microporous bacterial cellulose as a potential scaffold for bone regeneration. *Acta Biomaterialia*, 6: 2540-2547.
- Zhang, X., Fanga, Y., Chena, W. (2013). Preparation of silver/bacterial cellulose composite membrane and study on its antimicrobial activity. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 43(7): 907-913.
- Zhou, T., Chen, D., Jiu, J., Nge, T.T., Sugahara, T., Nagao, S., Koga, H., Nogi, M. (2013). Electrically conductive bacterial cellulose composite membranes produced by the incorporation of graphite nanoplatelets in pristine bacterial cellulose membranes. *Polymer Letters*, 7(9): 756-766.
- Zinnanti, W.J., Lazovic, J., Griffin, K., Skvorak, K.J., Paul, H.S., Homanics, G.E., Bewley, M.C., Cheng, K.C., Lanoue, K.F., Flanagan, J.M. (2009). Dual mechanism of brain injury and novel treatment strategy in maple syrup urine disease. *Brain*, 132(4): 903-918.
- Zuo, K.W., Cheng, H.P., Wu, S.C., Wu, W.T. (2006). A hybrid model combining hydrodynamic and biological effects for production of bacterial cellulose with a pilot scale airlift reactor. *Biochem Eng Journal*, 29(1-2):81-90.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Nejla AŞIK
Doğum Yeri ve Tarihi : Kadirli / 08.08.1990

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Odun Mekaniği ve Teknolojisi Anabilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İş Deneyimi

Stajlar : Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.,
Balıkesir Yongalevha Tesisi (2012)
İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
(2013)
Çalıştığı Kurumlar : Vekil Öğretmenlik (2016)

İletişim

E-Posta Adresi : nejla.asik90@gmail.com

Tarih : 02/06/2016