

## **POLİ(LAKTİK ASİT)'İN KULLANIM ALANLARI VE NANO LİF ÜRETİMDEKİ UYGULAMALARI**

**İbrahim ÜNER, Emine Dilara KOÇAK\***

*Geliş: 02.10.2012 Kabul: 15.01.2013*

### **ÖZET**

Biyo çözünür polimerler teknolojik gelişimin çeşitli alanlarında çok büyük önem teşkil etmektedirler. Birçok bilim insanı bu konuda çeşitli araştırmalar yapmaktadırlar. Biyo çözünür polimerlerden biri olan poli(laktik asit) (PLA), medikal alanında, paketlenme ve ambalaj alanında, çevresel uygulamalarda, tekstil uygulamalarında oldukça etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle sağlık alanında PLA'nın nanolif olarak kullanımı ön plana çıkmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** *Elektrostatik çekim, PLA, nano lif, biyo çözünür polimer*

*THE AREA of UTILIZATION and ELECTROSPINNING APPLICATIONS of POLY(LACTIC ACID )*

### **ABSTRACT**

Biodegradable polymers have importance in a variety of utilization of technological development. Several scientists perform research studies on this topic research regarding this. PLA as a biodegradable polymer has different application areas such as medical application, package application, environmental application and textile. Especially usage of PLA in nanofiber form came into prominence.

**Keywords:** *electrostatic spinning, PLA, nanofiber, biodegradable polymers*

---

\* İbrahim Üner\*Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi

Doç.Dr.Emine Dilara KOÇAK\*\* Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü  
[dkocak@marmara.edu.tr](mailto:dkocak@marmara.edu.tr)

## **1.GİRİŞ**

Biyo malzemeler, insan vücudundaki canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek ya da desteklemek amacıyla kullanılan doğal ya da sentetik malzemeler olup, sürekli olarak veya belli aralıklarla vücut akışkanlarıyla temas ederler.

“Biyo malzeme” ve “biyo uyumluluk” terimleri malzemelerin biyolojik performanslarını belirtmek için kullanılır. Biyo uyumlu olan malzemeler biyo malzeme olarak adlandırılmış ve biyo uyumluluk, uygulama sırasında malzemenin vücut sistemine uygun cevap verebilme yeteneği olarak tanımlanmıştır. Biyo uyumluluğu yüksek olan malzemeler, kısacası biyo malzemeler; metaller, seramikler, kompozit malzemeler ve polimerlerdir (Gümüşderelioğlu, 2002).

Biyo polimerler kökenine ve üretimine göre üç ana kategoride sınıflandırılmaktadır. I. sentetik biyo polimerler; kimyasal yöntemlerle biyo kökenli kaynaklardan üretilen ve alifatik yapıda bulunan polyesterlerdir. Örneğin polilaktid, tarımsal kaynaklardan elde edilen laktik asit monomerlerini kullanarak halka açılma polimerizasyon tekniği ile üretilmektedir. II. Polihidroksibütirat ve kopolimeri gibi polimerler ise fermantörler yardımıyla ortam koşulları ayarlanarak mikroorganizmalardan elde edilirken III. Zein, selüloz, kalsiyum gibi polimerler kimyasal özelliğinde hiçbir değişiklik yapılmadan hayvansal yada bitkisel kaynaklardan basit ayırma işlemleriyle elde edilmektedir. (Tıhminlioğlu vd., 2010). Biyobozunur, yani doğada bozulan malzemeler; nişasta, selüloz, protein gibi doğal polimerlerden üretilmektedir. Doğada bozunabildikleri için çevreyi daha az kirletmekte, atık sorununu azalttığı için tercih edilmektedir. (Gupta vd., 2007). Bilim adamları yıllardır biyobozunur malzemelerin üretimi için araştırmalar yapmaktadır (İşler, 2010). Son zamanlarda bozunur malzemelerden olan nişasta ve türevleri, poli(bütilen süksinat) (PBS), poli(hidroksi bütirat) (PHB), polikaprolakton(PCL) ve poli(laktik asit) (PLA) gibi alifatik polyesterler ambalajlama uygulamalarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Dursun ve ark., 2010).

Poli(laktik asit)ler yarı kristalin ya da amorf yapıda olan, rijit termoplastik ve alifatik polimerlerdir. Bu polimer hem polietilenteraftalat(PET) karakteristiğine sahip olması hem de polipropilen (PP) özelliğini sergilemesiyle benzersiz bir özellik içermektedir ( Henton David .E., 2005). Polilaktik asidin diğer özelliği mısır, şeker kamışı ve buğday gibi nişasta zengini bitkisel kaynaklardan üretilen biyo bozunur bir polimer olmasıdır. Bu özelliklerin yanı sıra PLA'nın, çevre dostu olması ve biyo uyumluluk gibi özelliklere sahip olması da; plastik uygulamalarında, paketlenme alanında, ziraat ürünlerinde, tek kullanımlık ürünlerde ve medikal alanda potansiyel kullanım imkânı sağlamaktadır ( Gupta vd., 2007).

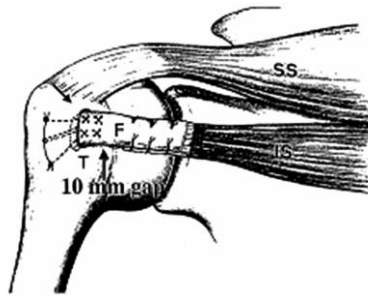
Medikal uygulamalarda kullanılan biyo polimerler buldukları dokuya uyumlu olmak zorundadırlar (Kolybaba M., ark. 2003). PLA'nın medikal uygulamaları insan vücuduyla olan uyumluluğuna ve biyo bozunurluğuna dayanmaktadır ( Gupta vd., 2007). PLA'nın, cerrahide yara iyileşmesi süresince yarayı bir arada tutmak ve gereken desteği sağlamak için kullanılan cerrahi amaçlı dikişteki kullanımı Federal Drug Administration (FDA) tarafından onaylanmıştır (Benicewicz BC, Hopper PK.

1990, Davis SS,1996). Bununla birlikte cerrahi dikiş kancalarında poliglikolik asit (PGA) ve polilaktik asit (PLA) bileşimleri de kullanılmaktadır (Tandoğan, 2003). PLA'nın biyo bozunurluk özelliğinden dolayı, kontrollü ilaç salınım sistemlerinde de kullanımı yaygınlaşmıştır (Wood, 1980; Huang ve ark., 2003).

## 2. POLİ (LAKTİK ASİT)'İN KULLANIM ALANLARI

Laktik asit her insanın vücudunda oluşan tabii organik bir bileşiktir, kas, kan ve vücudun değişik organlarında bulunur. Laktik asit insanda ya da hayvanda kas dokularıyla ilişkili olduğu için vücudun doğal metabolizmasıyla çözünürler. Vücuttaki laktik asit pruvik asite çevrilir, karbondioksit ve su sağlamak için trikarboksilik asit döngüsüne girer. Böylece çözünme sonucunda organlarda herhangi bir kalıntıya rastlanmaz. Laktik asit bu döngüyü gerçekleştirmesiyle, biyo uyumluluk özelliğini kazanmış olur. Laktik asidin polimerleşmesiyle oluşan poli(laktik asit)'in en çok ve en geniş uygulama alanı, tıp alanındaki cerrahi dikişlerdir. Bunun yanında sentetik polimer olarak poliglikolik asit (PGA) kullanımı gelmektedir. 1981'de polidiokzanon (PDS) cerrahi dikiş amacıyla kullanılmak üzere geliştirilmiştir. PLLA lifleri çok yavaş çözüldükleri için cerrahi dikiş uygulamalarında gerekli özelliği sergileyememişlerdir. Fakat uzun süre mukavemet gerektiren uygulamalarda bu lifler tercih edilmiştir. Tercih edilen bu uygulamalar bağ doku, tendon yapıları, vasküler ve ürolojik cerrahi için olan stent uygulamalarıdır. (Auras vd., 2010).

Aoki ve arkadaşları PLLA'ı rotatör manşet yırtığı cerrahisinde biyo çözünür yapay tendon parçası olarak kullanarak, iyileştirilemeyen rotatör manşet yırtığını tedavi etmeye başarmışlardır. İnfraspinatus tendonlarındaki problemlili bölgeler PLLA'dan yapılmış keçe kullanılarak rekonstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir(Şekil 1). Böylelikle PLLA'nın rotatör manşet yırtığı tedavisinde kullanışlı olduğu tespit edilmiştir(Aoki vd., 2004; Auras vd., 2010).



**Şekil 1. İnfraspinatus tendonunun(IS) PLLA keçe (F) ile tedavisi (Auras Vd., 2010)**

Polilaktik asit (PLA) polimerinden glikolik asit ve diğer monomerlerinden kopolimer veya türevleri de elde edilebilir. PLA polimerinden elde edilen bu

kopolimer doğada kolaylıkla ayrışıp, çözünebilir. Poli-L-laktik asit doğada çözünmesi için yıllar gerekirken, poliglikolik asit için aylar, polilaktik –D ve L-laktik için birkaç hafta, yeterli olmaktadır (Arıkan, 2009).

Biyo çözüner PLA bu özelliklerinden dolayı ayrıca, kum torbaları, yabancı ot önleme ağları, bitki ağları, saksılar gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır. Bu tip uygulamalar için önemli özellikler; kullanım esnasında yapısal bütünlüğün sürdürülmesi ve kullanımdan sonra toprak altındaki bozunma sürecidir (Auras vd., 2010).

Tüm bu kullanım imkânlarının dışında PLA ofis otomasyon ekipmanları ve elektrikli cihazlarda da kendine kullanım alanı bulmuştur. Örneğin, Sony 2002 yılında PLA'dan walkman kasası yapmayı benimsemiştir. Fakat PLA'nın ofis otomasyon ekipmanları ve elektrikli cihazlarda kullanılabilmesi için alev önleyici özelliğe sahip olması gerekmektedir. Bu amaçla, PLA'nın alev direncini geliştirmek adına birçok çalışma yapılmıştır (Auras vd., 2010).

PLA kendine otomotiv alanında ticari olarak uygulanabilme imkânı bulmuştur.

1. 2003 yılında Toyota Raum ve Prius modellerinde PLA zemin kaplaması olarak kullanılmıştır. Burada, PLA'nın son grubu kapatılarak hidroliz olayı engellenmiştir.
2. Toyota'nın Raum modelinde darbe direncini geliştirmek adına yedek lastik korumasında kenevir ve PLA kompoziti kullanmışlardır.
3. 2008'de Mazda kapı pervazı için PLA lifi kullanılmıştır.
4. Mitsubishi özel üretim aracında Naylon 6 ve PLA lifleri içeren zemin kaplaması kullanmıştır (Auras vd., 2010).

PLA'dan üretilmiş zemin kaplamalarında PLA reçinesi sert ve kırılğan olduğu için düşük aşınım direncine ve hidroliz direncine sahiptir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için PLA'nın molekül yapısında optimum seviyede değişiklikler yapılmıştır, ancak yeterli direnç sağlanamadığı için PA<sub>6</sub> lifi ile beraber kullanılmıştır. Mitsubishi tarafından PLA ile üretilen bazı otomobil parçaları Almanya Frankfurt Motor Show'da sergilenmiştir. Bunlar kapı iç döşeme kumaşı, yan gövde koruması, zemin halısı, direk süsüdür (Şekil 2), (Tanase vd., 2008).



İç kapı döşeme kumaşı



Yan gövde koruması



PLA esaslı nonwoven yüzey



Floklu Direk süsü

**Şekil 2. PLA polimeri ile üretilen bazı otomobil parçaları (Tanase V.D. 2008)**

### 3.NANOLİF VE PLA POLİMERİ İLE YAPILAN NANOLİF ÇALIŞMALARI

Nano teknolojinin önemi, atomlar ve moleküler seviyesinde çalışarak gelişmiş ve tamamen yeni fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklere sahip yapılar elde edilmesine imkân sağlamasından kaynaklanmaktadır. Nano yapılar uzunluk olarak bakıldığında yaklaşık 10-100 atomluk sistemlere ( $10^{-9}$  metre) karşılık gelmektedir (Prudden Vd., 1970). Nano teknoloji yöntem ve tekniklerinin kullanılmasıyla çapı mikronun altında olan lifler elde edilmektedir ve bu liflere nanolif adı verilmektedir. En önemli nanolif üretim yöntemlerinden birisi elektrostatik çekim yöntemidir. Küçük çap boyutları ve gözenek yapıları geniş yüzey alanı imkânı sağladığı için geniş bir uygulama alanı da yaratmaktadır. (Dapeng Li. 2006; Shin, 2001; Qin, 2006). İşlemden önce bir pipet ya da şırınga içerisinde konulan polimer çözeltisi elektrik ile yüklenmekte ve iki elektrot arasında kV seviyesinde oluşturulan yüksek voltaj sayesinde bir çekim alanı oluşturulmaktadır. Alan oluşturulmadan pipet ya da şırınga ucunda damla formunda olan polimer çözeltisi, alan oluşturulduktan sonra

elektrik yükleri nedeniyle koni formunu (Taylor konisi) almakta ve elektrik kuvvetleri polimer çözeltisinin yüzey gerilimi ve viskozitesini yendiğinde ince bir polimer çözeltisi yüzeyden fıskırmaktadır (Demir Vd., 2007; Meduri, 2005; Timothy ve Kristine, 2003; Yang, 2007). Elektrik kuvvetleriyle fıskıran polimer çözeltisi hızlanmakta fakat viskozite direnci nedeniyle bir süre sonra ivme yavaşlamakta ya da sıfır olmaktadır ki bu anda stabil olmayan bir davranış göstermektedir. Fıskıran polimerin uzaması ve çözücünün uçmasıyla liflerin çapı küçülmekte, küçülen çap nedeniyle yüklenme artmakta ve daha küçük çaplara bölünmektedir (Baba vd., 2010; Deitzel vd., 2001; Huang vd., 2003; İkiz, 2009).

Polilaktik asitin (PLA) farklı çözücülerle elektrostatik çekim yöntemi ile kil katkılı biyoçözünabilirliği olan paketleme de kullanılabilir malzemeler üretilmiştir (Dapeng Li.2006).

Joon-Pyo Jeun ve ark. (2007) Poly(L-lactide-co-D, L-lactide) (PLDLA)'nın elektro üretim çalışmasında, nanolif nonwoven membran yüzeyler elde edilmiştir. Çalışmada L- laktid: D- laktid 70:30 olan PLDLA kullanılmıştır. PLDLA'nın viskozitesi 3,3- 4.2 dl/g olup, çözücü olarak kloroform kullanılmış, ağırlıkça % 0,5- 3 oranında PLDLA oda sıcaklığında kloroform ile solüsyon hale getirilmiştir. Çalışmada kullanılan parametreler; iğne çapı 0.017-0.045 mm, mesafe 8cm, uygulanan voltaj 5-25 kV, çözelti akış hızı 0.002- 0.005 ml/dk. 'dır. Çalışmada ağırlıkça yüzde oranı arttıkça viskozitenin arttığı gözlenmiştir. Konsantrasyon artışıyla lif morfolojisi boncuklu yapıdan uniform bir yapıya geçildiği gözlenmiştir. Çalışmada üretilen PLDLA polimer esaslı nanolif morfolojisinde, işlem parametrelerindeki değişikliğin etkili olduğu gözlenmiştir (Joon-Pyo Jeun ve ark. 2007).

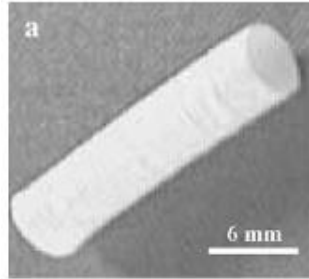
Jia Xu ve arkadaşlarının kitosan / PLA karışımlarından mikro/ nano lif üretimi çalışmalarında; farklı miktarlarda PLA ( 0.02, 0.09, 0.18, 0.27, 0.36, 0.72 ) içerikli çözelti, 10 g Trifloroasetik asit (TFA ) ile 0.18 g kitosan oda sıcaklığında 24 saat boyunca karıştırılarak hazırlanmıştır. 0-30 kV voltaj, 22 cm mesafe ve % 15- 29 arasındaki konsantrasyonlarda pürüzsüz bir lif yüzeyi elde edilmiştir. Çalışmada kitosan/ PLA karışımları için TFA'nın uygun bir çözücü olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada elde edilen nano mikro yapılar, doku mühendisliği alanında hücrelerarası sıvı matriksi (ECM)s kullanımına uygun olduğu görülmüştür. (Jia Xu, 2009) .

Venugopal J., S. Ramakrishna yaptıkları çalışmada, elektrostatik çekim metodu ile yönlendirilmiş poli(L-laktik asit) nano liflerinin; sinir doku mühendisliğindeki potansiyelleri araştırılmıştır. Polimer solüsyonunda çözücü olarak DCM/ DMF (70:30) oranında hazırlanmış, 10 g solüsyon şırıngaya eklenmiş, besleme oranı 1 ml/s, %5 solüsyon için 1.2 mm. 'lik iğne kullanılmıştır. Toplayıcı ile iğne arasındaki ara mesafe 10 cm. ve toplayıcı olarak dönen bir disk kullanılmıştır .Diskin rotasyonu 1000 rpm, kullanılan voltaj 12 kV dir. %2 konsantrasyonda 150- 500 nm, % 5 konsantrasyonda 800- 3000 nm çaplarında yönlendirilmiş nano lifler

elde edilmiştir. Konsantrasyonun lif çapına etkisinin olduğu görülmüştür (Venugopal J., S. Ramakrishna 2005). Kitosan % 1'lik asetik asitte, PLA% 10 konsantrasyonda kloroformda çözündürülmüş karışımları hazırlandığında ise, bariyer amaçlı kullanılacak biyoçözünür film üretilmiştir ( Nugraha E. Suyatma ve ark. 2004).

Poli(laktik asit) içerikli polilaktik asit (LMPLA) polimerinden nonwoven kompozit çalışmalarında, sodyum alginat şişme, nem tutma katmanı olarak NaAlg/ kitosan, anti bakteriyel katmanı ve düşük erime sıcaklığına sahip olması nedeniyle polilaktik asit (LMPLA) polimeri farklı oranlarda karıştırılmıştır. Elde edilen nonwoven dokusu ısı basıncı ve iğneleme ile kuvvetlendirilmiştir. (Ching W.L., Chao Tsang L., 2010).

Vaz Vd. ve arkadaşları çalışmasında kan hücrelerinin morfolojik ve mekanik özelliklerini taklit etmek ve doku iskelesi geliştirmek amacıyla, çok katmanlı elektro üretim tekniğini kullanmışlardır. İşlemde dönen mil şeklinde bir toplayıcı kullanılmıştır. Çift katmanlı boru şeklinde bir yapı oluşturulmuş, dış katmanda sert ve yönlendirilmiş PLA ve iç katmanda katlanabilir, bükülebilir ve tesadüfi yönlendirilmiş PCL kullanılmıştır. Böylece boru şeklindeki toplayıcıdan ayrılmasına imkan sağlanmıştır.



**Şekil 3. Çift katmanlı tüp yapının SEM görüntüsü (Vaz Vd., 2005).**

Yapılan çalışmada çok katmanlı elektro üretim yapı iskelesi dizayn edilebileceğini ve katmanlı (Layer by Layer) yapı üretim prosesiyle sağlanabileceğini göstermiştir. Eş merkezli iç içe geçmiş çevresel yönlendirilmiş PLA dış çeperi ve içteki tesadüfi yönlendirilmiş elastik PCL liflerinin kombinasyonu, kan damarlarının morfolojik ve mekanik özelliklerini istenilen ölçüde sağladığını göstermiştir.(Şekil 3), (Vaz Vd., 2005).

## SONUÇLAR

Günümüzde biyo uyumlu ve biyo çözümler olan biyo malzemelerin kullanımının teknolojinin her alanında etkin bir şekilde rol aldığı görülmektedir. Özellikle biyo polimerler kısmında yer alan poli(laktikasit) (PLA)'nın farklı bozunma süreçlerine

sahip olması bu polimerin kullanım alanlarını da genişletmiştir. Böylelikle PLA medikal, çevre, paketlenme ve tekstil alanlarında kendine yer bulmuştur. Nano teknoloji sürecinin medikal alanda etkili olmasıyla PLA’da bu süreç içerisine dâhil olmuştur. Özellikle PLA’nın nanolif üretim yöntemlerinden biri olan elektro üretim yöntemiyle üretilebilmesi PLA’nın öneminin artmasını sağlamıştır. PLA’dan elde edilen nanolifler, doku iskelesi, ilaç salınımı, yara örtüsü, doku mühendisliği gibi medikal alanlarda başarılı bir şekilde kullanılmıştır.

### **KAYNAKLAR**

Aoki M, S. Miyamoto, K. Okamura, T. Yamashita, Y. Ikada, S. Matsuda, (2004) J. Biomed. Mater. Res. Part B, 71B, 252–259.

Arıkan, A., (2009), “Biyoplastikler” Ambalaj bülteni, Ocak-Şubat ,syf: 26-29.

Auras, R., Lim, L.T, Selke, S.E.M., and Tsuji, H. (2010), ‘Poly(lactic acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications’ A John Wiley & Sons, Inc., Publication.

Benicewicz, B.C., Hopper, P.K., (1990) “Polymers for absorbable surgical sutures.” J Bioact Compat Polym;5:453–72.

Ching W.L., Chao Tsang L., (2010) , “Preparation and Evaluation of Degradable Poly(lactic acid) Composite Dressings” Advanced Materials Research Vols. 123-125 177-180.

Dapeng Li.,Margaret W. Frey .,Antje J. Baeumner.,( 2006) ” Electrospun polylactic acid nanofiber membranes as substrates for biosensor assemblies” Journal of Membrane Science Volume 279, Issues 1–2, , Pages 354–363.

Davis, S.S., Illum, L., Stolnik, S., (1996) “Polymers in drug delivery” Curr Opin Colloid Interf Sci;1:660–6.

Deitzel, J.M.; Klemmeyer, J.; Harris, D.; Beck Tan, N.C., (2001) “The Effect Of Processing Variables On The Morphology Of Electrospun Nanofibers And Textiles” Polymer 42 261–272.

Demir, A.; Kılıç, A.; Oruç, F. : (2007), “Effects Of Polarity On Electrospinning Process” Textile Research journal pp 1-9.

Dursun, S. , Erkan, N., Yeşiltaş, M., (2010), “Doğal Biyopolimer Bazlı (Biyobozunur) Nanokompozit Filmler Ve Su Ürünlerindeki Uygulamaları” Journal Of Fisheriescience 4(1) pp 50-77.



Gupta, B.; ve ark.: (2007), “Poly(Lactic Acid) Fiber: An Overview” *Prog. Polym. Sci.* 32 pp 455–482.

Gümüşderelioğlu, M.; (2002), “Biyo malzemeler” *Bilim ve Teknik*, Temmuz, pp. 1-3.

HENTON David .E.,GRUBER Patrick., LUNT Jim And RANDALL Jed., (2005)” *Natural fibers,Biopolymers and biocomposites / Polylactic acid Technology* book chapter 16 .

Huang, Z, M, ve ark. (2003), “A Review On Polymer Nanofibers By Electrospinning And Their Applications İn Nanocomposites” *Composites Science and Technology* 63 2223–2253.

Kolybaba M., Tabii L.G., Panigrahi S., Crerar W.J. Powell T., Wang B.,” (2003), *Biodegradeble Polymers: Past,Present,and Future” CSEA, ASAE Annual Intersectional Meeting North Dakota, USA .*

İkiz, Y.: (2009), “Elektro Çekim Yöntemi İşlem Parametrelerinin PVA Nanolif Morfolojisine Etkileri” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* Cilt 15, Sayı 3, 363-369.

Jeun Joun-Pyo, Yun-Hye Kim., Youn-Moole Lim., Jae-Hak Choi., Chan-Hee Jung., Phil-Hyun Kang.,(2007)”*Electrospinning of Poly (L-lactide-co-D,L-lactide) “, Industrial Engineering Chemicals* Vol 13 No:4 pp 592-596.

Jia Xu., Jinhui Z., Weiquan G., Hongyan W., Junfeng L(2009)”*Preparation of chitosan PLA blend micro/nanofibers by electrospinning”Material Letters* Vol:63 pp:658-660.

Meduri, P.: (2005), “Characterization Of Uncoated And Sputter Coated Nanofibers” *M.Sc. thesis Presented to The Graduate Faculty of The University of Akron* December 1-132.

Nugraha E. Suyatma, Alain Copinet, Lan Tighzert, Veronique Coma (2004), “Mechanical and Barrier Properties of Biodegradable Films Made from Chitosan and Poly (Lactic Acid) Blends” *Journal of Polymers and the Environment*, Vol. 12, No. 1.

Prudden J.F., Migel P., Hanson P., Friedrich L., Balassa L.,( 1970), *Am. J. Surg.*, 119,pp. 560-564.

Shin, Y.M. ve ark. : (2001), “Electrospinning: A Whipping Fluid Jet Generates Submicron Polymer Fibers” *Applied Physics Letters* Volume 78, Number 8 pp. 1-3.

Tanase, M., Terasawa, I., Tsuneoka, K., Tamura, A., (2008), ‘Development of Plant-Based Plastics Technology, ‘Green Plastic’” Mitsubishi Motors Technical Review .

Tandoğan, R. N., Hersekli, M. A., Akpınar, S.:(2003) “Dikiş kancalarının ortopedik cerrahide kullanımı” TOTBİD Dergisi Cilt 2, Sayı 3-4.

Tihminlioğlu, F.; Oğuzlu, H. ; Özçalık, O. ; Akın, O. ; (2010,) “Biyobozunur polimer tabakalı silikat nanokompozitler ve gıda ambalajı uygulamaları konusundaki gelişmeler” Pagev plastik dergisi Kasım –Aralık.

Timothy H. G.; Kristine M. G.: (2003) “Nanofiber Webs from Electrospinning” Presented at the Nonwovens in Filtration - Fifth International Conference, Stuttgart, Germany, March pp 1-5.

Vaz C.M., S. Van Tuijl, C.V.C. Bouten, F.P.T. Baaijens (2005), “Design of scaffolds for blood vessel tissue engineering using a multi-layering electrospinning technique” Acta Biomaterialia 1 pp. 575–582.

Nho Young-Chang, Joon-Pyo Jeun, Yun-Hye Kim, Youn-Mook Lim, Jae-Hak Choi, Chan-Hee Jung, Phil-Hyun Kang, (2007)” Electrospinning of Poly(L-lactide-co-D, L-lactide) “*J. Ind. Eng. Chem.*, Vol. 13, No. 4, pp.592-596.

Qin, H.X. ; Wang, S.Y. : (2006), “Filtration Properties Of Electrospinning Nanofibers” Journal Of Applied Polymer Science, Vol. 102, pp. 1285–1290.

Wood D A. (1980)., Biodegradable drug delivery systems. Int J Pharm 7:1–18.