



REJENERE LİF ÜRETİMİNDE KIZILÇAM ODUNUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sami TÜRKÖĞLU^{1,*}, Ahmet TUTUŞ²

¹Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş

²Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş

*Sorumlu yazar: samiturkoglu@hotmail.com

Sami TÜRKÖĞLU: <https://orcid.org/0000-0001-8269-1519>

Ahmet TUTUŞ: <https://orcid.org/0000-0003-2922-4916>

Please cite this article as: Türkoğlu, S. & Tutuş, A. (2020) Rejenere lif üretiminde kızılçam odununun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forest Science*, 4(1), 72-85.

ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 20 Ocak 2020 / Received 20 January 2020

Düzeltilmelerin gelişi 3 Nisan 2020 / Received in revised form 3 April 2020

Kabul 7 Nisan 2020 / Accepted 7 April 2020

Yayınlanma 30 Nisan 2020 / Published online 30 April 2020

ÖZET: Rejenere lifler, selüloz veya protein esaslı doğal polimerlerden elde edilen yapay liflerdir. Bu liflerin polimerleri lif haline dönüştürülürken kimyasal yapılarında değişiklik oluşmaz sadece fiziksel yapıları değişir. Dünyada, rejenere viskoz rayon lifi üretiminde hammadde olarak en çok kullanılan ağaç türleri ladin ve kayın ağaçlarıdır. Bu çalışmada, rejenere lif üretiminde kızılçam ağacı kullanılmış olup bu ağaç Türkiye’de en geniş yayılım alanlarına sahip ve en çok yetişen iğne yapraklı ağaç türüdür. Rejenere lif üretimi için öncelikle Kraft-KBH₄ metodu ile ham selüloz elde edilmiştir daha sonra bu ham selülozdan standartlara bağlı kalınarak α -selüloz elde edilmiştir ve son aşamada ise bu saf selülozdan yaş lif çekim yöntemiyle rejenere viskoz rayon lifi üretilmiştir. Elde edilen saf selülozdan yaklaşık %94 verimde ve piyasadan temin edilen kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında tüm özellikleri daha iyi olan rejenere viskoz rayon lifi üretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kızılçam, rejenere viskoz lifi, selüloz

EVALUATION OF RED PINE WOOD IN REGENERATED FIBER PRODUCTION

ABSTRACT: Regenerated fibers are artificial fibers derived from cellulose or protein-based natural polymers. While the polymers of these fibers are converted into fibers, their chemical structure does not change but their physical structure changes. In the world, spruce and beech trees are the most commonly used tree types as raw materials in the production of regenerated viscose rayon fiber. In this study, Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) woods were used in regenerated fiber production. Firstly, pulp produced by Kraft-KBH₄ method from Turkish Red Pine woods, then α -cellulose was produced according to the standards from this pulp and in the last stage regenerated viscose rayon fiber was produced from this α -cellulose by wet fiber spinning method. Viscose rayon fiber was produced in approximately 94% yield from

the pure cellulose obtained. Regenerated viscose rayon fibers, which has better all properties compared to the control sample obtained from the market, were produced.

Keywords: Cellulose, red pine, regenerated viscose fiber

GİRİŞ

Rejenere lifler, selüloz veya protein esaslı doğal polimerlerden elde edilen yapay liflerdir. Bu liflerin polimerleri lif haline dönüştürülürken kimyasal yapılarında değişiklik oluşmaz sadece fiziksel yapıları değişir. Selülozun ham madde olarak lif üretiminde kullanılabilmesi için α -selüloz değerinin yüksek olması gerekmektedir (Gündüz, 2016).

Dünyada yıllık viskoz rayon lif tüketimi 6 milyon ton civarında olup bu oran ülkemizde 250 bin ton civarındadır. Buna karşılık ülkemizde viskoz rayon elyafı hiç üretilmemektedir (Anonim, 2017).

Rejenere selülozik lif olarak en çok tercih edilen lif viskoz rayon lifidir. Viskoz rayon lifi selülozik yapısı sebebi ile doğal lifler kadar konforlu ve sağlıklı bir yapay liftir. Yapısının tamamına yakını selülozdan meydana gelen pamuk lifi ile oldukça benzer özellikler taşımaktadır. Pamuk halen en çok tüketilen doğal liftir. Doğal liflerin artan elyaf ihtiyacını karşılayamaması sebebi ile yapay liflerin kullanımı doğal lif kullanımının iki katından fazladır. Ancak yapay lif üretiminin tamamına yakını petrol kökenli sentetik liflerdir. Sentetik lifler konforu düşük sağlıksız liflerdir. Bu anlamda ülkemizde viskoz rayon lifi tüketimi her yıl artarak devam etmektedir.

Viskoz rayon lifi üretiminde en çok kullanılan hammadde kaynakları ladin ve kayın ağaçlarıdır. Bu çalışmada hammadde kaynağı olarak kızılçam ağacı kullanılmıştır. Kızılçam, Türkiye’de en geniş yayılım alanlarına sahip ve en çok yetişen iğne yapraklı ağaç türüdür ve yaklaşık altı milyon hektarlık bir alanda yetişmektedir. Türk çamı olarak ta bilinen kızılçam rejenere selülozik lif üretimi için kullanılan yabancı kökenli ağaç türlerinden daha üstün niteliklere sahip, uzun lifli yapıda ve verim miktarı daha fazla olan bir ağaç türüdür. Kızılçam odununda, selülozla birlikte lignin ve hemiselüloz gibi kimyasal maddeler de bulunur. Yetişmiş bir kızılçam ağacının gövdesinde; %40-45 oranında selüloz, %30 oranında hemiselüloz ve %20-24 oranında lignin ve diğer maddeler bulunur (Hafizoğlu, 1982; Kırıcı, 2006).

Bu çalışmada ham selüloz üretiminde modifiye Kraft-KBH₄ alkali metodu kullanılmıştır. İndirgen olarak kullanılan KBH₄ ilavesi ile soyulma reaksiyonunu durdurulmakta ve hamur veriminde %8-10 oranında artış sağlanmaktadır. Yaptığımız bu çalışma ile kızılçam odunu yongalarından standartlara bağlı kalınarak elde edilen α -selüloz polimerlerinden, rejenere viskoz rayon lifi üretimi konvansiyonel lif üretim prensibine dayalı olarak yaş lif çekim yöntemiyle % 94 verimde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen viskoz rayon liflerinin test ve analizleri standartlara bağlı kalınarak yapılmıştır. Elde edilen viskoz rayon liflerinin sonuçları, yurtdışından ithal edilmiş kontrol numunesiyle karşılaştırıldığında tüm özelliklerinin daha iyi olduğu anlaşılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

MATERYAL

Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Odunu

Bu çalışmada kullanılan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunları Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir.

YÖNTEM

Pişirme İşlemi için Hammadde Hazırlama

Kızılçam odunu yongaları standart örnek alma yöntemlerine bağlı kalınarak 20-25 mm uzunluğunda, 15-20 mm genişliğinde ve 1.5-2 mm kalınlığında yongalanarak pişirmeye uygun hale getirilmiştir. Kızılçam odunu yongalarına ait görsel Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kızılçam Odunu Yongaları

Pişirme İşlemi (Hamselüloz Üretimi)

Kızılçam odunundan modifiye Kraft-KBH₄ pişirme yöntemi ile ham selüloz elde edilmiştir. Pişirme çözeltisine belirli oranlarda (%0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7) KBH₄ ilave edilerek beş ayrı pişirme yapılmış ve en yüksek verim değerinin yakalandığı KBH₄ ilave oranında elde edilen ham selüloz hamuru bir sonraki aşamada kullanılmıştır. Uygulanan pişirme koşulları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kızılçam Odunu Yongalarına Uygulanan Kraft-KBH₄ Pişirme Koşulları

Kraft-KBH ₄ Pişirme Koşulları	
Aktif alkali oranı (%)	22
Sülfidite oranı (%)	25
Toplam titre edilebilir aktif alkali oranı (%)	30
Potasyum borhidrür (KBH ₄) oranı (%)	0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7
Pişirme Sıcaklığı (°C)	160
Maksimum sıcaklığa çıkış süresi (dakika)	40
Pişirme süresi (dakika)	120
Çözelti/yonga oranı	5/1

Holoselüloz Üretimi

Kızılçam odunundan modifiye Kraft-KBH₄ pişirme yöntemi ile elde edilen ham selülozdan Wise ve Karl'ın klorit metoduna göre holoselüloz üretimi yapılmıştır (Wise & Karl, 1962).

Alfa Selüloz Üretimi

Elde edilen holoselülozdan TAPPI T 203 cm-99 standardına göre alfa selüloz üretimi yapılmıştır (Anonim, 1999/1).

Kappa Tayini

Ham selüloz için kappa tayini (K) TAPPI T 236 om-99 standardı kullanılarak yapılmıştır (Anonim, 1999/2).

Viskozite ve Polimerizasyon Derecesi Tayinleri

Ham selüloz, alfa selüloz ve viskoz rayon lifleri için viskozite derecelerinin tayinleri, SCAN-CM 15:88 ve TAPPI T 230 om-99 standartlarına göre yapılmıştır (Anonim, 1988; Anonim, 1999/3; Kırıcı, 2006).

Selüloz molekülünü meydana getiren glikoz ünitelerinin sayısına polimerizasyon derecesi denir ve DP olarak kısaltılır. Hesaplanan viskozite değeri ile hamurun/viskoz rayon liflerinin DP'si arasında aşağıdaki formülde verilen ilişki bulunmaktadır. Burada "viskozite" cm³/g cinsinden belirlenen SCAN-CM 15:88 viskozitesidir (Clark, 1978; Kırıcı, 2006).

$$DP^{0.905} = 0,75 \times \text{Viskozite} \quad (1)$$

Bu aşamaya kadar yapılan kimyasal analizler için uygulanan standartlar ve kaynaklar Tablo 2'de birlikte verilmiştir.

Tablo 2. Kimyasal Analizler için Uygulanan Standartlar ve Kaynaklar

Kimyasal Analizler	Standartlar ve Kaynaklar
Holoselüloz üretimi	Wise ve Karl, 1962
Alfa selüloz üretimi	TAPPI T 203 cm-99
Kappa tayini	TAPPI T 236 om-99
Viskozite tayini	TAPPI T 230 om-99, SCAN-CM 15:88
DP tayini	Clark, 1978; Kırıcı, 2006

Alfa Selülozun ve Viskoz Rayon Liflerinin Ağartılması

Alfa selüloz, olası lignin ve kirliliklerden arındırmak için klorit yöntemi ile ağartma işlemine tabi tutularak ağartılmış ve bir sonraki aşama olan viskoz rayon lif üretimine hazır hale getirilmiştir. Elde edilen viskoz rayon lifleri de yine aynı yöntemle ağartma işlemine tabi tutularak ağartılmıştır. Ağartma koşulları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Alfa Selülozun ve Viskoz Rayon Liflerinin Ağartılmasında Uygulanan Koşullar

Ağartma Koşulları	
Sodyum klorit (%)	15
Süre (saat)	16
Sıcaklık (°C)	25
Sodyum asetat (%)	3
Asetik asit (%)	7
Formik asit (%)	0.5
Konsantrasyon (%)	5

Viskoz Rayon Lif Üretimi

Bu çalışmada, alfa selüloz polimeri CS₂ ile çözülerek düzelerden ince filamentler halinde koagülasyon banyosuna gönderilmiştir. Polimer içerisindeki çözücünün banyo içerisine difüzyonu ile filamentler katılarak lif haline gelmiştir. Konvansiyonel lif üretim prensibine dayalı olarak yaş lif çekim yöntemi ile üretilen rejenere viskoz rayon liflerinin üretimleri aşağıda Tablo 4’te gösterilen işlem akışına göre gerçekleştirilmiştir (Ardıç, 2007).

Tablo 4. Viskoz Rayon Lif Üretimi İşlem Akışı

Viskoz Rayon Lif Üretim Aşamaları	
1	Alkali selüloz oluşumu (Alfa selüloz+NaOH)
2	Ön olgunlaştırma (DP düşürme)
3	Sülfürleme (Alkali+CS ₂)
4	Ard olgunlaştırma (Ham viskoz)
5	Yaş lif çekimi (Koagule işlemi)
6	Germe-çekme işlemi (Mukavemet kazandırma)
7	Yıkama ve kükürt giderme (H ₂ O+Na ₂ SO ₃)
8	Kurutma (105°C)

Viskoz rayon lif üretiminin yapıldığı yaş lif çekim düzeneği Şekil 2a’da gösterilmiştir. Ham viskozun düze başlığından koagülasyon banyosu içerisine sevki Şekil 2b’de ve koagule olan liflerin godetlere sarımı ve godetler arası hız farkı ile yapılan germe-çekme işlemi de Şekil 2c’de gösterilmiştir.



Şekil 2a. Yaş Lif Çekim Düzeneği



Şekil 2b. Düzedeki Deliklerden Ham Viskozun Koagülasyon Banyosu İçerisine Sevki (Düze Delik Çapı: 0.1mm*91 adet)



Şekil 2c. Viskoz Rayon Liflerinin Godetlere Sarımı

Viskoz Rayon Liflerine Yapılan Testler ve Analizler

Kızılçam odunundan yaş lif çekim yöntemi ile elde edilen rejenere viskoz rayon liflerinin bazı yapısal özelliklerini belirlemek için testler ve analizler yapılmıştır. Bunlar; viskozite ve DP, optik özellikler (optik özellikler ASTM E313-05 ve ISO 2469:2014 standartlarına göre belirlenmiştir), kopma mukavemeti, SEM görüntüleri, EDX spektrumu, XRD analizi ve FTIR spektrumunun elde edilmesi şeklindedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ham Selüloz, Holoselüloz ve Alfa Selüloza Ait Bulgular

Aşağıda Tablo 5’te, Kızılçam odunu yongalarından modifiye Kraft-KBH₄ pişirme yöntemi ile ham selüloz üretim koşulları ve pişirme sonrası ham selüloz verim değerleri verilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde ham selüloz verimindeki en anlamlı artış %0.5 KBH₄ oranında dört numaralı pişirme deneyinde elde edilmiştir.

Tablo 5. Kızılçam Odununun Modifiye Kraft-KBH₄ Yöntemiyle Pişirme Şartları ve Verim Değerleri

Pişirme No	Aktif Alkali Oran (%)	Sülfidite Oran (%)	Toplam Titre Edilebilir			KBH ₄ Oran (%)	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı Verim (%)	Toplam Verim (%)
			Aktif Alkali Oran (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)				
1	22	25	30	160	120	0	40.20	01.04	41.24
2	22	25	30	160	120	0.1	41.40	0	41.40
3	22	25	30	160	120	0.3	42.53	0	42.53
4	22	25	30	160	120	0.5	44.87	0	44.87
5	22	25	30	160	120	0.7	43.68	0	43.68

Kızılçam odunundan elde edilen ham selüloz için kappa (K), viskozite ve DP değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Doğal selüloz liflerinin ortalama DP değeri 2000-3000 aralığındadır (Özgüney & ark., 2006; Yaman & ark., 2007).

Ham selülozdan elde edilen holoselüloza ait verim değeri ve holoselülozdan elde edilen alfa selüloza ait verim değeri Tablo 6'da verilmiştir. Polisakkaritlerin α -, β -, ve γ - selüloza dağılımı alkalide çözünürlüğe dayanmaktadır. 20°C'de %17.5'lük sodyum hidroksit çözeltisinde çözünmeyen kısım alfa-selüloz olarak adlandırılmaktadır. Alfa selüloz için elde edilen viskozite ve DP değerleri de Tablo 6'da verilmiştir. Alfa selüloza ait viskozite ve DP değerlerinin ham selülozda alınan aynı değerlere göre yaklaşık yarısı oranında azaldığı anlaşılmıştır (Kırcı, 2006).

Tablo 6. Ham Selüloz, Holoselüloz ve Alfa Selüloza Ait Değerler

	Verim (%)	Viskozite (cm ³ g ⁻¹)	DP	K
Ham Selüloz (Pişirme İşlemi)	44.87	1045	1577	21.65
Holoselüloz (Ham Selülozdan)	92	-	-	-
Alfa Selüloz (Holoselülozdan)	88	612	874	-

Kızılçam Odunundan Elde Edilen Viskoz Rayon Liflerine Ait Bulgular

Yaş lif çekim yöntemi ile kızılçam odunundan elde edilen rejenere viskoz rayon lifleri için çeşitli testler yapılmıştır. Testler için üniversitemiz bünyesinde bulunan Üniversite-Sanayi-Kamu İşbirliği Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÜSKİM), KSÜ Orman Fakültesi ve KSÜ Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Tekstil Teknolojisi Programı laboratuvarları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara ait değerler, grafikler ve görseller aşağıda verilmiştir. Testlerde kullanılan referans numune viskoz rayon elyafı; Çin'den ithal, odun selülozundan elde edilmiş birinci sınıf kalitede bir elyaf olup Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren tekstil iplik işletmesi Kütükçüoğlu Mensucat Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilmiştir. Bu çalışmada kızılçam odunundan elde edilen rejenere viskoz rayon liflerine ait görsel Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Kızılcım Odunundan Elde Edilen Viskoz Rayon Lifleri

Viskozite ve DP Değerlerine Ait Bulgular

Kızılcım odunundan yaş lif çekim yöntemi ile elde edilen viskoz rayon liflerine ait viskozite ve polimerizasyon derecesi değerleri Tablo 7’de verilmiştir. Klorit ağartması yöntemi ile ağartılan kızılcım odunundan elde edilen viskoz rayon liflerine ait viskozite ve DP değerleri de Tablo 7’de verilmiştir. Değerler incelendiğinde ağartma işleminin, viskoz rayon liflerinin viskozite ve DP değerleri üzerinde azda olsa düşürücü etki gösterdiği görülmüştür. Rejenere selüloz liflerinin ortalama DP değerleri 250-700 civarındadır (Yaman & ark., 2007).

Tablo 7. Viskozite ve DP Değerleri

	Viskozite (cm^3g^{-1})	DP
Ham Selüloz	1045	1577
Alfa Selüloz	612	874
Kızılcım Viskoz Rayonu	480	668
Ağartılmış Kızılcım Viskoz Rayonu	400	546
Referans Numune	255	332
Ağartılmış Referans Numune	255	332

Optik Özelliklerine Ait Bulgular

Referans numune ve kızılcım odunundan elde viskoz rayon liflerine ait ağartma işlemi öncesi ve ağartma işlemi sonrası beyazlık, parlaklık, sarılık değerleri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Viskoz Rayon Liflerine Ait Optik Özellikler

	Kızılcım Viskoz Rayonu	Ağartılmış Kızılcım Viskoz Rayonu	Referans Numune	Ağartılmış Referans Numune
Beyazlık(%)	76,21	84,01	88,19	89,69
Parlaklık(%)	71,02	80	83,41	87,54
Sarılık(%)	9,19	5,01	7	3,08

Kopma Mukavemetine Ait Bulgular

Referans numune ve kızılcım odunundan elde viskoz rayon liflerine ait kopma mukavemeti (gram-kuvvet/denye) değerleri Tablo 9’da verilmiştir. Kopma mukavemeti değerleri Pressley lif mukavemet ölçüm cihazı ile tespit edilmiştir. Ağartma işleminin, az miktarda da olsa

kızılçam odunundan elde edilen viskoz rayon liflerinin kopma mukavemeti değerine düşürücü yönde etki ettiği görülmüştür.

Tablo 9. Viskoz Rayon Liflerine Ait Kopma Mukavemeti Değerleri

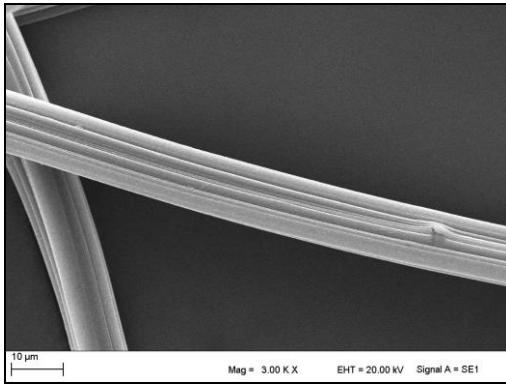
Hammadde	Kopma Mukavemeti (gf/den)
Kızılçam Viskoz Rayonu	1.7
Ağartılmış Kızılçam Viskoz Rayonu	1.6
Referans Numune	1.2
Ağartılmış Referans Numune	1.2

Kızılçam hamurlarının ağartılması esnasında ağartma kimyasalları, liflerin polimer zincir uzunluklarını degrade ederek hem kağıt hamurlarının viskozite değerlerinde hem de polimerizasyon derecesi değerlerinde düşümlere neden olmaktadır. Selüloz zincirlerinde meydana gelen bu bozunmalardan dolayı hamur viskozite değerleri ve dolayısıyla polimerizasyon derecesi değerleri olumsuz yönde etkilenmekte ve hamur verimi de azalmaktadır (Tutuş ve ark., 2009, Çiçekler, 2019).

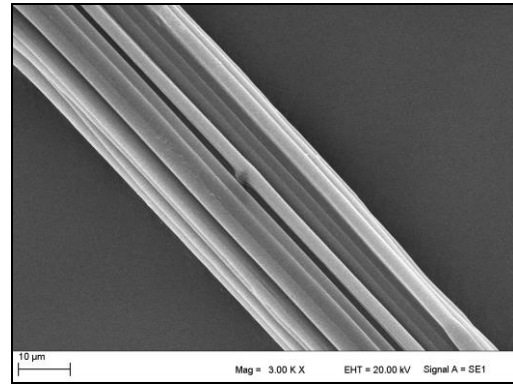
Ayrıca, lignini uzaklaştırmak ya da rengini açmak için kağıt hamurlarına uygulanan ağartma işlemlerinde, kullanılan ağartma ajanları ligninin yanında selüloz ve hemiselüloz gibi karbonhidratlara da etki etmekte ve hamur verimini azaltmaktadır. Bununla birlikte ağartma kimyasalları lignin ile reaksiyonunun yanı sıra karbonhidratları da bozundurmakta ve elde edilecek liflerin fiziksel özelliklerini (kopma uzunluğu, kopma mukavemeti) olumsuz yönde etkilemektedir (Dence ve Reeves, 1996; Eroğlu, 2003; Kırıcı ve ark., 2004).

SEM Taramasına Ait Bulgular

Referans numune ve kızılçam odunundan elde edilen viskoz rayon liflerine ait boyuna SEM görüntüleri Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir (Büyütme değeri: Mag = 3.00 K X). Görüntüler incelendiğinde referans numune ve kızılçam odunundan elde viskoz rayon liflerinin düzgün ve birbirine benzer lif yapıları açıkça görülebilmektedir. Viskoz rayon liflerinin karakteristik multilob yapısını da net bir şekilde görmek mümkündür.



Şekil 4. Referans Numune SEM Görüntüsü

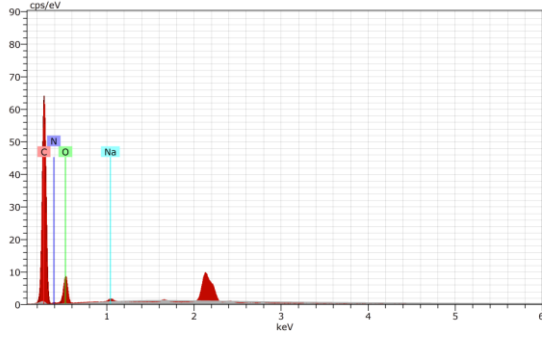


Şekil 5. Kızılçam Viskoz Rayonu SEM

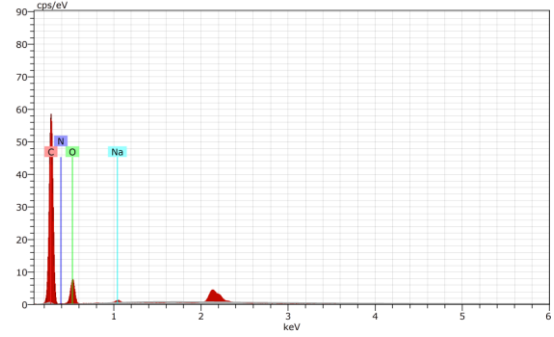
EDX Spektrumuna Ait Bulgular

Referans numune ve kızılçam odunundan elde edilen viskoz rayon liflerine ait EDX grafikleri Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir. EDX spektrumlarına bakıldığında selülozik yapıda bulunan karbon ve oksijen atomlarına ait pikler gözlemlenmiştir. Çok az miktarda gözlemlenen diğer atomlar ise deney numunelerinin hazırlanması aşamasındaki

safsızlıklardan özellikle altın tozu kullanımından kaynaklanmaktadır. Viskoz rayon lifleri üzerindeki kükürdün tamamen giderilmesi önem arz etmektedir. Bu anlamda EDX spektrumlarında kükürt atomuna ait piklerin görülüyor olması istenilen bir sonuçtur. Elde edilen atomik yüzde oranları Tablo 10’da verilmiştir. Lignoselülozik materyalleri oluşturan elementler karbon, hidrojen, oksijen ve azot olup odunda çok az miktarda azot elementi bulunmaktadır (Hafızoğlu ve Deniz, 2007).



Şekil 6. Referans Numune EDX Grafiği



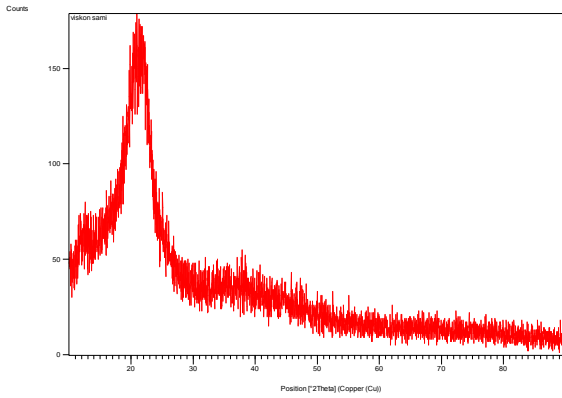
Şekil 7. Kızılcım Viskoz Rayonu EDX

Tablo 10. EDX Sonuçlarına Göre Atomik Yüzde Oranları

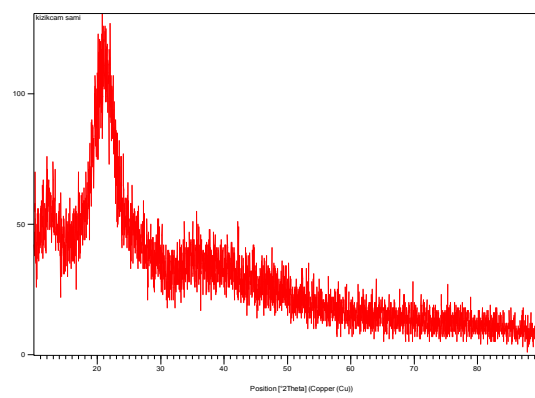
	Referans Numune	Viskoz Rayon
Karbon(C) - %	67.27	69.32
Oksijen(O) - %	27.27	27.42
Azot(N) - %	4.85	2.74
Sodyum(Na) - %	0.61	0.51

XRD Analizine Ait Bulgular

Referans numuneye ve kızılçam odunundan elde edilen viskoz rayon liflerine ait XRD grafikleri Şekil 8 ve Şekil 9’da gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde bir kristal yapıyı gösterecek derecede herhangi bir 2θ değerinde yüksek şiddetli ve dar pikler bulunmayıp, 2θ ekseninde 20 derece değerinde düşük şiddetli geniş bir pik ve ayrıca başlangıç değerlerinde geniş fakat çok düşük şiddetli pik oluşumlarının gözlemlenmesi malzemenin kristal değil amorf yapıda olduğunu ortaya koymaktadır. Viskoz rayon polimer sistemi, %35-40 kristalin ve %60-65 amorf bölgeden oluşmaktadır (Özgüney & ark., 2006).



Şekil 8. Referans Numune XRD Grafiği



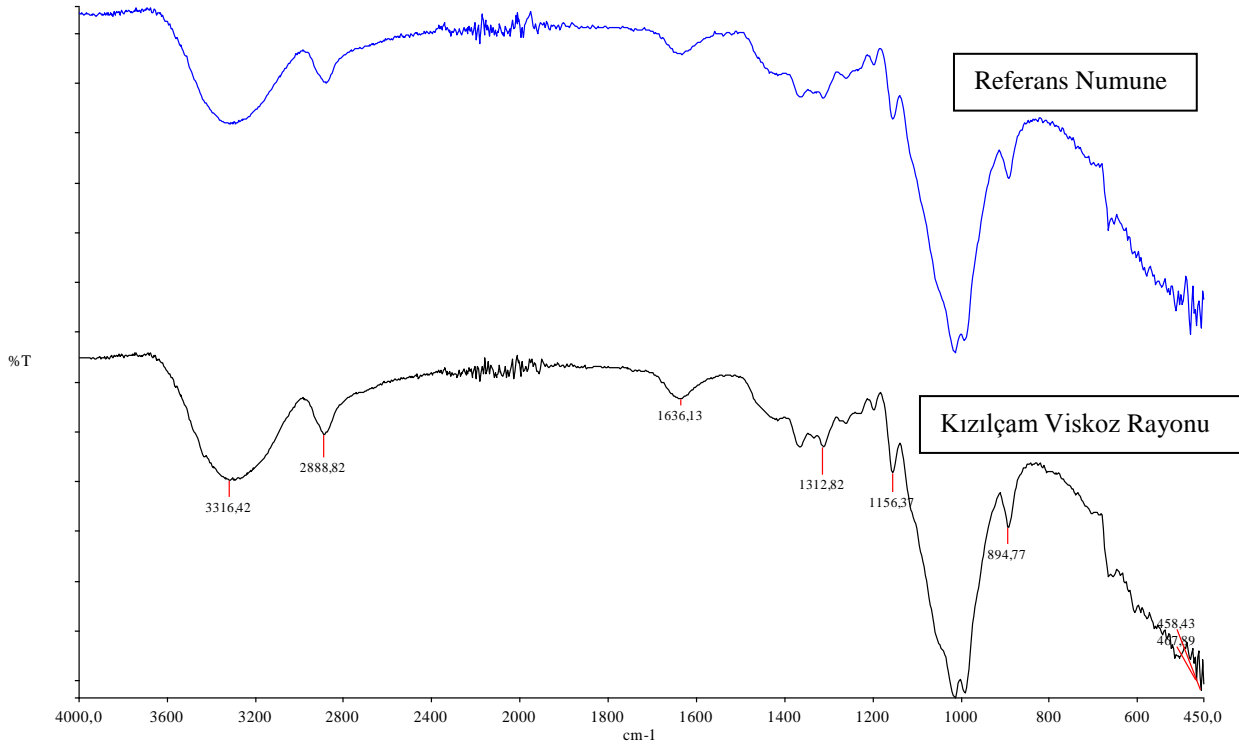
Şekil 9. Kızılcım Viskoz Rayonu XRD

FTIR Spektrumuna Ait Bulgular

Referans numuneye ve kızılçam odunundan elde edilen viskoz rayon liflerine ait FTIR grafikleri Şekil 10'da gösterilmiştir. FTIR spektrumları incelendiğinde, selülozik yapıdaki glikoz birimlerindeki O-H gerilmeleri 3300 cm^{-1} civarında gözlemlenmiştir. 2900 ile 2800 cm^{-1} ve 1650 ile 1300 cm^{-1} civarındaki bantlar ise alifatik ve aromatik C-H gerilme ve bükülme titreşimlerine aittir. 1165 - 890 cm^{-1} arasında gözlemlenen ve 1155 , 1015 , 895 cm^{-1} de pikleri içeren geniş bant, sekonder alkol ve eterik fonksiyonel gruplara ait olan simetrik ve asimetrik C-O gerilmeleri ile ilgilidir. β -1,4-glikozidik eterlere ait C-O-C gerilmeleri ise 666 cm^{-1} civarında gözlemlenmiştir. Referans numuneye ait olan fonksiyonel grupların gerilmeleri ile kızılçam odunundan elde viskoz rayon liflerine ait olan fonksiyonel grupların gerilmelerinin benzer olup selülozik bir yapıya ait gerilmeler olduğu anlaşılmıştır. Önemli bağ yapıları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. FTIR Spektrumuna Göre Fonksiyonel Grupların Gerilme Değerleri

Fonksiyonel Grup	Bağ Yapısı	Dalga Sayısı (Cm^{-1})
Selülozik	O-H	3300
Glikozitik	C-O-C	666
Alifatik/Aromatik	C-H	2900-2800 ve 1650-1300
Alkol ve Eterik	C-O	1155, 1015, 895



Şekil 10. Referans Numune ve Kızılçam Odunundan Elde Edilen Viskoz Rayon Liflerine Ait FTIR Spektrum Grafikleri

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde günümüz itibari ile hiç viskoz rayon lifi üretimi yapılmıyor olmasına karşın 250 bin ton civarında tüketimi olan oldukça önemli bir malzemedir. Yaptığımız yerli literatür taraması göstermiştir ki viskoz rayon lifi üretimi olarak herhangi bir akademik çalışma yapılmamıştır. Bu anlamda yapılan çalışma hem akademik anlamda hem de endüstriyel anlamda oldukça değerlidir.

Bu çalışmada, kızılçam odunundan %44.87 verimde ham selüloz elde edilmiştir. Ham selülozdan ise %88 verimde alfa selüloz ve elde edilen alfa selülozdan %94 verimde rejenere viskoz rayon lifi elde edilmiştir. Elde edilen ham selülozun polimerizasyon derecesi 1577 olurken viskoz rayon lifinde bu değer 668 olarak ölçülmüştür. Ağartma işlemi sonunda DP değeri viskoz rayon lifinde 546 olarak tespit edilmiştir. Yine ağartma işlemi öncesi viskoz rayon lifinin 1.7 gf/den olan kopma mukavemeti değeri 1.6 gf/den olarak ve beyazlık değerinin de %76.21 iken %84.01 olarak değiştiği görülmüştür. SEM, EDX, XRD ve FTIR analizlerinin sonuçları incelendiğinde selülozik yapıda amorf bölge oranı yüksek görsel olarak ta karakteristik rayon lifi görünümüne sahip bir lif elde edildiği anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar piyasadan temin edilen kontrol numunesi ile karşılaştırılmış ve tüm özellikleri daha iyi olan bir viskoz rayon lifi üretiminin gerçekleştirildiği görülmüştür.

Yapılan bu çalışmadaki veriler dikkate alındığında, 1 ton kızılçam odunundan 396 kg alfa selüloz ve bu alfa selülozdan da 372 kg viskoz rayon lifi yaklaşık olarak üretilebilmektedir. Yerli ağaç türünden katma değeri yüksek yeni ürün elde edilmiştir. Güncel rakamlar dikkate alınarak şöyle bir hesap yapılabilir; 1 ton kızılçam odunu 370 TL ye satılmakta olup bu çalışmada yaklaşık 2.5 ton odundan 1 ton viskoz rayon lifi üretilebilmektedir. 1 ton viskoz rayon lifi 10 bin ila 12 bin TL aralığında satılmaktadır. Bu çalışmada yaklaşık 2700 – 3000 TL maliyetle 1 ton viskoz rayon lifi üretilmektedir. Bu rakamlar dikkate alındığında kızılçam odunu viskoz rayon lifi olarak 7-8 kat daha fazla değer kazanmış olmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmayla kızılçam odunundan rejenere viskoz rayon lifi eldesi ve ülkemizde viskoz rayon lifi üretimi ile ilgili ilk akademik çalışmaya ait verilerin eldesi açısından önemli sonuçlar ortaya konulmuştur. Kızılçam odunundan viskoz rayon lifi eldesi ve ülkemizde yeniden viskoz rayon lifi üretimi yapılabilmesi için bu çalışmanın ilgili sektörlere duyurulması önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi(BAP) tarafından(Proje No: 2016/5-62 D) desteklenmiştir.

AÇIKLAMA

Bu makalenin bir kısmı IMFES 2019 (III. Uluslararası Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu) da tam metin bildiri olarak yayınlanmıştır.

YAZAR KATKILARI

Sami Türkoğlu: Kızılçam odunun temini, laboratuvar çalışmaları için kimyasal temini ve örnek hazırlama, laboratuvar da deney planına bağlı kalarak deneylerin ve testlerin yapılmasına katkı sağlama. **Ahmet Tutuş:** Konunun belirlenmesi, laboratuvarda gerçekleştirilen tüm deney planların oluşturulması ve sonuçların değerlendirilmesi ve makalenin yazımına katkı sağlama.

KAYNAKLAR

- Anonim, (1988). Pulps-Viscosity in cupri-ethylenediamine solution, SCAN-CM 15:88, Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee, Sweden.
- Anonim, (1999/1). Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp. TAPPI test methods, standard methods for pulp and paper, technical association of pulp and paper industry. Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, (1999/2). Kappa number of pulp. TAPPI test methods, standard methods for pulp and paper, technical association of pulp and paper industry. Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, (1999/3). Viscosity of pulp (capillary viscometer method). TAPPI test methods, standard methods for pulp and paper, technical association of pulp and paper industry. Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim, (2017). Viscose Fibres Production, An Assessment of Sustainability Issues, Fair&Smart Use of the World's Fresh Water, Water Footprint Network, <https://waterfootprint.org/en/>, August, 2017.
- Ardıç, Y. (2007). Selüloz Liflerinin Farklı Şartlarda Fibrilleşmesi Ve Yorulma Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Clark, J. d'A. (1978). Pulp Technology and Treatment for Paper. Published by Miller Freeman Publications, San Francisco (1978) ISBN 10: 0879300663 ISBN 13: 9780879300661.
- Çiçekler, M., (2019). Birincil Ve İkincil Lif Karışımlarının Yazı Tabı, Oluklu Mukavva Ve Gazete Kağıdı Üretiminde Kullanımının Araştırılması. KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Kahramanmaraş.
- Dence, C.W., & Reeves, D.W. (1996). Pulp Bleaching-Principles and Practice, Vol:1. Tappi Press, Atlanta, 512 p.
- Eroğlu, H. (2003), Kağıt Hamuru ve Kağıt Fiziği Ders Notları, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Yayın No:27, Bartın.
- Gündüz, G. (2016). Bakır Amonyum / Pamuk Karışımli Örme Kumaşların Nem Yönetim Performansının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Hafizoğlu, H. (1982). Orman Ürünleri Kimyası. KTÜ Orman Fakültesi, KTÜ Basımevi, Trabzon, 52,100-101.
- Hafizoğlu, H. & Deniz, İ., (2007). Odun Kimyası, KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Kırcı, H., Peşman, E., & Kalyoncu, E.E. (2004). Kraft hamurunun oksijen delignifikasyonu kademesinin sodyum perborat monohidrat ile takviye edilmesi. 2. Uluslararası Bor Sempozyumu, Sempozyumu, s:339-343, 23-25 Eylül, Eskişehir.
- Kırcı, H., (2006). Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon.
- Özgüney, A.T., Körlü, A., Bahtiyari, İ. ve Bahar, M., (2006). Viskon Liflerinin Fiziksel Özellikleri ve Makromolekülerüstü Yapısı, Tekstil ve Konfeksiyon, 2/2006.
- Tutuş, A., Kırcı, H., Alma, M.H., Deniz, İ., & Karademir, A. (2009). Buğday Saplarından Kraft-Sodyumborhidrür Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretimi ve Oksijen-Sodyum Perborat Monohidrat vle Ağartılması. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü, Proje no: BOREN-2006-Ç-01.
- Wise, E.L., & Karl, H.L. (1962). Cellulose and hemicelluloses in pulp and paper science and technology. In: Earl, C.L. (Ed.) Vol. 1: Pulp, McGraw Hill-Book Co. New York.

Yaman, N., Öktem, T. & Seventekin, N., (2007). Polinozik Liflerin Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları (Bölüm 1). Tekstil ve Konfeksiyon, 3/2007.