

## Alginatlar ve Tekstilde Lif Uygulamaları

Dicle ÖZDEMİR KÜÇÜKÇAPRAZ<sup>a\*</sup>, İbrahim ÜÇGÜL<sup>b</sup>, Ufuk ELİBÜYÜK

<sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: diclekucukcapraz@sdu.edu.tr

### Özet:

Biyobuzunur ve biyoyumlu bir polisakkarit olan, büyük çoğunluğu kahverengi deniz yosunlarından elimine edilerek; başta kalsiyum tuzlarıyla elde edilen türevleri olmak üzere alginat polimerleri gıda ve tekstil başta olmak üzere sanayinin her kolunda kullanılmaktadır. Bu çalışma ile alginatın deniz kaynakları, kimyasal yapıları, türevleri ve tekstilde kullanımı detaylandırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Alginik Asit, Alginat, Alginat elyafı, Tekstil

## Alginates and Textile Fibres Applications

### Abstract:

The alginate polymers which are biodegradable and biocompatible polysaccharide, the majority of them eliminate from brown seaweed; and its derivatives as mainly calcium alginate are used in all branches of industry, particularly food and textile. By this study; the marine resources of alginate, chemical structure and the derivatives of it, and textiles applications was detailed.

**Key words:** Alginic Acid, Alginate, Alginate fiber, Textile

## 1. GİRİŞ

Temel üretimi kahverengi deniz yosunları olan alginat, jelleştirme, kalınlaştırma, sabitleme sağlamak amacıyla gıda başta olmak üzere, tekstilde baskı ve apre işlemleri ile elyaf üretiminde, kâğıt üretiminde, jelimsi yapısı ve kontrollü salınımda kullanılabildiği için ilaç sektöründe ve biyo-uyumlu bir polimer olduğu için tıbbi uygulamalarda, kalınlık sağlama ve nem tutma özelliğinden dolayı kozmetikte vb. sanayinin değişik kollarında yaygın olarak kullanılmaktadır (URL-1; URL-2).

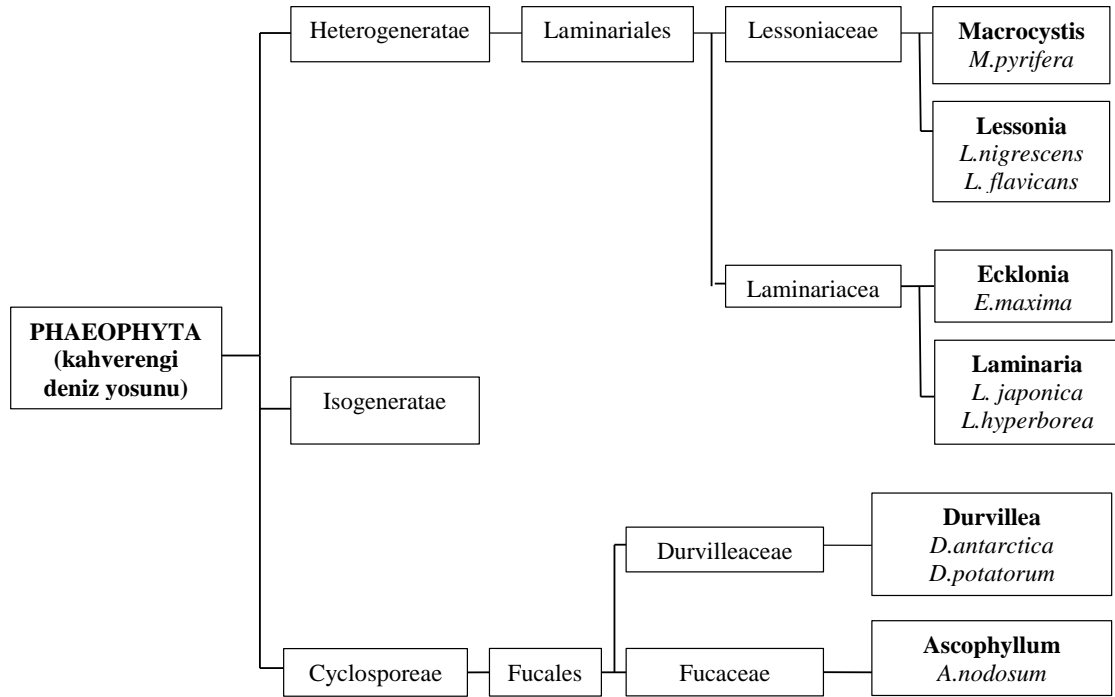
İngiliz kimyacı E.C.C. Stanford'ın 1881 yılında patentlediği "algik asit hazırlanması" içeriğiyle duyurduğu kahverengi algerden alginaik asit sentezi anlatımıyla ilk kez kimyasal yapısı hakkında fikir edinilmiştir (Draget vd., 2002). Daha sonra yapılan bir dizi çalışma sonunda alginatın polimer yapısı ve sentezlenmesi üzerine derin bilgiler günümüze kadar gelmiştir.

Bu çalışmayla; özellikli, biyo-uyumlu, jelleşme özelliğine sahip, organik, teknolojik gelişmelerinde ışığında sanayinin birçok alanında temel ya da yardımcı malzeme olarak yoğun şekilde kullanılan bir ürün olan alginatın; en yaygın başvuru alanı olan hammaddeleri olan

kahverengi deniz algleri, kimyasal ve yapısal özellikleri, türevleri ve tekstil sektöründe özellikle elyaf üretimindeki çalışmalar detaylandırılmıştır.

### 1.1. Alginatın Hammaddeleri

Deniz algleri, türlerine bağlı olarak değişik formlarda olmak üzere doğal kaynaklı malzeme uygulamaların da yaygın şekilde kullanılan önemli deniz yosunu sakızlarından birinin üretiminde zengin ve çeşitli kaynaklardan biridir. Hacmi ve değeri bakımından, bu türler arasında en önemli üç tanesi sodyum alginat (ve bunun türevleri), deniz yosunları ve agarlardır (Coppen ve Nambiar, 1991; Özdemir ve Erkmen, 2013). Şekil 1’de detaylandırılmış olan alginat’ın ana kaynakları Laminaria, Macrocystis, Ascophyllum’dır ve ana üreticileri sırasıyla A.B.D., İngiltere, Norveç ve Fransa’dır (Coppen ve Nambiar, 1991).

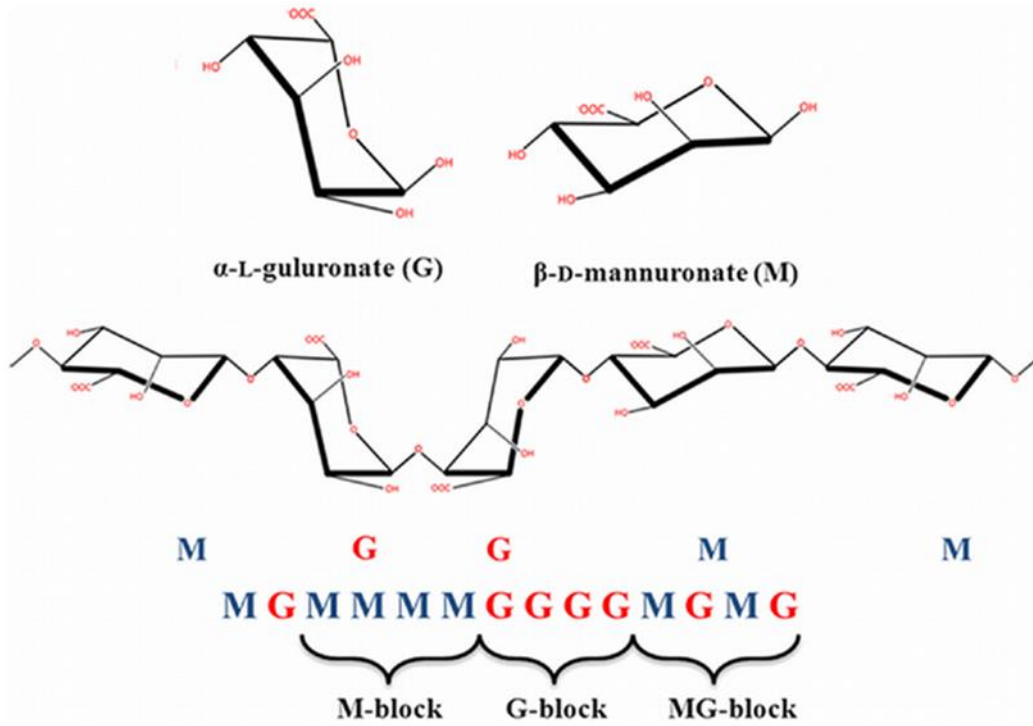


Şekil 1. Yosundan Elde Edilen Alginat’ın Botanik Kaynakları (URL-2)

Alginatın eldesinde en yaygın kullanılan kahverengi deniz yosunlarının hücre duvarları kara bitkilerinde bulunmayan ve spesifik olan karakteristik sülfatlı polisakkarit içerir (Viswanathan ve Nallamuthu, 2014). Alginat, kahverengi alglerin (kuru ağırlık bazında) %30-60’ını ihtiva eden doğal bir polisakkarittir (URL-2). Alginatın kimyasal yapısı elde edilen algin türüne ve talluslu yapının hangi bölümünden ekstrakte edildiğine bağlı olmasının yanı sıra mevsimsel değişikliklere, suyun derinliğine bağlı olarak da yapıdaki alginik asit miktarı değişir (Gök, 2010). Alginatlar, denizel alglerde bulunan doğal polisakkaritlerdir ve bu algler yüksek miktarda yapısal polisakkaritlerin (selüloz, hemiselüloz, nötral polisakkaritler) yanında mukopolisakkarit ve depo polisakkaritler (laminarin ( $\beta$ -1,3- glucan) da içermektedir (Özdemir ve Erkmen, 2013). Polisakkaritler ister depo ister yapısal olsun türlere özgüdür. Örneğin; yeşil algler sülfürik asit polisakkaritlerini, sülfat galaktanlarını ve ksilanları içerirken; kahverengi algler alginik asit, fukoidan, laminarin ve sargasan; kırmızı algler, agar, karragenanlar, floridean, nişasta ve suda çözünebilir sülfat galaktan içermektedir (Özdemir ve Erkmen, 2013).

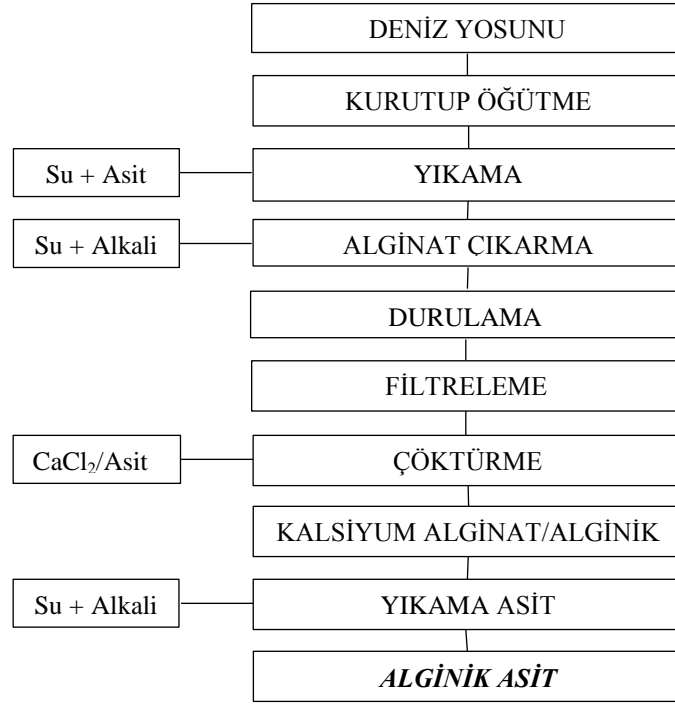
## 1.2. Alginat Polimerinin Yapısal ve Kimyasal Özellikleri

Sodyum alginat, doğal kaynaklardan elde edilen  $\beta$ -D-mannuronik asit (M) ve  $\alpha$ -L-guluronik asidin (G) (1 $\rightarrow$ 4) glikozid bağı ile bağlanmasıyla elde edilen düz zincirli heteropolisaktrittir (Yaldizli ve Gürdağ, 2010; Morani vd., 2010). Alginatlar; yapılarında karboksil ve hidroksil grupları içeren non-toksik, biyoyumlu, biyobozunabilir ve biyoyapışma özelliklerine sahip maddelerdir (Morani vd., 2010). Şekil 2.’de görüldüğü gibi alginatın G ve M gruplarının dizilişi esas alındığında farklı birçok kompozisyonu bulunur. Alginat bu anlamda 3 farklı fraksiyonda bulunabilir. İlk iki tipi genellikle homopolimerik molekülleri G ve M’nin sırasıyla düzgün dağılımından oluşurken, üçüncü fraksiyon iki monomerin hemen hemen eşit oranlarından oluşur (MMMMGMGGGGMMMMGGGGGGG gibi) (Draget vd., 2002).



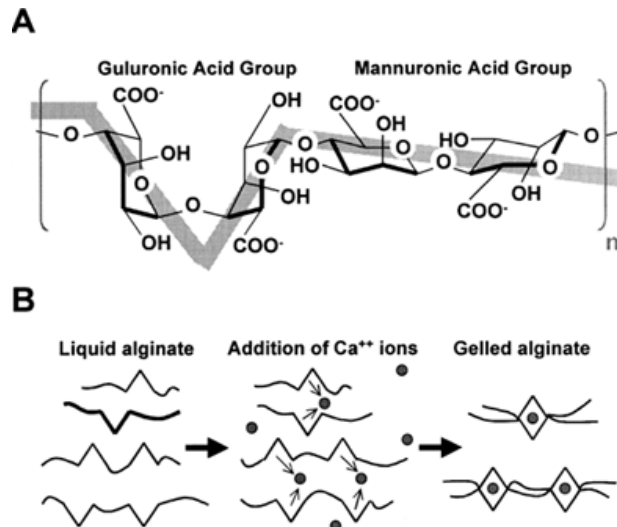
Şekil 2. Alginatın Yapısal Karakterizasyonu, Blok Molekülleri Ve Homo Polimerik Yapısının Gösterimi (Juarez vd., 2014)

Kahverengi deniz yosunundan alginik asit eldesi aşamaları kısaca Şekil 3. ile basamaklandırılmıştır.



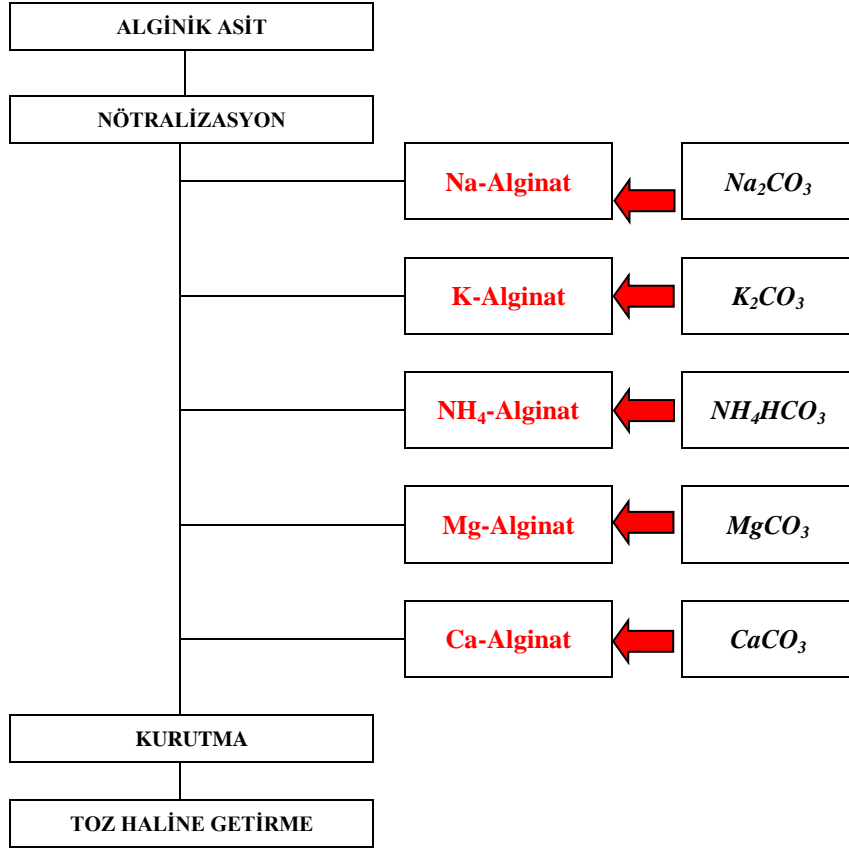
Şekil 3. Deniz Yosunundan Alginik Asit Eldesinin Basitleştirilmiş Şeması (URL-1)

Alginik asitin en önemli özelliği sodyum gibi kationların eklenmesi ile düşük sıcaklıklarda viskoz çözelti oluşturmalarıdır (Göksungur ve Güvenç, 2002). Başta tekstil olmak üzere sanayide işlenmesinde önemli bir aşama bu duruma ek olarak Alginik asitin kalsiyum, baryum, alüminyum gibi elementlerle reaksiyona girmesiyle suda çözünmeyen bir jel oluşur (Göksungur ve Güvenç, 2002; Seventekin, 2003). Alginat polimerinin yapısında bulunan monomerlerin oranı ve sıralanmaları, değişik tipte kahverengi deniz yosunlarına göre farklılık gösterir. Örneğin yapıda G-bloklarının içeriğinin daha fazla olması halinde alginatın jel oluşturma kapasitesi daha yüksekken; M-bloklarının fazla olması bu kapasiteyi azaltacak yönde etki yapar (Tezcan, 2008). Sadece G-blokların  $Ca^{2+}$  ile molekül içi çapraz bağlar yaparak hidrojeller oluşturduğu düşünülmektedir (Blandino vd., 1999; Wang ve Spencer, 1998). Şekil 4.'de de açıklandığı gibi G-blok uzunluğu ve molekül ağırlığı, hidrojelleşmeyi etkileyen kritik faktörlerdir (Blandino vd., 1999).



Şekil 4. Alginat Solüsyonuna  $Ca^{2+}$  Eklenmesi ile Alginatın Jelleşme Süresi ve Etkilediği Bölümler (Becker vd., 2001)

Alginik asite farklı tuzların eklenmesiyle değişik alginat türevleri elde edilir. En yaygın kullanılan alginat türevlerinin oluşumları Şekil 5.'de detaylandırılmıştır.



Şekil 5. Alginik Asit ve Tuzlarla İşleme Sokulması Sonucu Elde Edilen Alginat Türevleri (URL-1)

Ticari olarak temin edilebilen sodyum alginatlar moleküler ağırlığı 32.000 ila 400.000 g/mol aralığındadır. Alginat çözeltilerinin viskozitesi, pH düştükçe, artar ve pH 3-3,5 civarında maksimum olur (Lee ve Mooney, 2012). Alginik asit ve Alginat türevlerinin farklı sıvı solüsyonlarında çözünürlüğü Tablo1.'de açıklanmıştır.

Tablo 1. Alginik asit ve Alginat türevlerinin farklı sıvı solüsyonlarında çözünürlüğü (URL-2)

ALGİNAT TÜRÜ	ÇÖZÜNEBİLİRLİK				
	Soğuk ve Sıcak Su	Hayvansal ve sıvı yağlar	Organik Çözücüler	Asitler	Alkaliner
Alginik Asit	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez	Çözünür
Sodyum Alginat	Çözünür	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez	Çözünür
Potasyum Alginat	Çözünür	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez	Çözünür
Kalsiyum Alginat	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez
Amonyum Alginat	Çözünür	Çözünmez	Çözünmez	Çözünmez	Çözünür

## 2. ALGINAT’IN TEKSTİLDE KULLANIMI VE ÖZELLİKLERİ

Viskoz sıvılar oluşturan alginatın tuz çözeltileri; haşıl maddesi; basmacılıkta kıvamaştırıcı; haşıl maddesi ve apre maddesi olarak kullanılmaktadır (Seventekin, 2003). Bununla birlikte Alginattan tekstil yüzeylerini üretmek üzere elyaf çekimi yapılır.

Lif çekimi için solüsyon hazırlanması için; toz halde ki alginatı elyaf formuna getirmek için, alginat homojen şekilde su da çözülmelidir. Lif çekimi sıvısını hazırlarken dikkat edilmesi gereken temel unsurlar; alginatın molekül yapısı, molekül ağırlığı, koagülasyon banyosu kompozisyonu, işlem sıcaklığı, hızı ve çözelti pH’ıdır (Qin, 2008). Tablo 2.’de alginat türevleri ile lif çekim yöntemleri için temel kimyasal prosesler ve avantajları detaylandırılmıştır.

*Tablo 2. Alginat Türevleri ile Lif Çekim Yöntemleri için Temel Kimyasal Prosesler ve Avantajları (Qin, 2008; Liv vd., 2012)*

ALGINAT ELYAFI TÜREVI	PROSES	AVANTAJI
<b>Kalsiyum Alginat Elyafı</b>	Sodyum alginat suda kolayca çözülür, sonra düzelerle basılır ve buradan kalsiyum klorid banyosuna gönderilir. Böylece sodyum alginat kalsiyum alginat halini alır, elyaf gerilir, yıkanır ve kurutulurak bobinlenir.	En kolay yöntemdir,. Kalsiyum alginat elyaf formu, jel halinde, tuzları ucuz ve kolay erişilebilir ve toksik olmaması sebebiyle en çok tercih edilen üretim şeklidir.
<b>Kalsiyum Sodyum Alginat Elyafı</b>	Bu elyafı üretmek için önce kalsiyum alginat elyafı hidro klorik aist ile yıkanır. Böylece calsiyum iyonları hidrojen iyonları ile yer değiştirir. Daha sonra bu elyafın sodyum karbonar ya da sodyum hidroksit ile işleme sokulmasıyla hidrojen iyonları ile yer değiştirir. Sonuçta üretilen elyaf kalsiyum ve sodyum iyonlarının her ikisini de içerir.	Bu formda kalsiyum iyonları elyafa ıslaklık bütünlüğü özelliği kazandırırken, sodyum iyonları elyafa emicilik kazandırır. Bu ürün yara örtüsü üretiminde vücudun ihtiyacı olan kalsiyum ve sodyum elementlerinin her ikisini de içerdiği için bu ürünlerde kullanımı avantajlıdır.
<b>Sodyum Alginat Elyafı</b>	Sodyum alginat elyafı sodyum alginatın organik çözücülerin içinde işleme tabi tutulması ile elde edilir.	Sodyum alginat elyafının sağlamlığı düşüktür.
<b>Alginik Asit Elyafı</b>	Sodyum alginat solüsyonunun veya kalsiyum alginat solüsyonunun sülfirik asit banyosuna gönderilmesi ile elde edilir.	Bu şekilde suda çözünen elyaf yerine suda çözünmeyen elyaf elde edilir.
<b>Zinc Alginat Elyafı</b>	Sodyum Alginat sıvısının zinc kloride nayosuna basılmasıyla ya da kalsiyum alginat elyafının sıvı zinc kloride solüsyonu ile işleme sokulmasıyla elde edilir.	Yapılan klinik çalışmalarda: zink’in immun sistemi uyarıcı ve anti-mikrobiyal etkisi tespit edilmiştir. Yara örtülerinde yara tedavisi amacıyla kullanılır.
<b>Gümüş İçeren Alginat Elyafı</b>	Sodyum alginat sıvısı gümüş nitrat sıvısı içine basıldığında gümüş alginat şeklini alması oldukça zordur. Kalsiyum klorit ve gümüş nitrat karışımı içeren koagülasyon banyosu gümüş alginat elyaf üretiminde kullanılabilir. Böylece calsiyum alginat ve gümüş alginat karıştırılarak lif elde edilebilir. Kalsiyum alginat elyafı sıvı gümüş nitrat içerisinde işleme sokulabilir.	Gümüş elementi özellikle yanık tedavisinde yaygın olarak kullanılır. Birçok bakteriye karşı geniş aralıkta bakteriye karşı koruyucudur. Diğer tuzlar ve gümüş iyonlarını içeren alginat elyafı üretilir. Kalsiyum alginatın aksine, gümüş içeren alginat elyafı suda çözünmeye karşı oldukça dirençlidir. Bu elyafın okside olması, ışığa karşı duyarlı olması ve rengini koyu siyaha kaçması gibi sorunları vardır. Bunu engellemek için istenirse üretim sırasında gümüş içeriği alginat elyaf içine üretimden önce eklenerek engellenebilir.
<b>Pektin Ve Karboksimetil Selüloz İçeren Alginat Elyafı</b>	Sodyum alginat, karboksimetil selüloz ve yüksek, metiloksi pektinin suda çözülmesiyle hazırlanan elyaf dopu oda sıcaklığında 2 gün bekletildikten sonra düzelerden geçirilir.	Bu karışımın elyaf üretim sıvısı içine eklenmesi, alginat elyafının emiş kapasitesini artırır ve iyon değişimini kolaylaştırır. Oldukça emici dokusuz yüzeyler elde edilir.
<b>Diğer Alginat Elyafı Türevleri</b>	Bölgesel ihtiyaçlara yönelik alginat ve diğer hammaddelerin karışımı ile değişik elyafklar üretilir. Jelatin, kitin, pva, vb. gibi	Karışım halinde eklenen malzemeyle birlikte bi komponent oluşturan alginat lifleri her malzemenin özelliklerini taşır.

Alginat elyafı şimdiye kadar çorap üretiminde ayırma ipliği olarak ya da dantel üretiminde ya da yanmazlık özelliğinden dolayı tiyatro perdesi gibi geleneksel tekstil ürünleri üretiminde kullanılmıştır (Seventekin, 2003). Bu elyafa ait genel özellikler Tablo 3.’de verilmiştir.

**Tablo 3. Yaş Çekim ile Elde Edilen Alginat Lifleri’nin Özellikleri (Seventekin, 2003)**

ALGINAT LİFLERİ	
Özgül ağırlık	1,78 g/cm <sup>3</sup>
Kuru kopma dayanımı	1,14 gpd
Kuru halde uzaması	% 14,3
Yaş kopma dayanımı	0,29 gpd
Yaş halde uzaması	% 25,7
Yanmazlık özelliği	Yanmaz, çok yüksek sıcaklıklarda kül halini alır
Asitlere karşı dayanım	Düşük sıcaklıklarda dayanıklı, yüksek sıcaklıkta; H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> de çözünür, HCl ve HNO <sub>3</sub> de şişer
Bazlara karşı dayanım	Kolaylıkla çözünür
Organik çözücülere karşı dayanım	Herhangi bir etkisi yok
Işığın etkisi	Işığa karşı dayanıklı değil

Alginatın yüksek sıvı absorblama ve şişme özellikleri, biyoyumlu, biyobozunur bir malzeme olması gibi sebeplerle yara örtüsü başta olmak üzere, tıbbi tekstil uygulamalarında özellikle tercih edilen biyopolimer yapıları tekstil ürünlerinden biridir.

Alginat yara ile temas ettiğinde hidrofilik jel oluşturur ve jel yapı lezyonun, ideal nem ve sıcaklıkta kalmasını sağlar. Ayrıca yapısında bulunan kalsiyum iyonları sayesinde yaranın iyileşme sürecinde ihtiyacı olan kalsiyum ihtiyacını gidererek yara iyileşmesini hızlandırır. Antibakteriyel özelliğe sahip olmamasına rağmen, bakterileri jel içinde hapsederek açık yarayı korur. Bu özellikleri sayesinde doku mühendisliği uygulamaları ve açık yara, yanık tedavilerinde kullanılan başlıca ürünlerden biridir (Paul ve Sharma, 2004; Kurtoğlu ve Karataş, 2009).

### 3. SONUÇ

Geleneksel üretim yöntemleriyle üretilen alginat elyaflarının asitlere ve özellikle bazlara karşı çok dirençli olmaması kalsiyum ve benzeri tuzlarla elde edilen türevlerinin jelleşme özellikleri ve suda boyut değiştirme özellikleri sebebiyle, çok fazla kullanılmamaktadır. Çorap üretiminde ayırma ipliği olarak ya da dantel üretiminde ya da yanmazlık özelliğinden dolayı tiyatro perdesi üretiminde kullanılır. En yaygın kullanımı, haşıl ya da pat karışımları ile yara tedavisinde avantajlı özelliklerinden dolayı saf halde ya da diğer biyopolimerlerle karışım halde kullanılmaktadır. Biyoyumlu ve biyobozunur bu polimer ile elde edilen uzun yıllardır tıbbi tekstil uygulamalarında ana malzeme ya da karışım halde kullanılmakta ve yeni türevleri ile ilgili olan araştırmalar artarak devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

Becker T. A., Kipke D.R., Brandon T., 2001. Calcium alginate gel: A biocompatible and mechanically stable polymer for endovascular embolization. *Journal of Biomedical Materials Research*, Vol. 54, 76–86.

Blandino A., Macias M., Cantero D., 1999. Formation of Calcium Alginate Gel Capsules: Influence of Sodium Alginate and CaCl<sub>2</sub> Concentration on Gelation Kinetics. *Journal of Bioscience And Bioengineering*, Vol. 88, No. 6, 686-689.

Coppen J.J.W., Nambiar P., 1991. Agar and Alginate Production from seaweed in India, BAY of Bengal Programme, BOBP/WP/69, Page: 1.

Cuadros T.R., Skurtys O., Aguilera J.M., 2012. Mechanical properties of calcium alginate fibers produced with a microfluidic device. *Carbohydrate Polymers*, 89, page: 1198– 1206.

Draget K.I., Smidsrod O., Skjak-Braek G., 2002. Alginates from algae, in *Biopolymers*, ed. by Steinbüchel A Wiley-VCH, Weinheim, pp.215–244.

Gök C., 2010. Uranyum ve Toryumun Adsorpsiyonu için Aljinat Biyopolimerlerinin Hazırlanması ve Çeşitli Uygulama Alanlarının İncelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 164 s. İzmir.

Göksungur Y., Güvenç U., 2002. Kalsiyum Aljinatta Hücre İmmobilizasyonu ve Biyoteknolojideki Uygulamaları. *GIDA*, 27(6): 511-518.

Juárez G. A.P., Spasojevic M., Faas M.M., deVos P., 2014. Immunological and technical considerations in application of alginate-based microencapsulation systems. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, Biomaterials*, V(2), page: 1-15.

Kurtoğlu A.H., Karataş A., 2009. Yara Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar: Modern Yara Örtüleri. *Ankara Ecz. Fak. Derg.*, Ankara, 38 (3) 211-232.

Lee K.Y., Mooney D.J. 2012. Alginate: properties and biomedical applications. *Prog. Polym. Sci.* 37(1): 106–126.

Li G., Li W., Deng H., Du Y., 2012. Structure and properties of chitin/alginate blend membranes from NaOH/urea aqueous solution. *International Journal of Biological Macromolecules*, 51, 1121– 1126.

Morani L. M., Ribeiro A. A., de Oliveira M. V., Dantas F. M. L., Leão M. H. M. R., 2010. Physical And Chemical Characterization Of Titanium-Alginate Samples For Biomedical Applications. 19. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat, 21 a 25 de novembro de 2010, Campos do Jordão, SP, Brasil, Page: 4518- 4525.

Özdemir N., Erkmen J., 2013. Yenilenebilir Biyoplastik Üretiminde Alginatın Kullanımı. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 3 (8) Page:89-104.

Paul W., Sharma C.P., 2004. Chitosan and Alginate Wound Dressings: A Short Review. *Trends Biomater. Artif. Organs*, Vol 18 (1), pp 18-23.



Qin Y., 2005. Silver-containing alginate fibres and dressings. *Int. Wound J.* 2, 172—176.

Qin Y., 2008. Alginate fibres: an overview of the production processes and applications in wound management. *Polym. Int.* 57, 171–180.

Seventekin N., 2003. Alginat Lifleri. Kimyasal Lifler, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayını, Syf. 48-50.

Tarun K., Gobi N., 2012. Calcium alginate/PVA blended nano fibre matrix for wound dressing. *IJFTR Vol.37(2)*, Page: 127-132.

Tezcan F., 2008. Aljinat/ Kil Biyopolimer Nanokompozit Filmlerin Eldesi ve Karakterizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 65s. İstanbul.

URL – 1. FMC Corporation, 2001/Tecnicl document, 2016. Erişim Tarihi: 02.01.2016. <http://www.hawkinswatts.com/documents/Alginate.pdf>

URL – 2. What is Alginate? Erişim Tarihi: 03.01.2016. <http://www.kimica-alginate.com/alginate/>

Viswanathan S., Nallamuthu T., 2014. Extraction of Sodium Alginate from Selected Seaweeds and Their Physiochemical and Biochemical Properties. *IJRSET*, Vol. 3, Issue 4, Page: 10998- 11003.

Wang X., Spencer H.G., 1998. Calcium alginate gels: formation and stability in the presence of an inert electrolyte. *Polymer Vol. 39 No. 13*, pp. 2759-2764.

Yaldizli E., Gürdağ G., 2010. Sodyum Aljinat-Poli(Itakonik Asit) Aşı Kopolimerlerinin Hazırlanması Ve Ağır Metal İyonlarının Uzaklaştırılmasında Kullanımı, 9. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi (UKMK-2010), ANKARA.