

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR KULLANILARAK AMBALAJ MALZEMESİ
İÇİN KAPLAMA MALZEMESİ HAZIRLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sadife AYDIN

Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Polimer Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2013

YALOVA ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR KULLANILARAK AMBALAJ MALZEMESİ
İÇİN KAPLAMA MALZEMESİ HAZIRLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sadife AYDIN
115101011**

Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Polimer Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Gülay BAYRAMOĞLU

TEMMUZ 2013

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' nün **115101011** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Sadife AYDIN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR KULLANILARAK AMBALAJ MALZEMESİ İÇİN KAPLAMA MALZEMESİ HAZIRLANMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Gülay BAYRAMOĞLU**
Yalova Üniversitesi



Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Gülay BAYRAMOĞLU**
Yalova Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. M. Arif KAYA
Yalova Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ESEN
Yalova Üniversitesi



Teslim Tarihi : **20 Haziran 2013**
Savunma Tarihi : **8 Temmuz 2013**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu Yüksek Lisans tez çalışması, Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Polimer Mühendisliği programında gerçekleştirilmiştir.

Yüksek Lisans çalışmamın yönetimini kabul eden ve bu zaman içerisinde aktarmış olduğu birikimler, gerek tez gerek tez dışı göstermiş olduğu yakın ilgi ve destekten dolayı tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Gülay Bayramoğlu' na

Her zaman destek ve moral kaynağı olan Kevser Özdemir ve Dila Açıkgöz başta olmak üzere tüm arkadaşlarıma

Tüm eğitim, mesleki ve özel yaşantım boyunca bana maddi ve manevi büyük desteklerinden dolayı biricik annem, babam ve kardeşlerime

İçtenlikle teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Temmuz 2013

Sadife AYDIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	2
1.3 Genel Bilgi	5
2. AMBALAJ NEDİR?	7
2.1 Ambalajın Görevleri.....	7
2.2 Ambalaj Çeşitleri.....	9
2.2.1 Kağıt Ambalajlar	9
2.2.2 Karton Ambalajlar.....	10
2.2.3 Oluklu Mukavva Ambalajlar	11
2.2.4 Metal Ambalajlar	12
2.2.5 Ahşap Ambalajlar	13
2.2.6 Cam Ambalajlar	13
2.2.7 Plastik Ambalajlar.....	14
3. AMBALAJ ATIKLARI	17
3.1 Ambalaj Atıklarının Yönetiminde Genel İlkeler.....	17
4. AMBALAJ MALZEMELERİNDE BİYOPOLİMERLERİN UYGULAMALARI	21
4.1 Biyobozunma Ve Biyobozunur Polimerler	22
4.2 Hemiselülozlar	24
4.3 Ksilanlar	24
5. METOT VE MATERYALLER	27
5.1 Kullanılan Kimyasallar	27
5.2 Kullanılan Cihazlar	31
5.3 Deneysel Yöntemler	32
5.3.1 Ayçiçek Sapının Kimyasal Analizi	32
5.3.1.1 Selüloz Miktarının Tayini	32
5.3.1.2 Hemiselüloz Miktarının Tayini	32
5.3.1.3 Lignin Miktarının Tayini.....	33
5.3.2 Ayçiçeği Sapı Ksilanının Monosakkarit Ve Üronik Asit Analizi.....	33
5.3.2.1 Monosakkarit Analizi.....	33
5.3.2.2 Üronik Asit Analizi	34
5.3.3 Ksilanın Doğal Kaynaklardan Özütleme.....	36

5.3.4 Ksilanın Modifikasyonu	37
5.3.4.1 Ksilanın Glisidilmetakrilat İle Modifikasyonu	37
5.3.4.2 Ksilanın Glisidil POSS İle Modifikasyonu	38
5.3.5 Susuz Sol-Jel Sentezi	39
5.3.6 Ksilan ve Modifiye Ksilanlardan Film Hazırlama	39
5.3.6.1 Ksilan Filminin Gliserol İle Hazırlanması	39
5.3.6.2 Ksilan Filminin Sorbitol İle Hazırlanması	40
5.3.6.3 Glisidil POSS Modifiyeli Ksilan Filminin Gliserol İle Hazırlanması	41
5.3.6.4 Glisidil POSS Modifiyeli Ksilan Filminin Sorbitol İle Hazırlanması	42
5.3.6.5 UV Işınları İle Sertleştirilen Filmlerin Hazırlanması	42
5.3.6.6 Kaplanmış Kağıtların Hazırlanması	43
5.3.7 Serbest Filmlere ve Kaplamalara Uygulanan Testler	44
5.3.7.1 Kaplanmış Kağıtlara Uygulanan Testler	44
5.3.7.2 Serbest Filmlere Uygulanan Testler	44
6. SONUÇLAR	47
6.1 Özütlenen Ksilanın Karakterizasyonu	47
6.2 Glisidil Metakrilat Modifiye Ksilanın Karakterizasyonu	49
6.3 Glisidil POSS Modifiyeli Ksilanın Karakterizasyonu	51
6.4 Hazırlanan Kaplama Malzemesinin Karakterizasyonu	52
6.5 Serbest Filmlere Uygulanan Testler	54
7. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME	61
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	69

KISALTMALAR

GMA	: Glisidil metakrilat
Glisidil POSS	: Glisidil poli hedral oligomerik silseskioksan
KOH	: Potasyum hidroksit
M-POSS	: Metakrilat poli hedral oligomerik silseskioksan
NaBH₄	: Sodyum borhidrür
H₂SO₄	: Sülfürik asit
CaCO₃	: Kalsiyum karbonat
NaOH	: Sodyum hidroksit
MEMO	: 3- trimetoksisilil propil metakrilat
TTP	: Trifenil fosfin
DSC	: Diferansiyel Fotokalorimetri
TGA	: Termal Gravimetrik Analiz Cihazı
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
FT-IR	: Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1 : Genel olarak kullanılan ambalaj filmleri (Tharanathan, 2003).....	21
Tablo 5.1 : Ayçiçek sapının kimyasal içeriği.....	35
Tablo 5.2 : Ayçiçeği sapı ksilanı monosakkarit kompozisyonu	35
Tablo 5.3 : GMA-Ksilan filminin ve M-POSS ilavesinin oranları	44
Tablo 5.4 : GMA-Ksilan filminin ve susuz Sol-Jel ilavesinin oranları.....	44
Tablo 6.1 : Kaplama malzemesinin karakterizasyonu	54
Tablo 6.2 : Serbest filmlere ait germe-gerilme değerleri	55
Tablo 6.3 : TGA' dan elde edilen sonuçlar	56
Tablo 6.4 : Yüzdesel ışık geçirgenliği sonuçları	57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4. 1 : Doğal olarak oluşan biyopolimerler için sınıflandırma.....	23
Şekil 4. 2 : Odunsu ksilan zincirinin yapısı	25
Şekil 4. 3 : Otsu ksilan zincirinin yapısı	25
Şekil 4. 4 : Yumuşak odun ksilan zincirinin yapısı	26
Şekil 5. 1 : Üronik aside ait kalibrasyon eğrisi	34
Şekil 5. 2 : Ksilanın glisidilmetakrilat ile modifikasyonu	37
Şekil 5. 3 : Ksilanın glisidil POSS ile modifikasyonu.....	38
Şekil 5. 4 : Gliserol ile hazırlanan ksilan filmi	39
Şekil 5. 5 : Sorbitol ile hazırlanan ksilan filmi	40
Şekil 5. 6 : Gliserol ile hazırlanan glisidil POSS modifiyeli ksilan filmi.....	41
Şekil 5. 7 : Sorbitol ile hazırlanan glisidil POSS modifiyeli ksilan filmi.....	42
Şekil 6. 1 : Özütlenen ksilana ait FTIR spektrumu.....	47
Şekil 6. 2 : Özütlenen ksilana ait ¹ H-NMR spektrumu.....	48
Şekil 6. 3 : GMA modifiye ksilana ait FTIR spektrumu	49
Şekil 6. 4 : GMA modifiye ksilana ait ¹ H-NMR spektrumu	50
Şekil 6. 5 : Glisidil POSS modifiye ksilana ait FTIR spektrumu	51
Şekil 6. 6 : POSS modifiye ksilana ait ¹ H-NMR spektrumu	52
Şekil 6. 7 : Serbest filmlere ait termogravimetrik analiz sonuçları	55
Şekil 6. 8 : Filmlerin termogravimetrik analiz sonuçları	56
Şekil 6. 9 : Plastikleştirici olarak gliserol kullanılarak hazırlanmış ksilan esaslı filmin a-) x500 büyütme b) x1500 büyütmedeki SEM görüntüleri	58
Şekil 6. 10 : Plastikleştirici olarak sorbitol kullanılarak hazırlanmış ksilan esaslı filmin a-) x500 büyütme b) x1500 büyütmedeki SEM görüntüleri	58
Şekil 6. 11 : a-) Plastikleştirici olarak gliserol kullanılarak hazırlanmış ksilan-POSS esaslı filmin b-) Plastikleştirici olarak sorbitol kullanılarak hazırlanmış ksilan- POSS esaslı filmin SEM görüntüleri.....	59
Şekil 6. 12 : UV ile sertleştirilerek hazırlanmış a-) GMA-Ksilan esaslı filmin b-) GMA-Ksilan-%3 M-POSS esaslı filmin c-) GMA-Ksilan-%5 M-POSS esaslı filmin SEM görüntüleri	59
Şekil 6. 13 : UV ile sertleştirilerek hazırlanmış a-) GMA-Ksilan-%3 Sol jel esaslı filmin b-)GMA-Ksilan-%5 Sol jel esaslı filmin SEM görüntüleri.....	60

YENİLENEBİLİR KAYNAKLAR KULLANILARAK AMBALAJ MALZEMESİ İÇİN KAPLAMA MALZEMESİ HAZIRLANMASI

ÖZET

Yenilenebilir bir kaynak olmayan ve giderek tükenen petrol ürünleri yerine, yenilenebilir ve doğal kaynaklardan elde edilen çevre dostu ürünlerle ilgili çalışmalar son yılların en önemli araştırma konuları arasındadır. Ülkemizde yüksek miktarlarda üretilen tarım ürünlerinin meydana getirdiği tarımsal atıklar, yüksek katma değerli çeşitli ürünlerin üretilmesinde yenilenebilir ham madde olarak kullanılabilir. Bu şekilde hem ekonomik değeri olmayan bu tür çeşitli atıklardan biyobozunur ürünler elde edilmesi, hem de bu atıkların yok edilmesinin yarattığı sıkıntının giderilmesi mümkün olacaktır.

Bilindiği gibi bitki hücre duvarı üç ana polimerden oluşmuştur; selüloz, hemiselüloz ve lignin. Selülozun kullanım alanı geniştir. Lignin için de kullanım alanı daha kolay bulunabilmektedir. Fakat heterojen bir biyopolimer olan hemiselüloz için kullanım alanı pek yoktur. Değişik polimerleri içinde bulunduran hemiselülozun başlıca bileşeni ksilan olup, bu biyopolimer tarımsal atıklarda kuru ağırlığın %20-35' ini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, tarımsal atıkların değerlendirilmesinde ksilan için kullanım alanları bulunması ekonomik açıdan önemlidir.

Söz konusu çalışmada, tarımsal bir atık olan ayçiçek sapı kullanılarak ambalaj kaplama malzemesi hazırlanacak ve özellikle gıda paketlerinde kullanılan ambalaj malzemesinin yağ, nem ve toza karşı bariyer özelliklerinin geliştirilmesi ve böylece ambalaj içindeki ürünün bozulmasının önlenmesi sağlanacaktır.

PREPARATION OF COATING MATERIALS FOR PACKAGING MATERIALS BY USING RENEWABLE RESOURCES

SUMMARY

Due to the gradually reducing unrenovable petroleum products, projects on environment friendly renewable products obtained from natural resources are the most common research subjects of last years. Agricultural waste which are created by agricultural products, produced in large amount in our country and they can be used as renewable raw material for production high added value products. So that; not only we can gain biodegradable products from economically valueless wastes, but also it will be possible to eliminate the problems of disposing of the wastes.

As it's known, the plant cell wall consists of three main polymers, cellulose, hemicellulose and lignin. Area of usage is wide for cellulose and can be found easily for lignin. However there is hardly area of use for hemicellulose that is a heterogeneous biopolymer. Hemicellulose consists of different polymers. Its main component is xylan. This polymer consists of % 20-35 of dry weight in agricultural waste. Therefore, it is economically important to find area of use for xylan in recycling process of agricultural wastes.

In the aforementioned study, coating materials for packaging materials will be prepared by using stem of sunflower and the barrier qualities of the coating material especially used for food packaging against fat, moisture and dust will be improved. Thus, the product in packaging material will be prevented from spoiling.

1. GİRİŞ

Sentetik plastikler yani petrol esaslı plastikler ucuz ve dayanıklı olmaları, pek çok farklı uygulama alanında kullanılabilmeleri ve pek çok değişik şekil verilebilmesi gibi özellikleri nedeniyle yaşantımızın her alanında yer almaktadır [1]. Bu plastiklerin kullanıldığı yere göre onlarla olan ilişkinin süresini biz belirleyebilecek olsak bile, söz konusu doğa olduğunda sentetik plastiklerle olan ilişkisinin süresi her zaman çok uzun olmaktadır [2].

Petrol esaslı plastiklerin doğada uzun süre var olması kadar önemli bir diğer konu ise, petrol kaynaklarının giderek azalmasıdır. Bu durum insanları petrolden daha doğa dostu ve aynı zamanda daha sürdürülebilir kaynakların arayışına yönlendirmektedir [3].

Son dönemin en popüler konularından olan çevre dostu biyobozunur plastikler, özellikle gıda maddelerinden ve çoğunlukla da mısırdan üretildikleri için pek de insan dostu sayılmamaktadır [4]. Son yıllarda ticari olarak mısırdan elde edilen nişasta bazlı plastik filmlerin üretiminde önemli bir artış olmaktadır. Ancak gıdasal işlevi bulunan nişastanın son derece yüksek kullanım hacmi olan plastik film gibi ürünlerin üretiminde kullanılması uzun vadede nişastanın endüstriyel işlevinin gıdasal işlevi ile rekabet içine girmesine neden olacaktır. Bu nedenle bu tür plastik filmlerin gıdasal işlevi bulunmayan tarımsal atıklardan üretilebilmesi önem taşıyan bir konudur [5].

Dünyada her yıl, tarımsal faaliyetler sonucunda yetiştirilen ürünlerin yanı sıra, çok büyük miktarlarda yan ürün ya da atık oluşmakta, genellikle bu atıkların, tarımsal alanlardan uzaklaştırılması gerekmekte ve uygun bir kullanım alanı bulunmadığı takdirde, ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Günümüzde, gıda paketlenme filmi yapımında bitkisel kökenli özellikle de tarımsal atıklardan ya da yan ürünlerinden elde edilen selüloz, nişasta, gluten gibi biyopolimerlerin kullanılabilmesi amacıyla yoğun çalışmalar yapılmaktadır [6].

Biyoküttelede yaklaşık olarak selüloz kadar var olduğu bilinen fakat selüloz kadar kullanım alanı olmayan bir diğer polimerde hemiselülozdur. Tarımsal atıkları tam veriminde değerlendirebilmek adına selülozun var olan kullanım alanlarına girmek ve ya azaltmak yerine, kullanım alanı kısıtlı olan hemiselülozu değerlendirmek için çalışmalar her geçen gün artmaktadır [7].

1.1 Tezin Amacı

Sentetik plastiklerin doğada, kullanım sürelerine oranla çok daha uzun süre varlıklarını sürdürmesi yüzünden çevresel kirliliğe neden olmaları ve petrole bağımlı olmaları, doğada mikroorganizmalar aracılığıyla yok olan biyobozunur plastıklere olan ilgiyi ve ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır [8]. Yüksek miktarda tarımsal atığın üretildiği bir ülke olarak Türkiye, bu tür ürünlerin geniş ölçekte üretilmesi için özellikle elverişli bir konumdadır. Tarımsal atıklara işe yaramayan ve bertarafı sıkıntı yaratan maddeler olarak bakmak yerine, onları doğal zenginliğimiz olarak görmemiz ve onlardan çeşitli teknolojiler yardımıyla yüksek katma değerli ürünler elde etmeye odaklanmamız gerekmektedir [2]. Bu sebeplerden dolayı çalışmanın amacı; tarımsal atıklar değerlendirilerek, kullanım alanı olmayan ve heterojen bir biyopolimer olan hemiselüloz kullanılarak, ambalajlar için kaplama malzemesi hazırlanarak toz, nem ve yağa karşı dayanımını arttırmaktır.

1.2 Literatür Araştırması

Dünyada her yıl tarımsal faaliyetler sonucunda yetiştirilen ürünlerden çok büyük hacimlerde yan ürün ya da tarımsal atık oluşmaktadır. Bu atıklar genellikle, tarımsal alanlardan uzaklaştırılmadığında veya uygun bir kullanım alanı bulunmadığı takdirde, büyük ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine neden olmaktadır [5].

Bilindiği üzere, bitki hücre duvarı üç ana polimerden oluşmaktadır. Bu polimerler; selüloz, hemiselüloz ve lignin olarak adlandırılmaktadır. Selüloz için kullanım alanları yaygın iken, yapısı gereği lignin için de kullanım alanları kolaylıkla bulunabilmektedir. Buna karşın heterojen bir biyopolimer olan hemiselüloz için kullanım alanı pek bulunmamaktadır [3].

Farklı polimerik yapıları içinde barındıran hemiselülozun en önemli bileşeni ksilandır. Bu biyopolimer tarımsal atıklarda kuru ağırlığın %20-35' ini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, tarımsal atıklar değerlendirilirken ksilan için kullanım alanları bulunması, ekonomiye katkı sağlama açısından önemli bir konudur [9].

Dünyada ve ülkemizde yüksek miktar ve farklı türlerde bir çok tarımsal ürün üretilmektedir. Bu tarımsal ürünlerin atıklarının işlenerek ekonomiye kazandırılmaması nedeniyle bertaraf edilmektedirler. Ancak, bertarafı gerek çevresel gerek ekonomik sıkıntılar yarattığı için bu konu daha da önemli hale gelmektedir [5].

Günümüzde, paketlenme ambalajı filmi yapımında geleneksel olarak kullanılan petrol türevi sentetik ve biyobozunur olmayan polimer filmler yerine, bitkisel kaynaklı özellikle de tarımsal atıklardan ya da tarımsal yan ürünlerden elde edilen selüloz, nişasta, gluten gibi biyopolimerlerin kullanılabilmesi için yoğun çalışmalar yapılmaktadır [10].

Özellikle son dönemde ticari olarak değerlendirmek üzere mısırdan elde edilen nişasta kaynaklı plastik filmlerin üretiminde önemli bir artış gözlemlenmektedir. Fakat gıdasal işlevi bulunan nişastanın çok büyük kullanım hacmi olan plastik film gibi ürünlerin üretiminde kullanılması uzun vadede nişastanın endüstriyel işlevinin gıdasal işlevi ile rekabet içine girmesine, böylelikle gıda stoklarının azalarak yerini endüstriyel hammadde stoklarına terk etmesine neden olacaktır. Bu nedenle, biyobozunur özellik taşımasının istendiği plastik filmlerin gıdasal işlevi veya yaygın olarak kullanılan bir kullanım alanı bulunmayan tarımsal atıklardan üretilebilmesi önem taşıyan bir konu haline almaktadır [11].

Son yıllarda önem kazanan biyobozunur film üretiminde nişasta, pektin, gluten, selüloz gibi bitkisel polimerler kullanılmıştır. Bu çalışmalara örnek olarak; Henglein ve ark. (1936) tarafından pektin film çalışmaları derivatize pektin ve polivalent katyonlar, kalsiyum gibi, üzerine yapılmıştır. Nişasta biyobozunur film üretiminde en çok kullanılan hammaddedir [12]. Wolff ve ark. (1951), amilozdan (dallanmış nişastadan) film üretmiş ve filmlerin kimyasal direnci, fiziksel ve mekaniksel özelliklerini incelemişlerdir. Kolay kırılmaları ve hassas olmalarına rağmen plastik filmlerin özelliklerine yakın fiziksel özelliklerde olduğu saptanmıştır (çekme dayanımı 60 Mpa) [13]. Otey ve ark. (1987), belirli miktarda nişastaya termoplastik ekleyerek yüksek esneklikte ve kolay kırılmayan filmler elde etmişlerdir [14]. Tharanathan ve ark. (2003) tarafından amilozun güçlü film oluşturmasının yanı sıra dallanmış amilopektinin filmlere zayıf mekaniksel özellikler verdiği (düşük çekme dayanımı gibi) saptanmıştır [15]. Kayserilioğlu ve ark. (2003), bir protein olan buğday gluteninden de biyobozunur film elde etmişlerdir. Bu filmler pH 11' de gliserolle karıştırılarak 20, 50 ve 80°C' deki sıcaklık değerlerinde ve %35 ile %70 bağıl nem değerlerinde film özelliklerine bakılmıştır. Bağıl nem %35 olduğunda kurutma sıcaklığı artarken çekme dayanımı yükselmiş, bağıl nem %70 olduğunda ise çekme dayanımı sıcaklık artarken düşmüştür. Varsayımlı kaplama dayanımı (HCS) artan kurutma sıcaklığında ve %35 bağıl nemde artmıştır. %70 bağıl nemde ise en yüksek HCS değeri 50°C' de gözlenmiştir. Sonuç olarak; kurutma sıcaklığının ve bağıl nemin, filmlerin mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilediği saptanmıştır [16].

Kayserilioğlu ve ark. (2003) tarafından yapılan başka bir çalışmada ksilan, biyobozunur gluten film oluşturulmasında katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Gluten/ksilan oranı, ksilan tipi, pH ve kurutma koşulları film özelliklerini değiştirmiştir [8]. Gabrielli ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada huş ağacından elde edilen ksilanın saf halinin film oluşturmadığı %10 ve üzeri kitosanın bu filmlere katkı maddesi olarak kullanılmasının devamlı, dayanıklı film oluşturduğu gözlenmiştir [7].

Kitosan biyobozunur bir madde olup, filmlere antimikrobik özellik kazandırmaktadır, çünkü kitosan katyonik bir polisakkarit olduğu için bakteri hücreesindeki negatif yüklü makro moleküllerle etkileşip, hücre membranındaki elektronegatif bölgeler için kalsiyumla yarışarak membran yapısını bozmaktadır. Böylece hücre içi materyalin dışarı sızmasına sebep olup bakterinin ölümüne sebep olmaktadır. Bu madde kabuklu deniz hayvanlarının kabuklarında, alkali ve asit solüsyonlarıyla defalarca yıkanarak ya da bazı fungus türlerinden elde edilmektedir. Kitosanın bir çok bakteri ve mantarı inhibe ettiği gösterilmiştir [17].

1.3 Genel Bilgi

Son dönemin en popüler konularından biri olan, doğada yok olabilen çevre dostu plastikler, gıda maddelerinden ve çoğunlukla da mısırdan üretildikleri için her ne kadar çevreci ürünler olsa da doğrudan gıda ürünlerini tükettiklerinden insan dostu değildir. Tarımsal atıklardan elde edilen çevre dostu plastikler ise gıda kaynaklarımızı tüketmediklerinden umut vaat eden bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır [18].

Petrol kaynaklarının azalması sorunu daha fazla dikkat kazandıkça petrol fiyatlarının daha yüksek seviyelere ulaşması, polimerik malzemelerin üretimi için yenilenebilir kaynakların kullanımına olan ilgiyi arttırmıştır [19].

Hemiselüloz, tek ve çok yıllık bitkilerin hücre duvarında selüloz ve ligninle beraber bulunur ve bunlar toplu olarak lignoselülozik maddeler olarak adlandırılmaktadır. Lignoselülozik maddeler, farklı şeker ünitelerinin farklı şekillerde birleşmesi ile oluşmuş dallı bir heteropolisakkarittirler. Selülozda 7000-15000 glukoz molekülü düz zincir şeklinde birleşmişken, hemiselülozda yaklaşık 200 farklı şeker birimi kısa zincirler şeklinde birleşmektedir [20].

Hemiselülozlar doğada toplam biyokütlenin %30-35' ini oluşturmaktadır. Ksilan, hemiselülozun başlıca bileşenidir. Ksilanın temel şeker bileşenleri D-ksiloz ve D-ksilosil birimleri, ksilan yapısına β -(1-4) bağlıdır. Ksilan ana zincirinde β -(1-4) bağlı ksiloz birimleri, kaynağına, tipine ve süstitüsyon derecesine bağlı olarak değişmektedir [21]. Ksilan eldesi ligninin varlığı ile sınırlanmaktadır. Bu nedenle, ekstraksiyondan önce delignifikasyon muamelesi de yapılabilmektedir. Ksilan doğal olarak amorf yapıdadır, fakat ayrılmasından sonra kristalize edilebilmektedir [22].

Ksilanlar, selülozdan sonra doğada en çok bulunan polisakkaritler olarak kabul edilmektedir. İyi oksijen bariyeri olduğu bilinen birçok polisakkarit (doğal polimerik karbonhidrat) bulunmaktadır. Oksijen iletiminin düşük olma nedeni, küçük serbest hacimli hidrojen bağlı ağ ile açıklanabilmektedir. Ksilan bazlı filmler ve kaplamalar, düşük oksijen ve yağ geçirgenliği ve bazı durumlarda, nispeten yüksek gerilme mukavemeti göstermektedir [23]. Ksilan bazlı filmler ve kaplamalar iyi oksijen, yağ ve koku bariyer özellikleri ile gıda kalitesini korumak için gıda ambalaj uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Ksilanın sulu çözeltilerini hazırlamak mümkün olduğu için, çözelti kaplama teknikleriyle kağıt, karton ya da plastik malzemelerin üzerinde ince bir ksilan tabaka elde etmek mümkündür [24].

Yenilenebilir kaynaklardan yeni biyo-esaslı ambalaj materyalleri ile ambalaj atıklarını azaltmak, raf ömrünü uzatmak ve gıda kalitesini geliştirmek amaçlanmaktadır.

2. AMBALAJ NEDİR?

Ambalaj, içerisinde yer alan ürünü, ürünün yapısına ve şekline göre en iyi şekilde koruyan, temiz kalmasını sağlayan, taşınmasını kolaylaştıran ve aynı zamanda ürünün tanıtımını yapan değerli bir malzemedir.

Ambalaj kullanımı, yaşamış olduğu değişimlerin ardından günümüzdeki halini almıştır. Ambalajlar ilk başlarda tahta fiçı, sandık, toprak kaplar, deri tulumlar ve çuvallardan oluşmaktadır.

Günümüzde daha uygun ve ekonomik hale gelerek çoğunlukla kağıt, karton, plastik, cam ve metal malzemelerden oluşmaktadır.

Önceleri sadece ürünü muhafaza etme ve taşıma görevini üstlenmiş olan ambalajlar günümüzde içindeki ürünü temiz bir biçimde saklayabilmenin yanında ürünü tanıtan, anlatan bir araç halini almaktadır.

Ambalaj içinde bulunan ürünü koruyup, sağlıklı bir şekilde tüketicilere gelmesini sağladığı için gerekli olan ve kullanılması gereken bir malzemedir. Gündelik yaşamımızda ambalajların kullanım alanı oldukça genişlemektedir. Yiyecekten, kozmetiğe, çiçekten mobilyaya kadar bir çok ürünü ambalajıyla satın alınmaktadır. Günümüzde çevresel duyarlılığın artmasıyla geri kazandırılabilir nitelikte ambalajlı ürünlerin tüketimi artmaktadır [25].

2.1 Ambalajın Görevleri

Ambalajdan beklenen beş işlev bulunmaktadır. Bunlar; taşıma, koruma, tanıtma, ambalajlama kolaylığı ve çevreyi korumaktır.

- Taşıma; ambalajın esas işlevi, ambalajlanan ürünün bir arada tutularak bir yerden başka bir yere naklidir. Buna depolama ve istifleme de dahildir.

- Koruma; ambalajlanmış ürünler, kullanıcının eline geçene kadar, bir kaç kez yükleme, boşaltma ve taşıma işlemlerinden geçmektedir. Koruma, bu işlemler sırasında ambalajın karşılaşılabileceği tehlikelere (nem, şok, titreşim, oksidasyon, aşırı sıcaklık değişimleri) karşı ürünün zarar görmesini engellemektir.
- Tanıtma; ambalajlanan ürünün cinsi, nerede üretildiği, miktarı, çabuk bozulabilir veya tehlikeli olup olmadığının tüketiciye bildirilmesidir.
- Ambalajlama kolaylığı; ambalaj, ürüne kullanım kolaylığı sağlamalı ve amaca uygun olmalıdır. Örneğin, ürünler ambalaj sayesinde daha kolay yüklenmekte, boşaltılmakta ve taşınmaktadır. Bu yolla, işçilik maliyetinden tasarruf sağlanmaktadır. Ayrıca, ambalajlı ürünlerin pazarlanması çok daha kolaydır.
- Çevreyi koruma; ambalajın kendisinin ve ambalajlanan ürünün, dağıtım zinciri boyunca, çevreyi kirletmeden tüketiciye ulaşmasını sağlamaktadır [26].

Türkiye’ de ambalaj ve onunla ilgili sektörlerde;

- Ürünü fiziksel ve kimyasal niteliklerine göre ambalajlamanın,
- Ambalajın bilgilendirme görevlerine uygun olarak yapısal ve görsel imajlarla ve değişik renklerde ve albeniyi ön plana çıkaracak şekilde donatımının,
- Ve nihayet onu lojistik koşullara uygun olarak boyutlandırmanın ürünü pahalılaştırmayacağı, tersine değerini koruyacağı, hatta arttıracığı ve dağıtım masraflarını azaltacağı artık kesin olarak bilinmektedir.

Bu anlayışa bağlı olarak dünyanın her tarafında olduğu gibi Türkiye’ de de ambalaj sanayi, insan ve toplum yaşamındaki rolünü yerine getirmeye çaba göstermektedir. Ayrıca ambalaj atığının azaltılması konusunda tüketici desteğini sağlayan, geri dönüşümü kolaylaştıran işbirliği düzenlemeleri yapılmaktadır. Türkiye, Avrupa Birliğine aday ülkeler arasında ambalaj ve geri dönüşüm konusunda daha AB tarafından herhangi bir koşul ileri sürülmeden zorunlu uygulamaları başlatmış bulunmaktadır [27].

Genel olarak, ambalaj malzemeleri kağıt, karton, plastik, cam, metal ve ahşap ağırlıklı olmak üzere beş ana gruba ayrılmaktadır. Ancak içindeki ürüne fiziksel ve kimyasal açıdan uygun yapılarda düzenleme yapılması zorunluluğu, ana malzemelerin yeni teknolojilerle işlenerek farklı kullanımlarını ortaya çıkarmakta, malzemelerde koruyuculuk ve raf ömrü açısından esneklik sağlamaktadır. Ana malzemeler doğrudan kullanıldığı gibi kendi aralarında ya da birbirleri ile bağlanmak, bir ya da iki yüzeyine kaplama yapılmak suretiyle esnek ambalaj malzemesi olarak kullanıma sunulmaktadır [28].

2.2 Ambalaj Çeşitleri

2.2.1 Kağıt Ambalajlar

Kağıt ambalajlar genel olarak odun, yıllık bitki ve atık kağıt gibi hammaddelelerden kimyasal, yarı kimyasal ve mekaniksel yollarla elde edilen hamurların (elyaf karışımı) dövme, kesme, saçaklandırma ve temizleme gibi işlemlere tabi tutularak dolgu ve şartlandırma maddeleri ilave edilerek elek üzerinde safiha oluşturulması, kurutulması ve uygun ebatta kesilmesi işlemleri sonucunda üretilmektedir.

Hafifliği, esnekliği ve çevre dostu olması gibi avantajları bulunan ve çeşitli maddelerle işlenerek değişik versiyonlarda üretilebilen kağıt ambalajlar, içindeki muhteviyatı göstermemesi gibi bir dezavantajı bulunmasına rağmen, çok fazla sektörde (özellikle gıda, tekstil ve hazır giyim, temizlik maddeleri, cam ve seramik, ilaç ve kozmetik vb.) ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Kullanılacağı sektöre göre çok farklı dayanıklılık ve görünüşte olabilen bu ambalajlar, temel olarak sargılık kağıtlar, kraft torba kağıdı ve sigara kağıdı gibi üç temel başlıkta toplanmaktadır.

Kağıt ambalaj türlerinden olan sargılık kağıtlarda %100 atık kağıt veya %100 selüloz kullanımı gibi hammadde bileşimi değişebilirken, kraft torba kağıdı üretiminde odunda elde edilen %100 selüloz, sigara ve ince özel kağıtlarda ise %50 sülfat ve okaliptüs selülozu ile %50 kendir-keten selülozu kullanılmaktadır.

Pratik olarak her cins sargılama kağıdı, çeşitli işlemlere tabi tutularak, koruyucu özellikleri, makinede işlenebilmesi ve baskı uygulanabilme özelliği geliştirilebilir. Bu tip işlemlere vakslama (mumlama), çeşitli plastiklerle kaplama, bazı kimyasal maddelerin emdirilmesi, plastik filmlerle ya da alüminyum folyo ile laminasyon ve laklama gibi işlemler de dahildir.

Kağıt torbalar en ekonomik ambalajlardır. Bu torbalar şeker, un, patates gibi çeşitli toz ve katı, çimento gibi endüstriyel ürünlerin paketlenmesinde kullanılır. Torba üretiminde kraft kağıdı, yağlı ve glasin, sülfite kağıtları kullanılmaktadır. Çeşitli boyutlarda üretilen kağıt torbalar, körüklü (hacimli ürünler için) ve saplı, gül dipli (el çantası şeklinde), SOS denilen kağıt torba şeklinde (kraft kağıttan tek ya da çok katlı) de üretilmektedir [29].

2.2.2 Karton Ambalajlar

Doğal, yenilenebilir, dayanıklı bir madde olan selüloz bazlı karton ambalajlar, başlangıçta odundan elde edilen yeni liflerle ya da geri dönüşümden elde edilen liflerle üretilmekte olup, gerek çevre koşullarına gerekse taleplere istenildiği gibi cevap verebilen ambalaj malzemeleridir. En önemli avantajları; parlak ve düzgün bir yüzeye sahip olması, diğer ambalaj türlerine göre daha ucuz olması, çeşitli biçim ve boyutta üretilmesi, hafifliği, boş olarak taşınmada istifleme kolaylığı ve sunumda farklı olanaklar sunabilmesidir.

Çok katlı olması nedeniyle değişik kaliteleredeki kağıt hamurlarında elde edilen safihaların makineler içerisinde birleştirilmesiyle elde edilen kartonlar, kullanılan hammaddeye göre gri karton, krome karton, Bristol ve kuşe karton ile kaplık karton denilen çeşitlerde üretilmektedir. Değişik ağırlık ve kalınlıklarda üretilen kartonlar, kesme, yapıştırma, şekil verme, farklı malzemelerle kaplama işlemlerinden geçirilerek çok fazla sektöre ambalaj malzemesi üretiminde kullanılabilir.

Karton üretimindeki teknolojik gelişmeler, karton kutu üreticisine çok büyük olanaklar sunmaktadır. Neme karşı dirençli, kolay katlanabilir, gıdaya uygun, ağartıcı kullanmadan üretilmiş, PE, PP ya da PET film lamine edilmiş hazır kartonlar bulunmaktadır. Böylece, karton kutuların kullanım alanları genişleyebilmekte, tercih nedenleri artmaktadır [30].

2.2.3 Oluklu Mukavva Ambalajlar

Oluklu mukavva, mal ve eşyaların korunması ve paketlenmesi ihtiyacı nedeni ile yeni bir kağıt kullanımı olarak ortaya çıkmıştır. Bugüne kadar değişimlere uğramış olmasına rağmen, oluklu mukavva hammaddesi açısından eski örneklerinden çok farklı değildir. Hammaddesi olan kağıdın yeniden üretilebilen, yeniden kullanılabilen ve geri dönüştürülebilen bir madde olması dolayısıyla çevre uyumu en yüksek olan ambalaj türü diye tanımlanabilir.

En fazla yaş meyve ve sebze ile işlenmiş gıda ambalajında kullanılan oluklu mukavva ambalaj, başta içecek, kimya ,tekstil, beyaz eşya, kahverengi eşya, tütün mamulleri ve inşaat sektörleri olmak üzere yaklaşık 25 sektörün ambalaj ihtiyacını karşılamaktadır. Kullanılan tarımsal ve sınai ürünlerin maliyetleri üzerinde dikkatler yoğunlaştığı ölçüde, oluklu mukavva kullanımının da artması beklenmektedir. Çünkü oluklu mukavva ambalaj bir maliyet unsuru değil, maliyet düşürme aracı olarak görülmektedir. Büyük emeklerle ortaya çıkan ürünün değerini kaybetmemesi ve hatta yok olmaması; iyi tasarlanmış, iyi üretilmiş ve kullanılmış bir ambalajla mümkün olmaktadır.

Dağıtım harcamalarını azaltarak, üretim ile tüketim noktası arasındaki yolda, paketlediği ürün veya ürünleri en iyi biçimde bir arada tutma, koruma, taşıma, tanıma görevini üstlenen oluklu mukavva ambalajların kullanıldığı alanlar, her geçen gün artmaktadır. Sıvı, katı, taneli, yumuşak, sert, dayanıklı veya hassas tüm ürünler, oluklu mukavva ile güvenli olarak ambalajlanabilmektedir. Her oluklu mukavva kutu, paketlediği ürün özelliklerine uygun olarak tasarlanmakta; dolum koşullarına, palete, istife, depolama ve nakliyeye uygunluğu göz önüne alınarak üretilmektedir.

Oluklu mukavvaların özellikleri, cinslerine, üretimlerinde kullanılan kağıtlara ve yardımcı malzemeye bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan hammadde ve üretim yöntemleri, kağıtlara birbirinden farklı özellikler kazandırmakta ve bu özelliklerin amaca uygun olarak seçilmesi başarılı ambalaj üretimi için çok büyük önem taşımaktadır.

Oluklu mukavva üretiminde kullanılan kağıtlar; odundan, saman ve benzeri bitkilerden, atık kağıttan elde edilen, cinsine göre farklı oranlarda kullanılan elyaf, su, katkı maddeleri ve kağıt yapım yöntemleri kullanılarak üretilmektedir. Kağıdın mekanik özelliklerini iyileştirmek, neme, yağa direncini arttırmak, yüzey düzgünlüğünü sağlamak, renklendirmek amacı ile de nişasta ve renklendirici maddeler kullanılmaktadır. Oluklu mukavva kağıtları; iç, dış yüzler ve ara katlarda kullanılan Liner; ondülede kullanılan Fluting kağıtlar olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Kraft Liner; Test Liner; isimlerinden de anlaşılacağı gibi liner, Nssc, Saman Fluting ise fluting kağıtlardır. Schrenz veya Geri Kazanılmış Kağıt (Recycled) olarak adlandırılan ve üretilen kağıtlar ise cinslerine göre liner veya fluting olarak kullanılabilirlerdir.

Oluklu mukavva kutular üretim şekline göre; yarıklı tip oluklu mukavva kutular, geçmeli tip oluklu mukavva kutular, katlamalı tip oluklu mukavva kutular, sürgülü tip oluklu mukavva kutular, bükülmez tip oluklu mukavva kutular ve hazır yapılandırılmış oluklu mukavva kutular olmak üzere altı gruba ayrılmaktadır [31].

2.2.4 Metal Ambalajlar

Ambalaj endüstrisinde en yoğun olarak kullanılan metaller teneke ve alüminyumdur. Teneke, kalay ile kaplanmış yumuşak sacdan bir levhadır. Teneke kutunun en yaygın kullanım alanı gıda sanayinde konserveciliktir. Son yıllarda hediyelik eşyanın pazarlanmasında da teneke kutular yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca, fantezi teneke kutular mutfak aksesuarı, çay, şekerleme, kurabiye kutuları olarak yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Alüminyum ambalaj malzemelerinin bir ambalaj maddesi olarak kullanımı da son yıllarda hızla artmaktadır. Hafif, pasla mukavim, kalay ve boya gerektirmeyen, ısıtmaya elverişli ve işi bitince atılan bu kaplar hazır yemekler için idealdir. Alüminyum, sıkılabilir metal tüplerin imalatında da önemli bir yer tutmaktadır.

Türkiye’deki çeşitli gıdalar, kişisel bakım ürünleri, boyalar, endüstriyel ürünler, veteriner ürünleri, değişik formlarda işlenmiş alüminyum ve teneke gibi metal ambalajlarda pazarlanmaktadır. 1996 yılında 100.000 ton olan metal ambalaj üretimi, 2003 yılında 360.000 tona yükselmiş bulunmaktadır. İleriye yönelik olarak, 2000 yılında 3 kg olan kişi başına metal ambalaj tüketim oranında sonraki beş yılda herhangi bir artış olmayacağı tahmin edilmektedir [32].

2.2.5 Ahşap Ambalajlar

Ahşap kutu, kafes sandıklar, işletme içi istifleme ve lojistikte kullanılan standart ya da standart dışı paletler, monte ya da demonte edilebilen nakliye sandıkları ile konteynerlerden oluşan ahşap ambalajın malzemesi odundur. Sağlamlık ve dayanıklılık açısından ahşap ambalaj, nem miktarı %20' yi geçmeyen keresteden üretilmektedir.

Oluklu mukavva ve plastik ambalajlar gibi ikame malların ahşaba oranla hafif oluşu nakliye masraflarında tasarruf sağlamakta ve ahşap ambalaj talebi nisbi olarak azalmakla birlikte, ahşap ambalaj özellikle iç piyasada defalarca kullanılabilmesi ve ucuz olması sebebiyle özellikle gıda sanayinde daha çok taşıma amacıyla kullanılmaktadır. Uluslararası kara, deniz ve havayolu taşımacılığında ise ISO ve Euro standartlarına uygun palet, sandık ve konteynerler kullanılması zorunludur.

Kesin olarak tespit edilememekle birlikte (sektörde çok sayıda küçük firmanın faaliyet göstermesi sebebiyle), Türkiye' de 450.000 ton/yıl ahşap ambalaj üretim kapasitesinin bulunduğu, sektörün kapasite kullanım oranının ise yaklaşık %85 olduğu tahmin edilmektedir. 2000 yılı itibarıyla Türkiye' de kişi başına ahşap ambalaj tüketimi 6,5 kg/yıldır [27].

2.2.6 Cam Ambalajlar

Cam ambalaj, bilinen en eski ambalaj türlerinden birisidir. Cam, silisli kumun çeşitli katkı maddeleri eklenerek belirli sıcaklıklarda eritilmesinden oluşmaktadır. Geri dönüşümün önem kazandığı günümüzde, cam ambalaj özellikle gıda sektöründe önemi artan bir üründür. Diğer maddelerle karışmaması, içinin görülebilmesi, katılığı, tekrar temizlenip kullanılabilmesi nedeniyle diğer ambalaj ürünleriyle ikame edilememektedir. Cam ambalajlarda bozulabilecek maddeler taşınmaktadır. İleri teknolojiler kullanılarak, cam ambalajın ağırlığının azaltılması, iç hacminin genişletilmesi ve renklendirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

Cam ambalajda, Türkiye dünya pazarlarındaki rekabetini sürdürmektedir. Son yıllarda tarımsal ürünlerde işleme oranının düşüklüğü nedeni ile beklendiği şekilde hızlı büyüme gerçekleşmemiş bulunmakla birlikte, malzemenin yapısına özgü avantajları ile cam ambalaj gıda ve içecek sektöründe ilgi görmeye devam etmektedir. Genel olarak üretim tekel boyutunda bir üretim grubunca sürdürülmektedir. 550.000 ton üretim kapasitesine sahip olan cam ambalaj sektöründe, 2000 yılında 419.000 ton olarak gerçekleşen üretim miktarı, 2003 yılında 539.000 tona yükseltilmiştir. 2000 yılı itibarıyla Türkiye’ de kişi başına cam ambalaj tüketiminin 4 kg/yıl olduğu tespit edilmiştir [32].

2.2.7 Plastik Ambalajlar

Petrol ve petrol türevlerinden elde edilen plastik ambalaj, özellikle gıda sektöründe en büyük gelişme potansiyeline sahip ürün olarak değerlendirilmektedir. Hafif olması, istenilen şeklin kolayca verilmesi, renk ve baskı konusunda elverişli olması ve ucuz olması nedeniyle ambalajlamada tercih edilen bir maddedir.

Plastik ambalajların değişik türleri bulunmaktadır. Bu türlerin en başında gelenler, PET (Polietilentetraftalat), PVC (Polivinilklorür), PS (Polistren) ve PE (Polietilen)’ dir. Bu isimler, ambalajların kimyasal yapılarını göstermektedir.

Türkiye’ de plastik ambalaj sektörünün 800.000 tonluk bir kapasiteye sahip olduğu ve bu miktarın her geçen gün artış gösterdiği bilinmektedir. 2003 yılı itibarıyla plastik ambalaj üretimi 673.975 ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde doğrudan veya dolaylı olarak kişi başına 14-15 kg olan plastik ambalaj tüketiminin, önümüzdeki beş yıl içinde 30 kg’ a ulaşması beklenmektedir. Bu rakam Avrupa’ da 80 kg, Amerika’ da ise 150 kg dolaylarındadır.

Türkiye’ de ambalaj sektöründe üretim giderek artmaktadır. 2000 yılında 2.701.000 ton olan ambalaj üretimi, 2002 yılında 2.882.800 tona, 2003 yılında ise 3.126.960 tona yükselmiştir. Toplam ambalaj üretiminin parasal büyüklüğü ise 2000 yılında 2,5 milyar dolar iken, 2003 yılında 3,3 milyar dolara yükselmiştir.

Bütün ambalaj malzemeleri dikkate alındığında toplam 4.143.820 ton üretim kapasitesinin bulunduğu ambalaj sektöründe, 2003 yılı itibarıyla kapasite kullanım oranı ortalama %76,8 olarak gerçekleşmiştir. Ambalaj sektörünün toplam üretim kapasitesi içinde en büyük pay %34,9 pay ile oluklu mukavva ambalaj sektörüne aittir.

Ambalaj, tüketim ve satın alma gücüyle doğrudan ilgili bir üründür. Milli geliri kişi başına 20.000 doların üzerinde olan ülkelerde, ambalaj tüketimi de kişi başına 250 doların üzerindedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise tüketim oldukça düşüktür. Türkiye’ de bütün ambalaj türlerinde kişi başına tüketim 40 dolar civarındadır.

Türkiye’ de gıda ve gıda dışı tüketim malları sektöründe kullanılan ambalaj malzemelerinin %37,4’ ünü esnek ambalaj folyoları, kağıt ve karton ambalajlar ile oluklu mukavva ambalajlar, %21,5’ ini plastik, %11,5’ ini metal, %17,2’ sini cam ve %12,3’ ünü de ahşap ambalajlar oluşturmaktadır. 2000 yılı itibarıyla Batı Avrupa ülkelerinde toplam ambalaj malzemesi tüketiminin %37,4’ ü plastik, %35,5’ i kağıt ve karton, %15,2’ si metal, %7,2’ si cam, %4,7’ si ise ahşap ambalaja aitken, bu oranlar ABD’ de sırasıyla %18, %38, %30, %11 ve %3’ tür [32].

3. AMBALAJ ATIKLARI

Ambalaj, görevini tamamladığında ortaya ambalaj atığı çıkmaktadır. Nakliyede kolaylık sağlamak için kullanılan ambalajlar, ürün satış noktasına gelip ambalajdan çıkartıldığı zaman görevini tamamlamaktadır. Bu görevini tamamlamış olan ambalajlar ambalaj atığı sayılmaktadır. Bunlara örnek olarak koliler verilebilir. Benzer bir şekilde alınan ürün tüketildikten sonra da ambalaj görevini tamamlamaktadır. Kısaca ambalaj atığı kullanım ömrü dolmuş tekrar kullanılabilir ambalajlar da dahil satış, dış ve nakliye atığını ifade etmektedir.

Gündelik hayatta kullanılan ürünlerin boş ambalajlarının oluşturulduğu ambalaj atıkları, evsel atıklara örnektir. Tüketiciler ve marketler gibi satış noktaları, alışveriş merkezleri vb. ambalaj atığı oluşturdukları için ambalaj atığı üreticisi sayılmaktadır.

Bu atıkları, gıda, temizlik ürünleri ambalajları, süt ve meyve suyu kutuları, cam veya plastik şişeler, konserve, salça, bal veya reçellerin cam kavanozları, teneke ve metal konserve kutuları, alüminyum içecek kutuları vb. olarak örneklendirilebilir. Ambalaj atıklarını geri kazanmak için, çöplerden ayrı biriktirmemiz ve geri dönüşüm kumbaralarına atmamız yeterlidir [33].

3.1 Ambalaj Atıklarının Yönetiminde Genel İlkeler

Ambalaj atıklarının yönetimine ait yönetmelikteki temel ilkeler aşağıda belirtilmiştir:

- Doğal kaynakların korunması, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda üretimin sağlanması ve depolanacak atık miktarının azaltılması amacıyla ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, üretimin kaçınılmaz olduğu durumlarda ise öncelikle tekrar kullanılması, geri dönüştürülmesi, geri kazanılması ve enerji kaynağı olarak kullanılması esastır.

- Tek yönlü ambalaj kullanımının ve bunların atıklarının kontrol altına alınabilmesi amacıyla, öncelikle tekrar kullanıma uygun ambalajların tercih edilmesi esastır.
- Ambalaj atıklarının çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama verilmesi ve düzenli depolama sahalarında depolanarak bertarafı yasaktır.
- Ambalaj atıklarının yönetiminden sorumlu kişi veya kişiler ile kurum/kuruluşlar, bu atıkların çevre ve insan sağlığına zararlı olabilecek etkilerinin azaltılması için gerekli tedbirleri almakla yükümlüdür.
- Ambalaj atığı üreticileri, ambalaj atıklarını, bağlı buldukları belediyenin ambalaj atıkları yönetim planına uygun olarak, diğer atıklardan ayrı biriktirmek ve belediyenin toplama sistemine bedelsiz vermekle yükümlüdür. Ancak, organize sanayi bölgeleri yönetimleri, organize sanayi bölgeleri bünyesinde yer alan sanayi işletmeleri ve diğer sanayi işletmeleri, satış noktaları ve alışveriş merkezleri, belediyenin yönetim sistemi dışında kalan sivil hava ulaşımına açık hava alanları ile bu hava alanları bünyesinde yer alan tüm tesisler, belediye mücavir alan sınırları dışında kalan ambalaj atığı üreticileri 23. Maddede belirtilen şartları sağlamaları durumunda, oluşan ambalaj atıklarını çevre lisanslı/geçici faaliyet belgeli toplama ayırma tesisine veya belediyenin toplama sistemine bedelsiz şartı aranmaksızın verebilirler.
- Sağlıklı bir geri kazanım sisteminin oluşturulması için ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması esastır. Ambalaj atıklarının bu yönetmelikte tanımlanan toplama sistemi dışında bir yöntemle toplanması ve ayrılması yasaktır.
- Piyasaya sürenler, ambalajlı olarak piyasaya sürülen ürünlerin kullanımı sonucu ortaya çıkan ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanmasını, ayrılmasını, geri dönüşümünü ve geri kazanımını sağlamak ve bu amaçla yapılacak harcamaları karşılamakla yükümlüdür.
- Ambalaj atıklarının yönetiminden kaynaklanan her türlü çevresel zararın giderilmesi amacıyla yapılan harcamaların, bu atıkların yönetiminden sorumlu olan gerçek ve/veya tüzel kişiler tarafından karşılanması esastır.

- Ambalaj atıklarının toplanması, ayrılması, geri dönüşümü ve geri kazanımı amacıyla faaliyet gösteren veya göstermek isteyen gerçek ve/veya tüzel kişiler çevre lisansı almak zorundadırlar.
- Maddesel geri dönüşümü ekonomik olmayan ambalaj atıkları, enerji geri kazanımı amacıyla işlenebilir.
- Piyasaya sürenler bu yönetmelikte tanımlanan yükümlülüklerinin yerine getirilmesi amacıyla kar maksadı taşımayan tüzel kişiliği haiz bir yapı oluşturabilir. Tüzel kişiliği haiz bu tür oluşumlar, piyasaya sürenlerin yükümlülüklerini yerine getirebilmek için Bakanlıktan yetki almak zorundadır.
- Tek yönlü ambalajların kullanım sonrasında geri kazanım sürecine dahil edilmesi esastır.
- Ambalajın, ambalaj atığının ve içerdiği maddelerin miktarının ve çevreye verdiği zararın, ambalajın tasarımından başlayarak, üretimi, pazarlanması, dağıtımı, kullanılması, atık haline gelmesi ve bertaraf edilmesine kadar, temiz ürün ve teknolojiler geliştirilerek azaltılmasına yönelik önleme faaliyeti yapmak esastır. Bu maksatla üretilecek ambalajların yapısındaki ağır metal muhtevalarının, ambalajın birim ağırlığının, ambalajın fonksiyonunu bozmayacak gerekli sağlık, temizlik ve güvenlik düzeyini olumsuz etkilemeyecek şekilde en aza indirilmesi esastır.
- Geçici faaliyet belgeli ve/veya çevre lisanslı tesislerin, kişi ve/veya kuruluşlar tarafından bu yönetmelikte tanımlanan sistem dışında toplanmış olan ambalaj atıklarını tesislerine almaları yasaktır.
- Ambalaj atıklarının geçici faaliyet belgeli ve/veya çevre lisanslı işletmelere verilmesi esastır. Ambalaj atıklarının bunların dışındaki kişi ve/veya kuruluşlar tarafından toplanması yasaktır [34].

4. AMBALAJ MALZEMELERİNDE BİYOPOLİMERLERİN UYGULAMALARI

Gıda ambalajları, gıda teknolojisi alanında önemli bir disipline sahiptir. Besinler ve onların hammaddelerinin her türlü saklanması ve korunması bununla ilgilidir [15]. Paketleme için gerekli özellikler, paketin içindekinin korunacağı çevrenin yanı sıra ambalaj malzemesinin hangi maddeden olduğuna da bağlıdır. Ambalaj filmlerinin fiziksel özellikleri büyük ölçüde kimyasal yapısı, molekül ağırlığı, kristallik ve kullanılan polimerlerin işleme koşulları tarafından etkilenir [35].

Ambalajlamada kullanılan malzemelerin çeşitleri vardır. En yaygın olarak kullanılanlar ve bunların monomerik birimleri Tablo 4.1’ de verilmiştir.

Tablo 4. 1 : Genel olarak kullanılan ambalaj filmleri (Tharanathan, 2003).

FİLM TİPİ	MONOMER BİRİMİ
POLİETİLEN	ETİLEN
POLİVİNİLİDEN	VİNİLİDİN
POLYESTER	ETİLENGLİKOL+TEREFTALİK ASİT
POLİAMİD	DİAMİN + ÇEŞİTLİ ASİTLER
SELOFAN	GLİKOZ

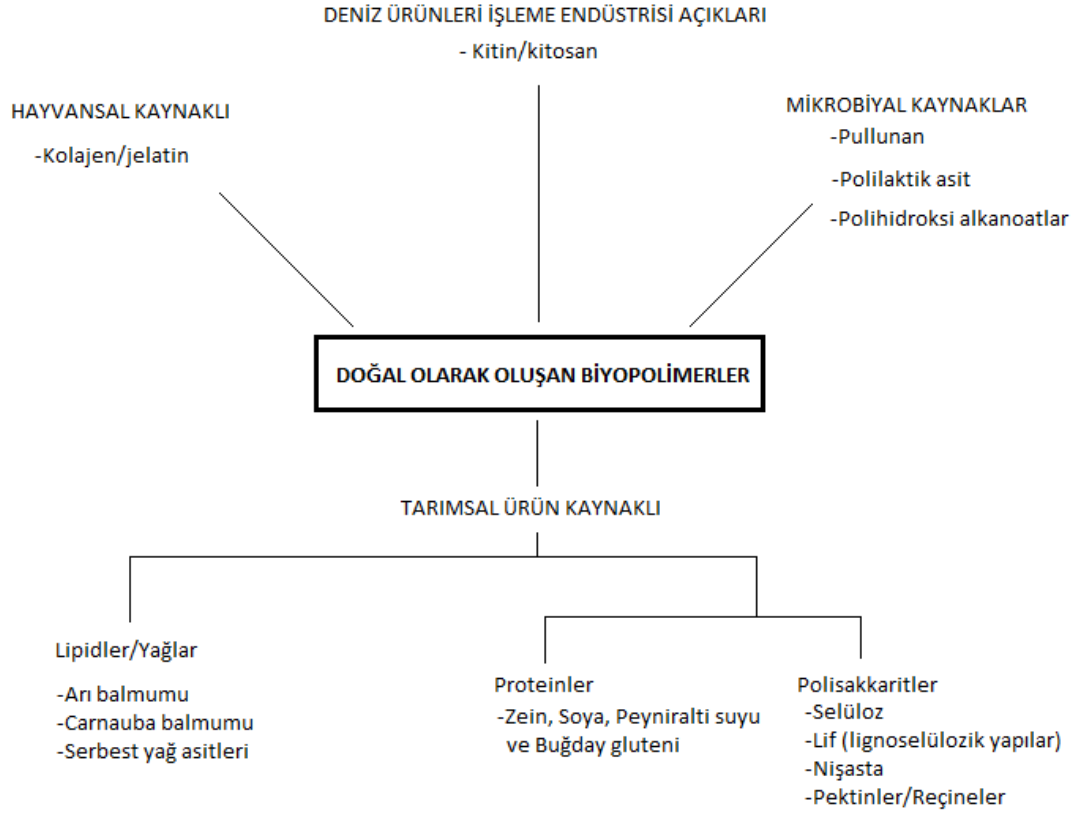
Poliolefin, polyester ve poliamid gibi petrokimya bazlı plastikler en çok tercih edilen ambalaj malzemesi olarak kullanılmaktadır. Çünkü; iyi mekanik özellik gibi olumlu yönlerin yanı sıra, düşük maliyette büyük miktarlarda kullanılabilirler. Ancak, bu petrokimya bazlı plastiklerin çok düşük su buharı transfer hızları vardır ve en önemlisi tamamen biyolojik olmadıkları için ekolojik sorunlara yol açmaktadırlar. Bu nedenle, bu plastiklerin kullanımı kısıtlı olmalı ve atık bertarafı ile ilgili sorunları aşmak için yavaş yavaş kullanımları terk edilmelidir [36]. Sonuç olarak, biyobozunur ambalaj malzemeleri için bir değişim söz konusudur [15].

4.1 Biyobozunma Ve Biyobozunur Polimerler

Polimer bozulması biyodegradasyon, fotodegradasyon veya kimyasal bozulmadan meydana gelmektedir [37]. Biyodegradasyon çevredeki organik kimyasallar tarafından basit bileşiklere ve minerallere dönüştürülen doğal bir süreçtir. Karbon ve azot döngüsü gibi elementel döngüler yoluyla dağıtılmaktadır. Biyodegradasyon bakteri, maya ve mantarlar gibi mikroorganizmaların biyolojik bozulma sürecinde merkezi bir rol oynamakta ve sadece biyosfer içinde oluşmaktadır [35]. Degradasyon prosesinin son ürünü aerobik koşullar altında karbondioksit, su ve biyokütledir; anaerobik koşullar altında ise hidrokarbon, metan ve biyokütledir [38].

Biyobozunur malzemelerin bir grubu doğal biyobozunur polimerler veya biyopolimerlerdir. Bu polimerlerin tümü organizmaların büyüme döngüleri sırasında doğada oluşmaktadır. Sentezleri genellikle hücre içinde oluşan karmaşık metabolik süreçlerdir ve aktif monomerlerin enzim-katalizli, zincir polimerleşme reaksiyonlarını içermektedir [35].

Ambalaj malzemelerinde biyolojik polimerlerin kullanımı çiftçiler ve tarım işletmecilerine potansiyel ekonomik yararlar açmaktadır [15]. Ambalajlamada kullanılan doğal olarak oluşan biyopolimerler için sınıflandırma Şekil 4.1' de verilmektedir.



Şekil 4. 1 : Doğal olarak oluşan biyopolimerler için sınıflandırma.

Gıda ambalajları için biyopolimerlerin uygulamaları Peterson ve ark . tarafından incelenmiştir [37]. Taze mantarlar gluten filmler ile kaplı cam kavanozlarda yaklaşık 6 gün boyunca 10°C’ de saklanabilmiştir. %2-3 karbondioksit ve %2-3 oksijen içeren modifiye atmosfer geliştirilmiştir [39]. Marul, lahana, brokoli ve domates gibi taze ürünler kitosan-selüloz ve polikaprolakton ile paketlenmiştir ve 4-6 gün 10-25°C’ de muhafaza edilmiştir. Bu biyobozunur kaplamanın inert sıcaklık aralığında geliştirilen modifiye atmosfer ile paketlemede ambalaj malzemesi olarak kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir [40]. Ekmek, brokoli ve kıyma gibi gıda ürünlerinde ambalaj malzemelerinin nişasta içeren polietilen türü önerilen depolama dönemleri için uygun sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Filmin saklanan gıdaların korunmasında etkili olduğu tespit edilmiştir [41].

Kim ve Pometto III mısır nişastası, okside polietilen ve pro-oksidan içeren nişasta-polietilen film ile kıymanın ambalajlanması üzerinde çalışmıştır. Bu çalışma, elde edilen filmlerin kıyma için birincil gıda kapları gibi potansiyel kullanımı olduğuna karar verilmesini sağlamıştır [43].

4.2 Hemiselülozlar

Bitki hücre duvarları, doğada temel polisakkarit içeren yenilenebilir kaynaklar olduğu bilinen selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi üç ana polimerik bileşenden oluşmaktadır [43]. Hemiselülozlar düşük molekül ağırlıklı heteroglikanlardır ve glukolar, mannanlar, arabinanlar ve ksilanlar içermektedir. Bunlar sulu alkali veya daha az sıklıkla su ile ekstraksiyonla dokudan çıkarılabilmektedir. Sadece bir hemiselüloz, arabinogalaktan, makul bir verimle doğrudan doğruya su ile tamamen odunlaşmış odundan elde edilebilir [43, 44].

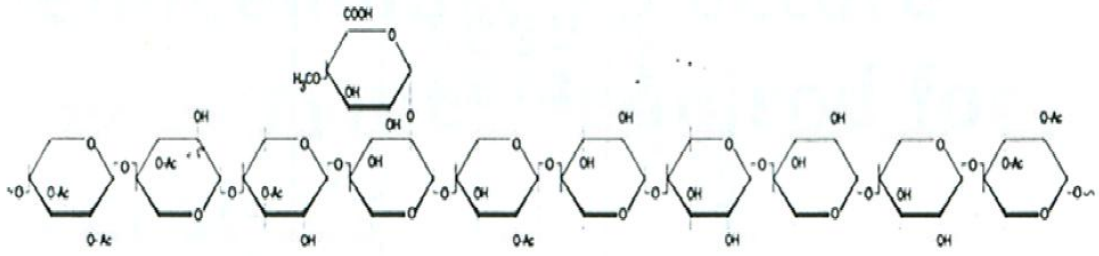
Hemiselüloz, selülozdan farklı bir yolla sentezlenir ve selülozun aksine birçok hemiselüloz dallanmış ve farklı şekerler ve diğer süstituentlerin karışımından oluşmaktadır [7]. Odunsu bitkilerin hemiselülozları nispeten küçük şeker kalıntılarından yapılmış gibi görünmektedir, bunların en yaygın olanları; D-ksiloz, D-mannoz, L-arabinoz, 4-O-metilglukuronik asit, D-galakturnik asit ve glukuronik asittir. Otlar ve tahıllardan olanların şeker kalıntılarının çeşitliliği daha azdır, en yaygın olanları; D-ksiloz, L-arabinoz, D-glikoz ve D-galaktozdur. Ancak, bağların çeşitliliği ve otsu hemiselülozların dallanma tipleri daha fazladır [44].

4.3 Ksilanlar

Ksilanlar en yaygın hemiselülozlardır ve doğada selülozdan sonra en bol bulunan polisakkarit olarak kabul edilmektedir [43, 20]. Ksilanların yer yüzünde mevcut tüm yenilenebilir biyokütlenin üçte biri olarak hesaplanabildiği tahmin edilmektedir [7].

Ksilanın temel şeker bileşeni D-ksilozdur ve bu D-ksilosil grupları ksilan yapı içinde β -(1-4) bağlıdır. Ksilanın yapısı tekdüze değildir. Kaynağına bağlı olarak, bu doğrusal β -(1-4)-poliksiloz ana zincir esas olarak, asetil arabinosil ve glukuronosil kalıntıları ile süstitüe edilmiş oldukça dallanmış heteropolisakkaritler arasında değişmektedir [43, 9].

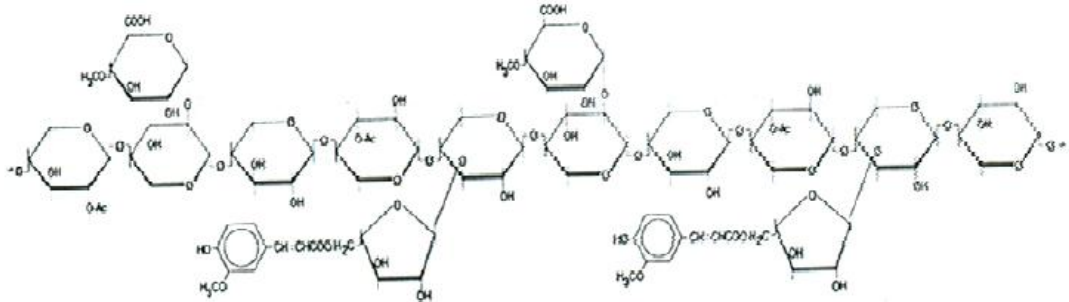
Odunsu ksilanın ilkesi, O-asetil-4-O-metilglukuronoksilan, 1,4-glikosidik bağın ana zincirinin β -ksilopiranoz kalıntılarının bağlı olduğu Şekil 4.2' de görülmektedir.



Şekil 4. 2 : Odunsu ksilan zincirinin yapısı.

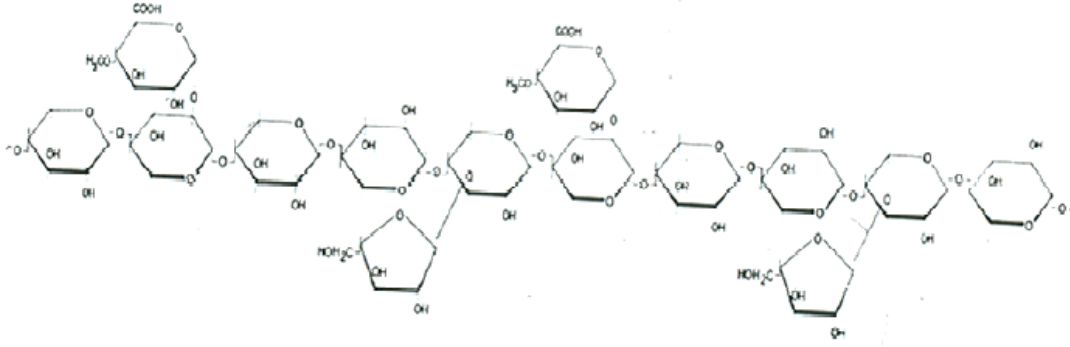
Hemen hemen her onuncu ksiloz birimi, ksilozun 2- konumunda doğrudan bağlı 4-O-metilglukoronik asit içeren tek bir uç yan zincir taşımaktadır. Ksiloz kalıntılarının on üzerinden yedisi C-2 ve C-3 konumunda bir O-asetil grubu içermektedir. Buna ek olarak, ramnoz ve galaktronik asidin az miktarlarını içeren odunsu ksilanları, ksilan ana zincirine entegre olabilmektedir. Odunsu ksilanın polimerizasyon derecesi 150-200' dür [45, 44].

Şekil 4.3' te temsil edilen otların ksilan yapısı tek bir türün içindeki türler ve dokuya bağlı olarak değişmektedir. Bu ksilanlar ve arabinoksilanlar, odun ksilanları olarak aynı ana zincire sahiptir. Ancak, üronik asidin daha küçük miktarlarını içerir ve daha fazla dallanmıştır. Buna ek olarak, L-arabinofuranosil birimlerinin büyük miktarlarını içerir ve muhtemelen başlıca ksilozun C-2 pozisyonuna bağlıdır [44].



Şekil 4. 3 : Otsu ksilan zincirinin yapısı.

Yumuşak odun ksilanları, arabino-4-O-metilglukuronoksilanların yapısı Şekil 4.4' te gösterilmektedir. β -(1-4) bağlı D-ksilopiranoz kalıntılarının ana zincirini içermektedir. Sert ağaçlarda bulunan asetil-sübstitüentlerin yerine, direkt olarak ksilozun C-3' e bağlı α -L-arabinofuranoz kalıntıları içermektedir. Ksiloz birimlerinin on üzerinden yaklaşık yedisi C-2 ile bağlantılı olan uç 4-O-metilglukuronik kalıntıları tarafından sübtitüe edilmektedir. Yumuşak ağaç ksilanının polimerizasyon derecesi 70-130' dur [45, 43].

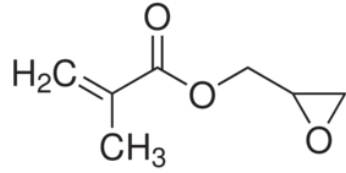


Şekil 4. 4 : Yumuşak odun ksilan zincirinin yapısı.

5. METOT VE MATERYALLER

5.1 Kullanılan Kimyasallar

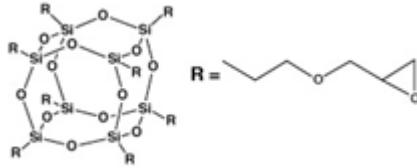
- Glisidilmetakrilat



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %97 , Molekül Ağırlığı: 142,15 g/mol

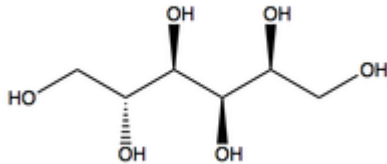
- Glisidil poli hedral oligomerik silseskioksan (Glycidyl POSS)



Hybrid Plastics' ten temin edildi ve herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Molekül Ağırlığı: 1337,88 g/mol

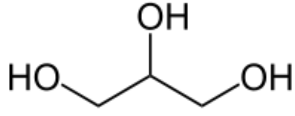
- D- Sorbitol



Sigma-Aldrich' ten temin edildi ve herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %98 , Molekül Ağırlığı: 182,17 g/mol

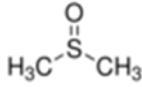
- Gliserol



Reckitt Benckiser' den temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %99 , Molekül Ağırlığı: 92,09 g/mol

- Dimetil sülfoksit



VWR' dan temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %99,5 , Molekül Ağırlığı: 78,13 g/mol

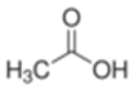
- Potasyum hidroksit



Merck-Chemicals' dan temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %85 , Molekül Ağırlığı: 56,11 g/mol

- Glacial asetik asit



Merck-Chemicals' dan temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %100 , Molekül Ağırlığı: 60,05 g/mol

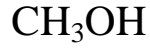
- Etanol



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %99,8 , Molekül Ağırlığı: 46,07 g/mol

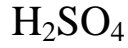
- Metanol



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %99,9 , Molekül Ağırlığı: 32,04 g/mol

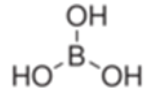
- Sülfürik asit



Sigma-Aldrich'ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %95-97 , Molekül Ağırlığı: 98,08 g/mol

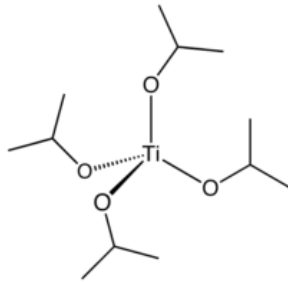
- Borik asit



Merck-Chemicals' dan temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %99-100,5 , Molekül Ağırlığı: 61,83 g/mol

- Titanyum izopropoksit



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %98 , Molekül Ağırlığı: 284,22 g/mol

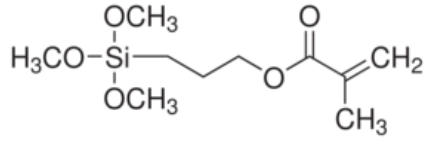
- Sodyum hidroksit



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Safılık: %99-100,5 , Molekül Ağırlığı: 40 g/mol

- 3-trimetoksisilil propil metakrilat



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Saflık: %98 , Molekül Ağırlığı: 248,35 g/mol

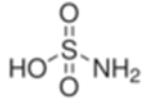
- Kalsiyum karbonat



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Saflık: %99 , Molekül Ağırlığı: 100,09 g/mol

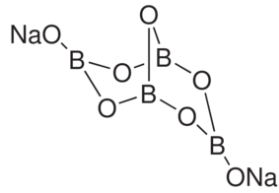
- Sülfamik asit



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Saflık: %99,3 , Molekül Ağırlığı: 97,09 g/mol

- Sodyum tetraborat



Sigma-Aldrich' ten temin edildi. Herhangi bir işlem yapılmadan kullanıldı.

Saflık: %99 , Molekül Ağırlığı: 201,22 g/mol

5.2 Kullanılan Cihazlar

- FT-IR spektroskopisi;

Yapılan tüm reaksiyonların ilerleyişi FTIR ile izlenmiştir. Perkin Elmer marka Spectrum 100 FT-IR spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Numuneler ATR-IR (Annual Total Reflectance) fonksiyonu kullanılarak analiz edilmiştir.

- Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC):

EXSTAR marka SII DSC7020 model DSC cihazı kullanılmıştır.

- Termal Gravimetrik Analiz (TGA):

EXSTAR marka SII TG/DTA 6300 model TGA cihazı kullanılmıştır.

- Universal Tip Çekme Kopma Cihazı:

Zwick Roell marka Z1.0 model test cihazı kullanılmıştır.

- Döner Buharlaştırıcı:

Heidolph marka G1 model döner buharlaştırıcı kullanılmıştır.

- Optik Mikroskop;

Olympus marka BX51M model optik mikroskop kullanılmıştır.

- Taramalı electron mikroskobu (SEM):

JOEL marka JSM-5910LV model SEM cihazı kullanıldı.

- HPLC;

VARIAN marka (Cat No: A5200) kolon yine 80°C sıcaklıkta ve mobil faz 0,6 ml/dakika akış hızındaki destile su olacak şekilde kullanılmıştır.

- UV spektrofotometre:

Shimadzu marka UV-1800 model spektrofotometre cihazı kullanılmıştır.

- UV Lambası:

Yapılan filmlerin sertleştirilme işlemi sırasında, OSRAM marka ULTRA-VİTALUX 300W-230V AC model UV lambası kullanılmıştır.

5.3 Deneysel Yöntemler

5.3.1 Ayçiçek Sapının Kimyasal Analizi

5.3.1.1 Selüloz Miktarının Tayini

100 ml destile su, 2 gram kurutulmuş ve öğütülmüş biyokütleyle eklenip inkübatörde (Nüve) 60°C' de 16 saat boyunca bekletildi. Ardından karışım süzülerek sıvı kısım uzaklaştırıldı. Katı kısım 17 ml %24 KOH ve %1 NaBH₄ içeren çözeltiliye eklenerek oda sıcaklığında 3 saat boyunca karıştırıldı. İkinci bir süzme işleminden sonra kalıntı olarak elde edilen selüloz 60°C' de 24 saat kurutulularak, selüloz miktarı tam kuru ağırlığa oranla % olarak bulundu.

5.3.1.2 Hemiselüloz Miktarının Tayini

2 gram kurutulmuş ve öğütülmüş biyokütle, 100 ml destile su içerisinde 60°C' de 16 saat boyunca bekletildi. Elde edilen karışım süzüldü ve ayrılan katı kısım 17 ml %24 KOH ve %1 NaBH₄ içeren çözeltinin ilave edilmesinden sonra oda sıcaklığında 3 saat süreyle karıştırıldı. Elde edilen karışım süzüldü ve sıvı kısma 5 ml %10 asetik asit içeren etanol çözeltisi eklendi. Bu işlemin ardından karışım 8300 rpm' de 20 dakika süreyle santrifüj edildi. Santrifüj işleminin sonucunda kalıntı olarak elde edilen hemiselüloz 60°C' de 24 saat kurutulularak, hemiselüloz miktarı tam kuru ağırlığa oranla % olarak bulundu.

5.3.1.3 Lignin Miktarının Tayini

Biyokütledeki lignin oranının tayini için "Klason Lignini" yöntemi kullanıldı. Bu yöntemde, sülfürik asit karbonhidratları temizlediğinden aside dayanıklı lignin kalıntı olarak elde edildi. Lignin tayini için 1 gram kurutulmuş ve öğütülmüş biyokütle, 15 ml soğuk (12-15 derece sıcaklıkta) %72' lik sülfürik asit içerisinde 2 saat boyunca karıştırılarak bekletildi. Bu sürenin sonunda karışım süzüldü ve kalıntı yıkanarak üzerine 360 ml destile su ile asit konsantrasyonu %3 olacak şekilde seyreltilerek eklendi. Bu karışım bir gerib soğutucu altında 4 saat süre ile kaynatıldı. Çözünmeyen maddeyi çökelttikten sonra karışım 105°C sıcaklıkta porozitesi az olan (4 nolu) krozeden süzüldü ve serbest asit artıkları 500 ml sıcak su ile yıkandı. Kroze 105°C sıcaklıkta kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra tartıldı. Lignin miktarı tam kuru ağırlığa oranla % olarak bulundu.

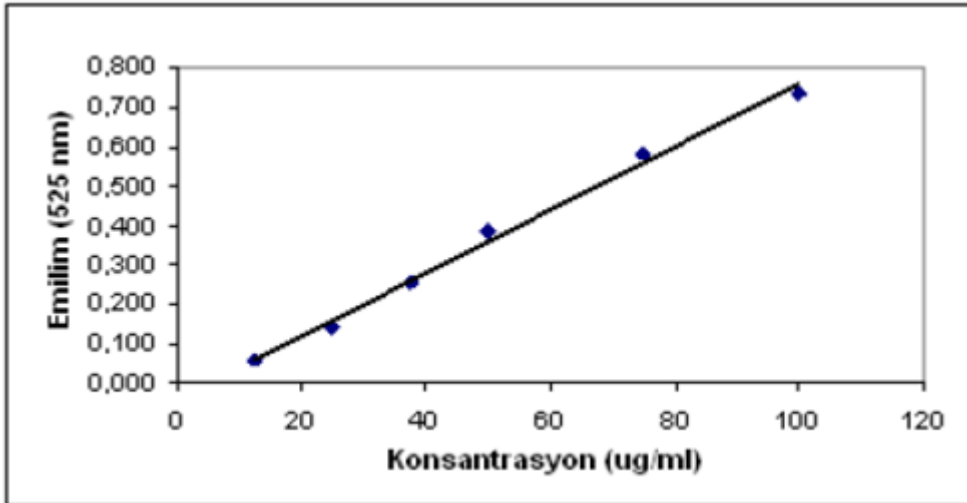
5.3.2 Ayçiçeği Sapı Ksilanının Monosakkarit Ve Üronik Asit Analizi

5.3.2.1 Monosakkarit Analizi

Kurutulup öğütülmüş biyokütleden özütlenen ksilandan 0,3 gram küçük test tüplerine konulmasının ardından, üstüne 3 ml %72' lik H₂SO₄ eklendi. Örnekler tamamen ıslatılana kadar yaklaşık 1 dakika boyunca cam bir baget yardımıyla karıştırıldı ve ardından 30°C' deki su banyosunda 2 saat boyunca bekletildi. Bu süre zarfında örnekler her 15 dakikada bir cam baget yardımıyla karıştırıldı. Tüplerin 100 ml' lik şişelere aktarılmasının ardından 77,55 gram destile su eklendi ve şişeler kaynamakta olan su içinde 2 saat boyunca bekletildi. Bu işlemin ardından oda sıcaklığında soğutulan tüplerden 20 ml' lik örnekler alınarak 50 ml' lik şişelere aktarıldı ve CaCO₃ eklenerek pH 5-6 civarına ayarlandı. Son olarak örnek 0,2 µm' lik filtreden geçirildi ve 3 ml' lik numuneler alınarak HPLC analizi sonucunda monosakkarit oranları belirlendi.

5.3.2.2 Üronik Asit Analizi

5 mg kurutulup öğütülmüş biyokütleyle 1 ml sülfürik asit eklenmesinin ardından karışım buz banyosunda 5 dakika karıştırıldı. 1 ml daha sülfürik asit eklendi ve 5 dakika daha karıştırmanın ardından karışıma, 0,5 ml su eklendi ve karışım 5 dakika boyunca karıştırıldı. Bu işlemler sonrasında, karışım 10 ml' ye seyreltildi ve 2000 rpm' de oda sıcaklığında 10 dakika boyunca santrifüj edildi. Sıvı fazdan 400 µl alındı ve buna 40 µl 4M' lık sülfamik asit/potasyum sülfamat çözeltisi eklenerek pH 1,6' ya ayarlandı. 2,4 ml 75 mM' lık sodyum tetraborat/sülfürik asit çözeltisinin eklenmesinin ardından karışım 100°C' deki su banyosunda 20 dakika boyunca bekletildi ve ardından buz banyosunda soğutuldu. Karışıma 80 µl m-hidroksidifenil çözeltisi eklenmesinden sonraki 10 dakika ile 1 saat arasında 525 nm dalga boyundaki emilim ölçüldü. Önceden hazırlanmış D-galakturonik asit standart eğrisi kullanılarak üronik asit miktarı hesaplandı. Üronik asit tayininde kullanılan kalibrasyon doğrusu Şekil 5.1' de verilmektedir. Elde edilen doğrunun denklemi, $Emilim = (0,008) \times (konsantrasyon) - 0,0389$ olarak hesaplandı, R^2 değeri ise 0,9946 olarak bulundu. Örneklerde okunan emilim değerlerinin elde edilen denklemde kullanılmasıyla üronik asit konsantrasyonları hesaplandı (Melton ve Smith 2002). Bu işlem arabinoz, ksiloz, mannoz, galaktoz ve glukoz için ayrı ayrı yapıldı.



Şekil 5. 1 : Üronik aside ait kalibrasyon eğrisi.

Tablo 5. 1 : Ayçiçek sapının kimyasal içeriği.

Ayçiçek Sapı	%
Kül	3
Ksilan	17
Selüloz	40
Lignin	33
Diğer	7

Tablo 5. 2 : Ayçiçeği sapı ksilanı monosakkarit kompozisyonu.

Ayçiçek Sapı Ksilanı	%
Arabinoz	0
Ksiloz	85
Mannoz	0
Galaktoz	0
Glukoz	5
Üronik asit	10

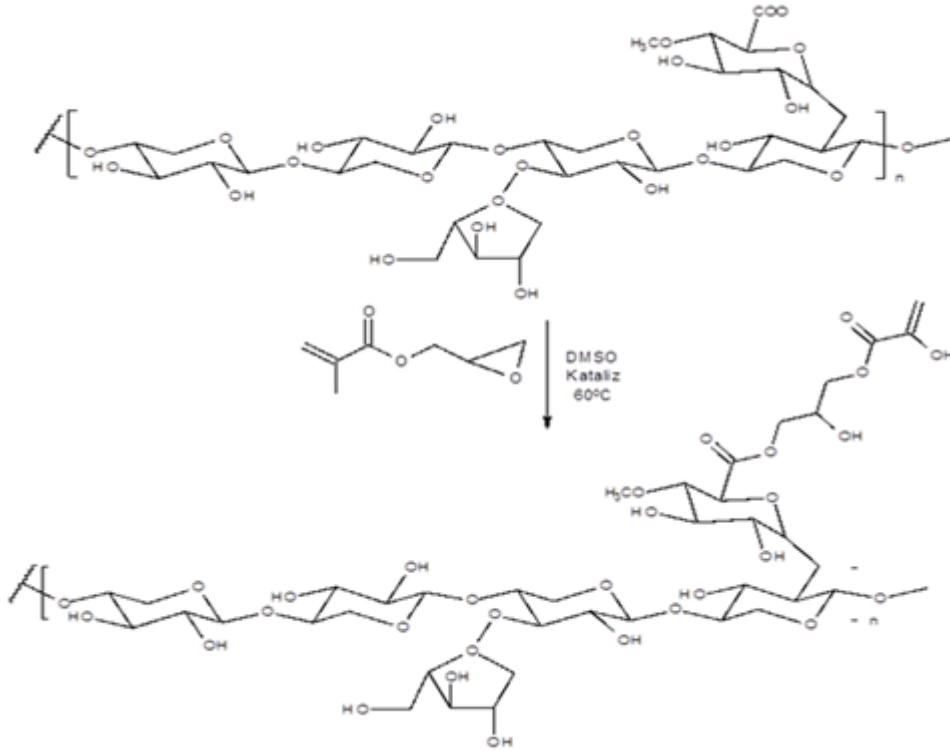
5.3.3 Ksılanın Doğal Kaynaklardan Özütleme

150 gram kurutulmuş ve öğütölmüş biyokütleye, (sıvı:katı oranı 3:1 olacak şekilde) %13' lük NaOH çözeltisi eklenerek karışım 60°C' de 2 saat boyunca karıştırıldı. Karışım süzöldükten sonra 600 ml 60°C' lik su ile kalıntı 3 kez yıkandı. Bu işlemin ardından süzöntü 7000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildi. Katı kısım pektin, yağ ve nişasta içermektedir. Sıvı kısmın pH' ı glacial asetik asit ile 5' e ayarlandı. Elde edilen çözelti 7000 rpm' de 5 dakika boyunca santrifüj edildi. Katı kısım selölolignin fiberler içermektedir. Sıvı kısım vakumda 40°C' de rotada derişik hale getirildi (3' te 1' ine gelecek şekilde). Süzöntünün 2:1 oranında, 1M NaOH %0,5 NaBH₄ içeren etanol çözeltisi hazırlandı ve süzöntüye eklendi. 4°C' de 12 saat bekletilen çözelti 8000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildikten sonra katı kısım alındı ve 60°C' de 24 saat kurutulması sonucu elde edilen ksılan, tam kuru ağırlığa oranla % olarak bulundu.

5.3.4 Ksilanın Modifikasyonu

5.3.4.1 Ksilanın Glisidilmetakrilat İle Modifikasyonu

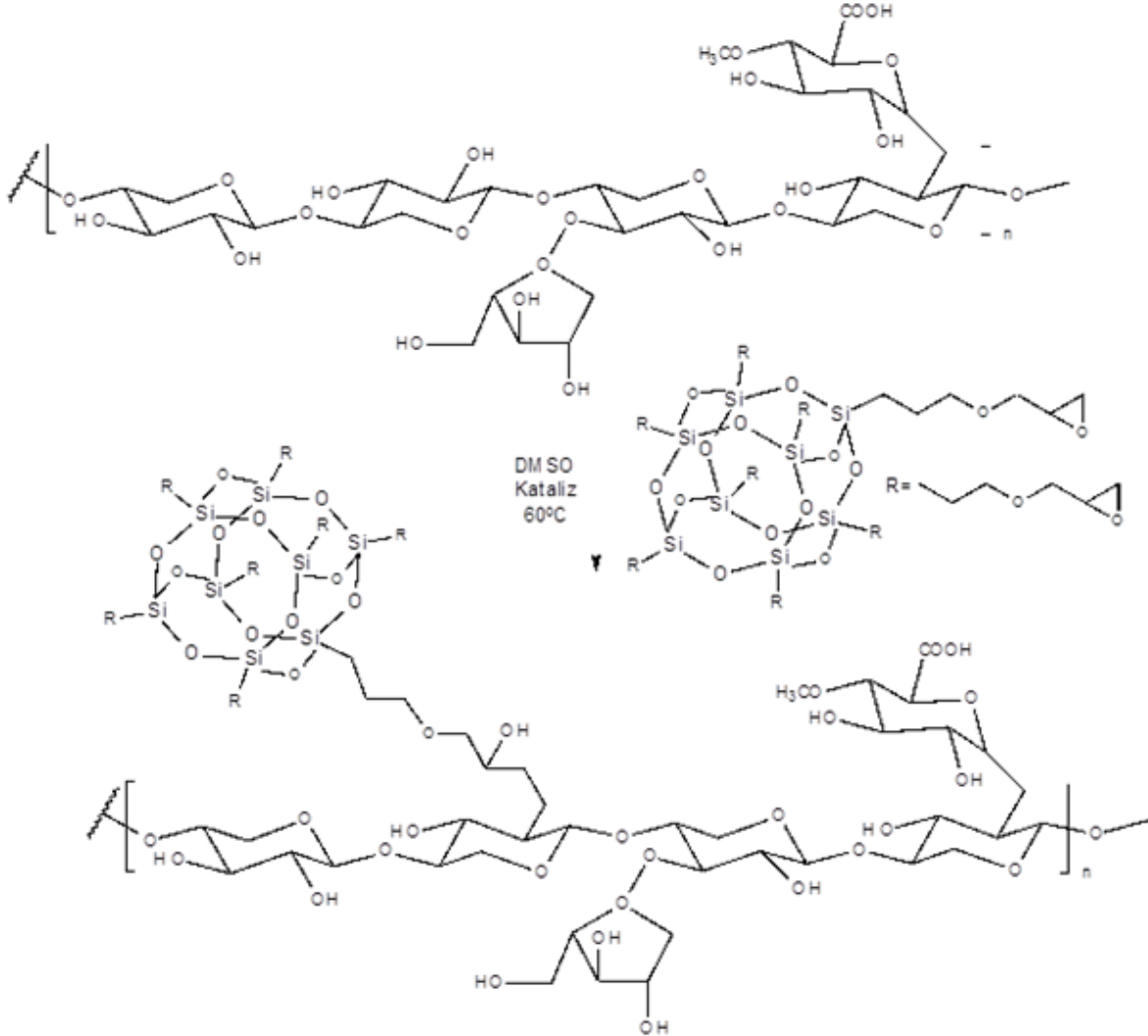
Tek boyunlu 100 ml' lik balon, geri soğutucu, manyetik karıştırıcı ve termometreden oluşan reaksiyon düzeneğine, 1 gram ksilan ve 20 ml dimetil sülfoksit yüklendi. 95°C' deki yağ banyosunda 2 saat boyunca karıştırılarak homojen bir çözelti halini alması sağlandı. 2 saat sonra yağ banyosunun sıcaklığı 60°C' ye indirildi ve çözeltiliye 1,253 gram glisidilmetakrilat (GMA) eklenerek, 24 saat 60°C' lik yağ banyosunda karıştırıldı. İşlem sonunda elde edilen çözelti 100 ml etanole eklenerek 8000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildi. Kalıntı olarak elde edilen glisidilmetakrilat modifiyeli ksilan oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı. Reaksiyonun işleyişi Şekil 5.2' de gösterilmiştir.



Şekil 5. 2 : Ksilanın Glisidilmetakrilat ile modifikasyonu.

5.3.4.2 Ksilanın Glisidil POSS İle Modifikasyonu

Tek boyunlu 100 ml' lik balon, geri soğutucu, manyetik karıştırıcı ve termometreden oluşan reaksiyon düzeneğine, 1 gram ksilan ve 20 ml dimetil sülfoksit yüklendi. 95°C' deki yağ banyosunda 2 saat boyunca karıştırılarak homojen bir çözelti halini alması sağlandı. 2 saat sonra yağ banyosunun sıcaklığı 60°C' ye indirildi ve çözeltiliye 0,9532 gram glisidil polihedral oligomerik silseskioksan (glisidil POSS) eklenerek, 24 saat 60°C' lik yağ banyosunda karıştırıldı. İşlem sonunda elde edilen çözelti 100 ml etanole eklenerek 8000 rpm' de 10 dakika santrifüj edildi. Kalıntı olarak elde edilen glisidil POSS modifiyeli ksilan oda sıcaklığında kurumaya bırakıldı. Reaksiyonun işleyişi Şekil 5.3' de gösterilmiştir.



Şekil 5. 3 : Ksilanın glisidil POSS ile modifikasyonu.

5.3.5 Susuz Sol-Jel Sentezi

Üç boyunlu 100 ml' lik balon, geri soğutucu, manyetik karıştırıcı, termometre ve azot atmosferinden oluşan reaksiyon düzeneğine trimetoksisililpropilmetakrilat (MEMO):borik asit 1:1 mol oranlarında olacak şekilde yüklendi. Reaksiyon 2 saat 80°C sıcaklıkta reflüks edilerek MEMO' nun metoksi gruplarının borik asidin hidroksil grupları ile yer değiştirmesi sağlandı. Oluşan borat esterleri $B(OH_3)_3$ 400 MPa basınç ve 80°C sıcaklıkta buharlaştırılarak uzaklaştırıldı.

Reaksiyonun ikinci adımında, TTP hidrolize olmuş MEMO üzerine damla damla ilave edildi. Karışım 80°C' de 1 saat reflüks edildikten sonra oluşan izopropil alkol vakum altında döner buharlaştırıcı kullanılarak uzaklaştırıldı.

5.3.6 Ksilan ve Modifiye Ksilanlardan Film Hazırlama

5.3.6.1 Ksilan Filminin Gliserol İle Hazırlanması

Özütlenen ve öğütülen toz halindeki ksilanın 1 gramının üzerine 8,8 ml su eklendi ve 2 saat homojen bir çözelti elde edebilmek için manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Ksilanın tamamen çözünmesinin ardından 0,2 gram gliserol çözeltiye eklendi ve 1 saat boyunca karıştırmaya devam edildi. Daha sonra hazırlanan film solüsyonu 9 cm çapındaki petri kabına döküldü ve 60°C' deki etüvde 5 saat kurumaya bırakıldı. Kurumasının ardından plastikleştirici olarak gliserolün kullanıldığı ksilanın serbest filmi elde edildi.



Şekil 5. 4 : Gliserol ile hazırlanan ksilan filmi.

5.3.6.2 Ksilan Filminin Sorbitol İle Hazırlanması

Özütlenen ve öğütülen toz halindeki ksilanın 1 gramının üzerine 8,8 ml su eklendi ve 2 saat homojen bir çözelti elde edebilmek için manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Ksilanın tamamen çözünmesinin ardından 0,2 gram sorbitol çözeltiye eklendi ve 1 saat boyunca karıştırmaya devam edildi. Daha sonra hazırlanan film solüsyonu 9 cm çapındaki petri kabına döküldü ve 60°C’ deki etüvde 5 saat kurumaya bırakıldı. Kurumasının ardından plastikleştirici olarak sorbitolün kullanıldığı ksilanın serbest filmi elde edildi.



Şekil 5. 5 : Sorbitol ile hazırlanan ksilan filmi.

5.3.6.3 Glisidil POSS Modifiyeli Ksilan Filminin Gliserol İle Hazırlanması

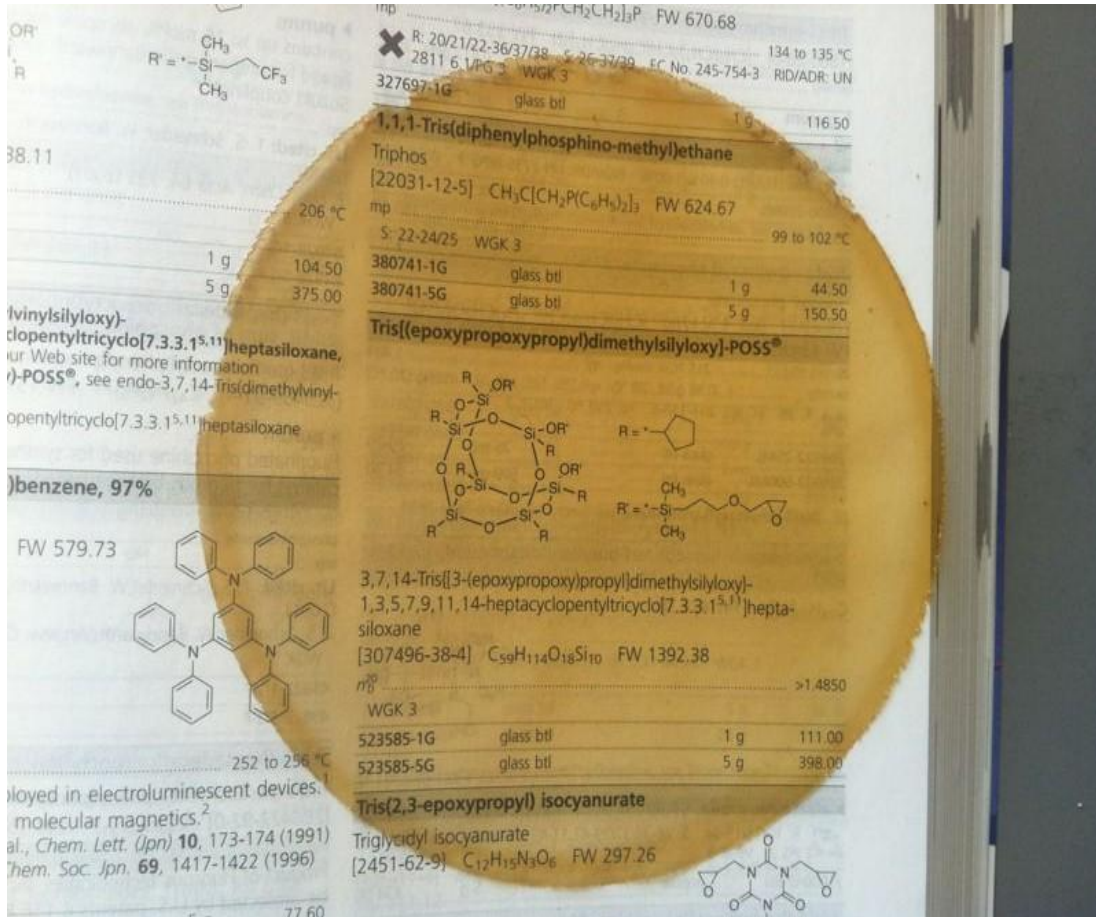
Özütlenen ve öğütülen toz halindeki glisidil POSS modifiyeli ksilanın 1 gramının üzerine 8,8 ml su eklendi ve 2 saat homojen bir çözelti elde edebilmek için manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Glisidil POSS modifiyeli ksilanın tamamen çözünmesinin ardından 0,2 gram gliserol çözeltiye eklendi ve 1 saat boyunca karıştırmaya devam edildi. Daha sonra hazırlanan film solüsyonu 9 cm çapındaki petri kabına döküldü ve 60°C’ deki etüvde 5 saat kurumaya bırakıldı. Kurumasının ardından plastikleştirici olarak gliserolün kullanıldığı glisidil POSS modifiyeli ksilanın serbest filmi elde edildi.



Şekil 5. 6 : Gliserol ile hazırlanan glisidil POSS modifiyeli ksilan filmi.

5.3.6.4 Glisidil POSS Modifiyeli Ksilan Filminin Sorbitol İle Hazırlanması

Özütlenen ve öğütülen toz halindeki glisidil POSS modifiyeli ksilanın 1 gramının üzerine 8,8 ml su eklendi ve 2 saat homojen bir çözelti elde edebilmek için manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı. Glisidil POSS modifiyeli ksilanın tamamen çözünmesinin ardından 0,2 gram sorbitol çözeltiye eklendi ve 1 saat boyunca karıştırmaya devam edildi. Daha sonra hazırlanan film solüsyonu 9 cm çapındaki petri kabına döküldü ve 60°C’ deki etüvde 5 saat kurumaya bırakıldı. Kurumasının ardından plastikleştirici olarak sorbitolün kullanıldığı glisidil POSS modifiyeli ksilanın serbest filmi elde edildi.



Şekil 5.7 : Sorbitol ile hazırlanan glisidil POSS modifiyeli ksilan filmi.

5.3.6.5 UV Işınları İle Sertleştirilen Filmlerin Hazırlanması

Sentezlenen GMA-Modifiye ksilan, metakril POSS, susuz sol jel, akrilik asit ve fotobaşlatıcı (Irgacure 184) Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’ de verilen oranlarda ilave edilerek 10 g’ lık beş farklı kompozisyonda örnekler hazırlandı.

Beher içinde hazırlanan her bir kompozisyon bir cam baget yardımıyla iyice karıştırıldı. Karıştırmanın neden olduğu hava kabarcıklarının uzaklaştırılması için 50°C’ de birkaç dakika ısıtılmış karışımlara vakum pompasına bağlanmış bir desikatör içerisinde 5 dakika süre ile vakum uygulandı. Bütün bu işlemler sırasında çevreden gelecek ışınların hazırlanan örneklerde istenmeyen polimerizasyona neden olmamaları için numuneler alüminyum folyo ile desikatör ise koyu renkli bir örtü ile sarılarak ışıktan korundu. Hazırlanan örneklerden yaklaşık 1 g alınarak uygulamadan hemen önce aseton yardımıyla iyice temizlenmiş cam kalıbın iki bölmesine döküldü. Elde edilecek filmin homojen bir biçimde yayılmasını ve sertleştirme işlemi boyunca cam kalıp üzerinde bulunacak cama yapışmamasını sağlamak için 0,1 mm kalınlığında saydam bir teflon film reçine üzerine bölmeleri tamamen örtecek biçimde yayıldı. En üste cam plaka yerleştirilerek UV ışığı altında lambadan 15 cm uzaklıkta 3 dakika süre ile sertleştirildi. Elde edilen filmler kalıptan çıkarılarak kenarlarında oluşan istenmeyen pürüzler “0” numara su zımparası yardımıyla temizlendi. Elde edilen bu filmler çekme kopma testlerinde kullanılmak üzere muhafaza edildi.

5.3.6.6 Kaplanmış Kağıtların Hazırlanması

Kaplanacak olan kraft kağıtlar elyaf bırakmayan temiz bir bezle üzerine yapışmış olan toz zerreciklerinden arındırıldı. Kağıt düzgün bir yüzeye konularak köşelerinden sabitlendi. Tablolarda verilen oranlarda hazırlanan örneklerden 1–1,5 g plaka üzerine dökülerek 30 µ’luk aplikatör sabit bir hızla plakanın bir ucundan diğer ucuna tek hamlede çekilerek yüzeyin yaş filmle kaplanması sağlandı.

Hazırlanan yaş filmle kaplı kağıt, UV ışığı altında lambadan 15 cm uzaklıkta 3 dakika süre ile sertleştirildi.

Tablo 5. 3 : GMA-Ksilan filminin ve M-POSS ilavesinin oranları.

	GMA-Ksilan	Akrilik Asit	Foto Başlatıcı	M-POSS
GMA-Ksilan	0,7 gram	0,3 gram	%3	—
%3 M-POSS	0,7 gram	0,3 gram	%3	0,3 gram
%5 M-POSS	0,7 gram	0,3 gram	%3	0,5 gram

Tablo 5. 4 : GMA-Ksilan filminin ve susuz Sol-Jel ilavesinin oranları.

	GMA-Ksilan	Akrilik Asit	Foto Başlatıcı	Susuz Sol Jel
GMA-Ksilan	0,7 gram	0,3 gram	%3	—
%3 Sol Jel	0,7 gram	0,3 gram	%3	0,3 gram
%5 Sol Jel	0,7 gram	0,3 gram	%3	0,5 gram

5.3.7 Serbest Filmlere ve Kaplamalara Uygulanan Testler

5.3.7.1 Kaplanmış Kağıtlara Uygulanan Testler

Kaplanmış kağıtlar ambalaj malzemesi olarak kullanılacağından su buharı geçirgenliği ASTM E 96, kalınlık, kağıtta gramaj TS 3026, yapışma testi ASTM D3359–78 ve Migrasyon testi (yağ) TS-EN 1186 1/15' ye göre yapılmıştır.

5.3.7.2 Serbest Filmlere Uygulanan Testler

- **Termal Gravimetrik Analiz (TGA):**

Farklı formülasyonlarda hazırlanmış serbest filmlerin termo-oksidatif kararlılıklarını ölçmek amacıyla, SEIKO markalı EXSTAR SII TG/DTA 6300 model TGA cihazı kullanılmıştır. Atmosfer koşullarında 10 °C/dak ısıtma hızıyla, 27°C 'den 750°C' ye kadar ısıtılarak çekilmiştir.

- **Çekme-Kopma Testleri:**

Bölüm 5’ de hazırlanışı anlatılan serbest filmlerden hazırlanan test örneklerinin kalınlıkları, dört değişik noktadan mikrometre ile ölçülerek ortalaması alınmıştır. Filmler uçlarından tensilon cihazının çeneleri arasına tutturularak, iki çene arasındaki uzaklık hassas bir şekilde ayarlanmıştır. Çenelerin birbirlerinden ayrılma hızı 5 mm/dak olarak ayarlanmıştır. Çekme testine kopma anına kadar devam edilmiştir. Mekanik testler her bir örnek için 4 kez tekrarlanmıştır. Tensilon cihazında gerilme-şekil değiştirme deneyleri ASTM metoduna göre ve oda sıcaklığında yapılmıştır. Uzamaya karşılık gelen çekme kuvveti değerleri kullanılarak % uzama ve nihai kuvvet değerleri bulunmuştur.

- **Işık Geçirgenliğinin Belirlenmesi:**

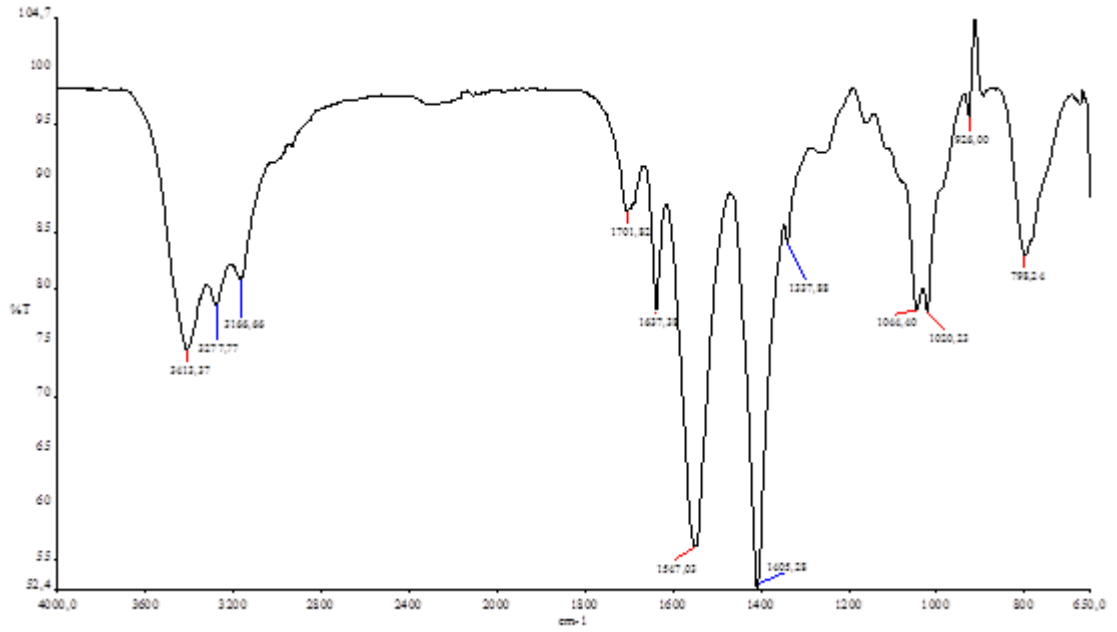
Filmlerin ışık geçirgenliği UV-Vis spektrofotometrede (Shimadzu UV 1800) 200–600 nm dalga boyu arasında tarama yapılarak yüzdesel geçirgenlik cinsinden elde edilmiştir.

- **Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi:**

Taramalı elektron mikroskobu analizi için Joel marka SEM cihazı kullanılmıştır. Analiz öncesinde örneğin düşük iletkenliğinden dolayı örnekler platin kaplama yapılmıştır. Örnekler düşük vakum altında görüntülenmiş olmalarına karşın büyütme arttıkça erimeye benzer bir davranış sergilemişlerdir. Bu nedenle örnekler çok fazla yaklaşılmadan en çok 1500 kat büyütme oranında yüzey yapıları incelenmiş ayrıca filmlerin yüzeylerinde bulunan elementlerin oranları enerji yayımlı X ışını spektroskopisi (EDX) kullanılarak belirlenmiştir.

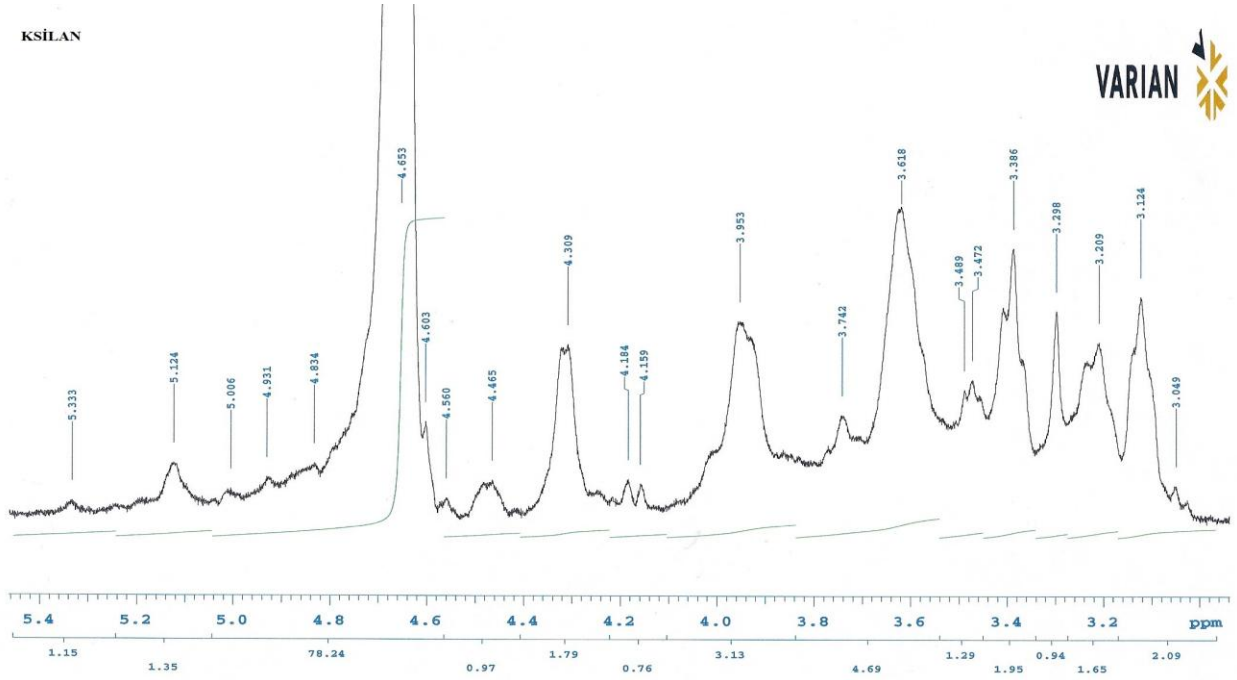
6. SONUÇLAR

6.1 Özütlenen Ksilanın Karakterizasyonu



Şekil 6. 1 : Özütlenen ksilana ait FTIR spektrumu.

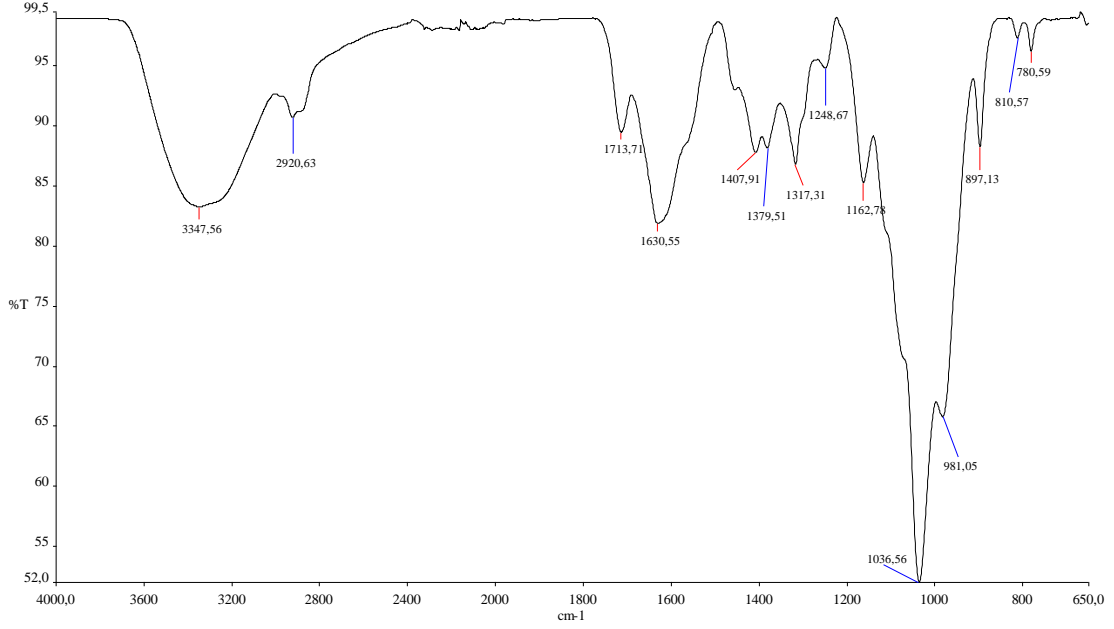
Ayçiçek sapından özütlenen ksilana ait FTIR spektrumu Şekil 6.1' de verilmiştir. 3413 cm^{-1} de görülen absorpsiyon bandı ksilan üzerinde bulunan hidroksil gruplarına ait gerilme bandıdır. 1637 cm^{-1} de adsorbe su molekülüne ait deformasyon bandı görülmektedir. 2920 cm^{-1} de omuz şeklinde görülen bant alifatik C-H gerilmesine aittir. 1020 ve 1044 cm^{-1} de yer alan bantlar arabinoksilanlar için karakteristik bantlardır [fang 2000]. 1030 cm^{-1} de görülen bandın ise hemiselülozlarda C-O, C-C gerilme ya da C-OH bükülme bandı olduğu düşünülmektedir [Xu 2010]. 700-950 cm^{-1} aralığında görülen bantlar, hemiselülozlarda bulunan β -glukozidik bağların varlığını ortaya koyarken 895 cm^{-1} de görülen absorpsiyon bandı (1-4)ksilanın yan zincirlerindeki R-anomerlerini göstermektedir [peng 2009].



Şekil 6. 2 : Özütlenen ksilana ait $^1\text{H-NMR}$ spektrumu.

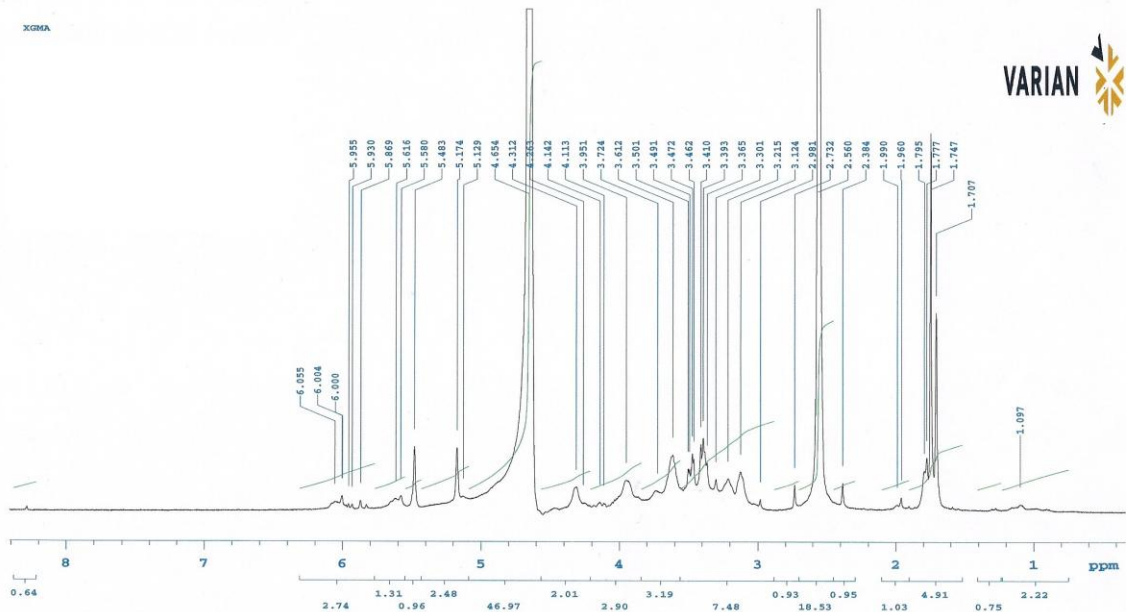
Özütlenen ksilana ait $^1\text{H-NMR}$ spektrumu Şekil 6.2' te verilmiştir. Buna göre 4,3-5,2 ppm arasında yer alan piklerin uç a-larabinfuranosil ve b-ksilip kalıntılarında gelen anomerik protonlara ait olduğu düşünülmektedir [46]. 4,7 ppm de yer alan kuvvetli pik ise ortamda kalan çözücü (D₂O) molekülüne ait piktir. 2,9-4,1 ppm arasında yer alan piklerin ise zincir üzerindeki ekvatoryal protonlara ait olduğu düşünülmektedir [47].

6.2 Glisidil Metakrilat Modifiye Ksilannın Karakterizasyonu



Şekil 6. 3 : GMA modifiye ksilana ait FTIR spektrumu.

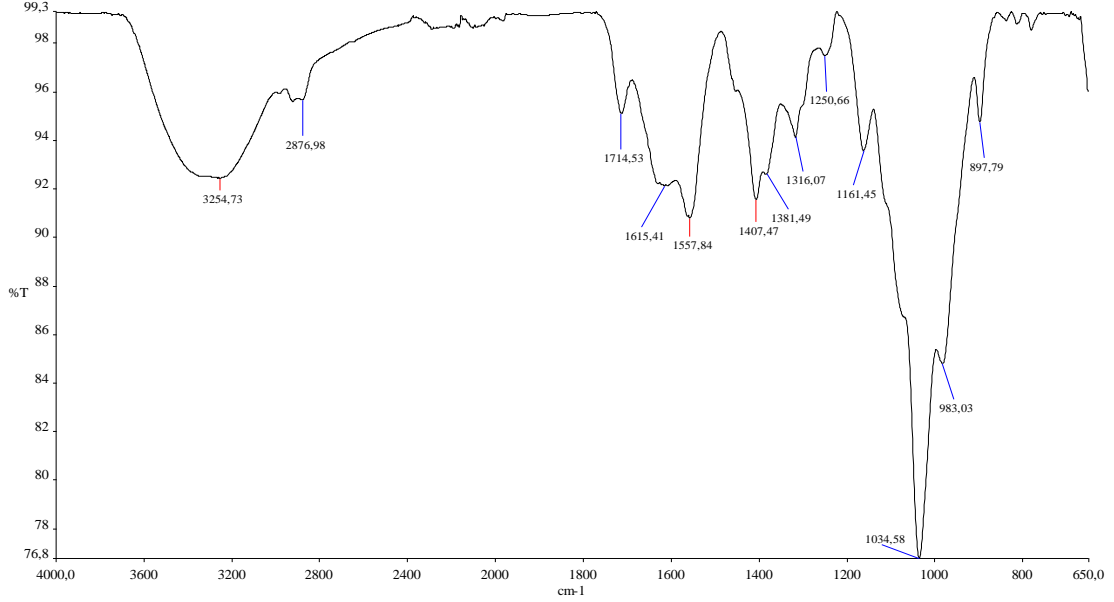
Glisidil metakrilat modifiye ksilana ait FTIR spektrumu Şekil 6.2' de verilmiştir. 1713 cm⁻¹ de ester gruplarına ait C=O ve 810 cm⁻¹ de C=C gerilim bantlarının görülmesi, 910 cm⁻¹ de epoksi gruplarına ait karakteristik pikin kaybolması modifikasyon reaksiyonunun başarıyla gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 6. 4 : GMA modifiye ksilana ait ^1H -NMR spektrumu.

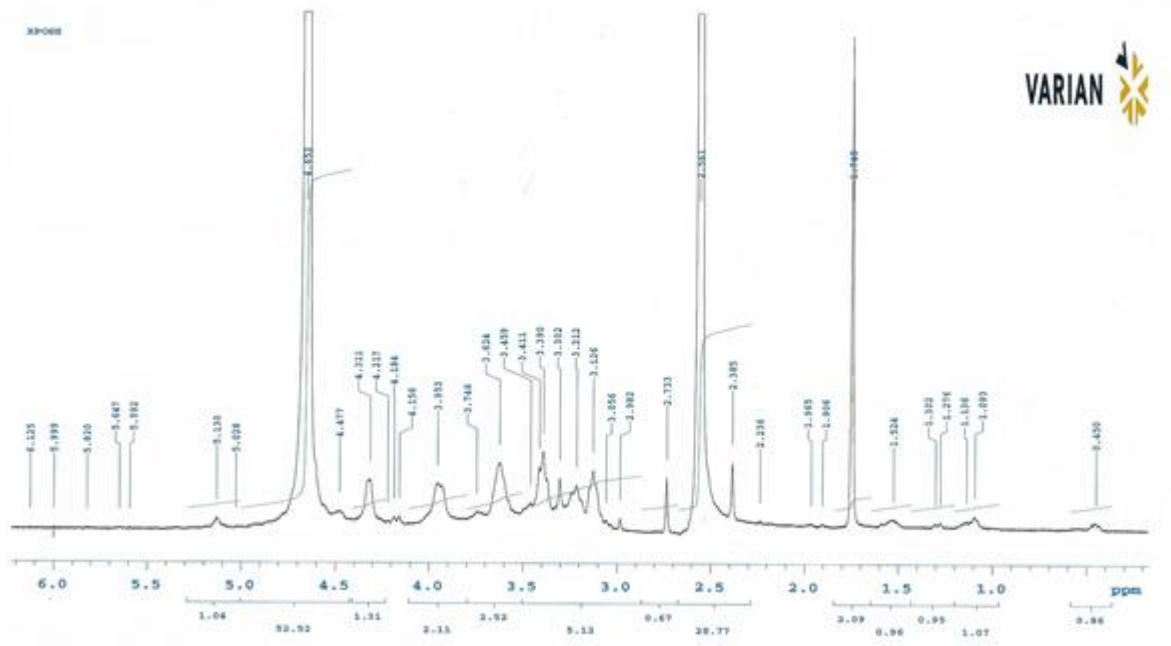
GMA modifiye ksilana ait spektrum Şekil 6.4' te verilmiştir. Buna göre 5,1-5,6 ppm arasında yer alan piklerin GMA dan gelen çift bağlara ait protonlar; 1,7 ppm civarındaki piklerin ise metil hidrojenlerine ait olduğu düşünülmektedir [48]. 2.8 ppmde epoksi gruplarına ait karakteristik pikin gözlenmemesi reaksiyonun gerçekleştiğini göstermektedir.

6.3 Glisidil POSS Modifiyeli Ksilanın Karakterizasyonu



Şekil 6. 5 : Glisidil POSS modifiye ksilana ait FTIR spektrumu.

Glisidil POSS modifiye ksilana ait FTIR spektrumu Şekil 6.3' de verilmiştir. 1714 cm^{-1} de ester gruplarına ait C=O gerilim bantlarının görülmektedir. 2095 ve 2140 cm^{-1} de Si-CH₃ ve Si-H gerilme bantlarının görülmesi, 910 cm^{-1} de epoksi gruplarına ait asimetrik gerilme bandının kaybolması modifikasyon reaksiyonunun başarıyla gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 6. 6 : POSS modifiye ksilana ait $^1\text{H-NMR}$ spektrumu.

Epoksi POSS modifiye ksilana ait spektrum Şekil 6.6' da verilmiştir. Buna göre 0,45 ppm de yer alan piklerin Si-CH₃ protonlarına ait olduğu düşünülmektedir. 2.8 ppmde epoksi gruplarına ait karakteristik pikin gözlenmemesi reaksiyonun gerçekleştiğini göstermektedir.

6.4 Hazırlanan Kaplama Malzemesinin Karakterizasyonu

Yüzeyleri UV ışınları ile sertleşmiş kaplama malzemesi ile kaplı kraft kağıt numunelere uygulanan kalınlık, su buharı geçirgenliği ve Migrasyon testlerinin sonuçları Tablo 6.1' de verilmiştir.

Kalınlık Testi:

Kalınlık ölçümü deneyinde, bir mikrometre yardımıyla kaplanmış ve kaplanmamış kraft kağıtların kalınlıkları ölçülmüş, kalınlık farkından kaplamaların kalınlığı hesaplanmıştır. Deney sonuçları Tablo 6.1' de gösterilmiştir. Uygulanan kaplamalar viskozite farkına rağmen yaklaşık değerlerde çıkmıştır.

- **Yapışma Testi:**

Kaplanmış kağıt yüzeyine # şeklinde 2 mm kesme aralıklı paraleller çizilip bu yüzeye yapışkan bir bant (sellotape) yapıştırılarak 45° açı ile sabit bir hızda çekilmiştir. Bu işlem sonunda kağıt yüzeyinde bulunan kare sayısı % yapışma olarak değerlendirilmiştir. Yapışma testi sonuçları Tablo 6.1' de verilmiştir. Yapışma UV ile hazırlanan sistemlerde çapraz bağların oluşması ayrıca sol-jel içeriğinin artması ile düşmektedir.

- **Su Buharı Geçirgenliği:**

Su buharı geçirgenliği testi, kağıt, plastik film, diğer ince filmler, elyaf esaslı plakalar, ahşap ve plastik gibi bir çok malzemenin su buharına karşı davranışlarını belirlemek için yapılan bir testtir. Özellikle ambalaj malzemeleri için kritik bir öneme sahiptir. Bu yöntemde içleri yarıya dek su dolu olan deney kaplarının ağzına elde edilen filmler monte edilmiştir. Herhangi bir boşluk ya da su buharının doğrudan geçiş yapacağı alan bırakmamak için kabın ağız kısmı ile film arasına vaks sürülerek yalıtım sağlanmıştır. Hazırlanan test düzeneği iç ortamı 25°C ve %50 bağıl neme ayarlanmış olan iklimlendirme kabinine yerleştirilmiştir. Numuneler deney öncesi ve 24 saatlik kabinde tutulduğu süre içerisinde belirli zaman aralıklarında tartılmıştır. Zamana karşı sistemdeki net ağırlık artışı grafiğinin doğrusal olan kesiminin eğimi baz alınarak bu eğimin filmlerin alanına bölünmesi ile filmlerin su buharı geçirme hızları hesaplandı ve sonuç g/m²/24 saat cinsinden belirlenmiştir. Su buharı geçirgenliği testinin sonuçları Tablo 6.1' de verilmiştir.

Tablo 6. 1 : Kaplama malzemesinin karakterizasyonu.

Örnek	Kalınlık (μm)	Yapışma*	Su Buharı Geçirgenliği ($\text{g}/\text{m}^2/24$ saat)	Migrasyon
Ksilan-G	34	Gt5	35,1	8
Ksilan-S	32	Gt5	34,8	6
KsilanPOSS-G	34	Gt5	38,5	5
KsilanPOSS-S	30	Gt5	38,3	4
GMA-Ksilan	28	Gt4	32,1	5
GMA-Ksilan %3 M-POSS	31	Gt3	32,2	4
GMA-Ksilan %5 M-POSS	30	Gt3	32,5	3
GMA-Ksilan %3 Sol Jel	26	Gt3	35,6	3
GMA-Ksilan %5 Sol Jel	25	Gt2	35,8	3

6.5 Serbest Filmlere Uygulanan Testler

- **Tensilonda Yapılan Çekme-Kopma Testleri:**

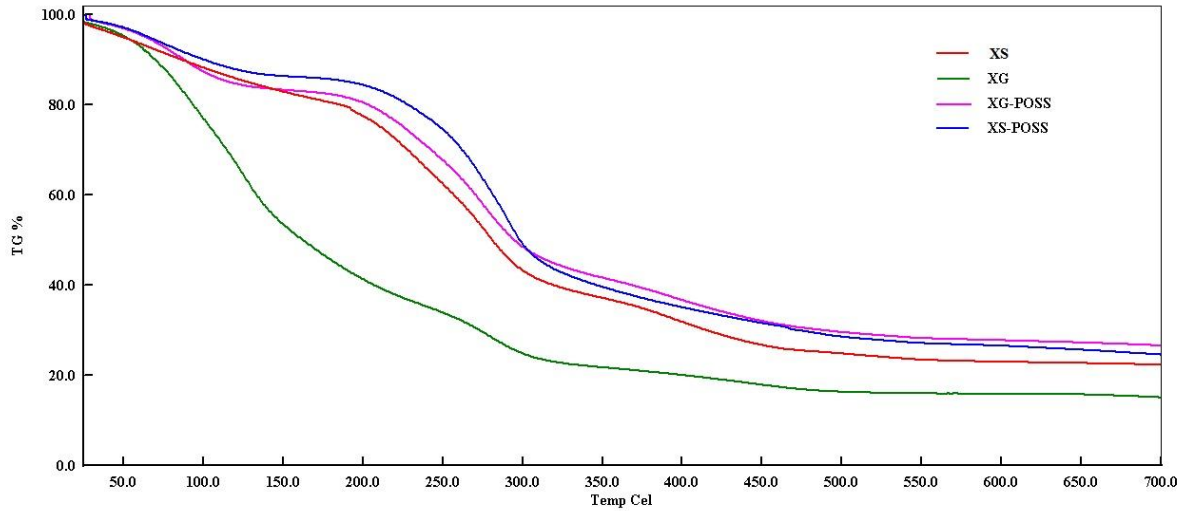
Cam kalıplarda 50x10x1 mm boyutlarında hazırlanan serbest filmlerin mekanik özellikleri tensilonda yapılan çekme-kopma (stres-strain) ölçümleri ile belirlenmiştir. Serbest filmlere ait germe-gerilme değerleri Tablo 6.2' de verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü gibi, klasik sistemle hazırlanan filmlerde POSS modifikasyonunun malzemenin mekanik özellikleri üzerinde olumlu etki gösterdiğini ortaya koymaktadır. Plastikleştirici olarak gliserol yerine sorbitol kullanılması daha mukavim filmlerin elde edilmesini sağlamaktadır. UV ışınları ile sertleştirilerek hazırlanan filmlerde ise hem metakrillenmiş POSS hem de sol jel içeriği arttıkça sertlik artmakta, kopma uzaması düşmektedir.

Tablo 6. 2 : Serbest filmlere ait germe-gerilme değerleri.

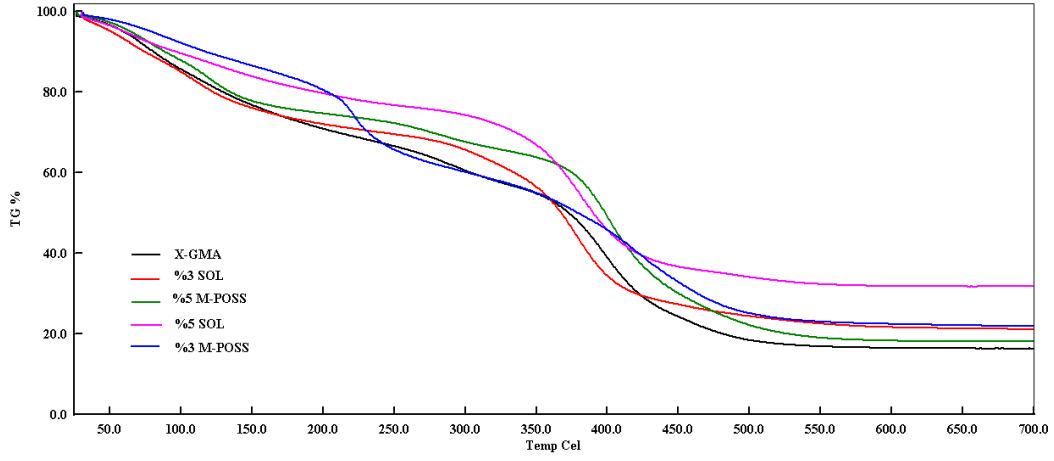
Örnek	Kopma Anındaki Mukavemet (σ)Mpa	Kopma Uzaması (ϵ)%	Modül Mpa
Ksilan-G	4,1	8,1	179
Ksilan-S	4,33	10	186
KsilanPOSS-G	7,69	12	334
KsilanPOSS-S	8,7	11,95	489
GMA-Ksilan	10,3	11,2	513
GMA-Ksilan %3 M-POSS	10,32	9,8	517
GMA-Ksilan %5 M-POSS	10,69	9,2	523
GMA-Ksilan %3 Sol jel	10,6	8,1	503
GMA-Ksilan %5 Sol jel	10,51	7,9	496

- **Termal Gravimetrik Analiz:**

Farklı kompozisyonlarda hazırlanmış serbest filmlerin termogravimetrik analiz sonuçları Şekil 6.4’ de görülmektedir. Termogramlardan elde edilen sonuçlar Tablo 6.3’ de verilmiştir.



Şekil 6. 7 : Serbest filmlere ait termogravimetrik analiz sonuçları.



Şekil 6. 8 : Filmlerin termogravimetrik analiz sonuçları.

Tablo 6. 3 : TGA ' dan elde edilen sonuçları.

Örnek	% 10 Kütle Kaybı (°C)	% 50 Kütle Kaybı (°C)	Maksimum Kütle Kaybı (°C)	Kül (char) Miktarı (%)
Ksilan-G	70	148	292	14
Ksilan-S	65	243	290	24
KsilanPOSS-G	81	267	290	27
KsilanPOSS-S	75	281	295	26
GMA-Ksilan	72	375	435	15
GMA-Ksilan %3 M-POSS	98	225	405	24
GMA-Ksilan %5 M-POSS	92	401	410	17
GMA-Ksilan %3 Sol jel	58	364	380	23
GMA-Ksilan %5 Sol jel	90	370	382	33

- **Işık Geçirgenliğinin Belirlenmesi:**

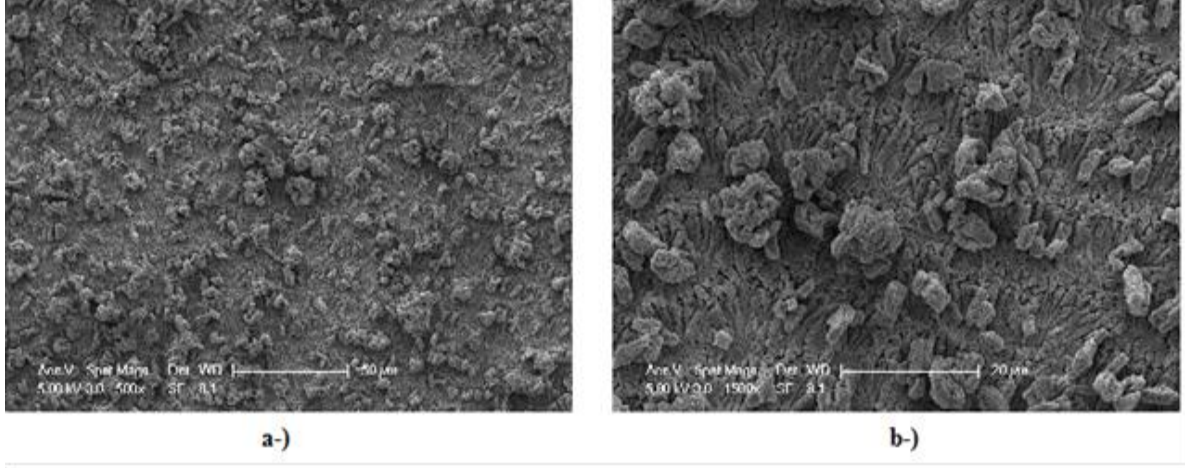
Filmlerin ışık geçirgenliği UV-Vis spektrofotometrede (Shimadzu UV 1800) 200–600 nm dalga boyu arasında tarama yapılarak yüzdesel geçirgenlik cinsinden elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde filmlerde anorganik yapıların içeriğinin artmasına bağlı olarak ışık geçirgenliği artmaktadır.

Tablo 6. 4 : Yüzdesel ışık geçirgenliği sonuçları.

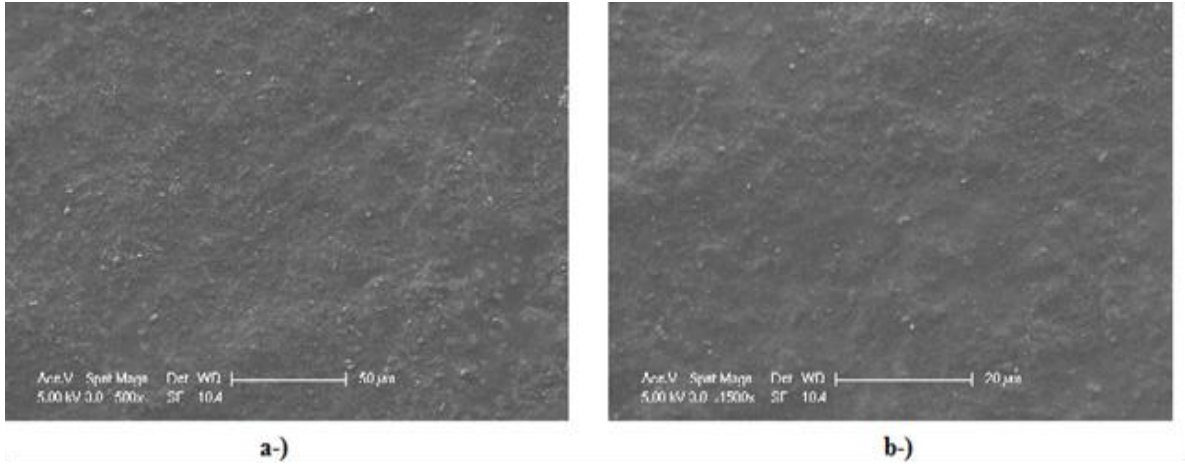
Örnek	Işık geçirgenliği %
Ksilan-G	-
Ksilan-S	-
KsilanPOSS-G	87
KsilanPOSS-S	92
GMA-Ksilan	90
GMA-Ksilan %3 M-POSS	81
GMA-Ksilan %5 M-POSS	80
GMA-Ksilan %3 Sol jel	79
GMA-Ksilan %5 Sol jel	79

- **Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi:**

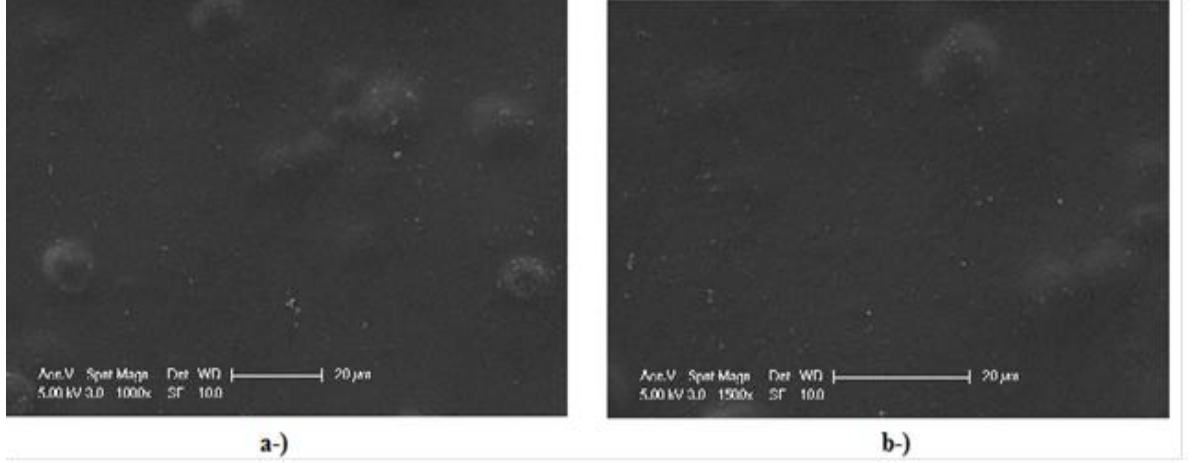
Taramalı elektron mikroskobu analizi için Joel marka SEM cihazı kullanılmıştır. Analiz öncesinde örneğin düşük iletkenliğinden dolayı örnekler platın kaplama yapılmıştır. Örnekler düşük vakum altında görüntülenmiş olmalarına karşın büyütme arttıkça erimeye benzer bir davranış sergilemişlerdir. Bu nedenle örnekler çok fazla yaklaşılmadan en çok 1500 kat büyütme oranında yüzey yapıları incelenmiş ayrıca filmlerin yüzeylerinde bulunan elementlerin oranları enerji yayımlı X ışını spektroskopisi (EDX) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonuçları Şekil6.6-6.10' da görülmektedir.



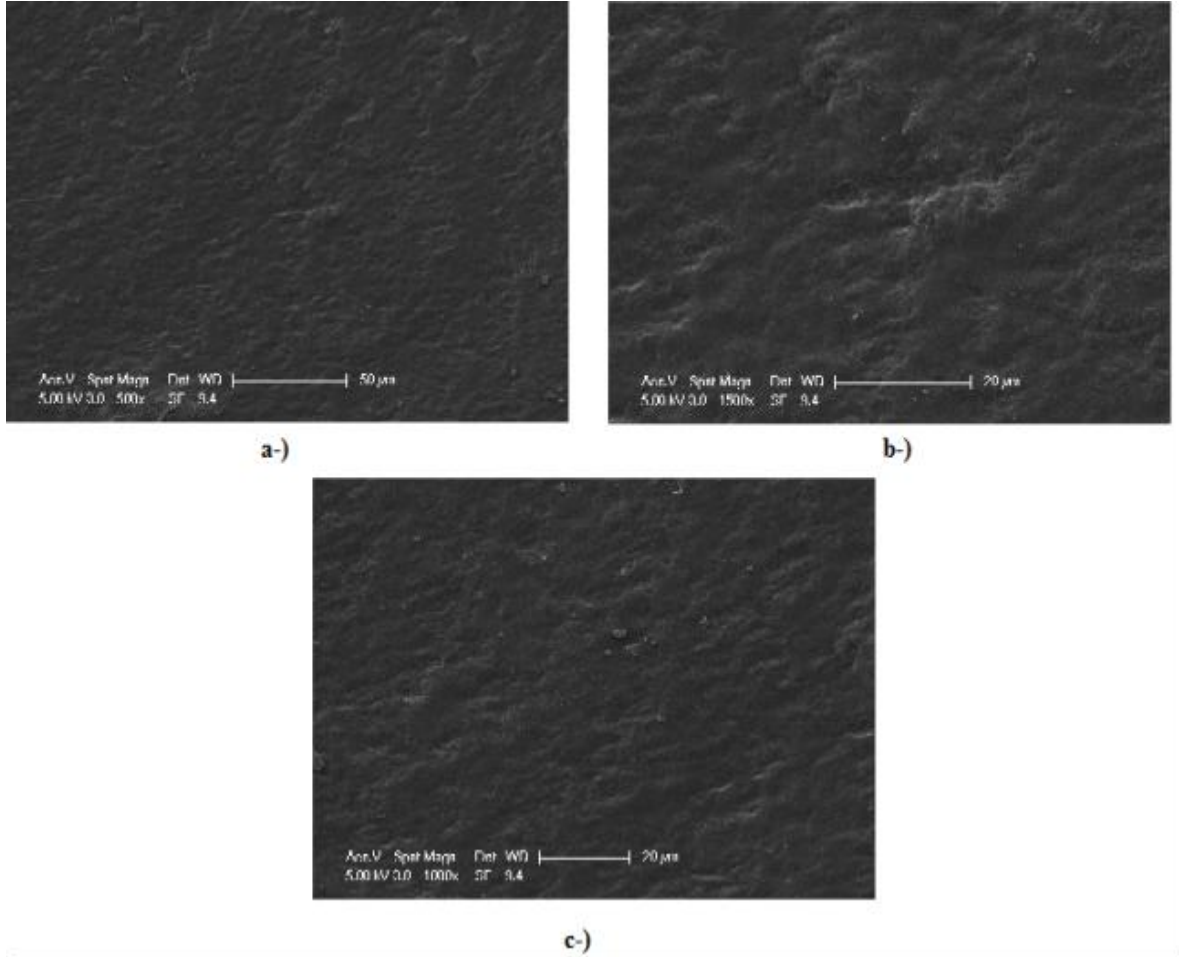
Şekil 6. 9 : Plastikleştirici olarak gliserol kullanılarak hazırlanmış ksilan esaslı filmin a-) x500 büyütme b) x1500 büyütmedeki SEM görüntüleri.



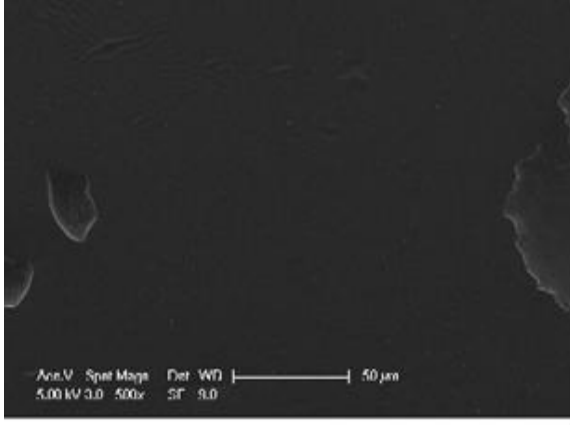
Şekil 6. 10 : Plastikleştirici olarak sorbitol kullanılarak hazırlanmış ksilan esaslı filmin a-) x500 büyütme b) x1500 büyütmedeki SEM görüntüleri.



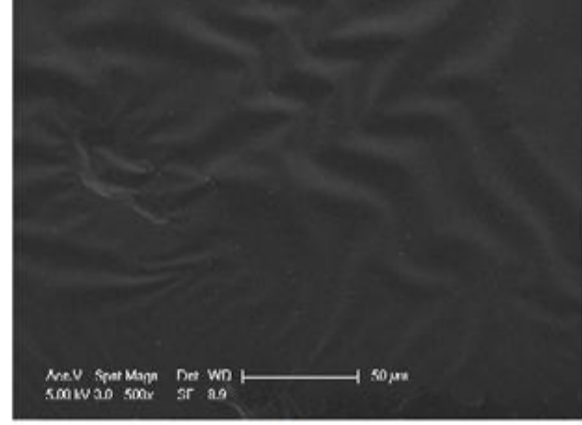
Şekil 6. 11 : a-) Plastikleştirici olarak gliserol kullanılarak hazırlanmış ksilan-POSS esaslı filmin b-) Plastikleştirici olarak sorbitol kullanılarak hazırlanmış ksilan-POSS esaslı filmin SEM görüntüleri.



Şekil 6. 12 : UV ile sertleştirilerek hazırlanmış a-) GMA-Ksilan esaslı filmin b-) GMA-Ksilan-%3 M-POSS esaslı filmin c-) GMA-Ksilan-%5 M-POSS esaslı filmin SEM görüntüleri.



a-)



b-)

Şekil 6. 13 : UV ile sertleştirilerek hazırlanmış a-) GMA-Ksilan-%3 Sol jel esaslı filmin b-)GMA-Ksilan-%5 Sol jel esaslı filmin SEM görüntüleri.

7. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, tarımsal bir atık olan ayçiçek sapından ksilan özütlenmiş ve özütlenen ksilandan çeşitli modifikasyonlarla ambalaj kaplama malzemesi olarak kullanılabilir filmler üretilmiştir. Özütlenen ve modifiye edilen ksilanların yapı aydınlatılması FT-IR spektrofotometresi ile yapılmıştır.

Bu amaçla öncelikli olarak kurutularak ortalama 3-4 mm boyutunda granüler hale getirilmiş ayçiçek sapından alkali ortamda hemiselülozlar ekstrakte edilmiştir. Özütlenen ksilandan yola çıkarak farklı türde malzeme üretimi için farklı yöntemler kullanılmıştır. İlk aşamada ksilan, glisidil POSS kullanılarak modifiye edilmiş böylelikle silisyum esaslı nano yapılar kovalent bağlar yardımıyla ksilan üzerine yerleştirilmiştir. Reaksiyon ilerleyişi FTIR spektrumunda 910 cm^{-1} de görülen epoksi gruplarına ait karakteristik pikin kaybolmasıyla takip edilmiştir. POSS modifiye ksilan ve plastikleştirici (gliserol ve sorbitol) kullanılarak formülasyonlar hazırlanmış, hazırlanan çözelti petri kaplarına dökülerek termal yollarla serbest filmler hazırlanmıştır. İkinci adımda ise ksilan glisidil metakrilat kullanılarak modifiye edilmiştir. Metakrilat modifiye ksilan, metakril POSS ve susuz sol jel sistemleri kullanılarak çeşitli formülasyonlar hazırlanmış ve bu formülasyonlar UV ışınları kullanılarak sertleştirilmiştir.

Ayrıca, bu çalışmada kraft kağıtların yüzeyi söz konusu modifiye ksilanlardan yola çıkılarak hazırlanmış çeşitli kompozisyonlardaki kaplama malzemesi ile kaplanmış ve malzemenin kaplama performansı da incelenmiştir.

Tablo 6.1' de verilen yapışma testi sonuçlarına göre yapı içerisinde metakrilik grupların artması kaplama malzemesinde büzölmelere neden olmaktadır. Bu büzölmeler sonucunda kaplama ve kağıt arasındaki etkileşimler kaplama malzemesinin iç etkileşimlerinden daha zayıf kalmakta böylece kaplamanın yapışması azalmaktadır.

Tablo 6.1' de verilen sonuçlar incelendiğinde ksilan bazlı filmlerin içeriğinin değişmesine bağlı olarak su buharı geçirme hızında az miktarda bir artışa neden olduğu görülmektedir. UV kullanılmadan hazırlanan sistemlerde POSS partiküllerinin polimer yapısı arasına girerek filmlerdeki serbest hacmi kısmen arttırdığı düşünülmektedir. UV ile hazırlanan sistemlerde ise çapraz bağlanma dolayısıyla oluşan ağyapının su buharı geçirgenlik hızını düşürdüğü düşünülmektedir. Bu sistemde gerek POSS gerek silika taneciklerinin sisteme kovalent bağlı oluşları geçirgenlik hızının klasik sisteme göre az da olsa düşük olmasını sağlamaktadır.

Toplam migrasyon, özellikle gıda ile temas eden malzemelerden gıda maddesine geçebilen tüm maddeler için oluşturulmuş bir limittir ve toplamda 10 mg (madde)/dm² (ambalaj malzemesinin alanı) geçmemelidir. Spesifik migrasyon ise migrasyonun limitidir ve gıdaya geçebilen her bir madde için toksikoloji değerlendirilmesine dayanarak sabitlenmiştir. Spesifik migrasyon limiti genelde Avrupa Bilimsel Gıda Komitesi tarafından belirlenen kabul edilebilir veya tolere edilebilen günlük alıma göre oluşturulur. Spesifik malzemeler için mevzuatlar çerçeve çalışmaları tüzüğünde listelenen malzemeler grubunu kapsar. Son zamanlarda spesifik malzemelerdeki mevzuatlar seramikler (kadmiyum ve kurşun migrasyon limiti), rejenere edilmiş selüloz filmler, plastikler ve geri dönüşümlü plastikler içindir. Migrasyon test sonuçları Tablo 6.1' de gösterilmiştir. Test sonuçlarına göre ksilan esaslı malzeme ile hazırlanan kaplama malzemesin hidrofobik olduğunu göstermekle birlikte kraft kağıdın yağa karşı geçirimsizliğini kısıtlamaktadır.

Şekil 6.6' dan klasik yöntemlerle hazırlanmış POSS içermeyen ksilan esaslı filmlerin yüzeylerinin homojen olmadığı görülmektedir. Buna karşın POSS modifiye ksilan filmlerinin yüzeylerinin daha homojen hale geldiği görülmektedir. GMA modifiye ksilan esaslı UV ile sertleşen filmlerin ise son derece düzgün yüzeylere sahip olduğu görülmektedir. Formülasyonlara katılan metakril POSS ve susuz sol jelin malzeme ile homojen karışarak düzgün bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Filmlerin yüzeylerine EDX analizinin yapılması sonucunda filmlerdeki silisyum elementinin oranı formülasyonlarımızda dağılımın homojen olduğunu desteklemektedir. Susuz sol jel yapısında titanyum elementinin yer almasına karşın EDX analizinde varlığı görülmemiştir zira malzemeye uygulananan büyütme yukarıda belirtildiği gibi

erimeye neden olduğundan düşük miktardaki titanyum elementini belirlemek için gerekli enerji aralığında çalışılmamaktadır. Ksilan bazlı filmde elde edilen EDX sonuçları incelendiğinde silisyum elementinin yüzeydeki oranının kütleli olarak %3,5 ile 4,15 arasında; atomik olarak ise %1,82 ile 2,07 arasında olduğu görülmüştür.

Elde edilen filmlerin ışık geçirgenlikleri UV spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Tablo 6.4' de verilen sonuçlardan görüldüğü üzere, Ksilan-G ve Ksilan-S filmleri hızla nem absorbladığından şeffaf yapıları bozulmuş, opak bir görünüme geçmiş dolayısıyla ışık geçirgenliklerini yitirmişlerdir. Buna karşın KsilanPOSS-G ve KsilanPOSS-S filmleri 280 nm' den itibaren ışığı geçirmeye başlamışlardır. GMA-Ksilan-M-POSS ve GMA-Ksilan-Sol jel' li filmlerin ışık geçirgenlikler 340 nm' den sonra başlamıştır. M-POSS ve Sol jel miktarının değişmesi ışık geçirgenliği üzerinde kayda değer bir etki oluşturmamıştır.

Analizler sonucu elde edilen çekme kopma eğrilerine göre modifiye olmamış ksilan esaslı filmlerin kopma anındaki mukavemeti 4,1 ile 4.3 MPa aralığındadır. Glisidil POSS ile yapılan modifikasyonda sonra mukavemet değerleri yapı içerisine dahil olan silikanın etkisiyle 7,7 – 8,7 MPa değerlerine yükselmiştir. GMA ile yapılan modifikasyon sonucu üretilen filmler çapraz bağlı yapılar olduklarından mukavemetleri belirgin şekilde artmıştır. Ancak metakril POSS ve sol jel miktarındaki değişim mekanik özelliklerde belirgin bir değişikliğe neden olmamıştır. Malzemeler akma göstermeden kopmuştur. Elde edilen filmler kırılkan değildir. Nihai uzama değerleri arasında ise belirgin farklar olmamakla birlikte KsilanPOSS-G ve KsilanPOSS-S filmleri %12 civarlarında uzama göstererek diğer filmlerden esnek olduklarını ortaya koymuştur.

Malzememizin termo-oksidatif kararlılığı Termal Gravimetrik Analiz (TGA) yöntemi ile incelenmiş, sonuçlar Şekil 6.4 - 6.5 ve Tablo 6.3 de verilmiştir. Termogramların incelenmesinden görüleceği gibi ilk %10' lik kütle kaybı 65-98°C aralığında gerçekleşmiştir. Isıtmaya devam edildiğinde %50' lik kütle kaybı 148-401°C aralığında gerçekleşmiştir. Bu durum bize kaplama malzememizin oksidatif kararlılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Tüm bunlar dışında, örneklerimiz 290°C' den yukarıda son bir kütle kaybına uğramakta ve bu bozunma sıcaklığı malzememizin Si içeriğine bağlı olarak bir artış göstermektedir. Geri kalan, kül (char) miktarı örneklerimizdeki SiO₂ miktarının artışı ile paralel yönde davranarak

artmaktadır.

Sonuç itibarıyla, hem termal hem de UV ışınları ile sertleşebilen ksilan esaslı formülasyonlar hazırlanmış, bu formülasyonlardan serbest filmler ve kaplamalar üretilerek performansları incelenmiştir. Serbest filmler ve kaplanmış kağıtlar üzerine yapılan testlerden, bu çalışmada geliştirilen tarımsal atıktan üretilen ksilan esaslı malzemenin kraft kağıdın ambalaj özelliklerini geliştirdiği ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **Chiellini E., Corti A. A.**, Simple Method Suitable to test the ultimate biodegradability of environmentally degradable polymers, *Macromolecular Symposia*, 197, 381-395, (2003).
- [2] **Göksu E.I., Karamanlıoğlu M., Bakır U., Yılmaz L., Yılmaz U.**, Production and Characterization of Films from Cotton Stalk Xylan, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55, 10685-10691, (2007).
- [3] Renewable Xylan-based Barrier Coating For Packaging.
- [4] Properties Of Plasticized Composite Films Prepared From Nanofibrillated Cellulose And Birch Wood Xylan
- [5] **Erinç Bahçegül**, Tarımsal Atıkların Çevre Dostu Plastiklere Dönüşüm, *Bilim ve Teknik*, Nisan 2011, Sayı: 521
- [6] **Hansen N.M.L., Plackett D.**, Sustainable Films and Coatings from Hemicelluloses: A Review, *Biomacromolecules*, 9, 1493-1505, (2008).
- [7] **Gabrielli I., Gatenholm P.**, Preparation and properties of hydrogels based on hemicellulose, *Journal of Applied Polymer Science*, 69, 1661-1667, (1998).
- [8] **Kayseriliolu B.Ş., Bakır U., Yılmaz Y., Akkaş N.**, Use of xylan, an agricultural by-product, in wheat gluten based biodegradable films: mechanical, solubility and water vapor transfer rate properties, *Bioresource Technology*, 87, 239–246, (2003).
- [9] **Hazlewood, G. P. and Gilbert, H. J.**, 1993. Molecular biology of hemicellulases in Hemicellulose and Hemicellulases. pp. 103-127. M. P. Coughlan and G. hazlewood (Eds). Portland Press Ltd, NC, U.S.A.
- [10] **Kulkarni**, ve ark., 1999
- [11] **Gröndahl M., Gatenholm P.**, Oxygen Barrier Films Based on Xylans Isolated from Biomass, *ACS Symposium Series*, 954 (2007) 137-152.
- [12] **Henglein, F. A., Schneider, G.**, (1936), Über die Veresterung von Pektinstoffen. *Ber d. chem. Ges. B* 69: 309-324, cited in Fishman, M.L., Coffin, D.R., *Biodegradable Films from Pectin/starch and Pectin/poly(vinyl Alcohol)*, *Polymer Biocatalysis and Biomaterials*, ed: Cheng H.N., Gross R., *Acs Symposium Series*, Vol: 900, American Chemical Society, Washington D.C., 119-140, (2005)
- [13] **Wolff I.A., Davis H.A., Cluskey J.E., Gusdruji L.J., Rist C.E.**, Preparation of films from amylose, *Ind. Eng. Chem.*, 43, 915-919, (1951).
- [14] **Otey F. H., Westhoff R. P., Doane W.M.**, Starch-based blown films, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 26, 1659-1663, (1987).
- [15] **Tharanathan R.N.**, Biodegradable films and composite coatings: Past, present and future, *Trends in Food Science and Technology*, 14, 71–78, (2003).

- [16] **Kayserilioğlu B.Ş., Bakır U., Yılmaz L., Akkaş N.,** Drying temperature and relative humidity effects of wheat gluten film properties, *Journal of agricultural and food chemistry*, 51, 964-968, (2003).
- [17] **Li B., Kennedy J.F., Peng J.L., Yie X., Xie B. J.,** Preparation and performance evaluation of glucomannan–chitosan–nisin ternary antimicrobial blend film, *Carbohydrate Polymers*, 65, 488–494, (2006).
- [18] **Prof. Dr. Ufuk Bakır, Prof. Dr. Gürkan Karakaş,** Tarımsal Atık Ve Nanoyapılı Yarı-iletken Bazlı, Antimikrobik, Biyobozunur Filmlerin Üretilmesi Ve Karakterizasyonu, Proje No: 107M450, 2010
- [19] Sustainable food packaging materials based on future biorefinery products: Xylans and mannans , www.science index.com
- [20] **Ebringerová, A. and Heinze, T.,** 2000. Xylan and xylan derivatives – biopolymers with valuable properties, 1 Naturally occurring xylan structures, isolation procedures and properties. *Macromolecular Rapid Communications*, 21:542-556
- [21] **Gröndahl M., Eriksson L., Gatenholm P.,** Material Properties of Plasticized Hardwood Xylans for Potential Application as Oxygen Barrier Films, *Biomacromolecules*, 5 (2004) 1528-1535
- [22] **Stipanovic A.J., Haghpanah J.S., Amidon T.E., Scott G.M., Barber V., Mishra K.,** 2007: Opportunities for Hardwood Hemicellulose in Biodegradable Polymer Blends, *American Chemical Society*, 107-120.
- [23] **Hartman, Jonas,** 2006: Hemicellulose as Barrier Material, Department of Fibre and Polymer Technology School of Chemical Science and Engineering Royal Institute of Technology.
- [24] **Cooksey K.,** Feature: Antimicrobial food packaging materials, *Additives for Polymers* 2001, 6-10, (2001).
- [25] Ambalaj Araştırma Geliştirme İnceleme Dergileri
- [26] Ambalaj Sanayi ve Pazarı, Ambalaj Sanayicileri Derneđi, 2004
- [27] Ambalaj Sektör Profili, İstanbul Ticaret Odası, Şubat 2003
- [28] **Bayraktar, Fulya,** 2004, Kağıda Dayalı Ambalaj Malzemeleri Sektör Araştırması, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş.
- [29] Kağıt-Karton ve Ahşap Ambalaj Sanayii Değerlendirme Raporu, OAİB, 2002
- [30] KASAD, Kağıt-Karton Ambalaj Sanayicileri Derneđi Raporları
- [31] **Önen, Oğuzhan,** 2002, Oluklu Mukavva Ambalaj Ürünleri, TKB Araştırma Müdürlüğü.
- [32] Ambalaj Sanayii Sektör Araştırması, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, 2001
- [33] **ÇAKICI, Latif** (1973), İşletmelerde Ambalaj Sorunları ve Ambalaj Alanındaki Gelişmeler, A.Ü Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları No: 356, Ankara
- [34] Resmi Gazete, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sayı: 28053, 2011
- [35] **Chandra, R. and Rustgi, R.,** 1998. Biodegradable polymers. *Progress in Polymer Science*, 23:1273-1335.
- [36] **Tharanathan, R. N. and Saroja, N.,** 2001. Hydrocolloid-based packaging films-alternate to synthetic plastics. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 60:547-559.
- [37] **Petersen K, Nielsen PV, Bertelsen G et al.** Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci. Technol.* 1999; 10: 52–68.

- [38] **Lim, S. W., Jung, I. K., Lee, K. H. and Jin, B. S.**, 1999. Structure and properties of biodegradable gluten/aliphatic polyester blends. *European Polymer Journal*, 35:1875-1881.
- [39] **C uq, B., Gontard, N. and Guilbert, S.**, 1997. Thermal properties of fish myofibrillar protein-based films as affected by moisture content. *Polymer*, 38:2399-2405.
- [40] **Makino, Y. and Hirata, T.**, 1997. Modified atmosphere packaging of fresh produce with a biodegradable laminate of chitosan-cellulose and polycaprolactone. *Postharvest Biology and Technology*, 10: 247-254.
- [41] **Holton, E. E., Asp, E. H. and Zottola, E. A.**, 1994. Corn-starch-containing polyethylene film used as food packaging. *Cereal Foods World*, 39: 237-241.
- [42] **Kim, M., and Pometto III, A. L.**, 1994. Food packaging potential of some novel degradable starch-polyethylene plastics. *Journal of Food Protection*, 57:1007-1012.
- [43] **Biely, P.**, 1993. Biochemical aspects of the production of microbial hemicellulases in Hemicellulose and Hemicellulases. pp.29-52. M. P. Coughlan and G. Hazlewood (Eds). Portland Press Ltd, NC, U.S.A.
- [44] **Puls, J. and Schuseil, J.**, 1993. Chemistry of hemicelluloses: relationship between hemicellulose structure and enzymes required for hydrolysis in Hemicellulose and Hemicellulases. pp.1-28. M. P. Coughlan and G. Hazlewood (Eds). Portland Press Ltd, NC, U.S.A.
- [45] **Coughlan, M. P., Tuohy, M. G., Filho, E. X. F., Puls, J., Claeysens, M., Vrsanska, M., and Hughes, M. M.**, 1993. Enzymological aspects of microbial hemicellulases with emphasis on fungal systems in Hemicellulose and Hemicellulases. pp.53-85. M. P. Coughlan and G. Hazlewood (Eds). Portland Press Ltd, NC, U.S.A.
- [46] **Guilherme MR, Reis AV, Takahashi SH, Rubira AF, Feitosa JPA, Muniz EC** (2005) Synthesis of a novel superabsorbent hydrogel by copolymerization of acrylamide and cashew gum modified with glycidyl methacrylate. *Carbohydr Polym* 61:464–471
- [47] **Geng ZC, Sun JX, Liang SF, Zhang FY, Zhang YY, Xu F, Sun RC** (2006) Characterization of water-and alkali-soluble hemicellulosic polymers from sugarcane bagasse. *Int J Polym Anal Charact* 11:209–226
- [48] **Van Dijk-Wolthuis WNE, Franssen O, Talsma H, van Steenbergen MJ, Kettenes-van den Bosch JJ, Hennink WE** (1995) Synthesis, characterization, and polymerization of glycidyl methacrylate derivatized dextran. *Macromolecules* 28:6317–6322

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Sadife AYDIN

Doğum Yeri ve Tarihi: Kocaeli

Adres: Atatürk Cad. NO:59/2 Tokmak Köyü Altınova/YALOVA

E-Posta: sadifeaydin@gmail.com

Lisans: Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Bayramoğlu G. **Aydın S.**“Preparation of Xylan based UV curable coatings from renewable resources” European Polymer Congress - EPF 2013, 16-22 June 2013 Pisa, ITALY
- Bayramoğlu G. **Aydın S.**Zengingönül R., “Xylan Based Bionanocomposites” European Polymer Congress - EPF 2013, 16-22 June 2013 Pisa, ITALY