

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**PATATES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) ATIKLARININ POLİALKOLLERLE
SIVILAŞTIRILARAK POLİÜRETAN ESASLI KÖPÜKLERİN SENTEZİ VE
KARAKTERİZASYONU**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN: Tülay GÜRSOY
DANIŞMAN: Prof. Dr. Aycan GÜR
II. DANIŞMAN: Prof. Dr. M. Hakkı ALMA

VAN – 2016

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**PATATES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) ATIKLARININ POLİALKOLLERLE
SIVILAŞTIRILARAK POLİÜRETAN ESASLI KÖPÜKLERİN SENTEZİ VE
KARAKTERİZASYONU**

DOKTORA TEZİ

HAZIRLAYAN : Tülay GÜRSOY

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FBE-060 No'lu**
proje olarak desteklenmiştir.

VAN – 2016

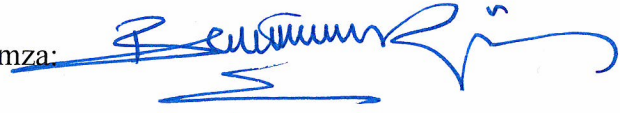
KABUL VE ONAY SAYFASI

Kimya(Fizikokimya) Anabilim Dalı'nda Prof.Dr. Aycan GÜR danışmanlığında, Tülay GÜRSOY tarafından sunulan “Patates (*Solanum tuberosum* L.) Atıklarının Polialkollerle Sıvılaştırılarak Poliüretan Esaslı Köpüklerin Sentezi ve Karakterizasyonu” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 17/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile başarılı bulunmuş ve doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr.M. Hakkı ALMA

İmza: 

Üye: Prof. Dr. Aycan GÜR

İmza: 

Üye: Prof. Dr. Mehmet TUNÇ

İmza: 

Üye: Prof.Dr. Semra KARACA

İmza: 

Üye: Prof.Dr. Mehmet UĞURLU

İmza: 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/....../..... tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Suat ŞENSOY

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Tülay GÜRSOY



ÖZET

PATATES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) ATIKLARININ POLİALKOLLERLE SIVILAŞTIRILARAK POLİÜRETAN ESASLI KÖPÜKLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

GÜRSOY, Tülay
Doktora Tezi, Kimya Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aycan GÜR
Haziran 2016, 126 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, patates bitkisinin kısımları olan patates toprak üstü bitkisi, patates kabuğu ve soyulmuş patatesin farklı asit katalizörleri, farklı asit katalizör konsantrasyonları ve farklı reaksiyon sürelerinde sıvılaştırılması sonucu elde edilen doğal polyolleri incelemek, poliüretan esaslı izolasyon köpük üretmek ve elde edilen izolasyon köpüğün fiziksel ve mekaniksel özelliklerini araştırmaktır. Patatesten elde edilen numuneler, mikrodalga-destekli fırın ile farklı asit katalizörleri, değişen asit katalizör konsantrasyonları ve farklı reaksiyon sürelerinde sıvılaştırılmıştır. Mikrodalga ısıtma enerjisi 350 watt/dak. ve karıştırma hızı 300 rpm olarak sabit tutulmuştur. Patates bitkisi bileşenleri PEG400-Gliserin/patates bileşeni 3/1 w/w oranı ile cam bir balon içerisinde sıvılaştırılmıştır. Sülfürik asit, hidroklorik asit, nitrik asit fosforik asit, okzalik asit dihidrat ve asetik asit, asit katalizörleri olarak kullanılmıştır. Her asit türü için üç farklı asit konsantrasyonu ve iki farklı reaksiyon süresi (15 dak. ve 30 dak.) uygulanmıştır. Optimum sıvılaştırma sağlayan reaksiyon muhtevassından belli bir miktar alınarak belli oranlarda sürfektan, katalizör, MDI (sertleştirici) katılıp mikserde 8000 rpm hız ile 20 saniye sürede karıştırılarak poliüretan köpükler elde edilmiştir.

Patates bitkisi öğelerinin sıvılaştırma reaksiyonu verileri Tanımlayıcı İstatistik kullanılarak, ortalama değerleri ve standart sapma miktarı ile verilmiştir. Patates öğelerinin sıvılaştırılmasından elde edilen polyollerin asit değeri (A.D.), hidroksil değeri (H.D.) ve fiziksel özelliklerine ilişkin veriler yine Tanımlayıcı İstatistik kullanılarak, ortalama değerleri ve standart sapma miktarı ile verilmiştir. Patates kabuğundan elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpük örneklerine ait kimyasal, fiziksel ve mekaniksel özellikler için Tanımlayıcı İstatistikler SAS paket programında

Proc means komutu ile elde edilmiştir. Bu üç öğeye (fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikler) ait korelasyonlar Proc Corr komutu ile elde edilmiştir. Ayrıca, köpüklerin fiziksel ve mekaniksel özellikleri arasındaki korelasyon SAS paket programı kullanılarak değerlendirilmiş ve betimsel istatistik ortalamaların karşılaştırılmasında kullanılmıştır.

Patates kabuğundan elde edilen köpüklerin yoğunlukları, biyolojik ve termal bozunması (TGA), basınç direnci, ses iletim hızı ve su alma değerlerinin, ticari sentetik köpüklerinkinden daha yüksek; elastikiyet modülü, geri kazanım (basınç direncinden hemen sonra ki boyut değişimi miktarı), ısı iletkenlik katsayısı ve hücre kalınlığı değerlerinin ise sentetik ticari köpüklerin değerlerinden daha düşük olduğu bulunmuştur.

Sonuç olarak, patates kabuğundan elde edilen poliüretan köpüklerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin ticari sentetik köpükler ile mukayese edilebilir olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga-destekli ısıtma fırını, Patates, Poliüretan köpük, Sıvılaştırma reaksiyonu.

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLYURETHANE-BASED FOAMS BY LIQUEFACTION OF POTATO WASTES (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) WITH POLYALCOHOLS

GÜRSOY, Tülay
Ph. D. Thesis, Chemistry Department
Supervisor: Prof. Dr. Aycan GÜR
June 2016, 126 Pages

The aims of this research were to investigate of natural polyols which had been derived from liquefaction reaction of potato components as potato vine, potato crust and stripped potato with different acid catalysts, changing acid catalyst concentrations and different liquefaction reaction periods, preparation of polyurethane-based insulation foams and investigation of physical and mechanical properties of produced insulation foams. Samples which were derived from potato plant liquefied by microwave-assistant oven with different acid catalysts, changing acid catalyst concentrations and reaction periods. Microwave-assistant energy as 350 watt/min and mixing speed as 300 rpm had been remained stable. Potato plant components had been liquefied with a ratio of PEG400-Glycerin/Potato components 3/1 w/w in a flask. Sulphuric acid, hydrochloric acid, nitric acid, phosphoric acid, oxalic acid dihydrate and acetic acid had been used as acid catalysts. Three kind of acid catalyst concentrations and two kinds of reaction periods (15 and 30 min) were applied for per kind of acid catalyst. A definite amount of mass was taken from liquefaction reaction which had supplied optimum liquefaction and then the definite amounts of liquefied potato-crust based polyol, catalyst, surfactant and water (blowing agent) premixed quickly at a high stirring speed of 8000 rpm for 15-20 seconds. Potato crust-based polyols were used for polyurethane foam preparation.

The datas of liquefaction reactions of potato plant's samples had been given with mean values and standart deviation values by using Descriptive Statistics. Datas of acid value (A.V.), hydroxide value (H.V.) and physical properties of polyols which had been derived from liquefaction of potato samples had been also given with mean values and standart deviation values by using Descriptive Statistics.

For chemical, physical and mechanical properties belonging to PU foams were derived from potato crust and synthetic PU foams had been obtained by Proc Means Instruction in SAS Statistic Package. Correlations belonging to these three factors (chemical, physical and mechanical properties) had been derived by Proc Corr Instructions. In addition, correlation between the physical and mechanical properties of foams had been evaluated by Sas Package Program. Descriptive Statistics had been used in comparison of mean values.

It was found that potato crust-based foams had higher values of density, biological and thermal degradation (TGA), compressive strength, sound conduction speed and water intake than commercial synthetic polyurethane foams. However values of elastic modulus, elongation after pressure, heat conductivity and cell thickness were lower than commercial synthetic polyurethane foams.

As a result, it was determined that polyurethane foams produced from potato crust-based polyols had comparable physical and mechanical properties to commercial polyurethane foams.

Keywords: Potato, Liquefaction reaction, Polyurethane foam, Microwave-assistant heating oven.

ÖN SÖZ

Tez çalışmam süresince benden her türlü desteği esirgemeyen ve çalışmama yön veren ve ayrıca doktora eğitimim süresince ilgi ve alakasını esirgemeyen ve bana sabır gösteren Tez Danışmanım Sayın Prof. Dr. Aycan GÜR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda ikinci danışmanım Sayın Prof. Dr. M. Hakkı ALMA'ya çalışma süresince yardımlarını esirgemediği ve hiçbir fedakarlıktan kaçınmadığı ve bana karşı gösterdiği sabırdan dolayı şükranlarımı belirtmek isterim.

Tez çalışmamda her türlü kolaylığı sağlayan Kimya Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Mehmet TUNÇ'a içten saygılarımı sunarım.

Basınç direnci testlerinin yapılmasında KSÜ Orman Fakültesi Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU ve Ses iletim hızının ölçülmesinde KSÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Hüseyin TEMİZ'e yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca yine tez çalışmamda yardımını esirgemeyen KSÜ Orman Fakültesi Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ALTUNTAŞ, öğretim elemanı Arş. Gör. Eyyüp KARAOĞUL ve Arş. Gör. Tufan SALAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İstatistik analizlerini yapan YYÜ Ziraat Fakültesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Barış KAKİ'ye yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Doktora tezime FBE-060 No'lu proje ile maddi olarak destek veren YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığına da ayrıca teşekkür ederim.

Son olarak aileme ve arkadaşlarıma tez döneminde gösterdikleri fedakarlıktan dolayı kendilerine müteşekkirdiğimi özellikle belirtmek isterim.

Tülay GÜRSOY

Van-2016



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
EK ŞEKİLLER DİZİNİ	xix
EK ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Poliüretanlar	2
1.1.1. Poliüretanların Tanımları	2
1.1.2. Poliüretanların Tarihçesi	2
1.1.3. Poliüretanların Kullanım Alanları	5
1.2. Poliüretan Köpükler	8
1.2.1. Poliüretan Köpüklerin Üretilmesi	11
1.2.2. Biyobozunur Poliüretan Köpükler	12
1.2.3. Biyobozunur Poliüretan Köpüklerin Hazırlanması	13
1.3. Enerji, Yalıtım, Çevre ve Biyokütle	14
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	16
2.1. Poliüretan Esaslı Köpüklerin Üretilme Yöntemleri ve Özellikleri	16
2.2. Patates Bitkisinin Kimyasal Analizleri	19
2.3. Biyo-kütle Sıvılaştırma Reaksiyonu Sonuçları	21
2.4. Sıvılaştırılmış Biyokütle-Polyolünün Asit Değerleri	22
2.5. Sıvılaştırılmış Biyokütle Polyolünün Hidroksil Değeri	22
2.6. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Yoğunlukları	23
2.7. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Isı İletkenlik Değerleri	23
2.8. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Basınç Direnci	24
2.9. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Basınçtan Sonraki Boyut Değişimi	25
2.10. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Elastikiyet Modülü	25
2.11. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin SEM Görüntüleri	26

	Sayfa
2.12. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Termal Bozunması.....	27
2.13. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Biyolojik Bozunması	27
2.14. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Su Alma Miktarları	28
3. MATERYAL VE METOD	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Bitki Materyali.....	29
3.1.2. Patates Öğeleri Örnekleri	29
3.1.3. Kimyasal Madde Materyalleri	30
3.1.4. Makine – Teçhizat Materyalleri	30
3.2. Yöntem	31
3.2.1. Patates Bitkisi Öğelerinin Sıvılaştırma Reaksiyonu Koşulları.....	31
3.2.2. Bitki Materyallerinin Kül Testi	33
3.2.3. Sıvılaştırmayan Patates Bitkisi Materyalinin Hesaplanması	33
3.2.4. Sıvılaştıran Patates Bitkisi Materyalinin Miktarı.....	33
3.2.5. Asit ve Hidroksil Değerleri.....	34
3.2.5.1. Asit Değeri Tayini	34
3.2.5.2. Hidroksil Değeri Tayini.....	36
3.2.6. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerinin Yoğunluğunun Ölçülmesi.....	37
3.2.7. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerinin Viskozitesinin Ölçülmesi.....	37
3.2.8. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerinin Yüzey Geriliminin Ölçülmesi.....	38
3.2.9. Sıvılaştırılmış Patates Polyolünün pH'larının Ayarlanması.....	38
3.2.10. Poliüretan Köpüğün Elde Edilmesi	38
3.2.11. Poliüretan Köpüklerin Yoğunluk Değeri'nin Ölçülmesi.....	39
3.2.12. Poliüretan Köpüklerin Isı İletkenlik Değerinin Ölçülmesi.....	39
3.2.13. Poliüretan Köpüklerin Ses İletim Hızının Ölçülmesi	40
3.2.14. Biyokütle Esaslı Poliüretan Köpüklerin Mekanik Özellikleri.....	40
3.2.14.1. Poliüretan Köpüklerin Basınç Direncinin Ölçülmesi	40
3.2.14.2. Poliüretan Köpüklerin Basınç Direncinden Sonraki Boyut Değişiminin (Geri Kazanım) Ölçülmesi.....	41
3.2.14.3. Poliüretan Köpüklerin Elastikiyet Modülü Değerinin Ölçülmesi	41
3.2.15. Poliüretan Köpüklerin Su Alma Testinin Yapılması.....	41
3.2.16. Poliüretan Köpüklerin Termal Bozunma Testinin Yapılması	42

3.2.17. Poliüretan Köpüklerin Taramalı (Scanning) Elektron Mikroskop (SEM) ile Görüntülenmesi	42
3.2.18. Poliüretan Köpüklerin Alçaltılmış Toplam Yansımali-Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (ATR-FTIR) Analizi.....	43
3.2.19. Poliüretan Köpüklerin Geniş-açılı X-Işını Difraktometresi (WAXRD) Analizi	43
3.2.20. Poliüretan Köpüklerin Biyolojik Bozunma Testinin Yapılması	43
3.2.21. İstatistiki Değerlendirme	44
4. BULGULAR	45
4.1. Patates Ögelerinin Sıvılaştırma Reaksiyonlarının Analizi	45
4.1.1. Patates Kabuğunun Sıvılaştırma Reaksiyonu Analizi	45
4.1.1.1. Patates Kabuğunun H_2SO_4 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması.....	45
4.1.1.2. Patates Kabuğunun HCl Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması	48
4.1.1.3. Patates Kabuğunun H_3PO_4 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması.....	50
4.1.1.4. Patates Kabuğunun $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması...	52
4.1.1.5. Patates Kabuğunun CH_3COOH Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması	54
4.1.1.6. Patates Kabuğunun HNO_3 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması	56
4.1.2. Soyulmuş Patatesin H_2SO_4 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması	57
4.1.3. Patates Topraküssü Bitkisinin H_2SO_4 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması.....	59
4.1.4. Kütlece %50 Patates Kabuğu + %50 Patates Topraküssü Bitkisinin H_2SO_4 Asit Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması	60
4.2. Köpüklerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	62
4.2.1. Fiziksel Özellikler	62
4.2.1.1. Yoğunluk	62
4.2.1.2. Isı İletkenlik Katsayısı	64
4.2.1.3. Ses İletim Hızı	66
4.2.1.4. Taramalı (Scanning) Elektron Mikroskop (SEM) Görüntüleri	68
4.2.1.5. Biyolojik Bozunma.....	71
4.2.1.6. Termal Bozunma (TGA)	73
4.2.1.7. Su Alma Testi	77
4.2.2. Mekaniksel Özellikler.....	81
4.2.2.1. Basınç Direnci	81
4.2.2.2. Basınç Direncinden Sonraki Boyut Değişimi (Geri Kazanım)	82
4.2.2.3. Elastikiyet Modülü	84

	Sayfa
4.2.2.4. Fourier Dönüşümlü Infrared (Kızılötesi) Spektroskopi Analizi.....	86
4.2.2.5. Geniş Açılı X-Işını Difraktometresi Analizi	91
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	95
KAYNAKLAR.....	103
EKLER	117
Ek 1. Şekiller	117
Ek 2. Çizelgeler	125



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Poliüretan Malzemeler	8
Şekil 1.2. Poliüretan köpüğün kullanım alanları	10
Şekil 1.3. Poliüretan oluşumu reaksiyonu	11
Şekil 1.4. Poliüretanın, difenil izosiyanat (MDI) ve sentetik doğal polyoller ile reaksiyonundan üretilmesi	13
Şekil 2.1. Poliüretan köpüğün oluşum aşamaları	17
Şekil 2.2. Biyobozunur poliüretan köpüğün oluşum aşamaları.....	18
Şekil 3.1. Patates bitkisi ögelerinin poliüretan esaslı köpük yapımına etkisinin araştırılmasında izlenen şema	32
Şekil 3.2. Sıvılaştırılmış bitki polyolünde asit değeri belirlenmesinin şematik gösterimi	35
Şekil 3.3. Sıvılaştırılmış bitki polyolünde hidroksil değeri belirlenmesinin şematik gösterimi	37
Şekil 4.1. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	47
Şekil 4.2. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	47
Şekil 4.3. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	49
Şekil 4.4. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	49
Şekil 4.5. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	51
Şekil 4.6. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	51
Şekil 4.7. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	53
Şekil 4.8. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	53

Şekil 4.9. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	55
Şekil 4.10. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	55
Şekil 4.11. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	57
Şekil 4.12. Soyulmuş patatesin 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	58
Şekil 4.13. Patates topraküssü bitkisinin 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	60
Şekil 4.14. Patates kabuğu/patates topraküssü bitkisi : 1/1 m/m 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı	62
Şekil 4.15. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile sentetik köpüklerin yoğunluk miktarları	64
Şekil 4.16. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ısı iletkenlik katsayıları	66
Şekil 4.17. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ses iletim hızı	67
Şekil 4.18. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin SEM görüntüsü	70
Şekil 4.19. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin SEM görüntüsü	70
Şekil 4.20. Kontrol grubu (sentetik) köpüklerin SEM görüntüsü.....	71
Şekil 4.21. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin toprağa gömme testine göre ağırlık kayıpları	73
Şekil 4.22. Patates kabuğunun termal bozunmada sıcaklığa (°C) bağlı olarak ağırlık kaybı	74
Şekil 4.23. Patates kabuğundan elde edilen köpüklerin termal bozunmada ve diferansiyeli alınmış termal bozunmada sıcaklığa (°C) bağlı olarak ağırlık kaybı.....	75
Şekil 4.24. Patates kabuğundan elde edilen köpüklerin termal bozunmadan yararlanılarak aktifleşme enerjisinin hesaplanması grafiği	75

Şekil 4.25. Kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunmada sıcaklığa (°C) bağlı olarak ağırlık kaybı.....	76
Şekil 4.26. Patates kabuğu, patates kabuğundan elde edilen köpüklerin ve kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunmada sıcaklığa (°C) bağlı olarak ağırlık kayıpları	76
Şekil 4.27. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin zaman içerisinde su alma miktarının yüzdesi	79
Şekil 4.28. Kontrol grubu sentetik PU köpüklerin zaman içerisinde su alma miktarlarının yüzdesi	80
Şekil 4.29. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin basınç direnci değerleri	82
Şekil 4.30. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu (sentetik) köpüklerin basınç direncinden hemen sonraki ve 1 gün sonraki boyut değişim değerleri	84
Şekil 4.31. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu (sentetik) köpüklerin elastikiyet modülü değerleri	86
Şekil 4.32. Patates kabuğunun ATR-FTIR spektrumu	87
Şekil 4.33. Sıvılaşmamış patates kabuğunun ATR-FTIR spektrumu. Mikrodalga Enerjisi: 350 Watt/dak. Karıştırma Hızı: 300 rpm/dak., Asit Konsantrasyonu (H ₂ SO ₄): %9, PEG400-Gliserin/Pat. Kabuğu: 3/1, PEG400/Gliserin: 4/1.	87
Şekil 4.34. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün ATR-FTIR spektrumu.....	88
Şekil 4.35. Kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ATR-FTIR spektrumu	89
Şekil 4.36. Patates kabuğu, sıvılaşmamış patates kabuğu, patates kabuğundan elde edilen PU köpük ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin birlikte ATR-FTIR spektrumları.....	90
Şekil 4.37. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün geniş-açılı X-ışını kırınımı deseni.....	91
Şekil 4.38. Kontrol grubu (sentetik) köpüklerin geniş-açılı X-ışını kırınımı deseni.....	92
Şekil 4.39. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu (sentetik) köpüklerin geniş-açılı X-ışını kırınımı deseni.....	93



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Poliüretan köpüklerde aranan özellikler.....	18
Çizelge 2.2. Patates türlerinin kimyasal bileşim analizi.....	19
Çizelge 2.3. Türkiye’de yıllara göre patates ekim alanı, üretim miktarı ve verimi	20
Çizelge 2.4. Dünya patates üretim durumu dikim alanı (Ha), Üretim (Ton), verim (kg/da).....	20
Çizelge 2.5. Tatlı patates yaprakları ve sarmaşıklarının kimyasal analizi (KM’de, %)..	21
Çizelge 3.1. Bitki materyali topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
Çizelge 3.2. Patates kabuğundan elde edilen poliüretan esaslı köpük üretiminin hazırlanmasında kullanılan kimyasalların miktarı.....	38
Çizelge 4.1. Patates Kabuğunun H_2SO_4 katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri.....	46
Çizelge 4.2. H_2SO_4 katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	46
Çizelge 4.3. Patates kabuğunun HCl katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri	48
Çizelge 4.4. HCl katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	48
Çizelge 4.5. Patates kabuğunun H_3PO_4 katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri.....	50
Çizelge 4.6. H_3PO_4 katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	50
Çizelge 4.7. Patates kabuğunun $H_2C_2O_4.2H_2O$ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri.....	52
Çizelge 4.8. $H_2C_2O_4.2H_2O$ katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	52
Çizelge 4.9. Patates kabuğunun CH_3COOH katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri.....	54
Çizelge 4.10. CH_3COOH katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	54

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.11. Patates kabuğunun HNO ₃ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri.....	56
Çizelge 4.12. HNO ₃ katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri özellikleri.....	56
Çizelge 4.13. Soyulmuş patatesin H ₂ SO ₄ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri.....	57
Çizelge 4.14. H ₂ SO ₄ katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	58
Çizelge 4.15. Patates topraküssü bitkisinin H ₂ SO ₄ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri	59
Çizelge 4.16. H ₂ SO ₄ katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates topraküssü polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	59
Çizelge 4.17. Patates kabuğu / patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m karışımının H ₂ SO ₄ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri	60
Çizelge 4.18. H ₂ SO ₄ Katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu / patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m karışımını polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	61
Çizelge 4.19. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin yoğunluk miktarlarına ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-Testi sonuçları.....	63
Çizelge 4.20. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin ısı iletkenlik katsayılarına ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-testi sonuçları	64
Çizelge 4.21. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin ses iletim hızı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-Testi sonuçları.....	66
Çizelge 4.22. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin hücre kalınlığı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-Testi sonuçları.....	68
Çizelge 4.23. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin biyodegradasyon miktarları yüzdesine ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-Testi sonuçları	71
Çizelge 4.24. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunma verileri	73

Çizelge**Sayfa**

Çizelge 4.25. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin su alma testi verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları	78
Çizelge 4.26. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik köpüklerin su alma miktarlarına ilişkin varyans analizi.....	78
Çizelge 4.27. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpük grupları arasındaki Duncan çoklu karşılaştırma testi verileri	79
Çizelge 4.28. Kontrol grubu sentetik PU köpük ve patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük grupları arasındaki Duncan çoklu karşılaştırma testi verileri.....	80
Çizelge 4.29. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin basın direnci verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları	81
Çizelge 4.30. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin geri kazanım miktarının yüzdesine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları.....	83
Çizelge 4.31. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin elastikiyet modülü verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları	85



EKLER DİZİNİ

Ek	Sayfa
Ek Şekil 1. Patates Topraküssü Bitkisinin Görünümü	119
Ek Şekil 2. Patates Kabuğunun Görünümü	119
Ek Şekil 3. Patates Öğelerinin Öğütülmesi	119
Ek Şekil 4. Patates Öğelerinin Elenmesi	120
Ek Şekil 5. Patates Öğelerine Ait Öğüntülerin Etüvde Kurutulması.....	120
Ek Şekil 6. Patates Öğelerinin Öğüntüsünün Sıvılaştırma Reaksiyonu Reaktiflerinin Görünümü	120
Ek Şekil 7. Patates Öğelerinin Öğüntüsünün Mikro-dalga Fırınında Sıvılaştırılması..	121
Ek Şekil 8. Patates Polyolünün Görüntüsü.....	121
Ek Şekil 9. Patates Öğelerinin Kül Testi Görünümü.....	121
Ek Şekil 10. Sıvılaşmayan Patates Öğesi Miktarının Belirlenmesi.....	122
Ek Şekil 11. Sıvılaşmayan Patates Öğesi Miktarının Belirlenmesi.....	122
Ek Şekil 12. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerinin Görünümü	122
Ek Şekil 13. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerine Ait Polyollerin Asit ve Hidroksil Değerlerinin Belirlenmesi Testinin Görünümü	123
Ek Şekil 14. Patates Polyolünün Viskozitesinin Ölçülmesi	123
Ek Şekil 15. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Götüntüsü	123
Ek Şekil 16. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin SEM Görüntülerinin Çekilmesi	124
Ek Şekil 17. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Isı İletkenlik Katsayısının Ölçülmesi	124
Ek Şekil 18. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin FTIR Analizi Görüntüsü.....	124
Ek Şekil 19. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Ses İletim Hızı Ölçümü Görüntüsü.....	125
Ek Şekil 20. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Mekanik Testleri ve Yoğunluk Ölçümü İçin İklimlendirilmesi Görüntüsü.....	125

Ek**Sayfa**

Ek Şekil 21. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Basınç Testlerinin Yapılması Görüntüsü	126
Ek Şekil 22. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin TGA Analizinin Görüntüsü.....	126
Ek Şekil 23. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin WAXRD Analizinin Görüntüsü.....	126



EK ÇİZELGELER DİZİNİ

Ek

Sayfa

Ek Çizelge 1. Patates kabuğundan elde edilen poliüreat esaslı köpüklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin korelasyonu	127
---	-----





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
ha	Hektar (Alan Ölçüsü)
mL	Milimetre
s	Saniye
kcal/mh °C	Kilokalori/Metre Saat/Santigrat Derece (Isıl Değeri)
C	Santigrat
kPa	KiloPaskal
μ	Buhar Geçirgenliği (kg/h m mm ss) (Buhar Difüzyonu)
V	Hacim
g	Gram
mg	Miligram
dm ³	Desimetreküp
kg	Kilogram
da	Dekar (Alan Ölçüsü)
%	Yüzde
m.mol	Milimol
W/wK	Watt/Metre Kelvin
MPa	Megapaskal (Elastikiyet Modülü)
μm	mikrometre (SEM Hücre Boyutu)
cm	Santimetre
mesh	Elek Çapı
L	Litre
M _A	Molekül Ağırlığı
dak.	Dakika
m.e.	Miliekivalent
mm	Milimetre

Simgeler	Açıklama
cm³	Santimetreküp
cal	Kalori
kV	Kilovolt
m	Metre
nm	Nanometre
mhos/cm	Elektrik İletkenliği Saniye/Santimetre (Toprak Analizi, Tuzluluk)
ppm	Miligram/kg veya Litre Çözeltide Çözünen
JIS	Japone Endüstri Standardı
d	Yoğunluk
H₂SO₄	Sülfirik Asit
H₃PO₄	Fosforik Asit
CH₃COOH	Asetik Asit
HCl	Hidroklorik Asit
HNO₃	Nitrik Asit
C₂H₄.2H₂O	Oksalik Asit Dihidrat
R	Sıvılaşmayan Kalıntı Miktarının Yüzdesi
S	Sıvılaşan Kalıntı Miktarının Yüzdesi
AD	Asit Değeri
HD	Hidroksil Değeri
λ	Isı İletkenlik Değeri
g	Numuneden Geçen Isı Miktarı
SEM	Tarayıcı (Scanning) Elektron Mikroskop
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
ATR	Alçaltılmış Toplam Geçirgenlik
WA X-RD	Geniş Açılı X-Işınları Difraktometresi
Cu	Bakır
K	Potasyum
α	Alfa (Yüksek Derecede İyonlaştırıcı Işın Formu)

Simgeler	Açıklama
λ	Dalga Boyu
A. K.	Ağırlık Kaybı
Tan	Tanjant
N	Normalite/Normal
M	Molarite/Molar
T	Sıcaklık
Π	Pi Sayısı
SAS	İstatiksel Analiz Programı
LSD	Least Significant Difference (En Küçük Önemli Fark)
GLM	Genel Çizgisel Model
°	Derece
C	Santigrat
cP	Santipoise
dyn	din (Güç Birim)
CO₂	Karbondioksit
OH	Polyol
NCO	İzosiyanat
HCFC	Hidrokloroflorkarbon Grubu Gazlar
PU	Poliüretan
PEG	Polietilen Glikol
PEG400	Polietilen Glikol 400
NO_x	Azot Monooksit, Azotdiksit
SO₂	Monosülfürdiksit
rpm	Devir
DIN	Yapı Malzemelerinin Yanmazlık Testi Standardı
pH	Hidrojen İyonu Kon. Eksi Logaritması
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
KM	Kuru Madde
N.	Azot

Simgeler	Açıklama
NDF	Nötr Deterjan Lifi
ADF	Asit Deterjan Lifi
KOH	Potasyum Hidroksit
NaOH	Sodyum Hidroksit
SH192	Süpfektan Kodu
SH193	Süpfektan Kodu
m	Kütle
DBTDL	Dibütildilaurat Katalizör
MDI	Metilen Difenil Diizosiyanat
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopisi
TGA	Termal Gravimetrik Analiz
V(v)	Hacim
DAP	Diamonyum Fosfat Gübresi
CaCO₃	Kalsiyum Karbonat
P₂O₅	Fosforpentaoksit
K₂O	Potasyumoksit
N	Numune
dk.	Dakika
OH⁻	Hidroksil İyonu

1. GİRİŞ

Personate (tubiflarde) takımı, patlıcangiller (Solanacee) familyasına ait olan patates (*Solanum tuberosum* L.) yumruları yenen otsu bir bitkidir. Ülkemizde özellikle dar gelirli ailelerin çok tükettiği bir sebze çeşidi ve önemli bir sanayi maddesidir (Şengül ve Keleş, 2005). Patates kutuplar haricinde hemen hemen her yerde yetiştirilebilen bir kültür bitkisidir. Dünyada gıda kaynağı olarak patates, buğday, çeltik ve mısırdan sonra 4. sırada yer almaktadır (Karadoğan ve Özer, 1997; Didin ve Fenercioğlu, 1999).

Patates bitkisi ağırlıkta insan beslenmesindeki taze tüketimine ilave olarak gıda sanayisinde de kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek oranda nişasta içermesinden dolayı çocuk maması, pudra, glikoz, ispiroto, tutkal, dekstrin ve alkol hammaddesi olarak da kullanılmaktadır (Didin ve ark., 2000).

Patates bitkisi yumru, sap, yaprak ve çiçek kısımlarından oluşur. Patates topraküssü bitkisi her yıl Türkiye ve dünyada birçok tarımsal atık gibi hasat sonrası tarlalarda atıl olarak bırakılmakta ve yakmak dışında bir işe yaramamaktadır. Patates kabuğu ise çürümek üzere toprağa katılmaktadır. Tatlı patates yapraklarının hayvan beslemede kullanılması üzerine çalışma bildirilmiş olsa da uygulanması sınırlı olmuştur (Özelçam, 2013).

Odun ve benzeri lignoselülozik bitkilerden elde edilen kompozit kullanımı tüm dünyada giderek artmaktadır çünkü orman doğal kaynakları hızla tüketilmekte ve çevresel alternatif malzemelerin değerlendirilmesi yönünde yapılacak çalışmalar önem kazanmaktadır.

Bu amaçla birçok alternatif lignoselülozik hammaddelerden köpükler üretilerek ısı ve yalıtım malzemesi olarak kullanılmaktadır. Aslında ticari olarak izolasyon materyali olan poliüretan köpüklerin esas hammaddesi polyoller ile izosiyanat olup, köpük yapımında bazı kimyasallar katılarak standartlara uygun köpükler elde edilmektedir. Ancak sentetik köpüklerde kullanılan kimyasallar, petrol artıkları maddelerden olduğu için çevreyi olumsuz etkilemekte, CO₂ miktarını arttırmakta ve küresel ısınmayı hızlandırmaktadır. Bu nedenle gerek doğada gerekse tarımsal üretim

alanlarında bol miktarda bulunan değişik lignoselülozik materyalllerden poliüretan esaslı köpükler yapılmaktadır.

1.1. Poliüretanlar

1.1.1. Poliüretanların Tanımları

Poliüretan (PU) iki ya da daha fazla hidroksil ($-OH$) grubu içeren poliol madde ile iki veya daha fazla $-NCO$ grubu içeren izosiyanatlar arasındaki ekzotermik reaksiyon sonucu üretilen polimer maddedir (Anonim, 2014).

Poliüretanlar, kısmi ortak grup olarak üretanın bulunduğu genel bir polimer sınıfıdır (Cinelli ve ark., 2013).

Poliüretanlar, içeriğindeki çeşitli maddelerin ve kompozisyonlarının düzenlenmesi ile hızlıca uygun hale getirilebilen özelliklerinden dolayı geniş alanda uygulama alanı bulabilen çok yönlü yapı malzemeleridir (Cinelli ve ark., 2013; Hapburn, 1991; Szycher, 1999).

Poliüretanlar, çok sayıda modern polimerik materyaller için hammadde olarak kullanılan yaygın yüksek moleküler bileşenlerdir (Cinelli ve ark., 2013).

Poliüretanlar; levha, köpük, alet ve boya gibi materyalleri oluşturabilen en faydalı üç boyutlu polimerlerden birisidir (Alma, 2005).

Poliüretanlar, farklı bileşimleri bulunan ve buna bağlı olarak farklı özellikler gösteren büyük çeşitlilikte polimerlerdir (Alma ve ark., 2003).

1.1.2. Poliüretanların Tarihçesi

1937: İlk poliüretan yapısı Otto Bayer tarafından IG Farben şirketinin laboratuvarlarında Almanya’da üretildi.

1940: Sert poliüretan köpük ilk kez uçak endüstrisinde kullanıldı.

1941: Metal, cam ve kauçuk malzemeleri birbirine bağlayıcı malzeme olarak endüstride kullanılmaya başlandı.

1948: Yalıtım malzemesi olarak soğuk sıvı taşıma fiçılarında uygulamalar yapıldı.

1949: Vulkanize elastomer olarak kullanıldı.

1953: Ayakkabı tabanlarında kullanılmaya başlandı.

1954: Sünger yapısı olarak poliüretan köpükler kullanılmaya başlandı.

1958: Giyim sektöründe kullanılması için ilk lifler geliştirildi.

1959: Nasa tarafından Merkür'e gidebilecek uzay mekiği astronotlara poliüretan kaplama kıyafetleri geliştirildi.

1960: Sandviç panel üretiminde kullanıldı.

1966: Kolluklar ve ayakkabı tabanları için vazgeçilmez bir sanayi ürünü oldu.

1967: Mekanik parçaları ve iç dizaynında poliüretan kullanılan ilk araç Almanya'da sergilendi.

1969: Güvenlik artışı amaçlı araba tamponlarında kullanıldı.

1970: Yapay ahşap, ortopedik ve medikal uygulamalarda kullanıldı.

1972: Termoplastik poliüretan tekerlekler geliştirilip, patenti alınmış tekerleklerin üretiminde yaygın olarak kullanıldı.

1972: Münih Olimpik Stadın tribünleri kaplandı.

1977: Bob Evans tarafından su altı aktiviteleri için poliüretan "Forcefin" paletler üretildi.

1979: Bina yalıtımları için sprej poliüretan köpük icat edildi.

1980: Poliüretan kökenli sandviç paneller üretildi.

1981: Poliüretandan sörf tahtaları yapılmaya başlandı.

1985: Arabalarda yolcu güvenliği için enerji absorplayan köpükler üretildi.

1990: Poliüretandan yalıtımlı pencere çerçeveleri Darmstadt-Almanya'da kullanıldı.

1990: Futbol sporu için poliüretan içeren malzemeler üretildi.

1991: Tempur-Peic tarafından hafıza etkili poliüretan yataklar geliştirildi.

1992: Nasa'nın Endeavour uzay mekiğinde harici yakıt tanklarını korumak için poliüretan kullanıldı.

1993: İnce duvar, medikal hortumlar ve vücut içi kateter hortumlar üretildi.

1995: Bisiklet lastiklerinin performanslarını arttırmak için poliüretan malzemeler kullanılmaya başlandı.

2001: Araba lastik performansını arttırmak için poliüretan malzemeler kullanıldı.

2003: Tüm poliüretan köpükler için HCFC gazlar serbest bırakıldı.

2004: Syncardia, poliüretan partiküller ile 10 yıllık klinik çalışma sonucunda poliüretan yapay kalp onayını aldı. İlk yapay kalp denemeleri yapıldı.

2007: Raylı araçlarda köpük dolgululu halat kullanılarak çevre kirliliği ve bakım gereksinimlerinin azaltılacağı görüldü.

2008: Yüzücüler için %100 yüksek hız sağlayan poliüretan mayoların kullanımına izin verildi.

2008: Kaldırımlar için havanın hareketini sağlayan gözenekli ve suya dayanıklı "Elastopave" elastik zemin geliştirildi.

2009: Arabaların yüzey çiziklerinin tamiri için kendiliğinden sertleşebilen PU icat edildi.

2010: Poliüretan hafif ve dayanıklı olmasından yararlanılarak, ilk güneş enerjili uçakta kullanıldı.

2011: Apple, ipad2 için poliüretan akıllı kapağı piyasaya sürdü.

2011: Kuş hareketlerini taklit ederek uçan ilk robot "smart-bird" poliüretan-fiber kasadan yapıldı.

2011: Ürettiği uçaklarda poliüretan teknolojisini kullanan Kirbus Firması 10.000 siparişine ulaştı.

2011: Formula 1'de güvenlik için parça lastik yerine poliüretan blokları kullanılmaya başlandı.

2011: Üretilen elektrikli arabalarda hafiflik, tasarım ve yüksek performans için PU köpük kullanıldı.

2011: Almanya'da poliüretan üretimi için karbondioksit kullanan ilk tesis açıldı (Anonim, 2016a).

1.1.3. Poliüretanların Kullanım Alanları

Poliüretanlar, değişik şekillerde materyaller, levhalar, köpükler ve boyalar oluşturur. Farklı uygulamaları yerine getirmesi için dolgu maddesi, koltuk kaplaması için esnek köpük, kısmî-sert iç-doku köpüğü olarak araba parçası, sert köpük olarak izolasyonda, termoplastik elastomer, yüksek performanslı yüzey kaplama, tekstilde esnek kaplama, deri ve elastik fiber olarak kullanılmaktadır (Philips ve Parker, 1965; Ferrigo, 1967).

Poliüretanlar, esnek sünger, sert köpük, kaplama maddesi, boya, elastomer, lastik, otomobil direksiyonu, yapıştırıcı, ambalaj malzemesi, mobilya dolgu malzemesi, ayakkabı tabanı, izolasyon malzemesi, deri tekstil malzemesi, elektronik aletlerde kaplama malzemesi, kateter ve yara örtücü olarak kullanılan polimer malzemedir.

Sert köpükler, poliüretan ürünü malzemelerdir. Isı izolasyonu amacı ile buzdolabı, dondurucu, çeşitli depolama tankları ve binaların ısı yalıtımında kullanılmaktadır (Anonim, 2014a).

Geniş bir kullanım alanı bulunan poliüretanların dünyadaki tüketiminin %75'inden fazlası köpük üretimi amaçlıdır. Poliüretan köpük, ısı yalıtımı, ses yalıtımı, endüstriyel mantolama ve ambalaj malzemelerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Amerika'da 2004 yılı itibariyle poliüretan kullanım alanları aşağıdaki şekilde gerçekleşmiştir (Anonim, 2014b).

Yapı ve İnşaat Sektörü	: %26.8
Nakliye Sektörü	: %23.8
Mobilya Sektörü	: %20.7
Alet ve Cihaz Sektörü	: %5.1
Ambalaj Sektörü	: %4.6

Tekstil Sektörü	: %3.3
Makine Sektörü	: %3.3
Elektronik Sektörü	: %1.4
Ayakkabı ve Terlik Sektörü	: %0.7
Diğer Sektörler	: %10.2



PU plastik malzemeler



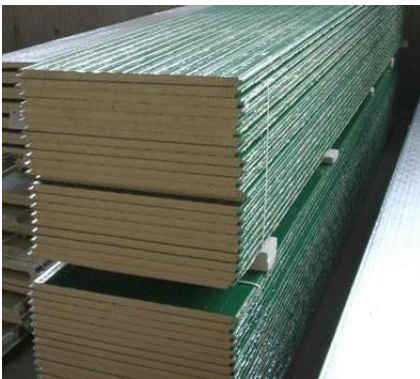
PU yapıştırıcı



PU plastik dosya



PU cam yünü



PU levhalar



PU zemin kaplama

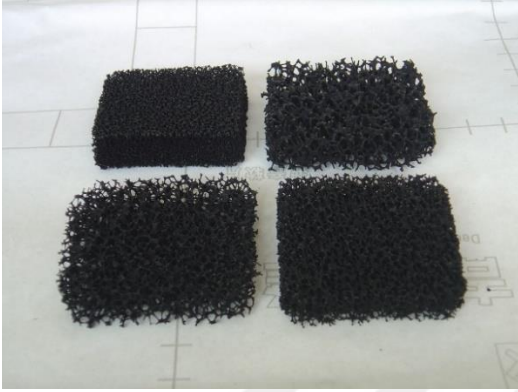
Şekil 1.1. Poliüretan Malzemeler.



PU su bazlı boya



PU bant



PU dolgu malzeme



PU ahşap yapı



PU boru kaplama



PU duvar kaplama

Şekil 1.1. Poliüretan Malzemeler (devam).



PU sprey



PU çizme

Şekil 1.1. Poliüretan Malzemeler (devam).

1.2. Poliüretan Köpükler

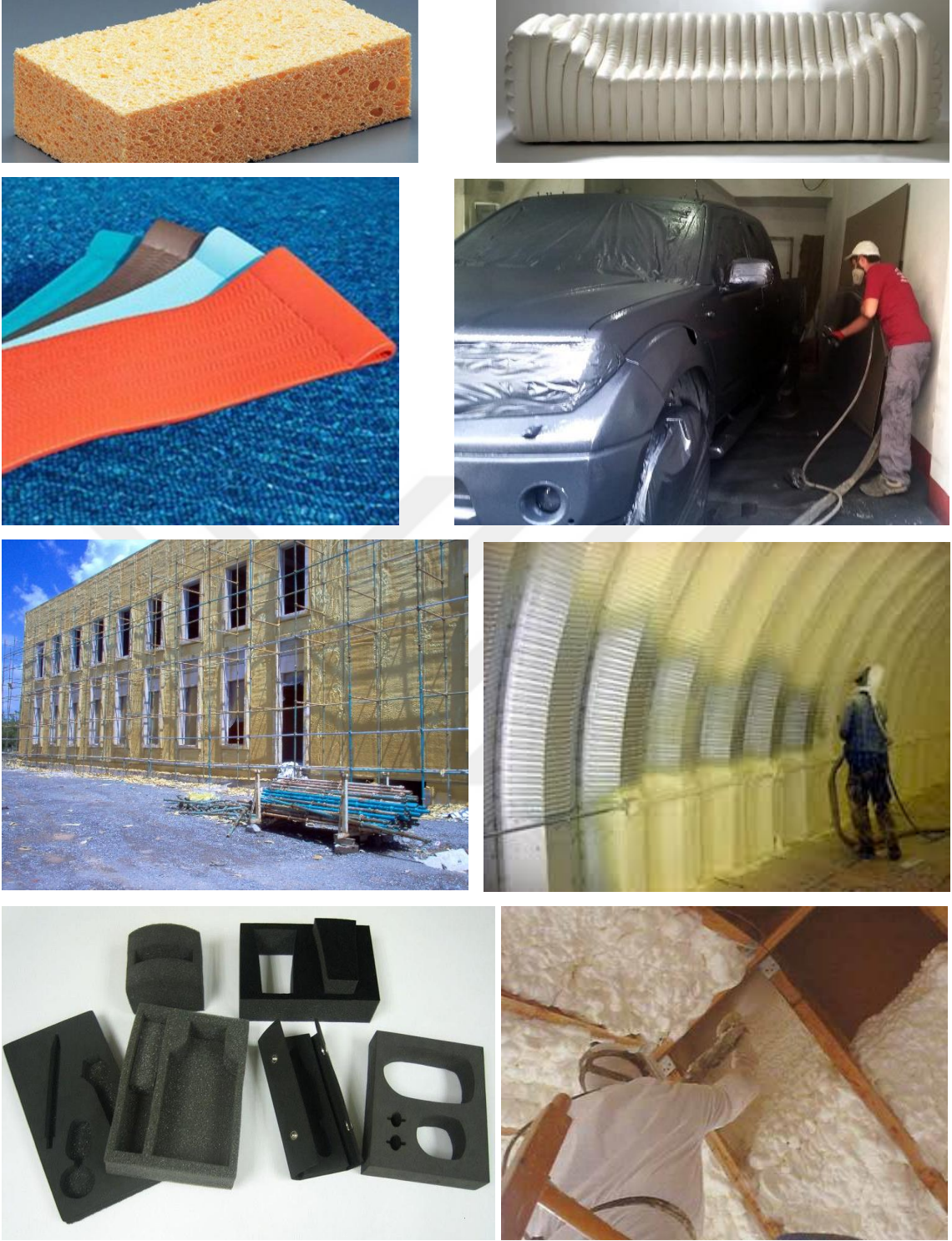
Poliüretan köpükler, en önemli ticari PU ürünlerden birisidir. Polyoller (polieter ve poliester) ve izosiyanat, PU köpük üretimi için iki temel hammaddedir ve halen fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Petrol temelli olan bu ürünlerin temel sakıncası yenilenebilir ve biyobozunur olmamalarıdır (Pan ve ark., 2011).

Poliüretan köpükler yaygın olarak yalıtım, ambalajlama, kaplama, yapısal eleman, su üzerinde yüzen eleman ve yük mukavemeti elemanı gibi alanlarda kendine özgü üstün termal yalıtkan kombinasyonundan ve mekanik özelliklerinden dolayı kullanılmaktadır (Zheng ve ark., 2011).

Yukarıda bahsetmiş olduğumuz kullanım alanlarına ek olarak PU köpükler sağlık, tarım ve çevre teknolojileri alanlarında absorban madde olarak kullanılmaktadır. Mikro ve makro düzeyde heterojen yapılarından dolayı PU köpükler, biyolojik olarak aktif antibiyotikleri (Guelcher ve ark., 2006), analjezikleri (Jorgensen ve ark., 2006; Zutt ve ark., 2007), enzimleri (Romaskevicius ve ark., 2006; Bakker ve ark., 2000; Pires–Cabral ve ark., 2005) peptidleri (Rhoades ve ark., 2007), fibrini (Mauth ve ark., 2009), sentetik (D’Arcy, 2001; Payne ve Ambrosio, 2009; Bhende ve Spangler, 2004; Martineau ve Shek, 2006; Ignacio ve ark., 2011; Savelyev, 2011) ve doğal biyositleri (Savelyev, 2011; Ge ve ark., 2003; Sivak ve ark., 2008; Hong ve ark., 2006; Rai ve ark., 2009) adsorplayabilir. Bu nedenle, ilaç maddelerini taşıma sistemi, salgılama sistemi ve yanık

spreyi olarak kullanılırlar (Martineau ve Shek, 2006; Ignacio ve ark., 2011; Savelyev ve ark., 2001; Van Minnen ve ark., 2005; Laschke ve ark., 2009; Kim ve Kang, 2007; Nielsen, 2008; Fugmann ve ark., 2009; Cho ve ark., 2002; Bozouve ark., 2005; Young ve ark., 2002; Amione ve ark., 2005; Sakurai ve ark., 2007; Nielsen ve ark., 2009; Steffansen ve Herping, 2008; Keskin ve ark., 2008). PU köpükler, jel-silikon meme dolgusu olarak uzun süreli, faydalı ve güvenli dolgu maddesi olarak ve çeşitli biyomedikal amaçlar için kullanılır (Handel ve Gutierrez, 2006; Handel ve ark., 2006; Roderick Hester ve ark., 2001; Zanette ve ark., 2009; Lakshman ve ark., 2010 ; Oh ve ark., 2011; Schönberger ve ark., 2011; Sequeiros ve ark., 2011; Kuranska ve Prociak, 2012).

Poliüretan köpükler, yapısal özelliklerine bağlı olarak atık sulardan ağır metal ve boyar maddelerin uzaklaştırılması için adsorban olarak kullanıldıkları çalışmalar ise mevcuttur (Acemioğlu ve Alma, 2004; Bilir, 2009).



Şekil 1.2. Poliüretan köpüğün kullanım alanları.

1.2.1. Poliüretan Köpüklerin Üretilmesi

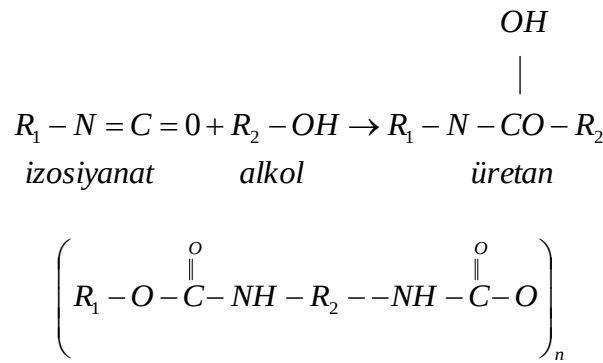
Poliüretan köpüklerin temel iki hammaddeyi polyol (polieter ve poliester) ve izosiyanattır. Genel olarak oda sıcaklığının yeterli olduğu ekzotermik polimerleşme reaksiyonunun hızı, katalizör kullanarak kontrol edilebilir. Poliüretan köpüklerin yapısal özellikleri polyol/izosiyanat (OH/NCO) oranı, alev geciktirici, sürfektan ve üfleme ajanlarının türü ve miktarı ile ayarlanabilmektedir.

Silikon blok kopolimerlerin de beraberinde kullanılması ile sıvı olan bu malzemelerin döküm safhasında karıştırılarak dökülmesi one-shot prosesini mümkün kıldı.

Poliüretan köpük üretim teknikleri;

1. Blok Döküm
2. Levha Döküm
3. Püskürtme
4. Dökme
5. Çift Bant Haddeden Geçirme
6. Kalıplama

olarak sıralanabilir (Aydın ve Ekmekçi, 2002).



Şekil 1.3. Poliüretan oluşumu reaksiyonu (Aydın ve Ekmekçi, 2002).

1.2.2. Biyobozunur Poliüretan Köpükler

Biyo-bozunur poliüretan köpükler, biyokütle-temelli polyoller ve poliizosiyanatlar arasında üretan zincir bağlarını oluşturmak için polimerizasyon reaksiyonu esnasında oluşan gazların kontrollü sıkıştırılması ile sonuçlanan kompozit yapılardır (Alfani ve ark., 1998).

Petrol temelli polyoller ve izosiyanattan üretilen poliüretan köpükler yenilenebilir ve biyo-bozunur değildir. Bu maddelerin artan kullanımı ve fosil kaynaklarının azalması ile petrol-temelli ürünlerin çevresel etkisi nedeniyle yenilenebilir biyokütlelerden polyollerin üretilmesi, poliüretan endüstrisi için alternatif bir alan haline gelmektedir (Pan ve ark., 2011).

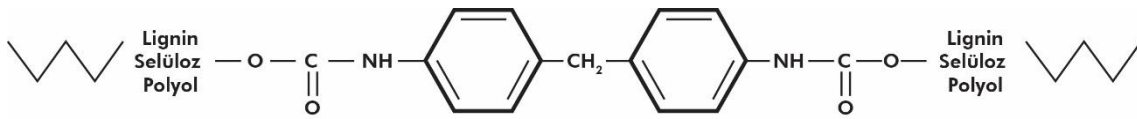
Bol ve yenilenebilir biyokütle kaynaklarından düşük-maliyetli polyollerin hazırlanması, poliüretan endüstrisinde uzun süreden beri ilgi duyulan bir alan olmuştur (Yao ve ark., 1996). Biyokütle kullanımını ve biyokütlenin daha fazla kullanımını gerçekleştirmek için birçok bilimsel çaba nişasta, selüloz tozları, lignoselülozik materyaller, lignin vb. bitki bileşenlerini poliüretan köpüklerin içerisine katmak için gösterilmektedir (Hostettler, F., 1979; Hatakeyama ve ark., 1992).

Endüstriyel kimyasallar üretmek için biyokütlenin sıvılaştırılması, biyokütle kaynaklarını kullanmak için bir metottur. Bunun üzerine araştırmalar, odun öğüntüsünün sıvılaştırılması ile başlamıştır (Besteu ve ark., 1985; Maldas ve Shiraishi, 1997; Vuori ve Niemela, 1998; Yamada ve Ono, 1999). Buna karşın reaksiyon koşulları ve pratikte kullanılması zordu ve çok enerji tüketmekte idi. Araştırmacılar reaksiyon koşullarını kolaylaştırdılar ve sıvılaştırılmış ürünü reçine ve köpük üretmek için kullandılar (Alma ve ark., 2003; Lin ve ark., 1994).

Odun öğüntüsü sıvılaştırılmasının prensipleri ve metodları, odun öğüntüsü gibi benzer bileşime sahip olan tarımsal atıkların kullanılması için bazı fikirler vermiştir (Wang ve Chen, 2007). Tarımsal atıkların sıvılaştırılması üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır (Cinelli ve ark., 2013; Wang ve Chen, 2007; Alma ve ark., 2003; Lin ve ark., 1994; Yao ve ark., 1993; Wang ve ark., 2013; Hakim ve ark., 2011).

1.2.3. Biyobozunur Poliüretan Köpüklerin Hazırlanması

Hidroksilasyon reaksiyonu ile istenilen hidroksil sayısına sahip polyoller ve tercih edilen viskoziteli polyoller; sorbitol (Wilson ve Fowler, 1958), sükroz (Wisner ve ark., 1963), metilen glikozid (Hostettler ve ark., 1963), lignin (Allan, 1969; Wu ve Glosser, 1984), nişasta (Yao ve ark., 1993) vb. fazla hidroksil içerikli biyokütle maddelerinden hazırlanmaktadır. Bu polyoller, içerik öğelerinin başlangıç materyallerinin büyük fonksiyonalitesinden dolayı sert poliüretan köpükler için önemli olmaktadır (Zheng ve ark., 2011).



Şekil 1.4. Poliüretanın, difenil izosiyanat (MDI) ve sentetik doğal polyoller ile reaksiyonundan üretilmesi (Alma ve ark., 2003).

Biyokütle materyallerinin PU sistemlerinin içerisine yerleştirilmesi, biyokütle içeriğini arttıran zor basamaklar ile olur ki; PU ürünlerinin zincir sertliğini, dayanıklılığını, zincir boyu yoğunluğunu ve termal özelliklerini etkiler (Ferrigno, 1967; Hsu ve Glasser, 1976). Selülozik elyafı fiberlerin, fiber yapıya yüksek özgül sertlik, dayanıklılık, istenilen elyaf boy oranı, proses boyunca ekipmana zarar vermeyecek esneklik, düşük yoğunluk, biyodegradasyonluk ve birim ünite başına düşük maliyet gibi bir grup fayda sağladığı bilinmektedir (Shiraishi, 1992; Shiraishi ve ark., 1993).

İki farklı yaklaşım, poliüretan materyallerin üretilmesinde, biyokütlenin kullanılması için denenmektedir. Birinci metot, nişasta, lignoselüloz, kahve telfesi vb. biyokütlenin direk birleştirilmesidir (Hostettler, 1979; Kohn ve Rober, 1988; Yoshida ve ark., 1987). Hatakeyama ve ark. (1995) tarafından en az %50 biyokütle içeren sert poliüretan köpüklerin, köpükleştirmeden önce biyokütle materyallerinin petrol-temelli polyollere karıştırılması ile elde edilebileceğini bildirildi (Hatakeyama ve ark., 1995). Buna karşın, bu biyokütlenin çoğunluğu reaktif bileşenden ziyade katı dolgu maddesi olarak köpüğün yapısına katkı sağlamaktadır ve bunun bir sonucu olarak yüksek yoğunluklu köpüklerin ortaya çıkma eğilimi oluşmaktadır. İkinci metod, biyokütlenin hidroksilasyon reaksiyonu yolu ile kullanılmasıdır. Sorbitol (Hakim ve ark., 2011), sükroz (Pan ve ark., 2011), glukoz (Cinelli ve ark., 2013) ve nişasta (Barikani ve

Mohammadi, 2006) gibi farklı biyokütle türleri çalışıldı. İstenilen düzeyde hidroksil ve viskozite değerine sahip polyoller bu metotla elde edildi.

Biyokütlenin sıvılaştırılması için organik reaktifler (çözücüler) kullanılmaktadır (Shiraishi, 1985). Bu organik reaktifler, etilen glikol, polihidrit alkol, fenol, gliserol olabileceği gibi doğal soya ve rape tohumlarının yağları da olabilir. Biyokütlenin sıvılaştırılmasında kullanılan organik reaktifler, sıvılaştırma kapasitesinin fazla olmasından ve maliyetinin düşük olmasından dolayı avantajlıdır (Yao ve ark., 1993; Kurimoto ve ark., 1992; Yao ve ark., 1996). Polietilen glikolün (PEG) monomeri olan etilen glikol yaklaşık 1.35 tan α değerine sahiptir ve kullanılan çözücüler arasında bu en yüksek değerdir. Bu yüzden iyi bir adsorplayıcıdır ve iyi bir ısıtma kapasitesine sahiptir (Kappe, 2008).

Biyokütlenin organik çözücüler eşliğinde çoğu sıvılaştırma reaksiyonu; su, yağ, tuz banyosu, akışkan tuz banyosu ve elektrik fırını gibi konvensiyonel konvektif (taşınımlı iletim) ve konduktif (geçirgen iletken) ısıtma kaynakları ile yürütülmektedir. Materyallerin termal iletimine dayandığından dolayı bu metotlar sistemin içerisine enerji transferinde nispeten yavaş ve verimsizdir. Konvensiyonel ısıtma metodu ile karşılaştırınca, mikrodalga ısıtma metodu, katalizör, reaktant ve çözücü moleküllerinden oluşan reaksiyon karışımına kor-içi hacimsel ısıtma metoduyla mikrodalga enerjisi uygulayarak içsel ısıtma sağlar (Zheng ve ark., 2011).

Biyokütle-içerikli poliüretan köpük, belli miktar sıvılaştırılmış biyokütle, katalizör, sürfektan ve köpükleştirici ajanın bir kapta ön karıştırma işlemine tabi tutulduktan sonra miktarı belli olan izosiyanat eklenerek, hızlı bir şekilde karıştırılması ile üretilir (Wang ve ark., 2013; Alma ve ark., 2002).

1.3. Enerji, Yalıtım, Çevre ve Biyokütle

Enerji uzmanlarına göre dünya ülkeleri bundan 35 yıl öncesine oranla %30 daha fazla enerji tüketmektedir. Yapılan tahminlere göre 2030'lu yıllarda enerji ihtiyacı bugün kullanılan %60 daha fazla olacaktır. Enerji tüketimindeki payı düşünüldüğünde yalıtımın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Zira enerjinin tasarrufu, verimli kullanımı ile orantılı bir eğilim göstermektedir (Bayülken ve Kütükoğlu, 2009).

Yalıtım ile ilgili çalışmalar, 20. yüzyılın başından itibaren başlamıştır. Yalıtımın faydaları anlaşıldıkça da yalıtım bilinci gelişmiştir. Yalıtım ile ilgili kritik dönem ve yalıtımsal uygulamaların hızlanması 1970’li yıllarda petrol krizi ile dönüm noktasına ulaşmıştır. Bu tarihi dönemde enerji tasarrufu önlemleri çerçevesinde, ısı yalıtımının önemi ortaya çıkmış ve sosyo-ekonomik boyutta önemli bir yol alınmıştır. İklim değişikliği ve küresel ısınma konusunda bilim adamlarının ciddi uyarıları ve somutlaşan tehlike, konuyu sürekli gündemde tutmakta ve yalıtım sektörü sürekli yapılanmaktadır (Bayülken ve Kütükoğlu, 2009; Efe, 2011).

Dünya enerji üretim rakamları incelendiğinde %60 ile en büyük payı fosil yakıtlar almaktadır. Fosil yakıtlar (kömür, petrol ve doğalgaz), hemen hemen bütün ülkelerde temel enerji üretim kaynağı olarak karşımıza çıkar. Fosil yakıtların çevre etkileri göz önüne alındığında sera etkisi, asit yağmurları ve hava kirliliği bulunmaktadır. Bu tür yakıtlardan yanma sonucu enerji elde edildiğinde yanma ürünleri (CO_2 , NO_x , ve SO_2 gibi gazlar) baca gazı olarak karşımıza çıkar. Baca gazları ayrıca uçucu kül ve hidrokarbonları içerirler. Nikel, kadmiyum, kurşun, arsenik gibi zehirli metaller de fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere atılan diğer maddelerdir. CO_2 , sera etkisi oluşumunda etkin rol oynamaktadır (Anonim, 2009a; Karaağaçlıoğlu, 2012).

Dünyadaki ormanlar 4 milyar ha olup, yeryüzünün %30’unu oluşturmaktadır. Yoğun kullanım ve diğer faktörler sonucu dakikada 39 da yok olmaktadır. Bu büyüklükteki alan Japonya’nın yüzölçümüne eşdeğerdir (Anonim, 1996).

Yıllık bitki ve tarımsal atıkların değerlendirilmesi hem ormanlara olan talebi azaltacak hem de var olan potansiyeli ile orman endüstrisinde ve enerji üretimi amaçlı kullanım alanlarında bir boşluğu dolduracaktır. Bitkisel kökenli hammaddelerden elde edilen ürünler, petrol kökenli ürünlere göre çevre dostudur ve kullanım sonucu atılan ürünler kısa sürede biyodegrade olarak çevreye zarar vermemektedir. Halbuki petrol ürünleri yüzlerce yıl bozunmadan kalarak çevreyi tehdit etmektedir (Güler ve ark., 2001).

2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Bu alanda Hakim ve ark., (2011) şeker kamışı küspesinden, Wang ve Chen (2007) buğday samanından, Wang ve ark., (2008) mısır yaprak-saman karışımından, Wang ve ark., (2013) fabrika atığı pamuktan, Yan ve ark., (2008) mısır saplarından, Ge ve ark., (1996; 1998) kondanse taninden, Cinelli ve ark., (2013) sıvılaştırılmış ligninden, Barikani ve Mohammadi (2007); Yao ve ark., (1996); Alfani ve ark., (1998) sıvılaştırılmış nişastadan, Alma ve ark., (2002) buğday ve pamuk saplarından, Nakashima ve ark., (1996) sugi ağacı ve tanin kamıştan, Alma ve ark., (2003) kestane ve çam odunlarından, Alma ve Shiraishi (1998) huş ağacı öğüntüsünden, Kurimoto ve ark., (1999) sugi, karamatsu, akamatsu, radiata pine, udaikanba, buna ve mizunara odunlarından poliüretan esaslı köpükler elde etmişlerdir.

2.1. Poliüretan Esaslı Köpüklerin Üretilme Yöntemleri ve Özellikleri

Biyokütle içerikli poliüretan köpüklerin ve sentetik ticari köpüklerin çeşitli üretilme yöntemleri literatürlerce bildirilmiştir.

Yang ve ark. (2013), oda sıcaklığında belli miktar resol türü fenolik reçineyi, silikon yağını ve fosfor ile silikon içerikli poliüretan ön-polimeri plastik bir behere (500 ml) bırakıp, yüksek hızlı karıştırıcı ile 25 saniye karıştırmışlardır. Daha sonra karışıma n-pentan (köpükleştirici ajan) ve kurutucu etken (fenol sülfonik asit/fosforik asit/su=2/1/2) ekleyerek tekrar yüksek hızlı mekanik karıştırıcı ile 30 saniye karıştırmış ve ortaya çıkan viskoz karışımı köpükleştirme kalıbının içine hızlıca dökülerek 80°C'de 2 saat kurutmuşlardır. Bu şekilde alev geciktirici fenolik poliüretan köpük hazırlamışlardır.

Eriç (2002), sert poliüretan köpük malzemesinin, bir polieter veya polieter bazlı polyolün, su, karbondioksit veya düşük kaynama noktalı halo alkanların katılmasıyla diizosiyanat ile reaksiyona girmesi sonucu üretilebileceğini bildirmiştir.

Hsu ve Glasser (1976) ise lignoselülozik materyallerden poliüretan esaslı köpük üretimini bu şekilde bildirdiler: Bitki tozları, sentetik polyoller ve katalizör belli sıcaklık ve belli zaman altında reaksiyona tabi tutulur. Reaksiyon oluştuktan sonra katalizör madde, yüzey aktif madde, köpürtücü madde ve metil etil glikol üniform olacak şekilde

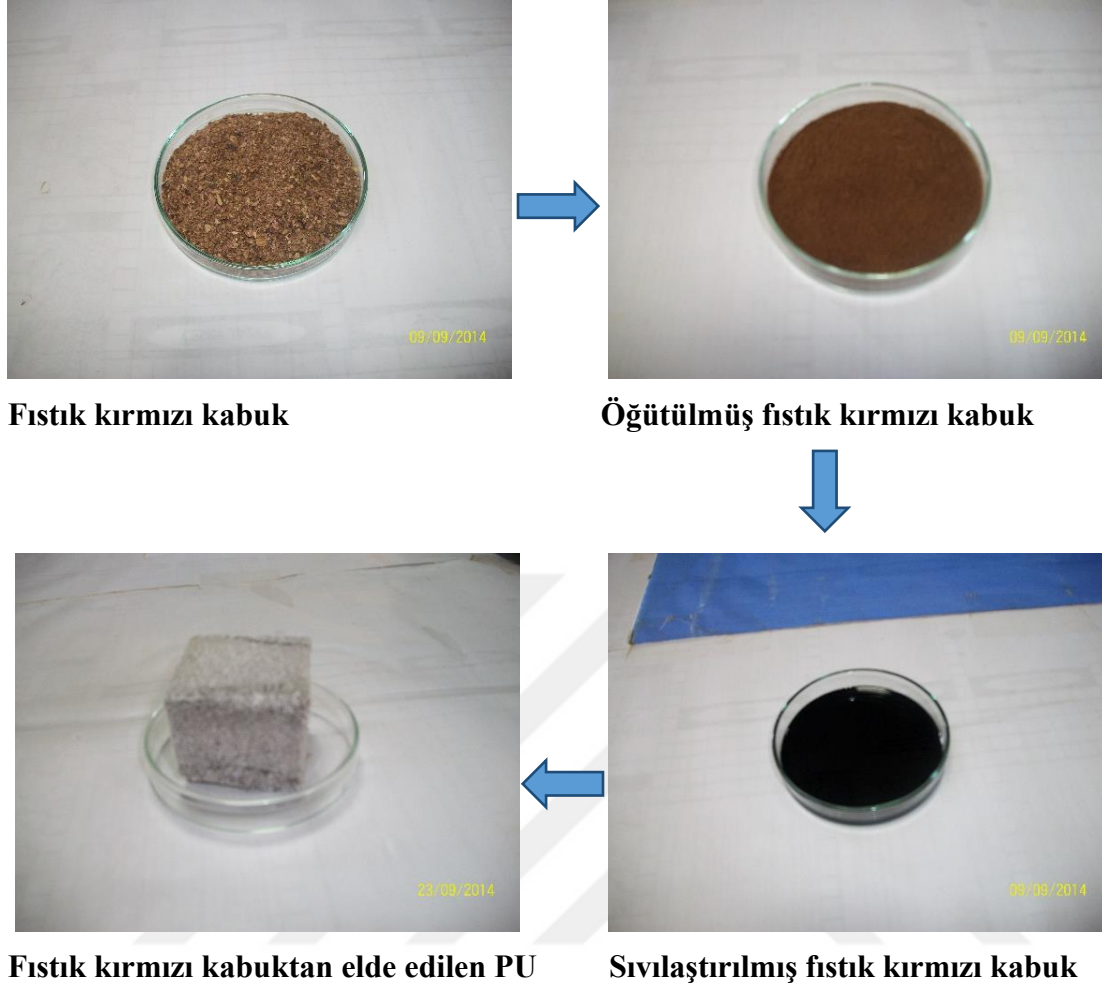
kariştırılır. Daha sonra polimerik difenilmetan diizosiyanat bu karişıma ilave edilerek 8000 rpm kariştırma hızında, 20 saniye süreyle kariştırılarak köpük yapımı tamamlanır.

Al-Homoud (2005) uygun bir ısı yalıtım malzemesini belirleyen bazı fiziksel, kimyasal ve mekaniksel parametreleri aşağıdaki gibi bildirmiştir:

- * Isı iletkenliğı
- * Isı depolama kapasitesi
- * Nem alma kapasitesi
- * Nem iletme kapasitesi (Kapiler iletim özelliğı)
- * Nem desorpsiyonu (Yeniden kuruma özelliğı)
- * Ses emme, yutma ve akustik özellikleri
- * Nem etkisi altında dayanım özelliğı
- * Değışken ısı ve nem koşullarında şekil ve hacim değıştirme eğilimi
- * Yüksek ve düşük ısılara dayanım miktarları, yanmaya karşı direnci
- * Sertlik, ısı ve nem ile değışim özelliğı
- * Kohezyon direnci
- * Korozyon direnci
- * Yapısını fiziksel ve mekanik olarak koruyabilme özelliğı
- * Malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısı (kimyasal içerik ve lif yapısı)
- * Atmosferik şartlardaki değışime dayanım özelliğı
- * Yapı ile dekoratif uygunluk



şekil 2.1. Poliüretan köpüğün oluşum aşamaları (Kiper Yılmaz, 2009).



Şekil 2.2. Biyobozunur poliüretan köpüğün oluşum aşamaları (Gürsoy ve ark., 2014).

Çizelge 2.1. Poliüretan köpüklerde aranan özellikler (Kiper Yılmaz, 2009)

Özellik	Poliüretan Köpük
Isı İletim Katsayısı (kcal/mh °C)	0,025-0,040
Yoğunluk (kg/m ³)	30-150
Mekanik Dayanım (kPa)	100-400
Buhar Difüzyon Direnci (μ)	30-100
Su Emme (hacimce)	%3-5
Kimyasal Etkenlere Karşı Dayanım	√
Sıcaklık Dayanımı (°C)	-180<+<200
Yanmazlık ve Alev Geçirmezlik (Yangın Sınıfı)	B1-B2-B3 DIN 41 02
İşlenebilirlik	√
Sıvı Tutuculuk	√
Çürümezlik	√
Parazitlere Dayanıklılık	√
Uzun Ömürlü Olması	√
İnsan Sağlığına ve Çevreye Zararlı Olmaması	√

2.2. Patates Bitkisinin Kimyasal Analizleri

Patates içerdiği nişasta miktarı ile önemli bir karbonhidrat kaynağı olmakla beraber proteinler, vitaminler ve mineraller yönünden de oldukça zengindir. Patates bitkisinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2.2’de bildirilmiştir (Didin ve ark., 2000).

Çizelge 2.2. Patates türlerinin kimyasal bileşim analizi

Çeşit	Yoğunluk (g/dm ³)	Nişasta (%)	pH	T. Asitlik (g/100g)	L- askorbik asit (mg/100g)	Kuru Madde (%)	Nem (%)	Toplam Şeker (%)	İnvert Şeker (%)	Sakkaroz (%)
Agria	1.078	13.50	6.23	0.14	16.4	19.91	80.09	0.65	0.37	0.27
Emie	1.096	17.61	6.14	0.15	11.9	22.72	77.27	0.30	0.22	0.08
Fienna	1.081	15.60	6.25	0.16	11.9	20.04	79.95	0.65	0.38	0.26
Granula	1.067	11.80	6.33	0.16	11.9	15.37	84.62	1.55	0.78	0.77
Hermes	1.087	16.80	6.35	0.14	13.4	20.56	79.43	0.61	0.24	0.36
Lady Rosetta	1.101	18.55	6.16	0.18	11.4	24.64	75.36	0.38	0.10	0.27
Panda	1.100	18.30	6.56	0.19	11.9	24.43	77.57	1.11	0.31	0.79
Quinta	1.063	10.50	6.25	0.17	10.4	15.83	84.16	1.75	0.69	1.05
Russet Burbang	1.079	13.90	6.16	0.16	12.4	18.03	81.96	0.61	0.34	0.26
Saturna	1.100	18.35	6.23	0.15	9.4	21.26	78.73	0.69	0.29	0.48
Tomensa	1.111	20.60	6.47	0.16	11.9	24.15	75.84	1.23	0.29	0.93
Wangog	1.089	15.90	6.35	0.16	11.9	21.30	78.69	0.57	0.46	0.10

Türkiye İstatistik Kurumu Türkiye’de patates bitkisi üretim ile ilgili verileri yıllara göre aşağıdaki gibi bildirmiştir (Anonim, 2014c).

Çizelge 2.3. Türkiye’de yıllara göre patatesin ekim alanı, üretim miktarı ve verimi (Anonim, 2014c)

Yıllar	Ekilen alan (Dekar)	Üretim (Ton)	Verim (kg / da)
1988	1.960.000	4.350.000	2.219
1989	1.875.000	4.060.000	2.165
1990	1.920.000	4.300.000	2.240
1991	2.004.000	4.600.000	2.295
1992	1.950.000	4.600.000	2.359
1993	1.920.000	4.650.000	2.422
1994	1.900.000	4.350.000	2.289
1995	2.000.000	4.750.000	2.375
1996	2.100.000	4.950.000	2.357
1997	2.110.000	5.100.000	2.417
1998	2.030.000	5.250.000	2.586
1999	2.200.000	6.000.000	2.727
2000	2.050.000	5.370.000	2.620
2001	2.000.000	5.000.000	2.500
2002	1.980.000	5.200.000	2.626
2003	1.950.000	5.300.000	2.718
2004	1.776.000	4.770.000	2.686
2005	1.528.000	4.060.000	2.657
2006	1.579.084	4.366.180	2.765
2007	1.525.975	4.227.726	2.771
2008	1.478.883	4.196.522	2.838
2009	1.428.738	4.397.711	3.078
2010	1.388.660	4.513.453	3.250
2011	1.429.849	4.613.071	3.226
2012	1.720.867	4.795.122	2.786
2013	1.250.297	3.948.000	3.158
2014*	1.540.000	4.160.000	2.700

* Tahmini

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü dünya patates üretimi verilerini Çizelge 2.4’deki gibi bildirmiştir (Anonim, 2014d).

Çizelge 2.4. Dünya patates üretim durumu dikim alanı (Ha), Üretim (Ton), verim (kg/da)

Yıl	Dikim alanı (Ha)	Üretim (Ton)	Verim (kg/da)
1998	18.839.533	300.809.583	1596.60
1999	19.670.124	300.897.628	1529.70
2000	20.089.530	329.361.197	1639.40
2010	18.693.600	333.617.253	1784.66
2011	19.256.815	375.076.702	1947.76
2012	19.375.520	370.594.695	1912.70
2013	19.337.071	376.452.524	1946.79

Özelçam (2013), patates topraküssü bitkisinin hayvan beslemesinde kullanılabilirliği üzerine yaptığı çalışmada çiçek ve yaprakları ile gövde ve yapraklarının (sarmaşık) kimyasal analizini Çizelge 2.5 ile bildirmiştir.

Çizelge 2.5. Tatlı patates yaprakları ve sarmaşıklarının kimyasal analizi (KM'de, %) (Woolfe (1992, Farell ve ark., (2000), Antia ve ark., (2006); Tsega ve Tamir (2009), Megersa ve ark., (2013)

Parametreler	Tatlı patates yaprakları	Tatlı pataes yaprakları, kuru	Tatlı patates yaprakları, silaj	Tatlı patates sarmaşıkları
Kuru Madde (%)	6.5-16.3	91.3	32.8	14.2-17.8
Ham Kül	10.9-12.2	13.15	-	12.5-17.8
Ham Protein	26.8-32.4	25.0	22.7	6.5-19.1
M-siz Öz Maddeler	46.1-51.9	50.1	-	-
Nötr Deterjan Lifi (NDF)	27.5	-	-	42.6-49.8
Asit Deterjan Lifi (ADF)	18.5	-	-	30.5-36.4
Lignin	-	-	-	1.8-5.7
Lisin	0.23	-	-	-
Metiyonin	0.18	0.37-0.40	-	-
Metabolik Enerji, Mj/kg	-	11.2	9.5	-

2.3. Biyo-kütle Sıvılaştırma Reaksiyonu Sonuçları

Zheng ve ark. (2011) en fazla reaksiyona girmeyen odun öğüntüsü miktarının PEG400/Gliserin 7/3 oranında, 150 °C sıcaklıkta %3 sülfürik asit katalizörü ile 10. dakikada polihidrit alkol ortamında yaklaşık %24 ve en az reaksiyona girmeyen odun öğüntüsü miktarının 30. dakikada yaklaşık %0 olduğunu bildirdiler.

Fidan (2009), konvensiyonel su banyosu ısıtma metoduna göre en fazla reaksiyona girmeyen gossypollü pamuk şifi miktarının PEG400/Gliserin 3/1 oranında 140 °C sıcaklıkta %9 sülfürik asit katalizörü ile 60. dakikada yaklaşık %30,51 ve en az reaksiyona girmeyen gossypollü pamuk şifi miktarının PEG400/Gliserin 3/1 oranında 160 °C sıcaklıkta %9 sülfürik asit katalizörü ile 120. dakikada yaklaşık %15,53 olduğunu bildirdi.

Wang ve Chen (2007), konvensiyonel su banyosu ısıtma metoduna göre, en az reaksiyona girmeyen buğday samanı miktarının Glikol/Gliserin 5/1 oranında 150 °C sıcaklıkta %3 sülfürik asit konsantrasyonu ile 40. dakikada yaklaşık % 13 olduğunu, en fazla reaksiyona girmeyen buğday samanı miktarının Glikol/Gliserin 5/1 oranında 90 °C sıcaklıkta ve yine %3 sülfürik asit konsantrasyonu ile 20. dakikada yaklaşık %57 olduğunu bildirdiler.

Yao ve ark. (1993), konvensiyonel ısıtma metoduna göre en fazla reaksiyona girmeyen odun ve nişasta karışımının; PEG400/gliserin/sülfürik asit = 80/20/3 oranında sıvılaştırma karışımının çözücü/odun/nişasta = 2/1/0 olduğu durumda 150 °C sıcaklıkta

40. dakikada yaklaşık %25 olduğunu ve çözücü/odun /nişasta = 2/1/1 olduğu durumda 150 °C sıcaklıkta en az reaksiyona girmeyen oranının 10. dakikada yaklaşık %12,5 olduğunu bildirdiler.

2.4. Sıvılaştırılmış Biyokütle-Polyolünün Asit Değerleri

Pan ve ark. (2011) mikrodalga ısıtma metoduna göre PEG400/Gliserin=7/3 oranında % 3 sülfirik asit katalizörü ile asit değerinin polihidrit alkol ortamında 10., 15., 20., 30. ve 60. dakikalarda sırasıyla yaklaşık olarak 23, 30, 34, 27 ve 26 mg KOH/g polyol olduğunu ve diğer koşullar aynı olmak koşuluyla % 3 fosforik asit katalizörü ortamında ise konvensiyonel ısıtma metoduna göre 10., 20., 30., 60. ve 120. dakikalarda sırası ile 25, 25,5, 27, 28,5 ve 29 mg KOH/g polyol olarak bildirdiler. Mikrodalga ısıtma metoduna göre ve sülfirik asit katalizörü ile asit değeri önce artmış ve sonra azalmıştır. Konvensiyonel ısıtma metoduna göre ise fosforik asit katalizörlüğünde artan reaksiyon süresi ile asit değeri artmıştır.

Alma ve Shiraishi (1998), odunun NaOH katalizörüyle sıvılaştırılmasından elde ettikleri biyokütle polyolünde odun/PEG-400 oranının sırası ile 7/3, 6/4 ve 5/5 oranı olduğu durumda asit sayısını 41,04, 34,04 ve 24,44 mg KOH/g polyol olarak bildirmişlerdir. Bu durum sıvılaştırma karışımındaki odun oranının düşmesi ile asit değerinin de düştüğünü göstermektedir.

Yan ve ark. (2008), mısır saplarının sıvılaştırmasından elde ettikleri polyolün asit değerlerinin 30., 60., 90. ve 120. dakikalarda sırası ile 20, 23, 25 ve 26 mg KOH/g olarak bildirmişlerdir. Konvensiyonel ısıtma metoduna göre artan sıvılaştırma süresi ile birlikte, asit değeri de artmaktadır.

2.5. Sıvılaştırılmış Biyokütle Polyolünün Hidroksil Değeri

Cinelli ve ark. (2013), sıvılaştırılmış lignin polyolünün hidroksil değerlerini lignin/gliserol/PEG400 oranının 1/0,4/2, 1/0,2/1, 1/0,2/1,5 olduğu durumlarda sırasıyla 6,61, 6,53, 6,45 m.mol/g polyol olarak bildirmişlerdir. Sıvılaştırma polyolündeki lignin biyokütlesinin miktarı düşük olduğunda, hidroksil değeri daha yüksektir.

Pan ve ark. (2011), odunun sülfirik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonunda mikrodalga ısıtma metoduna göre hidroksil sayısının 10., 20., 60. ve 120.

dakikalarda sırası ile yaklaşık 370, 350, 330 ve 310 mg KOH / g polyol; konvensiyonel ısıtma metoduna göre 10., 20., 60. ve 120. dakikalarda yaklaşık 650, 600, 560 ve 520 mg KOH/g polyol olduğunu bildirdiler.

Odunun sıvılaştırması reaksiyonunda artan sıvılaştırma süresi ile hem mikrodalga ısıtma metoduna göre hem de konvensiyonel ısıtma metoduna göre hidroksil değerinin düştüğünü belirttiler.

Wang ve ark.(2007); buğday samanının konvensiyonel ısıtma metoduna göre sıvılaştırılması reaksiyonunda Glikol/Gliserin=5/1, sülfürik asit katalizörünün %5 ve sıvılaştırma reaksiyonu sıcaklığının 140 °C’de olduğu koşullarda hidroksil değerinin 20. dakikada 64 mg KOH/g polyol ile en yüksek, 120. dakikada 46 mg KOH/g polyol ile en düşük olduğunu bildirdiler.

2.6. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Yoğunlukları

Hatakeyama ve ark. (2008), lignin ve melasın değişik oranlarda kullanıldığı biyokütle içerikli köpüklerin yoğunluklarının 0,04-0,07 g/cm³ arasındaki değerlerde olduğunu bildirmişlerdir.

Chen ve Lu (2009), buğday saplarından elde ettikleri köpüklerin yoğunluğunu 0,03-0,04 g/cm³ aralığında değerlerde olduğunu bildirmişlerdir.

Fidan (2009), gossypollü ve gossypolsüz pamuk şiflerinden ürettiği poliüretan esaslı köpüklerin yoğunluklarını sırası ile 0,0492 g/cm³ ve 0,0527 g/cm³ olarak bildirmiştir.

Wang ve Chen (2007), buğday samanının sıvılaştırılarak katılmış olduğu poliüretan köpüklerin yoğunluğunun 0,035 g/cm³ olduğunu belirtmişlerdir.

Yao ve ark. (1996) sıvılaştırılmış nişasta içeren polyolden SH192 ve SH193 sürfektan kullanılarak ürettikleri poliüretan köpüklerin yoğunluklarını sırası ile 0,035-0,070 g/cm³ aralığı ile 0,03-0,06 g/cm³ aralığında bildirmişlerdir.

2.7. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Isı İletkenlik Değerleri

Lim ve ark. (2008), değişik hidroksil değerlerinden elde ettikleri sentetik poliüretan tipi sert köpüklerin ısı iletkenlik katsayılarını; OH-300, OH-400, OH-500 ve

OH-600'de sırasıyla 243 kcal/mh °C, 234 kcal/mh °C, 222 kcal/mh °C ve 221 kcal/mh °C olarak bulmuşlardır. Bu araştırma çalışmasında, ısı iletkenlik katsayısının, hidroksil değerinin artması ile arttığı görülmektedir.

Karaağaçoğlu (2012), %20 selüloz katkılı poliüretan köpüklerin ısı iletkenlik katsayısı değerlerini, 120-300 dak. aralığında hazırlanma süresine bağlı olarak 0,03900-0,07955 W/mK arasındaki değerlerde olduğunu bildirmiştir.

Fidan (2009), gossypollü ve gossypolsüz pamuk şiflerinin sıvılaştırılması ile üretildiği poliüretan köpüklerin ısı iletkenlik katsayısını sırası ile 0,0365 ve 0,0350 W/mK olarak belirtmiştir.

Ugarte ve ark. (2014), mısır sükrozu katkılı kastor yağı ve politrimetileneter polyollerden üretmiş olduğu yenilenebilir esnek poliüretan köpüklerin ısı iletkenlik katsayısının ortalama olarak 0,069 W/mK değere sahip olduğunu ve tüm örneklerin benzer açık-kapalı hücre oranının bulunduğunu bildirmiştir.

2.8. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Basınç Direnci

Ugarte ve ark. (2014), değişen miktarlarda kastor yağı ile ürettiği PF100, PF95, PF90, PF85, PF80 poliüretan köpüklerin en büyük basınç direncini 112,5 kPa değeri ile PF100 örneğinde, en düşük basınç direncini ise yaklaşık 60,0 kPa değeri ile PF90 örneğinde tespit etmişlerdir. Poliüretan köpüklerin yoğunluklarının artıp, hücre boyutlarının azaldığı durumda basınç direncinin geliştiğini gözlemlemişlerdir.

Chen ve Lu (2009), buğday saplarından elde edilen poliüretan tipi sert köpüklerin basınç direnci için buğday sapı içeriklerinin %0, %10, %20, %30, %40 ve %50 olduğu durumda, basınç direnci değerlerinin sırasıyla 173 kPa, 192 kPa, 206 kPa, 208 kPa, 195 kPa ve 183 kPa olduğunu belirtmişlerdir. Poliüretan köpüklerin basınç direncinin ilave edilen biyokütle değeri ile arttığını, %30'dan fazla biyokütle içerdiği durumlarda ise poliüretan köpüğe sert tabaklar şeklinde katkı sağladığını ve kırılabilirliği arttırarak, basınç direncinin düşmesine neden olduğunu varsaymışlardır.

Zheng ve ark. (2011), odun öğüntüsünü PEG400/Gliserin 7/3 m/m ile birlikte, polihidrit alkol ortamında mikrodalga ısıtma metoduna göre sıvılaştırarak elde ettikleri polyolden üretmiş oldukları poliüretan köpüklerin basınç direncinin en düşük değerini 5

dak. ve 80 izosiyanat indeksinde 8,04 kPa, en yüksek direncini ise 5 dak. ve 120 izosiyanat indeksinde 105,88 kPa olarak bildirmiştir. Poliüretan köpüğün üretiminde kullanılan polyolün artan izosiyanat indeksinin basınç direncine katkı sağladığını gözlemlediler.

Yao ve ark. (1996), sıvılaştırılmış nişasta polyolü, DBTD1 katalizörü, MDI, köpükleştirme ajanı (su) ve SH192 ve SH193 sürfektanları ile ürettikleri poliüretan köpüklerin basınç direncinin iklimlendirmeden 25-50 kPa ve 40-80 kPa aralığında olduğunu bildirmişlerdir.

2.9. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Basınçtan Sonraki Boyut Değişimi

Pan ve ark. (2011), mikrodalga ısıtma metodu ile polihidrit alkol ortamında odunun sıvılaştırılması ile elde ettikleri polyolden üretmiş oldukları poliüretan köpüklerin basınçtan sonraki boyut değişiminin en yüksek değerini, sıvılaştırma katalizörü olarak sülfürik asitin kullanılmış olduğu durumda %1,79, fosforik asitin kullanılmış olduğu durumda %4,04 olarak bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2007), konvensiyonel ısıtma metodu ile buğday samanının sıvılaştırılmasından elde etmiş oldukları polyolden hazırlamış oldukları poliüretan köpüklerin basınç uyguladıktan sonraki boyut değişimi değerini %30 olarak belirtmişlerdir.

Ugarte ve ark. (2014), konvensiyonel ısıtma metoduna göre mısır sakarozunun sıvılaştırılmasından elde etmiş oldukları polyolden hazırlamış oldukları poliüretan köpüklerin basınçtan sonraki boyut değişimini PF100, PF95, PF90, PF85 ve PF80 numunelerinde en yüksek değer %5,6 ile PF85 numunesinde tespit etmişlerdir.

2.10. Biyokütle-temelli Poliüretan Köpüklerin Elastikiyet Modülü

Alma ve ark. (2003), kestane ve çam odun tozlarından hazırladıkları poliüretan tipi sert köpüklerin elastikiyet modülü değerini kestane 3,95 MPa, çamda 3,87 MPa ve kontrol numunesinde ise 3,96 MPa olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca mekanik özelliklerin, ticari köpüğün mekanik özellikleri ile mukayese edilebilir düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Fidan (2009), gossypollü ve gossypolsüz pamuk şiflerinden elde edilen poliüreat esaslı izolasyon köpüklerin elastikiyet modülü değerini gossypollü numunelerde 1,54 MPa, gossypolsüz numunelerde ise 2,29 MPa olarak bildirmiştir.

Yao ve ark. (1996), sıvılaştırılmış nişasta polyolünden hazırlamış oldukları hidrofilik veya su-absorplayıcı poliüretan köpüklerin elastikiyet modülü değerinin ıslak olarak 0,4-1,2 MPa, kuru olarak 0,3-1,0 MPa olduğunu belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2013), fabrika atığı pamuğun sıvılaştırılması sonucu elde edilen polyolden ürettikleri poliüretan köpüklerin Young modülü değerlerini pamuk oranının %0, %25 olduğu numunelerde sırası ile 10,3 MPa ve 23,2 MPa olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumu fabrika atığı pamuğun içerdiği selüloz ile poliüretan matriks arasındaki yüksek iç yüzey bağlar ile ilişkilendirmişlerdir.

2.11. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin SEM Görüntüleri

Hakim ve ark. (2011), sıvılaştırılmış şeker kamışı küspesi polyolünden hazırlamış oldukları sert poliüretan köpüklerin SEM görüntülerinde %10-20 arasında biyokütle içerenlerde hem açık hücre hem de kapalı hücre yapılarını gözlemlemiş ve ortalama hücre boyutunu 20 µm olarak bildirmişlerdir. %30 şeker kamışı içeren sert poliüretan köpüklerin çok daha heterojen yüzeye ve düzensiz gözenek yapısına sahip olduğunu ve ortalama hücre boyutunun 195 µm olduğunu belirtmişlerdir.

Barikani ve Mohammadi (2007), modifiye edilmiş nişastadan üretmiş oldukları poliüretanın SEM görüntülerinde, nişasta partüküllerinin poliüretana dolgu maddesi olarak katkı sağladığını, poliüretanın pürüzsüz yüzeyine bağlı olarak nişasta ve polyol arasında güçlü adhezyon kuvvetinin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Cinelli ve ark. (2013), sıvılaştırılmış ligninden hazırlamış oldukları esnek poliüretan köpüğün SEM görüntüsünden, serbest yükselme ile hazırlanan köpüklerin, kontrollü yükselme ile hazırlananlardan daha büyük hücre boyutuna sahip olduğunu, SEM görüntülerinin açık hücre yapısını doğruladığını ve lignin partüküllerinin poliüretan yapıya dolgu maddesi olarak değil, reaktant olarak katkı sağlamış olduğunu bildirdiler.

Yang ve ark. (2013), sertleştiren etken olarak hazırladıkları ön-polimere fosfor ilave ederek ürettikleri yangın geciktirici sentetik fenolik köpüklerin SEM görüntülerinden, %2-3 oranında ön-polimerin poliüretana katılmasının daha bütünsel bir yüzey sağladığını ve hücre boyutunu azalttığını bildirdiler.

2.12. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Termal Bozunması

Gürsoy ve ark. (2014), kırmızı fıstık kabuğundan üretmiş oldukları sert poliüretan köpüğün TGA'da termal bozunmaya başlama sıcaklığını 210 °C, bozunmanın yarısının gerçekleştiği sıcaklığı 393 °C ve nitrojen gazı atmosferinde yanmanın tamamlandığı andaki kalıntı miktarını %16,5 olarak ölçmüşlerdir. Sentetik PU köpüğün aynı koşullarda termal bozunmasında ise bozunmaya başlama sıcaklığı 235 °C, kütlece yarısının bozunduğu sıcaklık 360 °C ve yanma neticesindeki kalıntı miktarını %15,8 olarak tesbit etmişlerdir.

Chen ve Lu (2009), buğday saplarından üretmiş oldukları poliüretan tipi sert köpüklerin TGA'da termal bozunmalarının 165-500 °C sıcaklık aralığında olduğunu bildirdiler.

Fidan (2009), gossypollü ve gossypolsüz pamuk şiflerinden üretmiş olduğu sert poliüretan köpüklerin TGA'da termal bozunma sıcaklığının gossypollü pamuk şifi poliüretan köpüklerde 252,77 – 419,02 °C sıcaklık aralığında, gossypolsüz pamuk şiflerinden elde edilmiş köpüklerde ise 255,15-418,01 °C sıcaklık aralığında gerçekleştiğini, yanmadan sonraki kalıntı yüzdesinin ise sırasıyla %4,67 ve %6,33 olduğunu bildirmiştir.

Alfani ve ark. (1998), sıvılaştırılmış nişastadan hazırladıkları poliüretan köpüğün TGA'da termal bozunma sıcaklığının 325 °C olduğunu ve tek basamakta termal bozunma gösterdiğini bildirdiler. Sıvılaştırılmış nişastanın poliüretan köpüğün yapısına katılan miktarının arttırılmasının, TGA'da termal bozunma sıcaklığını düşürdüğünü gözlemlemişlerdir.

2.13. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Biyolojik Bozunması

Alma ve ark. (2003), kestane ve çam odunlarından elde ettikleri poliüretan tipi sert köpüklerin Servis Biyodegradasyon Testine göre 6 ay sonraki ağırlık kayıplarını,

kestane ağacından üretilende %1,53, çam ağacından üretilende %2,10 ve sentetik ticari köpükte %0,00 olarak bildirdiler. Buna ek olarak kestane, çam ve sentetik köpük örneklerini birkaç çeşit mantar türünün bulunduğu maltözü agar ekstratına 25 °C'de 7 gün süre ile bırakmış ve kestane ve çamdan üretilen köpüklerin üzerinde mantarın gelişmiş olduğunu, sentetik köpükte ise bulunmadığını gözlemlediler.

Ge ve Sakai (1993), poliester, diizosiyanat ve modifiye edilmemiş %25 kamış tanininden poliüretan köpüklerin bir, iki ve üç ay süreyle Servis Biyodegrasyon Testi'ne göre biyodegrasyonunu %1,9, %4,4 ve %3,9 olarak bildirmişlerdir. Yine, %16 trietilendiamin içeren sentetik köpüğün biyodegrasyonu %0,5'den daha küçük bulunmuştur.

2.14. Biyokütle Temelli Poliüretan Köpüklerin Su Alma Miktarları

Yao ve ark. (1996), hidrofilik sıvılaştırılmış nişasta polyolünden ürettikleri poliüretan köpüğün su alma miktarını aynı sürede SH192 sürfektanı ve SH193 sürfektanı kullanılarak hazırlananlarda sırasıyla %1700 – 2200 (m/m), %60-90 (m/v) ile %200'den küçük (w/w) %5'ten büyük (w/v) olarak bildirmişlerdir.

Fidan (2009), gossypollü pamuk şiflerinden elde ettiği poliüretan köpüklerin su alma miktarını 1, 2, 4, 8, 16, 24, 36, 48 ve 72 saatlik periyotlarda sırasıyla %165, %229, %286, %368, %433, %461, %483, %539, %669; gossypolsüz pamuk şiflerinden elde ettiklerinde %90, %136, %229, %285, %368, %390, %430, %484, %497; sentetik köpüklerde ise %97, %136, %189, %239, %292, %311, %373 ve %423 olarak bulmuştur.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali

Bu çalışma, 2014 ve 2015 yıllarında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Endüstrisi Bölümü Laboratuvarları ve ÜSKİM (Üniversite-Sanayi-Kamu İşbirliği Geliştirme ve Uygulama Merkezi) ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Fizikokimya Araştırma Laboratuvarı ve Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yürütülmüştür.

Ahlat İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Ahlat merkez Ovakışla beldesinde patates üretiminin yapıldığı toprağın analizini Çizelge 3.1'de bildirmiştir.

Çizelge 3.1. Bitki materyali topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Yıl	Derinlik (cm)	Tekstür Sınıfı	pH	CaCO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Organik Madde (%)	Tuzluluk (%)
2013	0-30	Kumlu killi	6.45	22.2	3.3	8.45	8.36	0.013

Ahlat merkeze yakın, Ovakışla beldesinde pullukla sürülerek patates tarımına hazırlanan tarla toprağına ekim yapılmadan önce DAP gübresi katılmıştır. Granula türü patates anaç tohumu çevre illerden getirilmek suretiyle ekilmiştir. Patates üretimi, haftada bir kez yağmurlama tekniğıyle sulamak suretiyle yapılmıştır. Çapalama esnasında tarla toprağına sulama eşliğinde bir kez üre sülfat gübresi eklenmiştir. Ahlat patatesi, yaklaşık olarak 6 ay sürede yetiştirilerek, 2013-Ekim ayında hasat edilmiştir (Bkz. Ek Şekil 1, 2).

3.1.2. Patates Öğeleri Örnekleri

Patates, topraküssü aksanı ile birlikte Bitlis-Ahlat ilçesinde bulunan tarlalardan temin edilmiştir.

Patates kabuğı, soyulmuş ve kesilmiş patates ve patates topraküssü bitkisi atmosfer altında kurtulmuştur. Patates bileşenleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam

Üniversitesi Orman Endüstrisi Mühendisliği laboratuvarlarında (Warning Commercial Blender, Warning Products Division Comp., New Hartford; U.S.A.) öğütme cihazı ile 10 dak. süreyle 1. derece seviyede mekanik olarak öğütüldü. Öğütülen örnekler sarsak elekte eleme işlemine tabi tutularak 80 mesh'lik elekten geçenler numune olarak kullanılmıştır(Bkz. Ek Şekil 3, 4, 5).

3.1.3. Kimyasal Madde Materyalleri

Bu çalışmada kimyasal madde olarak, polietilen glikol 400 (PEG400, d: 1,13 kg/ℓ, OH (C₂H₄O)_nH, OH: 267-295, M_A=380-420 Merck Şrk./Almanya), gliserin (d: 1,26 kg/ℓ, C₃H₈O₃, M_A=92.1 g/mol, OH: Merck Şrk./Almanya), sülfürik asit (d: 1,84 kg/ℓ, H₂SO₄, M_A=98.08 g/mol, %95-97, Merck Şrk./Almanya), o-fosforik asit (d: 1,71 kg/ℓ, H₃PO₄, M_A:98.00g/mol, %85, Merck Şrk. /Almanya), asetik asit (d:1,05 kg/ℓ, CH₃COOH, M_A=60.01 g/mol, d:1.0495 g/cm³, %99.80, Merck Şrk./Almanya), hidroklorik asit (d: 1,19 kg/ℓ, HCl, M_A:36.46 g/cm³, %37, Merck Şrk./Almanya), nitrik asit (d: 1,39 kg/ℓ, 20 °C, HNO₃, M_A: 63.05 g/mol, %65, Merck Şrk./Almanya), metanol (d: 0,79 kg/ℓ, CH₄O, M_A: 32.04 g/mol, %99.7, Merck Şrk./Almanya), etanol (d: 0,789 kg/ℓ, C₂H₆O, M_A: 46.07 g/mol, %99.8, Merck Şrk./Almanya), pridin (16.037, d: 0,981 kg/ℓ, C₅H₅N, M_A: 79.10 g/mol, %99.5, Sigma Aldrich Şrk./Almanya), polimerik difenilmetan diizosiyanat (PDMI 92140, 4,4'-metilendifenil diizosiyanat, M_A:n.250.25 g/mol d:1.40 g/cm³), trietilendiamin (93040, 1,4-diazabi-siklo [2.2.2] oktan M_A:112.17 g/mol, d:0.94 g/cm³, C₆H₁₂N₂), silikon sürfektan (silikon glikol kopolimer, Chemika 81.170, M_A:380 g/mol, %98.8, Merck Şrk./Almanya), potasyum hidroksit (d: 2.12 g/cm³, KOH, M_A: 56.11 g/mol, Merck Şrk./Almanya), fenolftalein (d: 1.277 g/cm³ (32°C) C₂₀H₁₄O₄, M_A:318.33 g/mol Sigma Aldrich/Germany), ftalik anhidrit (d:1.527 g/cm³ (20 °C), C₆H₄(CO)₂O, M_A: 106.17 g/mol, Merck Şrk./Almanya), okzalik asit dihidrat (C₂H₂O₄, M_A:90.03 g/mol, d:1.65 g/cm³ Merck Şrk./Almanya) kullanılmıştır.

3.1.4. Makine – Teçhizat Materyalleri

Bu araştırmada, makine ve teçhizat olarak öğütücü, (Waring Commercial Blender, Warning Products Division Comp., New Hartford-U.S.A), etüv (FN-120 Model

Nüve Dry Heat Sterilizer (Germany)), mikrodalga-destekli fırın (Neos marka), sulu tip vakum pompası (TVP 200), ayırmsal damıtma cihazı (Heidolph Laborota 4000 Efficient), karıştırıcı (Ultra-Turrax T8 IKA Labor Teknik) cihazı, pH metre (MODEL PHSJ-3F), hassas terazi (Scaltec SBA 53), kül fırını (Nüve MF 120, Germany), viskozimetre (Brookfield marka DV-I Model) cihazları kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

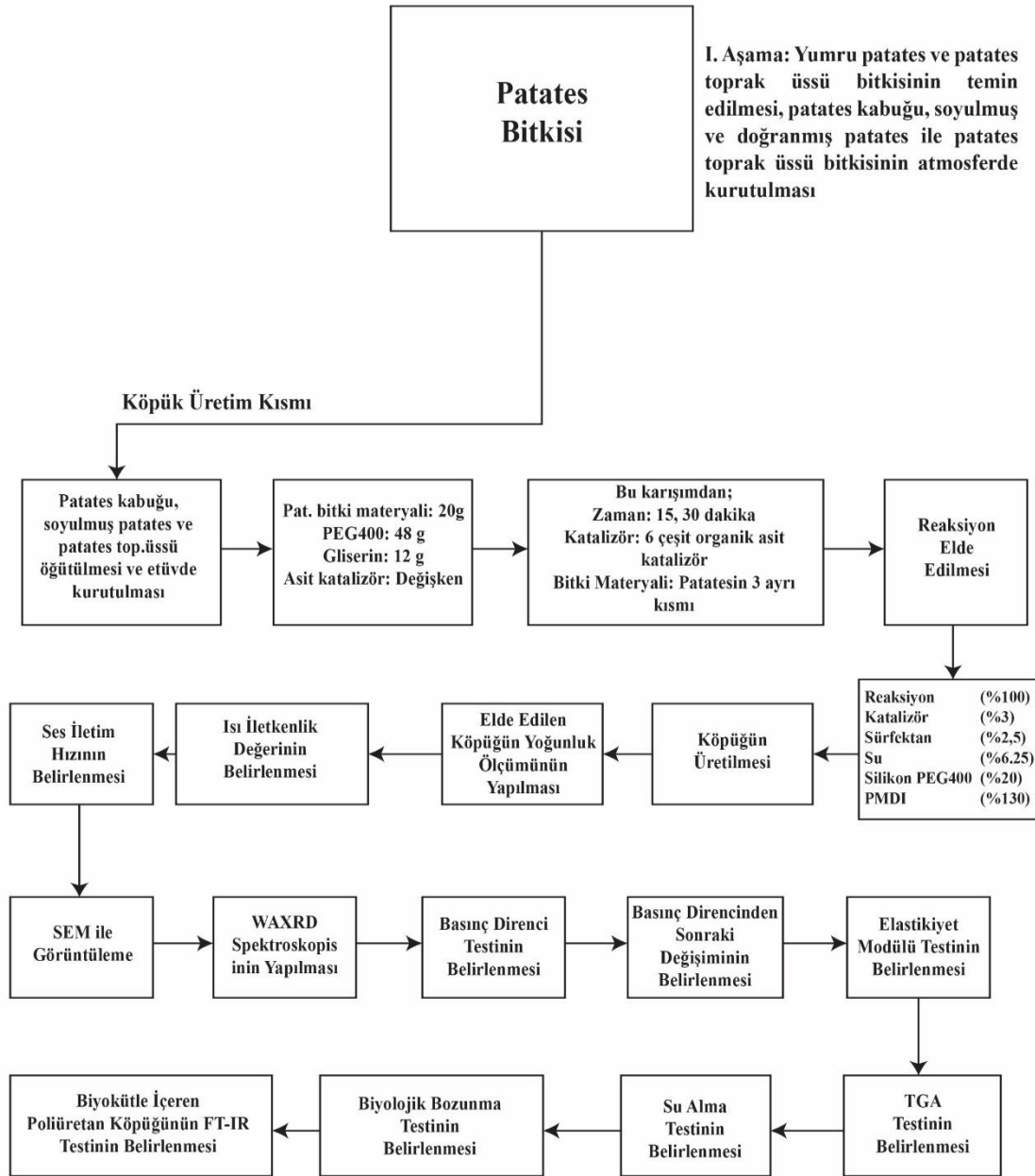
Bu çalışma, bitki materyalinin sıvılaştırma reaksiyonunun katalizör çeşitleri, katalizör konsantrasyonları ve zaman parametrelerine göre incelenmesinden, biyokütle içeren poliüretan köpüğün elde edilme ve karakterizasyonu ile istatistiki analiz kısımlarından oluşmuştur. Çalışmanın aşamaları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

3.2.1. Patates Bitkisi Öğelerinin Sıvılaştırma Reaksiyonu Koşulları

Patates kabuğu, patates topraküssü bitkisi (yaprak ve gövdesi (sarmaşık)) ve soyulmuş sonra da küçük parçalara kesilmiş patatesin iç kısmı, hava atmosfer altında kurutulmuştur. Kurutulmuş patates öğeleri, bıçaklı bir öğütücüde öğütülmüştür. 80 meş gözenek boyutuna sahip elek ile elenmiştir. Sıvılaştırma reaksiyonu için 0-80 meş arasında boyuta sahip olan patates öğelerinin tozları kullanılmıştır.

Patates öğelerine ait öğüntüden tüm sıvılaştırma reaksiyonları için 20 g alınarak, 48 g polietilen glikol 400 (PEG 400) ve 12 g gliserol ile 500 mL hacimli NS 29/32 tür şilifli balona yerleştirilmiştir ve ön karıştırma işlemi uygulanmıştır. Altı farklı asit (sülfürik asit, hidroklorik asit, fosforik asit, nitrik asit, asetik asit ve okzalik asit dihidrat), $(m_{PEG400} + m_{gliserol}) \times \%3$ ile $(m_{PEG400} + m_{gliserol}) \times \%21$ aralığında miktarlarda asit katalizörü olarak reaksiyon balonuna eklenmiştir. Sıvılaştırma reaksiyonu, mikrodalga ısıtma metoduna göre mikrodalga fırınında gerçekleştirilmiştir. Bağımsız bir sıcaklık sensörü ve karıştırıcı mikrodalga fırınında ekipmana dahildir ve 500 mL’lik cam balonun içerisinde bir magnetik karıştırıcı konularak karıştırıcı zemininin üzerine bırakılmış ve fırının kapağı kapatılmıştır. Reaksiyon balonunun basıncı, mikrodalga fırını ekipmanına bağlı geri soğutucu düzeneğiyle kontrol edilmeye çalışılmıştır. Tüm bitki materyalleri sıvılaştırma işlemi için normal ısıtma programı olarak 350 watt/dak. mikrodalga enerjisi ve 300 rpm/dak. karıştırma işlemi uygulanmıştır. Sıvılaştırma

reaksiyonu için 15 dak. ve 30 dak. şeklinde 2 tane zaman parametresi kullanılmıştır. Sıvılaştırma tamamlandıktan sonra reaksiyon balonu 15 dak. süre ile soğutulmuştur ve sonra ağzı açılmıştır. Belli bir eşdeğer gram sodyum hidroksit çözeltisi (%40, m/m), asit katalizörünü nötralleştirmek amacı ile sıvılaştırma reaksiyonu kabına eklenmiştir ve böylece sıvılaştırılmış patates öğelerinden **polyol** elde edilmiştir (Bkz. Ek Şekil 6, 7, 8).



Şekil 3.1. Patates bitkisi öğelerinin poliüretan esaslı köpük yapımına etkisinin araştırılmasında izlenen şema.

3.2.2. Bitki Materyallerinin Kül Testi

Patates bitkisine ait patates kabuğu, patates topraküssü bitkisi kurutulmuş ve 0-80 mesh boyutuna öğütülmüş olan öğüntüleri 24 saat süreyle, kül testinin yapıldığı krozeler ile yanyana 103 ± 2 °C sıcaklıkta etüvde kurutulmuştur. Hızlıca çıkarılarak desikatöre alınmış ve daralarının alınmasından sonra tekrar desikatöre konulmuştur. Sonra tekrar 1 g bitki numuneleri içerisine konularak, desikatöre bırakılmıştır. Her bir bitki materyaline ait üçer örnek, kül fırınında ASTM E1755-01 standart metoduna göre kül testine tabi tutulmuştur (Bkz. Şekil 9).

3.2.3. Sıvılaşmayan Patates Bitkisi Materyalinin Hesaplanması

Sıvılaşan ve sıvılaşmayan patates bitkisi öğelerinin belirlenmesi için; reaksiyon sonucunda elde edilen karışım 200 mL metanol ile çözülmüş ve sulu tip vakum pompası (TVP 200) yardımıyla 125 mm gözenek boyutuna sahip ve önceden etüvde kurutulmuş ve darası alınmış süzgeç kağıdı ile süzölmüştür. Süzme işleminden sonra çözünmeyen kısım 103 ± 2 °C sıcaklıkta etüvde (Nüve Dry Heat Sterilizer, FN-120 Model) kurutulmuştur. Sıvılaşmadan kalan miktar aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenmiştir. (Bkz. Ek Şekil 10, 11, 12).

Sıvılaşmayan patates bitkisi öğesinin miktarının yüzdesi;

$$R(\%) = \left(\frac{m_1}{m_o} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

R = Kuru ağırlık olarak metanol’de sıvılaşmayan miktar (%)

m_1 = Sıvılaştırmadan sonra sıvılaşmayan patates bitkisi öğesinin miktarı (g)

m_o = Başlangıçta kullanılan patates bitkisi öğesinin kütlesi (g) (Zheng ve ark., 2011; Pan ve ark., 2011).

3.2.4. Sıvılaşan Patates Bitkisi Materyalinin Miktarı

Sıvılaşan miktarlar aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenmiştir (Bkz. Ek Şekil 12)

Sıvılaşan patates bitkisi öğelerinin miktarı yüzdesi;

$$S(\%) = \left(\frac{m_o - m_1}{m_o} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

S = Kuru ağırlık olarak metanol’de sıvılaşan miktar (%)

m_1 =Sıvılaştırmadan sonra sıvılaşmayan patates bitkisi ögesinin miktarı(g)

m_o = Başlangıçta kullanılan patates bitkisi ögesinin kütlesi (g) (Zheng ve ark., 2011; Pan ve ark., 2011).

3.2.5. Asit ve Hidroksil Değerleri

3.2.5.1. Asit Değeri Tayini

Sıvılaşma esnasında ortamda oluşan asit miktarı asit değeri (AD) olarak ifade edilir. Patates ögelerinin sıvılaştırılması ile elde edilen polyolün asit değeri ASTM D 4662-08 standardına göre titrasyon metodu ile ölçülmüştür (Bkz. Ek Şekil 13).

Toplam Asit Değeri

Patates ögelerinin sıvılaştırılması ile elde edilen polyollerin asit değeri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

1. Etil alkol (120 mL) ile toluen (120 mL) toplam 240 mL balonda karıştırılır (Reaktif).
2. İndikatör; 50 mL etil alkol ile 50 mL saf su karışımında 0,5 g fenolftaleinin karışmasından oluşur.
3. 0,1N KOH için; 10 mL su, 5,61 g KOH ve geri kalan da etil alkol olacak şekilde 1000 mL’lik balonda tamamlanarak hazırlanmış olur.
4. %40’lık (w/w) NaOH çözeltisi nötralleştirme işlemi için gereklidir. 40 g NaOH, saf su ile hacmi 100 mL tamamlanmak suretiyle hazırlanır. (Tam çözünmesi için magnet yardımıyla soğuk su banyosu içerisinde karıştırılmalıdır).

5. Sıvılaştırılmış numunenin içerisindeki asit katalizörün eşdeğer gramına eşit eşdeğer gram kadar NaOH içeren %40'lık (w/w) çözelti sıvılaştırılmış numuneye eklenir ve baget yardımıyla iyice karıştırılır.

6. 25 mL reaktif ile daha önce nötrleştirilmiş 0,5 g sıvılaştırılmış polyol alınarak işlem yapılır. Daha sonra bu karışıma 0,25 mL indikatör damlatılır sonra bürete konulan 0,1 N KOH ile renk değişimi gözlenene kadar eklemeye devam edilir (Daha sonra kullanılan hacim not alınır, bu formülde A değeridir).

7. 25 mL reaktif üzerine 0,25 mL indikatör eklendikten sonra 0,1 N KOH ile titrasyon yapılır (Harcanan KOH miktarı kaydedilir, formülde B değeridir).

Sonuç olarak asit değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

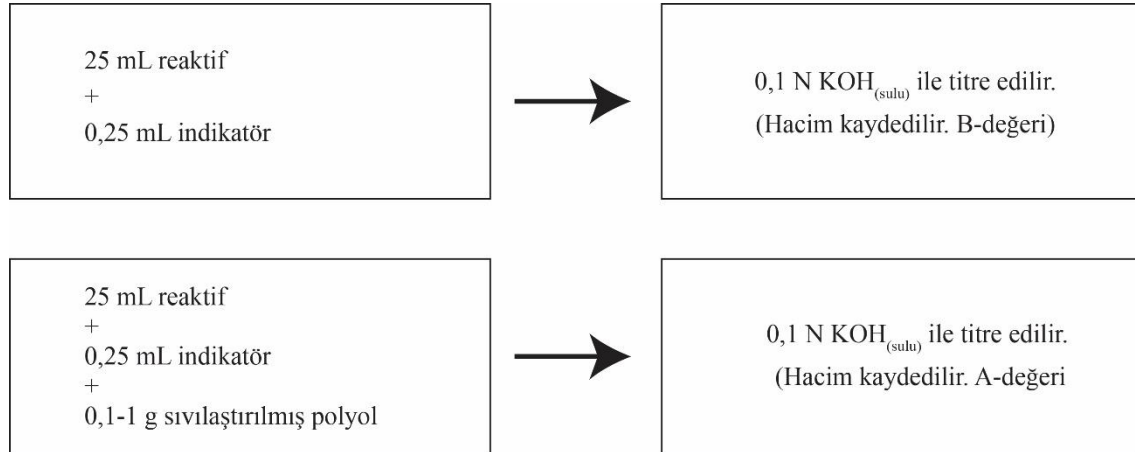
$$AD = \frac{(A - B) \times N \times 56,1}{W} \quad \text{mg KOH/g polyol} \quad (3)$$

A: Reaktif titrasyonunda harcanan KOH hacmi miktarı (mL)

B: Numunenin harcadığı KOH hacmi miktarı (mL)

W: Kullanılan sıvılaştırılmış polyol miktarı (g)

56,1: KOH bileşiğinin mol kütlelerini (g/mol)



A ve B değerleri (3) numaralı eşitlikte yerine konulur.

Şekil 3.2. Sıvılaştırılmış bitki polyolünde asit değeri belirlenmesinin şematik gösterimi

3.2.5.2. Hidroksil Değeri Tayini

Sıvılaştan karışımın hidroksil değeri (HD), örneğin 1 g'ının ftalik anhidrit ($C_6H_4(CO)_2O$) ile titrasyonunda tüketilen ftalik anhidrite eşdeğer KOH'in mg miktarı olarak ifade edilir. Patates öğelerinin sıvılaştırılması ile elde edilen polyolün hidroksil değeri ASTM D 4274-05 standardına göre titrasyon metodu ile ölçüldü (Bkz. Ek Şekil 13).

Toplam Hidroksil Değeri

Patates öğelerinin sıvılaştırılması ile elde edilen polyollerin hidroksil değeri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

1. İki (2) g NaOH ile 100 mL saf su karışımından 0,5 M NaOH hazırlanır.
2. Yediyüz (700) mL Pridin ile 111 g ftalik anhidrit 110° C' de 2 saat boyunca magnet yardımıyla karıştırılır (koyu renkli balon içerisinde). (reaktif)
3. İndikatör için; 50 mL pridin ile 0,5 g fenolftalein karışımı gereklidir.
4. Yüzde kırklık (% 40'lık) NaOH çözeltisi nötralleştirme işlemi için gereklidir (40 g NaOH saf su ile hacmi 100 mL'ye tamamlanmak suretiyle hazırlanır. (Tam çözünmesi için magnet yardımıyla soğuk su banyosu içerisinde karıştırılmalıdır).
5. Sıvılaştırılmış numunenin içerisindeki asit katalizörünün eşdeğer gramına eşit eşdeğer gram kadar NaOH içeren %40'lık (w/w) çözeltisi sıvılaştırılmış numuneye eklenir ve baget yardımıyla iyice karıştırılır.
6. 25 mL reaktif üzerine 0,25 mL fenolftalein eklendikten sonra 0,5 M NaOH_(sulu) ile titre edilir (Harcanan NaOH hacmi kaydedilir ve bu formülde A değeridir).
7. 25 mL reaktif ile 0,5 g numune alınarak işlem yapılır. Daha sonra bu karışıma 0,25 mL indikatör damlatılır ve bürete konulan 0,5 N NaOH çözeltisi ile renk değişimi gözlenene kadar eklemeye devam edilir (Daha sonra kullanılan hacim not alınır ve formülde B değeridir).

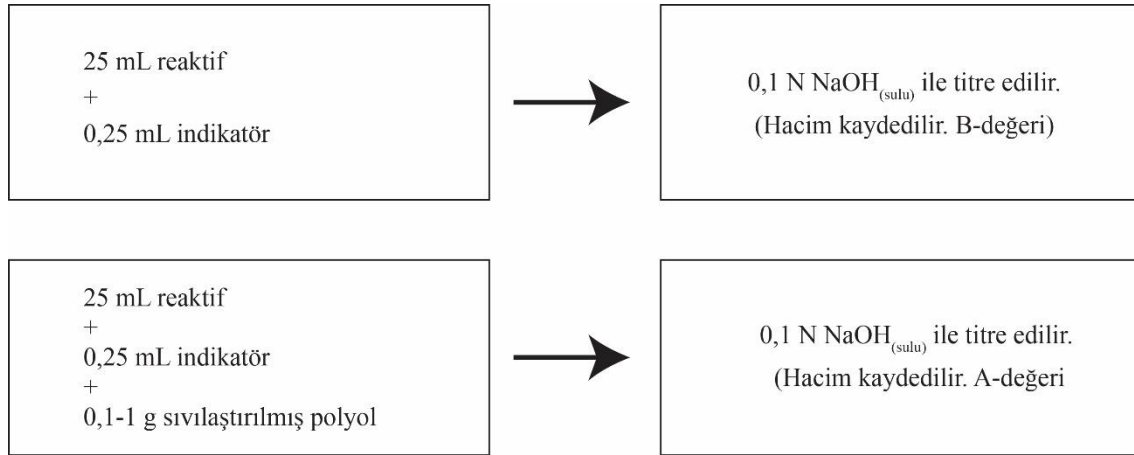
Sonuç olarak asit değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$HD = \frac{(B - A) \cdot N \cdot 56.1}{w} \quad \text{mg KOH/g polyol} \quad (4)$$

B: Reaktif (körün) tarafından titrasyonunda tüketilen NaOH_(sulu) miktarı (mL)

A: Reaktif + sıvılaştırılmış polyolün harcadığı NaOH_(sulu) miktarı (mL)

w: Sıvılaştırılmış polyol miktarı (g)



Şekil 3.3. Sıvılaştırılmış bitki polyolünde hidroksil değeri belirlenmesinin şematik gösterimi

A ve B değeri (4) numaralı eşitlikte yerine konulur.

3.2.6. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerinin Yoğunluğunun Ölçülmesi

Sıvılaştırılmış patates öğeleri (kabuk, topraküssü bitkisi, patatesin iç kısmı) özgül ağırlığı ASTM D 4669 standardına göre ölçülmüştür. Sıvılaştırılmış bitki polyolleri sıvılaşmamış kalıntı içermemektedir, ölçümler 25 ± 2 °C’de kaydedilmiştir.

3.2.7. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerinin Viskozitesinin Ölçülmesi

Sıvılaştırılmış patates öğeleri polyolünün viskozitesi Brookfield DV-I Viskozimetre ile S-O5 mil (dingil) kullanılarak 50 devir/dak. karıştırma hızında ASTM D 4878 standardına uygun olarak ölçüldü. Polyol, kalıntı içermemektedir ve ölçümler 25 ± 2 °C’de kaydedilmiştir (Bkz. Ek Şekil14).

3.2.8. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerinin Yüzey Geriliminin Ölçülmesi

Sıvılaştırılmış patates öğeleri polyolünün yüzey gerilimi, Damla Sayma Metodu'na göre ölçülmüştür ve ölçümler 25 ± 2 °C'de kaydedilmiştir. Ölçüm stalognometre kullanılarak alınmıştır.

3.2.9. Sıvılaştırılmış Patates Polyolünün pH'larının Ayarlanması

Elde ettiğimiz sıvılaştırılmış patates polyolleri, organik ve inorganik asit katalizörleri ile sıvılaştırılmış olduklarından dolayı pH'ları 1-2 civarındadır. Daha önce hazırlanmış olan %40'lık (m/m) NaOH çözeltisi ilave edilerek bir pH metre (Model PHSJ-3F) yardımı ile karışımın pH değeri 6.5'lere kadar yükseltilmiştir.

3.2.10. Poliüretan Köpüğün Elde Edilmesi

Kütlesi önceden belirlenmiş olan sıvılaştırılmış patates polyolu, katalizör, sürfektan ve silikon PEG400 plastik bir kabın içerisinde ön karıştırma işlemine tabi tutuldu. Sonra miktarı sabit olan polimerik difenilmetan diizosiyanat (PMDI, izosiyanat içeriği 90) ile 8000 devir/dak. yüksek karıştırma hızıyla 15-20 saniye karıştırıldı. Oda koşullarında serbestçe yükselmesi sağlandı. Şartlanması için oda sıcaklığında 2 gün süreyle bekletildi. Daha sonra köpük plastik kabın içerisinden alındı ve test örneklerine kesildi (Bkz. Ek Şekil 15).

Çizelge 3.2. Patates kabuğundan elde edilen poliüretan esaslı köpük üretiminin hazırlanmasında kullanılan kimyasalların miktarı

Kimyasal Maddeler	%*	Miktar (g)
Reaksiyon Miktarı	20	100
Katalizör	0,6	3
Sürfektant	0,5	2,5
Su	1,25	6,25
Silikon PEG	4	20
PMDI	26	130

* Diğer kimyasalların yüzdeleri, alınan reaksiyon miktarına göre ayarlanmıştır.

3.2.11. Poliüretan Köpüklerin Yoğunluk Değeri'nin Ölçülmesi

Sert köpüğün yoğunluğu ASTM D 1622-08 standardına uygun olarak ölçüldü. Üretilen köpük 50 x 50 x 50 mm³ boyutlu numune örneklerine kesildi. Numuneler, 23 °C ve %50 nisbi nem ortamında 48 saat süreyle iklimlendirildi ve sonra kalibre edilerek yoğunluğunun tespit edilmesi için tartıldı.

Poliüretan köpüklerin yoğunluk değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$d = \frac{m}{v} \quad \text{g/cm}^3 \quad (5)$$

Burada;

d : Yoğunluk (g/cm³)

m : Kütle (g)

v : Hacim (cm³)'dir.

3.2.12. Poliüretan Köpüklerin Isı İletkenlik Değerinin Ölçülmesi

Isı iletkenlik katsayısı, Quick Termal İletkenlik Ölçme cihazı ile Hot Wire Metodu (platinyum direnç termometre teknik) uyarınca ASTM C 1113-90 standardına göre belirlenmiştir. 10 cm uzunluğunda PD-11 türündeki cihaza ait promb, numunenin merkezine 30 °C/5 dak. ölçüsünde 6 dakika süre ile ısı uygulamaktadır. Numune merkezinin k şeklindeki prombuna geri dönen ve kaydedilen ısı miktarı, aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Bkz. Ek Şekil 16).

$$\lambda = \left[\frac{q \cdot \ln(t_2 : t_1)}{4\pi(T_2 - T_1)} \right] \quad (6)$$

Burada;

λ : Isı iletkenlik değeri (W/mK)

q : Numuneden geçen ısı miktarı (cal)

$T_2 - T_1$: İki yüzey arasındaki sıcaklık farkı (°C)

t_2 / t_1 : Ölçülen zaman aralığı (s)'dir.

3.2.13. Poliüretan Köpüklerin Ses İletim Hızının Ölçülmesi

Ses iletim hızı, 5 cm x 5 cm x 5 cm boyutunda kesilmiş köpük numuneleri kullanılarak Pundit Ses İletim Cihazı (CNS Farnell Model) ile ASTM C-597 standardına uygun olarak ölçülmüş ve aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (Bkz. Ek Şekil 17).

$$SIH = \left[\frac{L}{t} \right] \text{bağıntısına göre hesaplanmıştır.} \quad (7)$$

SIH: Ses İletim Hızı (km/s)

L : Numunenin kalınlığı (mm)

T : Cihazda okunan değer (s)'dir.

3.2.14. Biyokütle Esaslı Poliüretan Köpüklerin Mekanik Özellikleri

3.2.14.1. Poliüretan Köpüklerin Basınç Direncinin Ölçülmesi

50 mm x 50 mm x 50 mm boyutlarında hazırlanan numuneler 23 °C ve %50 nisbi nem ortamında 48 saat süreyle iklimlendirilmiştir (Bkz. Ek Şekil 19). Kalibre edilen numunelerin basınç direnci, geri kazanımı ve elastikiyet modülü Universal Test Cihazı (Zwick/Roell 2010) ile JIS (Japon Endüstriyel Standardı) K7220'ye göre ölçülmüştür. Ölçümlerin alındığı Universal Test Cihazı'nın piston kolunun hızı 1 mm/dk olacak şekilde ayarlanmıştır (Bkz. Ek Şekil 18). Basınç direnci aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\sigma = \frac{P}{A} (kPa) \quad (8)$$

Burada;

σ : Basınç direnci (kPa)

ρ : Maksimum kırılma direnci (N)

A : Enine kesit alanı (mm²)'dir.

3.2.14.2. Poliüretan Köpüklerin Basınç Direncinden Sonraki Boyut Değişiminin (Geri Kazanım) Ölçülmesi

Basınç direncinden sonraki boyut değişimi, basınç direnci yapıldıktan hemen ve 1 gün sonra olmak üzere iki şekilde ölçülmüş olup, basınç direncinden sonraki boyut değişimi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$W = \left[\frac{W_{IY} - W_{SY}}{W_{IY}} \right] \times 100 \quad (9)$$

Burada;

W : Basınç direncinden sonraki boyut değişimi (%)

W_{IY} : Numune ilk yükseklik (cm)

W_{SY} : Basınç uygulandıktan sonraki yükseklik (cm)'dir.

3.2.14.3. Poliüretan Köpüklerin Elastikiyet Modülü Değerinin Ölçülmesi

Poliüretan köpüklerin elastikiyet modülü ölçümleri, Universal Test Cihazı (Zwick/Roell 2010) ile yapılmıştır. Elastikiyet modülü (E) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} (MPa) \quad (10)$$

Burada;

E : Elastikiyet modülü (MPa)

σ : Basınç direnci (MPa)

ε : Gerilim'dir.

3.2.15. Poliüretan Köpüklerin Su Alma Testinin Yapılması

Köpük numuneler 10 mm x 10 mm x 10 mm boyutlarında kesilerek, su alma testi için hazırlanmıştır. Numuneler, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36 ve 48 saat süre ile suya daldırılarak su alma miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$W_s = \left[\frac{W_1 - W_0}{W_0} \right] \times 100 \text{ (\%)} \quad (11)$$

Burada;

w_s : Su alma miktarı (%)

w_1 : Suyu daldırıldıktan sonraki ağırlık (g)

w_0 : Başlangıçtaki ilk ağırlık (g)'dir.

3.2.16. Poliüretan Köpüklerin Termal Bozunma Testinin Yapılması

Üretilmiş olan köpüklerin termo gravimetrik analizi, 100 mL/dak. azot gazı akış hızı koşulunda 10 °C/dak. sabit ısıtma altında 25-800 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir. Analiz, SHİMADZU TA-60 WS model Termo Gravimetrik Analiz cihazıyla yürütülmüştür (Bkz. Ek Şekil 20). Sıvılaştırılmış patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün aktifleşme enerjisi termal gravimetrik analiz yöntemi ile hesaplandı. Aktifleşme enerjisinin hesaplanmasında $\ln (\text{Hız}/T) - 1/1000 \times T$ grafiği kullanılarak aşağıdaki formülден yararlanılmıştır.

$$E_a = \text{Eğim} \times R \quad (12)$$

E_a : Aktifleşme Enerjisi (J/mol)

R : İdeal Gaz Sabiti (8.314 J/mol.K)

3.2.17. Poliüretan Köpüklerin Taramalı (Scanning) Elektron Mikroskop (SEM) ile Görüntülenmesi

Üretilmiş olan köpüklerin hücre morfolojisi ZEİSS Marka EVOLS 10 Model (Almanya) Tarayıcı Elektron Mikroskopu (SEM) ile 20.0 kV hızlandırıcı gerilim uygulanarak gözlemlenmiştir. Örnekler ince kesitler halinde kesilmiş ve kesit yüzeyleri RESSİNA TON marka, 108 AUTO model püskürtücü kaplayıcı kullanılarak Altın (Au) ile kaplanmıştır (Bkz. Ek Şekil 21).

3.2.18. Poliüretan Köpüklerin Alçaltılmış Toplam Yansımali-Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (ATR-FTIR) Analizi

ATR-FTIR spektroskopisi patates ögelerinin sıvılaştırmamış patates ögelerinin ve elde edilmiş poliüretan köpüklerin yapısında bulunan fonksiyonel grupları karakterize etmek amacıyla kullanıldı. Ölçümler, Thermo Fisher Scientific marka, Nicolet IS 10 model spektrometre ile ATR elementi olarak elmas kullanılarak yürütüldü. Örneklerin tek-ışın demeti spektrumu, ortalama 16 ekranda toplanan 500-4000 cm^{-1} dalga boyu aralığında olan, 4 cm^{-1} çözünürlükte alındı. Tüm spektrumlar iletkenlik metoduyla elde edilmiştir (Bkz. Ek Şekil 22).

3.2.19. Poliüretan Köpüklerin Geniş-açılı X-Işını Difraktometresi (WA X-RD) Analizi

Üretilen poliüretan köpüğün yapısal özellikleri X-ışını kırınımı cihazı ile incelendi.

Geniş-açılı X-ışını difraktometresi analizi için, üretilen poliüretan köpük öğütülmüştür. Ölçüm, Philips X' Pert PRO marka XRD yansıtma cihazı ile yapılmıştır (Bkz. Ek Şekil 23). Radyasyon için 40 kV katot gerilimi ve 30 mA ayarlı, monokromatik CuK_α radyasyonu ($\lambda = 0,154056 \text{ nm}$) uygulandı ve ölçümler 0.02 °/s hızında alındı.

3.2.20. Poliüretan Köpüklerin Biyolojik Bozunma Testinin Yapılması

Sıvılaştırılmış patates kabuğundan elde edilen poliüretan esaslı köpüklerin biyolojik bozunması Servis Biyobozunur Testi (toprakta çürüme testi) ile ölçülmüştür.

Toprağa çürüme testinde, köpük 1x1x1 cm^3 boyutlarında kesilerek tuzluluk: 0.52 mhos/cm, pH: 7.96, organik madde: %49, toplam nitrojen: %13, Fosfor: 30.4 ppm, değişebilir K^+ iyonu: 1.56 m.e/100 g toprak, değişebilir M_g^{+2} iyonu: 6.96 m.e/10 g CaCO_3 : %20,35, içeren toprak kültürü içine yerleştirilerek inkübasyonda, 30°C'de 3 ay bekletilmiştir.

Toprağın su içeriğinin sürekli olarak %60 oranında olmasının sağlanması için arasıra su ilavesi yapılmıştır. İnkübasyon periyodunun sonunda örnekler temizlenerek 103 ± 2 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Daha sonra % ağırlık kaybı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$AK = \left[\frac{m_0 - m_d}{m_0} \right] \quad (\%) \quad (12)$$

Burada;

A.K: Ağırlık kaybı (%)

m_0 : Testten önceki kuru köpük örneği ağırlığı (g)

m_d : Testten sonraki kuru köpük örneği ağırlığı (g)

3.2.21. İstatistiki Değerlendirme

Patates bitkisi öğelerinin sıvılaştırma reaksiyonu verileri tanımlayıcı istatistiği kullanılarak, ortalama değerleri ve standart sapma miktarı ile verilmiştir. Patates öğelerinin sıvılaştırılmasından elde edilen polyollerin A.D., H.D. ve fiziksel özelliklerine ilişkin veriler yine Tanımlayıcı İstatistik kullanılarak, ortalama değerleri ve standart sapma miktarı ile verilmiştir.

Patates kabuğundan elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpük örneklerine ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler için tanımlayıcı istatistikler SAS paket programında Proc Means komutu ile elde edilmiştir. Bu üç öğeye (fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler) ait korelasyonlar Proc Corr komutu ile elde edilmiştir. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve sentetik PU köpükler için fiziksel, kimyasal ve mekanik özellik öğelerinin ortalamaları arasında fark olup olmadığını belirlemek amacı ile T testinden yararlanılmıştır, bu amaçla Proc T-TEST komutu kullanılmıştır. Su alma testi için farklı zaman noktalarında patates kabuğundan elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpük 7 farklı zaman noktasındaki ortalamalarının karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmış, gruplar arası farklılıklar Duncan Çoklu Karşılaştırma testi ile belirlenmiştir, bunun için Prog GLM komutu kullanılmıştır.

4. BULGULAR

Bu araştırma kapsamında, patates bitkisi ögelerinin (patates kabuğu, patates topraküssü bitkisi ve soyulmuş patates) PEG400/Gliserin ikili çözeltisinde, (1) farklı asit katalizörleri ile, (2) farklı asit katalizörleri konsantrasyonlarında, (3) farklı sıvılaştırma reaksiyonları sürelerinde sıvılaştırma işlemi incelenmiş ve biyokütle-polyoller elde edilmiştir. Elde edilen patates bileşenleri-içerikli polyoller bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre karakterize edilmiştir ve betimsel istatistik ile bildirilmiştir. Patates bileşenlerinin sıvılaştırılması ile elde edilen polyollerden fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre en iyi koşullara sahip olan polyol PU köpük hazırlanmasında kullanılmıştır. Sıvılaştırma reaksiyonu, mikrodalga ısıtma metodu ile mikrodalga fırında bağımsız bir geri soğutucu ve bağımlı sıcaklık sensörü birlikte bulunan düzenek ile gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga enerjisi 350 watt/dak. ve beraberinde karıştırma hızı 300 rpm/dak. olarak tüm sıvılaştırma işlemlerinde sabit tutulmuştur. Yine sıvılaştırma reaktifi PEG400/Gliserin 4/1 m/m olarak kullanılmıştır.

Patates kabuğundan elde edilmiş olan PU ve sentetik köpüklere dair ölçüm ve veriler istatistiksel olarak bildirilmiştir.

4.1. Patates Ögelerinin Sıvılaştırma Reaksiyonlarının Analizi

4.1.1. Patates Kabuğunun Sıvılaştırma Reaksiyonu Analizi

4.1.1.1. Patates Kabuğunun H₂SO₄ Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.1’de patates kabuğunun sülfürik asit katalizörlüğünde sıvılaştırılması reaksiyonuna ait sonuçları gösterilmektedir.

Çizelge 4.1’den görüldüğü gibi patates kabuğunun sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonunda, artan katalizör konsantrasyonu ile sıvılaşmayan patates kabuğu kalıntısı azalmaktadır ve sıvılaştırma reaksiyonun tamamlanma sıcaklığı yükselmektedir.

Çizelge 4.1. Patates kabuğunun H₂SO₄ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	% (m/m) Asit Katalizör Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi (dak.)	Sıvılaşmayan Kalıntı (R) (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı (°C)
H ₂ SO ₄	3	15	9,25 ± 0,3	76,6
H ₂ SO ₄	4	15	6,04 ± 0,2	78,2
H ₂ SO ₄	9	15	4,88 ± 0,1	80,3
H ₂ SO ₄	3	30	5,74 ± 0,2	84,2
H ₂ SO ₄	4	30	4,70 ± 0,1	90,4
H ₂ SO ₄	9	30	0,60 ± 0,05	97

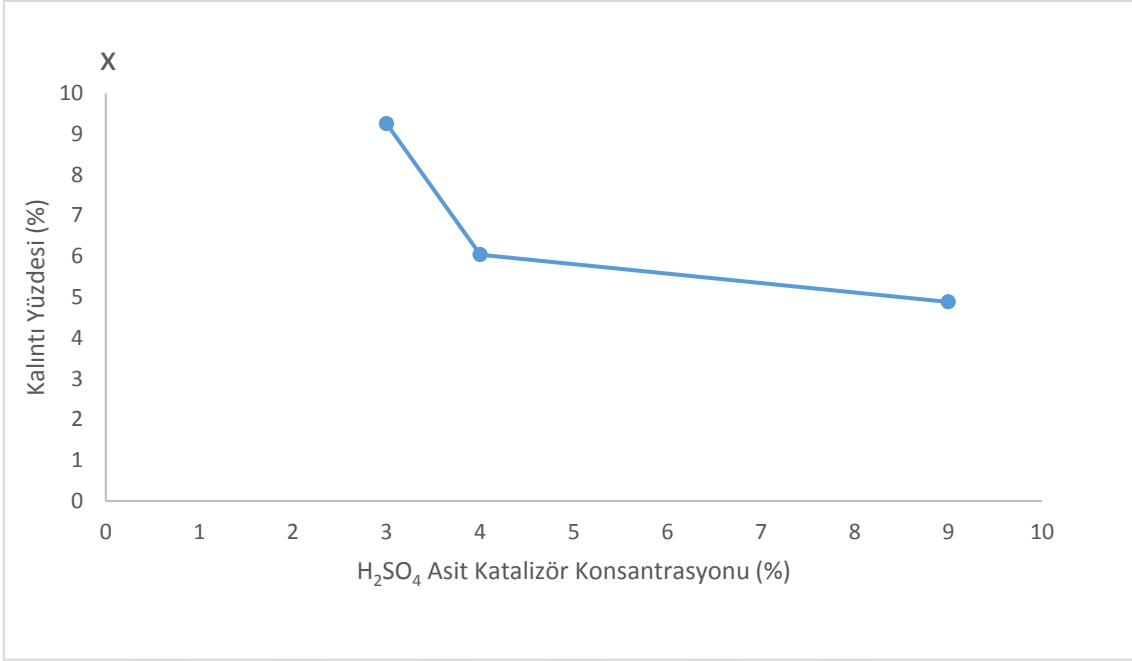
Çizelge 4.2’de patates kabuğunun sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin ölçümler gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. H₂SO₄ katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

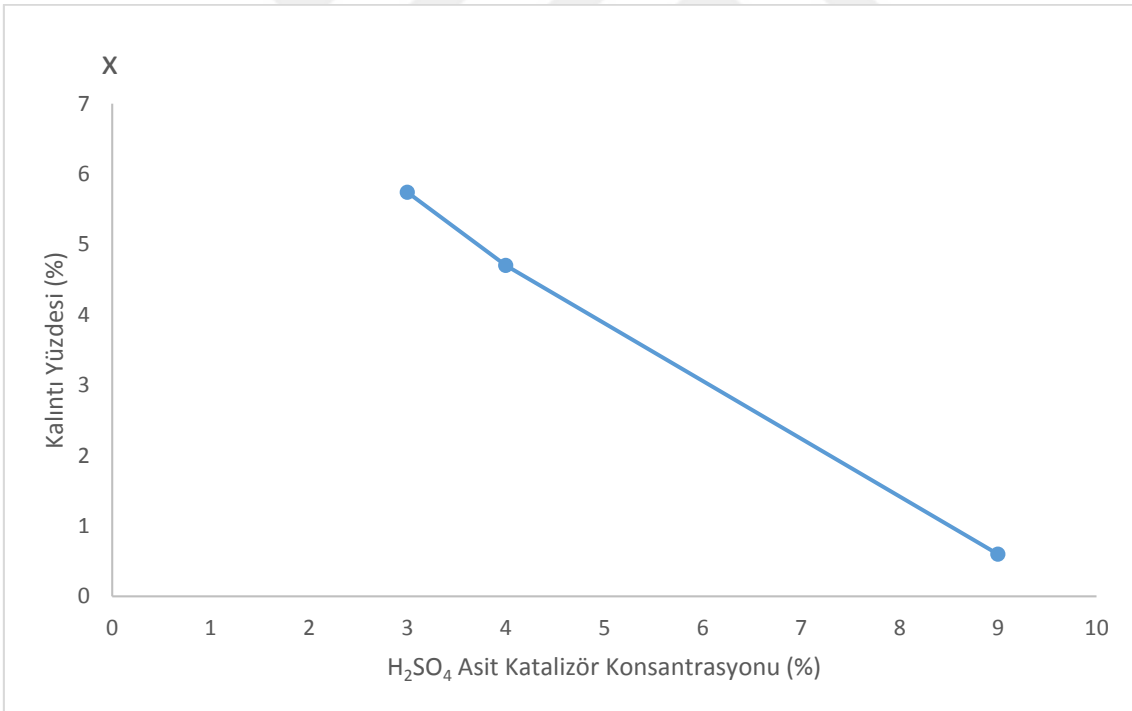
Katalizör	Sülfürik Asit Konsantrasyonu [%]	Reaksiyon Süresi [dak.]	Özgül Ağırlık [g/cm ³] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm]	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
H ₂ SO ₄	3	15	1,317 ± 0,1	586 ± 5	218,7 ± 2	38,92 ± 1	412,00 ± 2
H ₂ SO ₄	4	15	1,337 ± 0,1	589 ± 5	223,7 ± 2	40,03 ± 1	388,03 ± 2
H ₂ SO ₄	9	15	1,338 ± 0,1	744 ± 5	347,6 ± 2	43,75 ± 1	385,82 ± 2
H ₂ SO ₄	3	30	1,158 ± 0,1	877 ± 5	193,9 ± 2	33,41 ± 1	407,90 ± 2
H ₂ SO ₄	4	30	1,212 ± 0,1	880 ± 5	199,5 ± 2	43,68 ± 1	381,75 ± 2
H ₂ SO ₄	9	30	1,257 ± 0,1	893 ± 5	334,2 ± 2	50,31 ± 1	372,49 ± 2

^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Patates kabuğunun sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen polyollerin artan katalizör konsantrasyonu ve sıvılaştırma reaksiyonu süresi ile özgül ağırlığının, viskozitesinin ve yüzey geriliminin arttığı Tablo 4.2’de görülmektedir. Buna ek olarak artan katalizör konsantrasyonu ve sıvılaştırma süresi ile polyolün asit değeri artmakta, hidroksil değeri ise azalmaktadır. Buna karşın, tüm sıvılaştırma ürünü polyoller PU köpük hazırlanması için uygundur.



Şekil 4.1. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.



Şekil 4.2. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.1.2. Patates Kabuğunun HCl Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.3'te patates kabuğunun hidroklorik asit katalizörlüğünde sıvılaştırılması reaksiyonuna ait sonuçlar bildirilmektedir.

Çizelge 4.3. Patates kabuğunun HCl katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	Katalizör Konsantrasyonu (%)	Reaksiyon Süresi (dak.)	Sıvılaşmayan Kalıntı (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı (oC)
HCl	9	15	8,37 ± 0,3	46,0 ± 1
HCl	12	15	7,99 ± 0,2	107,3 ± 1
HCl	18	15	6,80 ± 0,2	93,9 ± 1
HCl	9	30	6,07 ± 0,2	77,0 ± 1
HCl	12	30	4,56 ± 0,2	74,0 ± 1
HCl	18	30	4,22 ± 0,2	78,1 ± 1

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi patates kabuğunun hidroklorik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonunda, artan katalizör konsantrasyonu ile sıvılaşmayan patates kabuğu kalıntısı azalmaktadır. Buna karşın sıvılaştırma reaksiyonun tamamlanma sıcaklığı ise %12 (m/m) asit katalizörü konsantrasyonunda artan reaksiyon süresi ile düşmektedir.

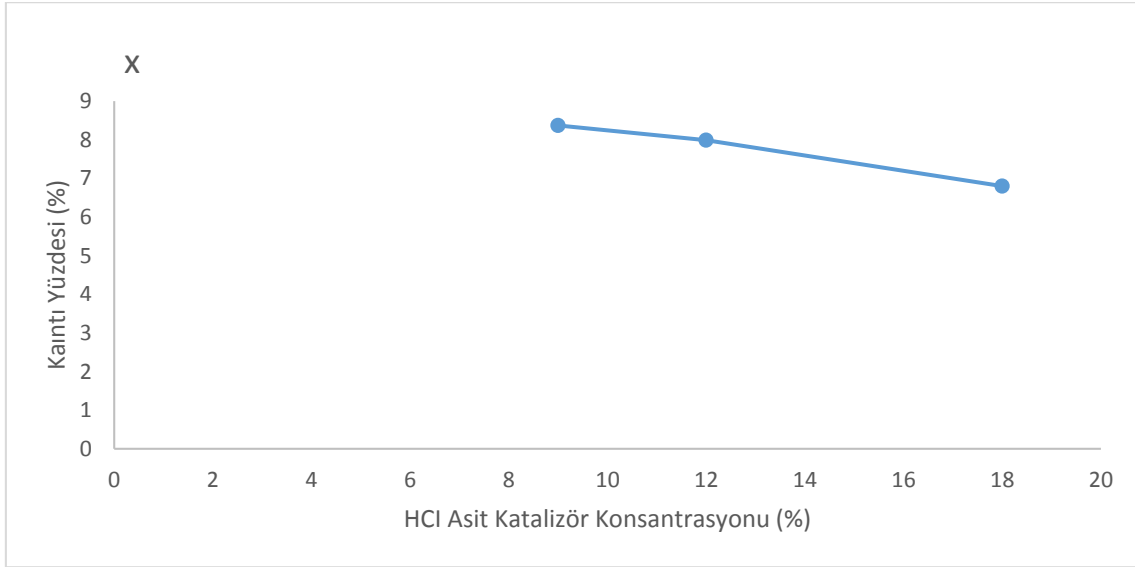
Çizelge 4.4, patates kabuğunun hidroklorik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin ölçümler gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. HCl katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

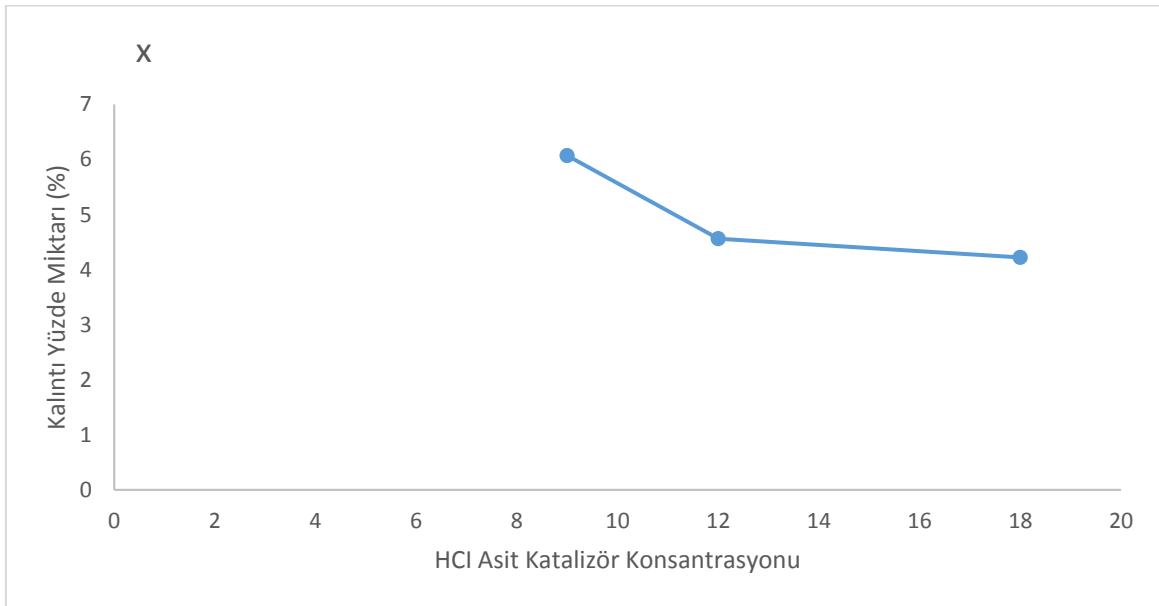
Katalizör	HCl Asit Konsantrasyonu [%]	Reaksiyon Süresi [dak.]	Yoğunluk [g/cm ³] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
HCl	9	15	1,118 ± 0,1	680 ± 5	162,1 ± 2	21,45 ± 1	455,50 ± 2
HCl	12	15	1,220 ± 0,1	701 ± 5	173,8 ± 2	34,24 ± 1	442,69 ± 2
HCl	18	15	1,224 ± 0,1	722 ± 5	304,1 ± 3	44,28 ± 1	419,00 ± 2
HCl	9	30	1,267 ± 0,1	705 ± 5	221,9 ± 2	33,51 ± 1	447,75 ± 2
HCl	12	30	1,269 ± 0,1	713 ± 5	146,5 ± 1	34,79 ± 1	385,77 ± 2
HCl	18	30	1,342 ± 0,1	1,036 ± 5	115,2 ± 1	45,50 ± 1	382,28 ± 2

^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Patates kabuğunun hidroklorik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen polyollerin artan katalizör konsantrasyonu ile yoğunlukları ve viskoziteleri artmakta, yüzey gerilimi ise değişkenlik göstermektedir. Buna karşın artan katalizör konsantrasyonu ve artan reaksiyon süresi ile asit değeri yükselmekte, hidroksil değeri ise düşmektedir. Tüm sıvılaştırılmış patates kabuklarından elde edilen polyoller PU köpük hazırlamasında kullanılabilir.



Şekil 4.3. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.



Şekil 4.4. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.1.3. Patates Kabuğunun H_3PO_4 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.5, patates kabuğunun fosforik asit katalizörlüğünde sıvılaştırma reaksiyonuna ait sonuçları bildirmektedir.

Çizelge 4.5. Patates kabuğunun H_3PO_4 katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	Asit Katalizör Konsantras. (% m/m)	Reaksiyon Süresi (dak.)	Sıvılaşmayan Kalıntı (%)	Reaksiyon Tamamlama Sıcaklığı (°C)
H_3PO_4	9	15	$25,85 \pm 0,5$	$146,7 \pm 2$
H_3PO_4	15	15	$21,40 \pm 0,4$	$113,5 \pm 1$
H_3PO_4	21	15	$7,20 \pm 0,1$	$113,5 \pm 1$
H_3PO_4	9	30	$25,82 \pm 0,5$	$130,6 \pm 1$
H_3PO_4	15	30	$21,40 \pm 0,4$	$109,4 \pm 1$
H_3PO_4	21	30	$7,25 \pm 0,1$	$113,4 \pm 1$

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi patates kabuğunun fosforik asit katalizörlüğünde sıvılaştırılması reaksiyonunda artan katalizör konsantrasyonu ve reaksiyon süresi ile sıvılaşmayan kalıntı yüzde miktarı azalmaktadır. Sıvılaştırma reaksiyonunda rekondensasyon meydana gelmemiştir.

Çizelge 4.6, patates kabuğunun fosforik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini göstermektedir.

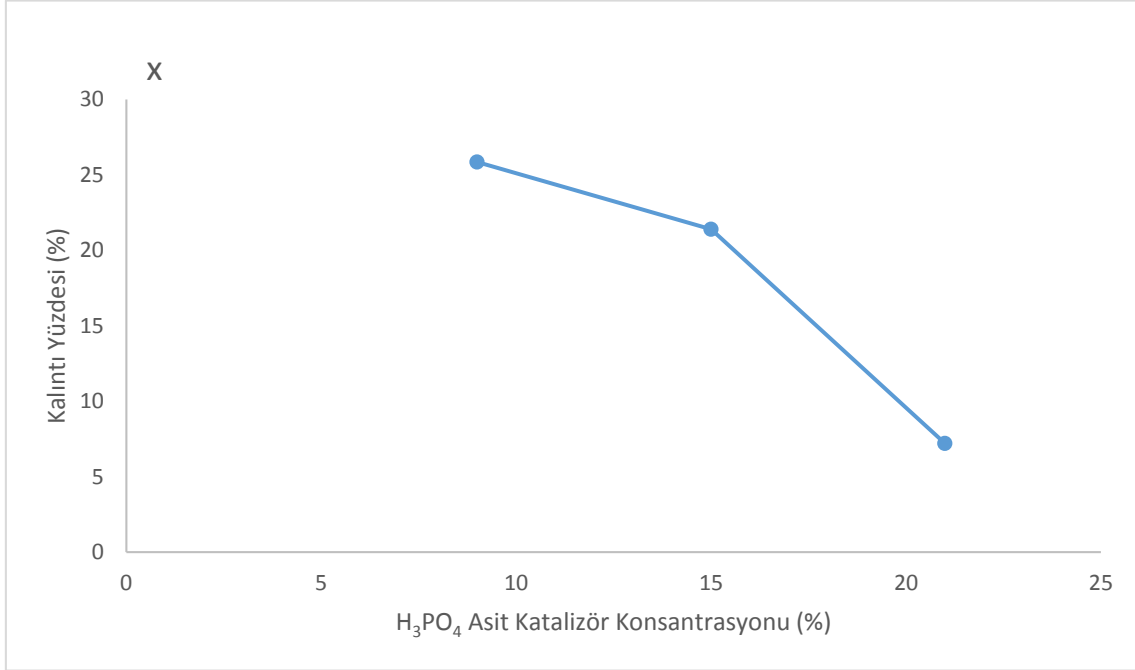
Çizelge 4.6. H_3PO_4 katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katalizör	H_3PO_4 Asit Konsantrasyonu [% m/m]	Reaksiyon Süresi [dak.]	Özgül Ağırlık [g/cm ³] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
H_3PO_4	9	15	$1,278 \pm 0,1$	1054 ± 5	$305,5 \pm 2$	$24,04 \pm 1$	$356,90 \pm 2$
H_3PO_4	15	15	$1,383 \pm 0,1$	1080 ± 5	$218,9 \pm 2$	$31,16 \pm 1$	$341,94 \pm 2$
H_3PO_4	21	15	$1,530 \pm 0,1$	1180 ± 5	$406,9 \pm 2$	$53,00 \pm 1$	$255,56 \pm 1$
H_3PO_4	9	30	$1,296 \pm 0,1$	1046 ± 5	$352,2 \pm 2$	$28,05 \pm 1$	$352,83 \pm 2$
H_3PO_4	15	30	$1,404 \pm 0,2$	1058 ± 5	$242,4 \pm 1$	$35,06 \pm 1$	$317,60 \pm 2$
H_3PO_4	21	30	$1,602 \pm 0,2$	1090 ± 5	$475,8 \pm 2$	$54,23 \pm 1$	$232,46 \pm 1$

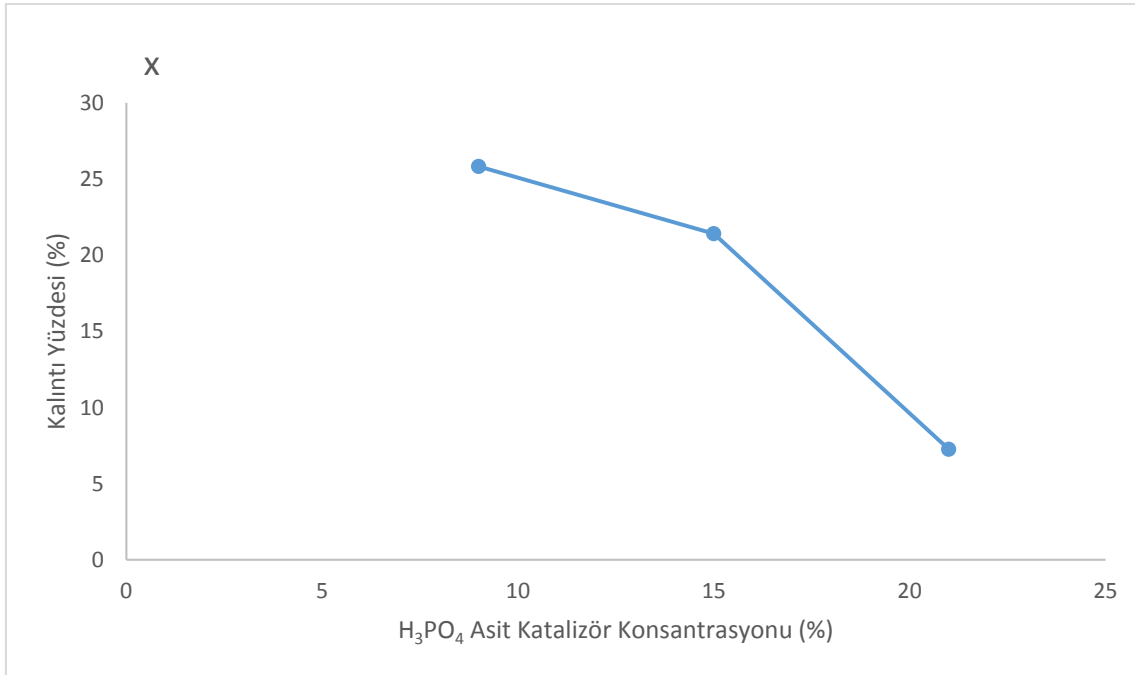
^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Patates kabuğunun fosforik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen polyollerin %9 asit katalizörü konsantrasyonu kullanıldığında artan

sıvılaştırma reaksiyonu süresi ile yoğunluğunun artmış olduğu, viskozitesinin hafifçe düştüğü, yüzey geriliminin ise arttığı Çizelge 4.6’da görülmektedir. Bu olgular, polyolün yapısındaki toplam itme-çekme kuvvetlerine bağlanmıştır.



Şekil 4.5. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.



Şekil 4.6. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.1.4. Patates Kabuğunun $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.7 patates kabuğunun okzalik asit dihidrat katalizörlüğünde sıvılaştırma reaksiyonuna ait sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4.7. Patates kabuğunun $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	% Asit Katalizör Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi (dak.)	Sıvılaşmayan Kalıntı (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı (oC)
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	9	15	$84,30 \pm 0,5$	$116,6 \pm 1$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	12	15	$83,25 \pm 0,5$	$109,4 \pm 1$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	18	15	$74,45 \pm 0,5$	$123,0 \pm 1$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	9	30	$94,92 \pm 0,5$	$108,3 \pm 1$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	12	30	$83,20 \pm 0,5$	95 ± 1
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	18	30	$74,85 \pm 0,5$	$115,2 \pm 1$

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi 15 dak. sıvılaştırma reaksiyonunda, oksalik asit dihidratın artan katalizör konsantrasyonu ile sıvılaşan reaktant patates kabuğu artmıştır. Tüm sıvılaştırma reaksiyonlarında, reaksiyon oranı düşüktür. Bu durum okzalik asit dihidrat katalizörünün düşük katalitik aktivitesine, yapısına ve yapısında bulunan suyun konsantrasyonunu düşürmesine bağlanmıştır.

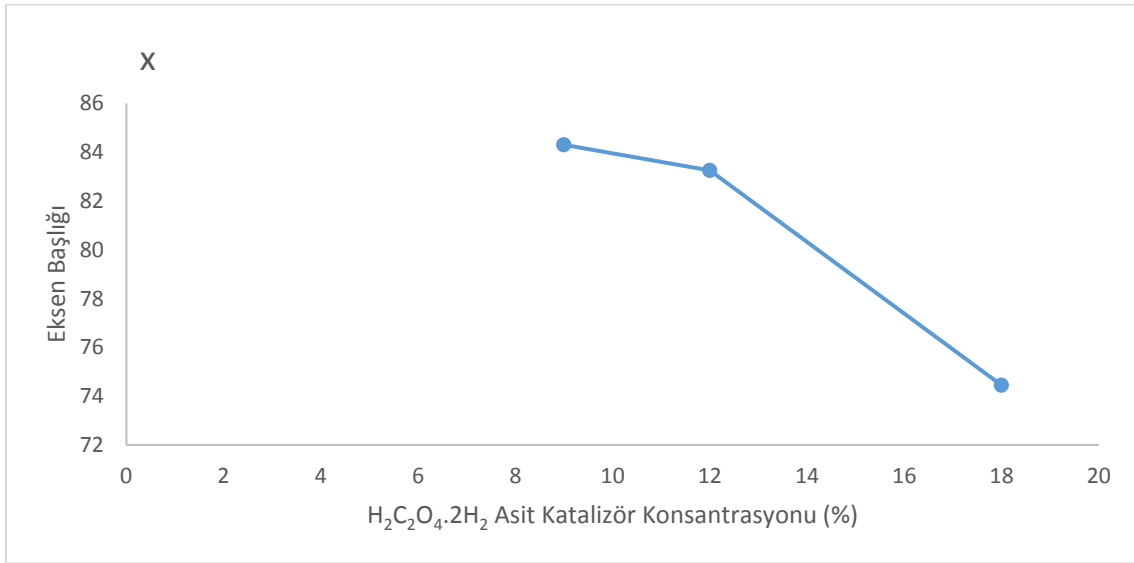
Çizelge 4.8, patates kabuğunun okzalik asit dihidrat asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini göstermektedir.

Çizelge 4.8. $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

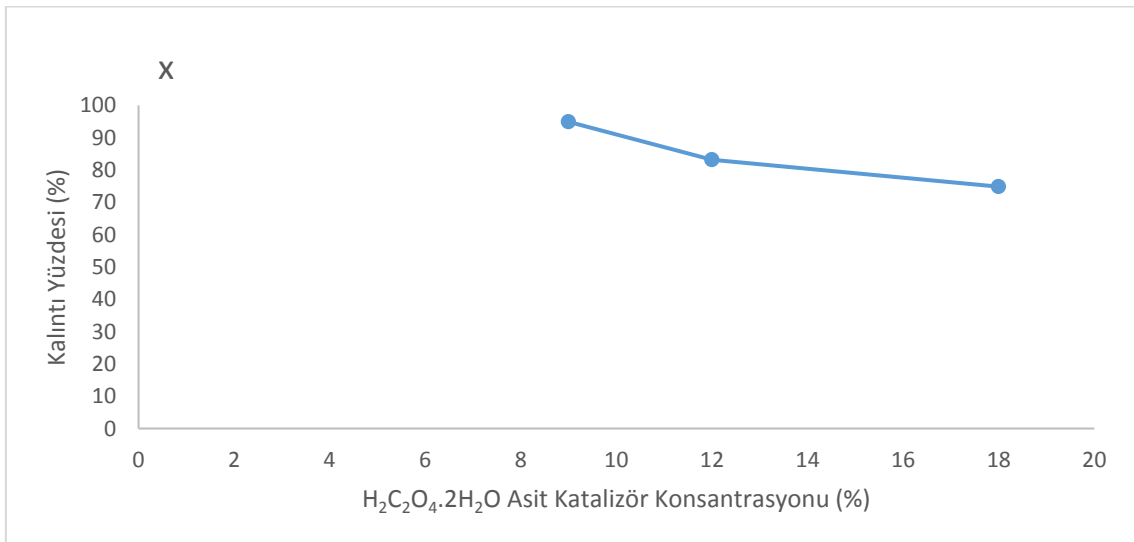
Katalizör	$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ Konsantrasyonu [%]	Reaksiyon Süresi [dak.]	Özgül Ağırlık [g/cm ³] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	9	15	$1,178 \pm 0,1$	358 ± 5	$161,3 \pm 1$	$18,7 \pm 1$	$450,4 \pm 2$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	12	15	$1,205 \pm 0,1$	314 ± 5	$158,8 \pm 1$	$29,7 \pm 1$	$385,8 \pm 2$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	18	15	$1,307 \pm 0,1$	300 ± 5	$186,4 \pm 1$	$32,1 \pm 1$	$382,3 \pm 2$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	9	30	$1,125 \pm 0,1$	390 ± 5	$163,4 \pm 1$	$20,2 \pm 1$	$447,8 \pm 2$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	12	30	$1,290 \pm 0,1$	374 ± 5	$166,9 \pm 1$	$30,5 \pm 1$	$379,5 \pm 2$
$H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$	18	30	$1,357 \pm 0,1$	496 ± 5	$245,5 \pm 2$	$33,0 \pm 1$	$280,5 \pm 2$

^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Patates kabuğunun okzalik asit dihidrat ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen polyollerin %12 asit katalizörü kullanıldığında artan sıvılaştırma reaksiyonu süresi ile yoğunluk, viskozite ve yüzey geriliminin, asit değerinin (A.D.) arttığı ve hidroksil değerinin (H.D.) düştüğü Çizelge 4.8’de görülmektedir. Asit değerinin (A.D.) artması ve hidroksil değerinin (H.D.) azalması, patates kabuğunun sıvılaşması esnasında dehidratasyon ve/veya oksidasyon reaksiyonunun meydana gelmiş olmasına bağlanmıştır.



Şekil 4.7. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.



Şekil 4.8. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.1.5. Patates Kabuğunun CH₃COOH Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.9 patates kabuğunun asetik asit katalizörlüğünde sıvılaştırma reaksiyonuna ait sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4.9. Patates kabuğunun CH₃COOH katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	% Asit Katalizör Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi (dak.)	Sıvılaşmayan Kalıntı (R) (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı (°C)
CH ₃ COOH	12	15	96,57 ± 0,5	136,1 ± 2
CH ₃ COOH	15	15	94,27 ± 0,5	127,8 ± 2
CH ₃ COOH	18	15	85,50 ± 0,5	117,5 ± 2
CH ₃ COOH	12	30	98,94 ± 0,5	155,2 ± 2
CH ₃ COOH	15	30	98,06 ± 0,5	132,9 ± 2
CH ₃ COOH	18	30	90,84 ± 0,5	108,3 ± 2

Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi 15 dak. sıvılaştırma reaksiyonunda, asetik asidin artan katalizör konsantrasyonu ile sıvılaşan reaktif patates kabuğu artmıştır. 15 dak. süren tüm sıvılaştırma işlemlerinde sıvılaşma reaksiyonu oranı düşüktür ve artan katalizör konsantrasyonu ile reaksiyonunun tamamlanma sıcaklığı düşmüştür.

Otuz (30) dak. olarak gerçekleştirilen asetik asit katalizörlü sıvılaştırma reaksiyonlarında ise patates kabuğu bileşenleri rekondensasyona uğramış ve geri-polimerleşme gerçekleştirmiştir, bu yüzden sıvılaşmayan kalıntı miktarı artmıştır. Yine artan asit konsantrasyonları ile birlikte sıvılaştırma reaksiyonlarının tamamlanma sıcaklığı düşmüştür.

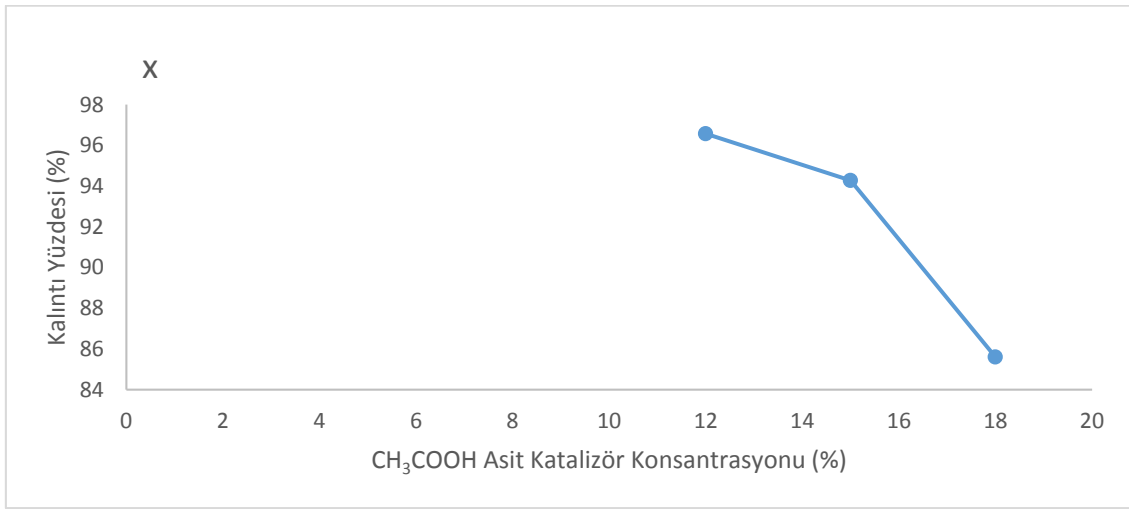
Çizelge 4.10. CH₃COOH katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katalizör	CH ₃ COOH Konsantrasyonu [%]	Reaksiyon Süresi [dak.]	Özgül Ağırlık [g/cm ³] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
CH ₃ COOH	12	15	1,060 ± 0,1	337 ± 5	90,65 ± 1	21,8 ± 1	385,1 ± 2
CH ₃ COOH	15	15	1,065 ± 0,1	324 ± 5	65,77 ± 1	22,4 ± 1	342,7 ± 2
CH ₃ COOH	18	15	1,070 ± 0,1	290 ± 5	55,91 ± 1	33,6 ± 1	321,3 ± 2
CH ₃ COOH	12	30	1,165 ± 0,1	564 ± 5	79,02 ± 1	21,9 ± 1	370,7 ± 2
CH ₃ COOH	15	30	1,188 ± 0,1	580 ± 5	69,46 ± 1	23,1 ± 1	339,6 ± 2
CH ₃ COOH	18	30	1,191 ± 0,1	720 ± 5	63,50 ± 1	44,4 ± 1	318,9 ± 2

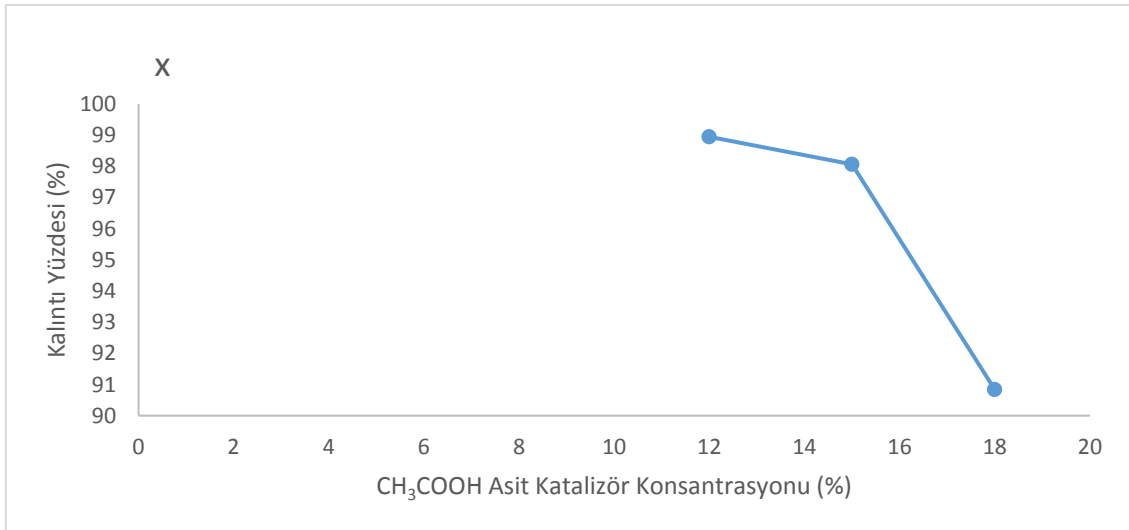
^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Çizelge 4.10, patates kabuğunun asetik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini göstermektedir.

Patates kabuğunun asetik asit katalizörü ile yapılan sıvılaştırma reaksiyonunda hacimce %100-99.8 asetik asit saflığında sıvılaştırma yüzde miktarı nispeten düşüktür. Bu da asetik asitin zayıf asitlik özelliğine ve düşük katalitik aktivitesine bağlanmıştır. Düşük sıvılaştırma reaksiyonu ile orantılı olarak, patates kabuğu polyollerinin özgül ağırlığı viskozitesi ve yüzey gerilimleri de düşüktür.



Şekil 4.9. Patates kabuğunun 15 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.



Şekil 4.10. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.1.6. Patates Kabuğunun HNO_3 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.11, patates kabuğunun nitrik asit katalizörlüğünde sıvılaştırma reaksiyonuna ait sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4.11. Patates kabuğunun HNO_3 katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	% Asit Katalizör Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi (dak.)	Sıvılaşmayan Kalıntı (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
HNO_3	6	30	$79,9 \pm 0,5$	$162,4 \pm 2$
HNO_3	9	30	$73,5 \pm 0,5$	$134,3 \pm 2$
HNO_3	12	30	$71,6 \pm 0,5$	$93,2 \pm 2$

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi HNO_3 ’in artan katalizör konsantrasyonu ile sıvılaşma oranı artmakta, buna karşın sıvılaşma oranı nispeten düşüktür. Yine artan asit katalizör konsantrasyonu ile sıvılaştırma reaksiyonunun tamamlanma sıcaklığı düşmektedir. Bu olgular, nitrik asitin hacimce %65 asit ve %35 saf su ve diğer maddelerden oluşan karışımında azalan asit konsantrasyonu, nispeten düşük olan katalitik aktivitesi ve de sıvılaştırma reaksiyonun ekzotermik termokimyasal bir proses olmasına bağlanmıştır.

Çizelge 4.12, patates kabuğunun nitrik asit katalizörlüğünde sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini göstermektedir.

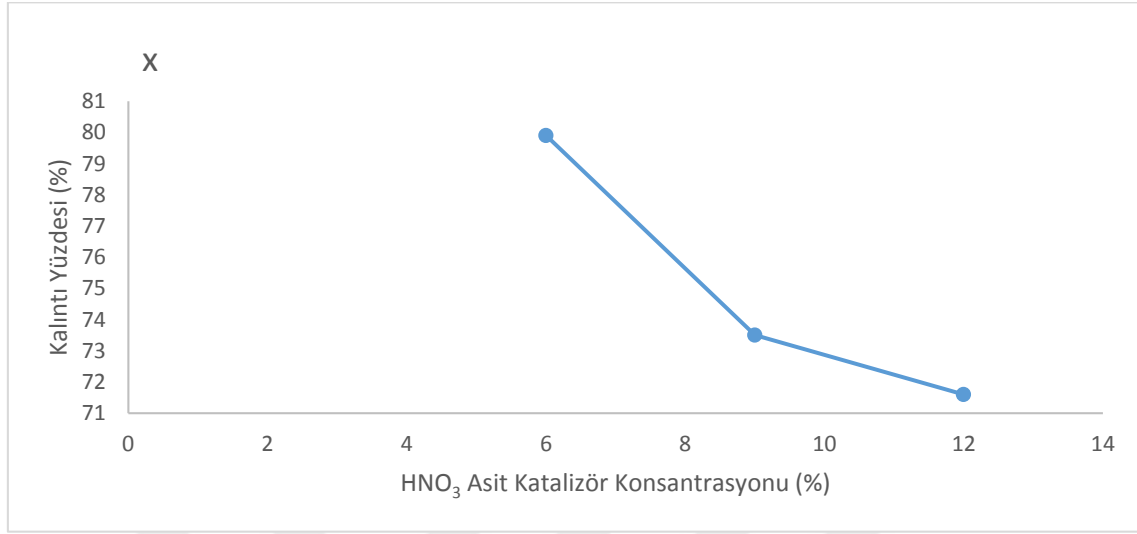
Çizelge 4.12. HNO_3 katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katalizör	HNO_3 Asit Konsantrasyonu [%]	Reaksiyon Süresi [dak.]	Özgül Ağırlık [g/cm^3] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
HNO_3	6	30	$1,288 \pm 0,1$	580 ± 5	$140,2 \pm 2$	$28,05 \pm 1$	$422,49 \pm 2$
HNO_3	9	30	$1,312 \pm 0,1$	604 ± 5	$183,9 \pm 2$	$31,16 \pm 1$	$352,83 \pm 2$
HNO_3	12	30	$1,370 \pm 0,1$	682 ± 5	$224,3 \pm 2$	$53,00 \pm 1$	$287,89 \pm 2$

^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Patates kabuğunun artan nitrik asit katalizörü konsantrasyonu ile sıvılaştırma reaksiyonu oranı ve patates kabuğu polyolünün özgül ağırlığı, viskozitesi, yüzey

gerilimi artmıştır. Sıvılaştırma reaksiyonu esnasında ortamda asidik maddeler oluşmuş ve hidroksil değeri ise artan reaksiyon oranıyla düşmüştür.



Şekil 4.11. Patates kabuğunun 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.2. Soyulmuş Patatesin H₂SO₄ Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.13, patatesin iç kısmının sülfürik asit katalizörlüğünde sıvılaştırılma reaksiyonuna ait sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4.13. Soyulmuş patatesin H₂SO₄ katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	% Asit Katalizör Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi (dk)	Sıvılaşmayan Kalıntı (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı (°C)
H ₂ SO ₄	3	30	6,85 ± 0,5	109,5 ± 2
H ₂ SO ₄	6	30	1,23 ± 0,5	98,2 ± 2
H ₂ SO ₄	9	30	0,30 ± 0,5	88,0 ± 2

Çizelge 4.13'te görüldüğü gibi patatesin iç kısmının sülfürik asit katalizörlüğünde sıvılaştırılması reaksiyonunda, artan asit katalizörü konsantrasyonu ile sıvılaşma oranı artmaktadır. Bu oran nispeten çok yüksektir ve bu olgu sülfürik asitin %98 olan saflığına, yüksek katalitik aktivitesine ve ayrıca patatesin anlamlı bir kısmını oluşturan nişastanın yüksek reaktivitesine bağlanmıştır. Artan katalizör konsantrasyonu ile sıvılaştırma reaksiyonunun tamamlanma sıcaklığı düşmüştür. Çünkü sıvılaştırma reaksiyonu, termokimyasal organosolvoliz tepkimesidir.

Çizelge 4.13, soyulmuş patatesin sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates içi polyolünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini göstermektedir.

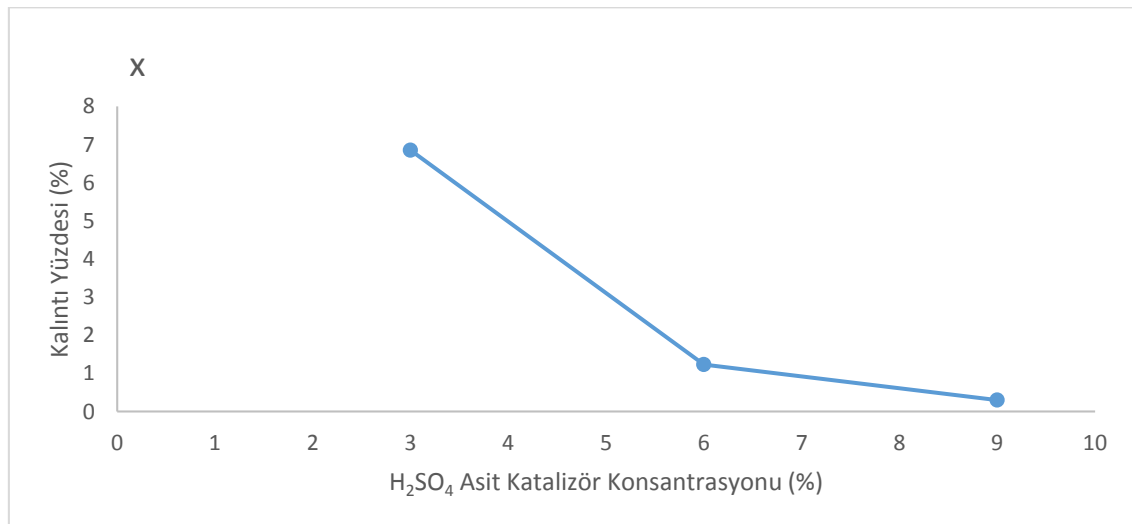
Çizelge 4.14. H_2SO_4 katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katalizör	H_2SO_4 Konsantrasyonu [%]	Reaksiyon Süresi [dk]	Özgül Ağırlık [g/cm ³] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
H_2SO_4	3	30	$1,340 \pm 0,1$	$1,056 \pm 5$	$220,3 \pm 1$	$26,65 \pm 1$	$408,45 \pm 2$
H_2SO_4	6	30	$1,333 \pm 0,1$	$1,068 \pm 5$	$234,2 \pm 1$	$31,00 \pm 1$	$406,33 \pm 2$
H_2SO_4	9	30	$1,329 \pm 0,1$	$1,072 \pm 5$	$256,9 \pm 1$	$44,29 \pm 1$	$392,89 \pm 2$

^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Çizelge 4.14’de görüldüğü gibi H_2SO_4 katalizörlüğünde patatesin iç kısmının sıvılaştırılması reaksiyonunda, artan katalizör konsantrasyonu ile sıvılaştırma reaksiyonunun artmış olması ile ilişkili olarak soyulmuş patates polyolünün yoğunluğu, viskozitesi ve yüzey gerilimi artmıştır. Patatesin temel bileşeni olan nişastanın degradasyonuna bağlı olarak asidik maddeler oluşmuş ve hidroksil sayısı da azalmıştır.

Soyulmuş patates polyolu PU köpük hazırlanması için uygun fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir.



Şekil 4.12. Soyulmuş patatesin 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.3. Patates Topraküssü Bitkisinin H_2SO_4 Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.15, patates topraküssü bitkisinin sülfürik asit katalizörlüğünde sıvılaştırma reaksiyonuna ait sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4.15. Patates topraküssü bitkisinin H_2SO_4 katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	% Asit Katalizör Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi (dak.)	Sıvılaşmayan Kalıntı (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı (°C)
H_2SO_4	3	30	$74,78 \pm 1$	$76,2 \pm 2$
H_2SO_4	4	30	$38,56 \pm 1$	$71,4 \pm 2$
H_2SO_4	9	30	$36,20 \pm 1$	$67,0 \pm 2$

Çizelge 4.15'te görüldüğü gibi patates topraküssü bitkisinin sülfürik asit katalizörlüğünde sıvılaştırılması reaksiyonunda, artan H_2SO_4 katalizörü konsantrasyonu ile biyokütlenin sıvılaştırma oranı artmakta, reaksiyonun tamamlanma sıcaklığı ise düşmektedir. Bu oran kısmen düşüktür ve bu durum patates topraküssü bitkisinin yapısına ve fenolik maddeleri içermesine bağlanmıştır. Patates topraküssü bitkisinin (yaprak ve dallar (sarmaşık)) sıvılaştırılması reaksiyonunda artan katalizör oranıyla, katalizörün katalizlemiş olduğu reaktif miktarı ve dolayısıyla reaksiyon oranı artmış ve sıvılaştırma reaksiyonunun 30 dak.'daki tamamlanma sıcaklığı bu reaksiyonun ekzotermik termokimyasal organosolvoliz tepkime olmasından dolayı azalmıştır.

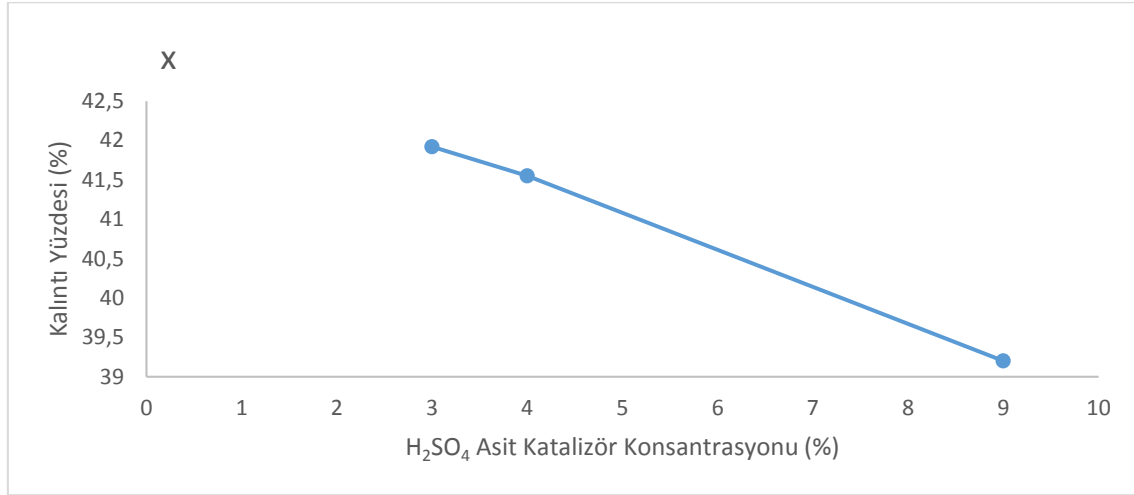
Çizelge 4.16, patates topraküssü bitkisinin sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates topraküssü polyolünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini göstermektedir.

Çizelge 4.16. H_2SO_4 katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates topraküssü polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katalizör	H_2SO_4 Asit Konsantrasyonu [%]	Reaksiyon Süresi [dak.]	Özgül Ağırlık [g/cm^3] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
H_2SO_4	3	30	$1,203 \pm 0,1$	876 ± 5	$240,1 \pm 1$	$41,92 \pm 1$	$384,20 \pm 2$
H_2SO_4	4	30	$1,245 \pm 0,1$	784 ± 5	$213,9 \pm 1$	$41,55 \pm 1$	$368,05 \pm 2$
H_2SO_4	9	30	$1,299 \pm 0,1$	675 ± 5	$181,0 \pm 1$	$39,20 \pm 1$	$364,10 \pm 2$

^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Çizelge 4.16’da görüldüğü gibi artan H_2SO_4 asit katalizörü konsantrasyonuna bağlı olarak artan reaksiyon oranı ile patates topraküssü bitkisi polyolünün özgül ağırlık, viskozite, yüzey gerilimi değerleri artmaktadır. Patates topraküssü bitkisi bileşenlerinin deagragasyonu esnasında asidik maddeler oluşmakta ve hidroksil değeri düşmektedir. Patates topraküssü bitkisinin polyolü, sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler ile PU köpük hazırlanması için yeterli durumdadır.



Şekil 4.13. Patates topraküssü bitkisinin 30 dak. sıvılaştırma süresi sonunda katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.1.4. Kütlece %50 Patates Kabuğu + %50 Patates Topraküssü Bitkisinin H_2SO_4 Asit Katalizörlüğünde Sıvılaştırılması

Çizelge 4.17, patates kabuğu / patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m patates atığı bitkisi karışımının sülfürik asit katalizörlüğünde sıvılaştırma reaksiyonuna ait sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4.17. Patates kabuğu / patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m karışımının H_2SO_4 katalizörü ile sıvılaştırma reaksiyonu verileri

Katalizör	% Asit Katalizör Konsantrasyonu	Reaksiyon Süresi (dk)	Sıvılaşmayan Kalıntı (%)	Reaksiyonun Tamamlanma Sıcaklığı (°C)
H_2SO_4	12	30	$16,05 \pm 0,5$	$116,9 \pm 2$
H_2SO_4	15	30	$15,65 \pm 0,5$	$114,2 \pm 2$
H_2SO_4	18	30	$14,85 \pm 0,5$	$87,8 \pm 2$

Çizelge 4.17’de görüldüğü gibi patates kabuğu / patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m karışımının sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonunda artan katalizör

konsantrasyonunda sıvılaşma reaksiyonu oranı artmaktadır. Sıvılaşma oranı optimum düzeydedir ve bu durum patates topraküssü bitkisinin kısmi olan az reaktivitesi ile patates kabuğunun yüksek olan reaktivitesinin toplamına bağlanmıştır. Artan katalizör konsantrasyonu ile ortalama sıvılaşma reaksiyonlarında görülen ekzotermik termokimyasal solvoliz reaksiyonuna uygun olarak reaksiyonun 30. dakikadaki tamamlanma sıcaklıkları azalmıştır. Buna karşın kullanılan sülfürik asit katalizörü konsantrasyonu nispeten yüksektir ve proses düzeneğinde korozyona neden olabilir.

Çizelge 4.18, patates kabuğu/patates topraküssü bitkisi bileşenlerinin karışımının sülfürik asit katalizörü ile PEG400/Gliserin : 4/1 çözücü karışımında sıvılaştırılması reaksiyonundan elde edilen patates polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini bildirmektedir.

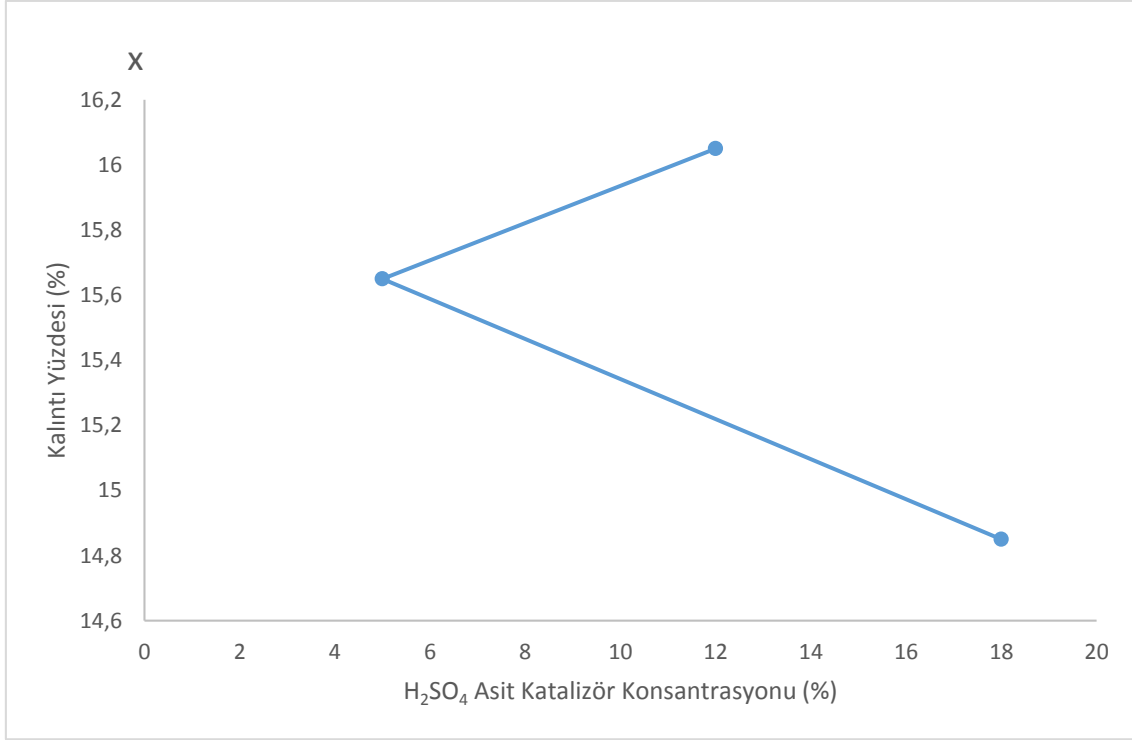
Çizelge 4.18. H₂SO₄ Katalizörlüğünde sıvılaştırılmış patates kabuğu/ patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m karışımını polyolünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Katalizör	H ₂ SO ₄ Asit Konsantrasyonu [%]	Tepkime Süresi [dak.]	Özgül Ağırlık [g/cm ³] ^a	Viskozite [Cp] ^a	Yüzey Gerilimi [dyn/cm] ^a	Asit Değeri [mg KOH/g]	Hidroksil Değeri [mg KOH/g]
H ₂ SO ₄	12	30	1,431 ± 0,1	1,344 ± 5	351,9 ± 1	39,6 ± 1	407,7 ± 2
H ₂ SO ₄	15	30	1,471 ± 0,1	1092 ± 5	258,8 ± 1	41,1 ± 1	396,4 ± 2
H ₂ SO ₄	18	30	1,502 ± 0,1	1008 ± 5	251,3 ± 1	49,1 ± 1	312,1 ± 2

^a Patates kabuğu polyolleri kalıntı içermemektedir.

Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi artan H₂SO₄ katalizörü konsantrasyonu ile sıvılaştırma reaksiyonu oranı artmıştır ve bununla ilişkili olarak patates atığı polyolünün yoğunluk, viskozite ve yüzey gerilimi değerleri de artmıştır. Bu olgu polyolün bileşimine ve bileşenleri arasında bulunan çekme ve itme kuvvetlerinin toplam büyüklüğüne bağlanmıştır. Sıvılaştırma reaksiyonunda artan asit katalizörü konsantrasyonu ile polyolde bulunan asidik maddeler ve asit değeri artmış, hidroksil değeri ise azalmıştır. Yüksek asit katalizör konsantrasyonlarında, asit değerinin nispeten yüksek olması dikkat çekicidir.

Patates kabuğu ve patates topraküssü bitkisi kısımlarından oluşan patates atığı toplamı polyolü, PU hazırlanması için iyi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir.



Şekil 4.14. Patates kabuğu/patates topraküssü bitkisi : 1/1 m/m 30 dak. sıvılaştırma süresinde katalizör konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak kalıntı yüzde miktarı.

4.2. Köpüklerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

4.2.1. Fiziksel Özellikler

4.2.1.1. Yoğunluk

Patates kabuğu polyolünden elde edilmiş PU köpük ve sentetik PU köpük yalıtım malzemesi köpüklerin yoğunluk verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve T-Testi sonuçları verileri Çizelge 4.19'da ve grafiksel gösterimler ise Şekil 4.15'te verilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu atığı temelli PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında yoğunluk miktarları bakımından önemli ($p < 0.0001$) farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin yoğunluk miktarlarına ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-Testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minimum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (Vk)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	0,0544	0,000158114	0,000070711	0,054200	0,054600	0,2906505	-88,00	0,0001
Sentetik Kontrol Köpük	5	0,0456	0,000158114	0,000070711	0,045400	0,045800	0,3467410		
Genel	10	0,05000	0,00464	0,0014674	0,045400	0,054600	9,2808046		

Çizelge 4.19’da patates kabuğu atığından elde edilen PU köpüklerin ortalama yoğunluk miktarları $0,0544 \text{ g/cm}^3$, kontrol grubu örneği olarak kullanılan sentetik ticari PU köpüklerde $0,0456 \text{ g/cm}^3$ ve ortalama değerinin ise $0,0500 \text{ g/cm}^3$ olduğu tespit edilmiştir.

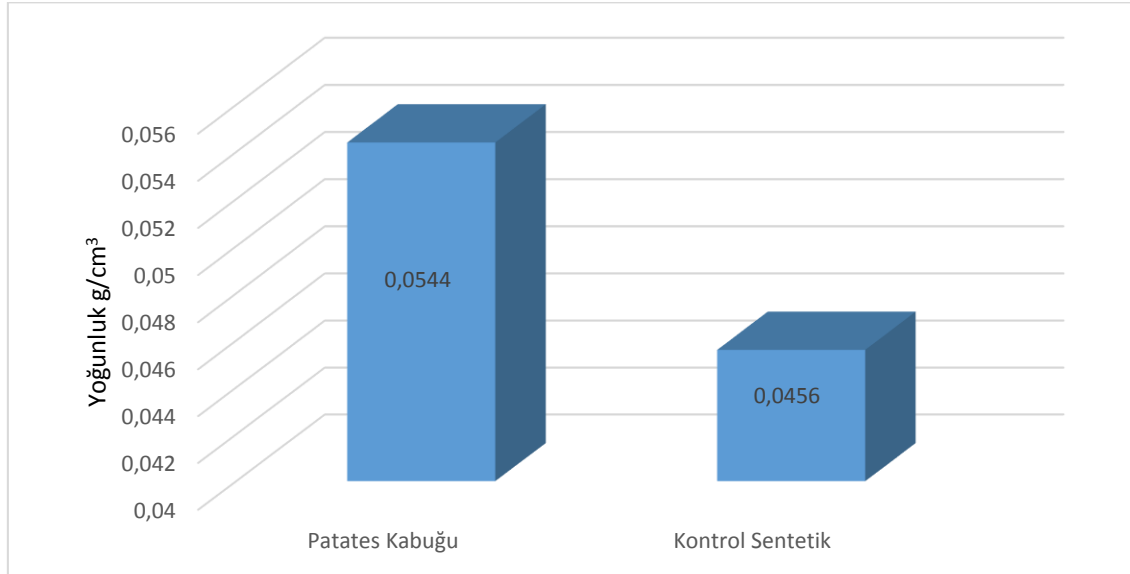
Elde ettiğimiz yoğunluk bulgularının, Alma ve ark. (2003); Chen ve Lu (2009); Zheng ve ark. (2011); Alma ve Shiraishi (1998); Fidan (2009); Yao ve ark. (1996), Cinelli ve ark. (2013); Alfani ve ark. (1998); Yang ve ark. (2013); Ugarte ve ark. (2014); yaptıkları çalışmalardan daha yüksek çıktığı; Hatakeyama ve ark. (2008); Hu ve Li (2014); Yang ve ark. (2013); yaptıkları sentetik poliüretan esaslı köpüklerin yoğunluklarından ise düşük çıktığı belirlenmiştir. Yoğunluk miktarının düşük veya yüksek çıkmasının, kullanılan materyallerin yapısının ve bileşiminin farklı olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Alma ve ark., 2003).

Yoğunluğun; ısı iletim katsayısı değeri ($r=-0.99^{**}$), geri kazanım ($r=-0.99^{**}$), elastikiyet modülü ($r=-0.99^{**}$) ve sem analizi değerleri ($r=-0.99^{**}$) ile önemli ve negatif yönde, ses iletim hızı ($r=0.95^{**}$), basınç direnci ($r=-0.99^{**}$) ve biyodegradasyon değeri ($r=0.98^{**}$) arasında önemli ve pozitif yönde ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Yoğunluğun artan değeri ile ses iletim hızı, basınç direnci ve biyodegradasyon miktarı artmakta, ısı iletim katsayısı, geri kazanım miktarı, elastikiyet modülü değeri ve hücre kalınlığı azalmaktadır.

Şekil 4.15’te görüldüğü gibi patates kabuğu polyolünden hazırlanmış olan PU köpüklerin ortalama yoğunluk değeri, kontrol grubu sentetik PU köpüklerin yoğunluğundan daha yüksek değere sahiptir. Buna karşın, patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin yoğunluk değeri diğer biyokütle-temelli PU köpükler ve sentetik PU köpükler ile kıyaslanabilir düzeydedir. Patates kabuğu-temelli PU köpüklerin

yoğunluğunun yüksek çıkmasında kullanılan materyalin yapısal özelliklerinin ve bileşim özelliklerinin bir etken olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.15. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile sentetik köpüklerin yoğunluk miktarları.

4.2.1.2. Isı İletkenlik Katsayısı

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu sentetik PU köpüklerin ısı iletkenlik katsayısı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve T-Testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.20’de ve Şekil 4.16’da verilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu temelli PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında ısı iletim katsayısı bakımından önemli farklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.0001$).

Çizelge 4.20. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin ısı iletkenlik katsayılarına ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minimum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (Vk)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	0,03320	0,000158114	0,000070711	0,032000	0,032400	0,4910369	120,00	0,0001
Sentetik Kontrol Köpük	5	0,04420	0,000158114	0,000070711	0,044000	0,044400	0,3577237		
Genel	10	0,03820	0,0063263	0,0020006	0,0320000	0,044400	16,5610259		

Çizelge 4.20’de, patates kabuğu atığından elde edilen köpüklerin ısı iletkenlik katsayısı değerleri, 0,0332 w/mK, sentetik PU köpüklerin 0,0442 w/mK, ortalama değerinin ise 0,0382 w/mK olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, patates kabuğu içeren PU köpüklerin, kontrol grubu sentetik PU köpüklerden daha iyi ısı yalıtımına sahip olduğu söylenebilir. Bu olgu biyokütlenin PU matriksine katılması ile yapısal özelliklerini olumlu yönde değiştirmiş olması ile açıklanabilir.

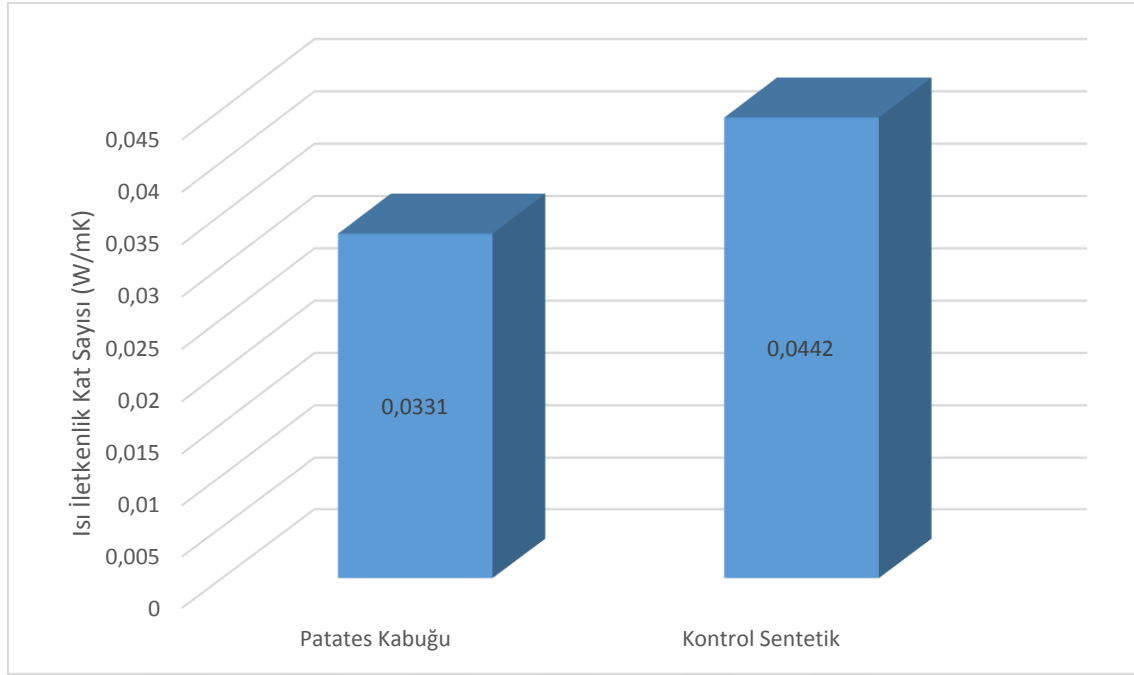
Elde ettiğimiz ısı iletkenlik katsayısı değerleri Lim ve ark. (2008); Karaağaçlıoğlu (2013); Badri (2012) yaptıkları çalışmalarındakinden yüksek; Fidan (2009) ve Ugarte ve ark. (2014) yaptıkları çalışmalardan daha düşüktür. Bu durum, kullanılan materyalin farklı olmasına ve köpüğün farklı olan kompozisyonuna bağlanmıştır.

Ayrıca, lignoselülozik ve nişasta içerikli materyallerin poliüretan esaslı köpük yapımında kullanılmasının köpüklerin termal iletkenlik özelliklerine katkı sağladığı farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Karaoğlu ve ark., 2014 ; Ugarte ve ark., 2014).

Isı iletkenlik katsayısının, yoğunluk miktarı ($r=-0.99^{**}$), ses iletim hızı ($r=-0.96^{**}$), basınç direnci ($r=-0.99^{**}$) ve biyodegrasyon miktarı ($r=-0.98^{**}$) ile önemli ve negatif yönde, geri kazanım ($r=0.99^{**}$), elastikiyet modülü ($r=0.99^{**}$) ve hücre kalınlığı ($r=0.99^{**}$) arasında önemli ve pozitif yönlü ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Isı iletkenlik katsayısının artan miktarı ile geri kazanım oranı, elastikiyet modülü ve hücre kalınlığı değeri artmakta, yoğunluk, ses iletim hızı, basınç direnci ve biyodegrasyon miktarı ise azalmaktadır.

Şekil 4.16’da görüldüğü gibi patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ortalama ısı iletkenlik katsayısı, kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ısı iletkenlik katsayılarından daha düşüktür. Diğer bir ifade ile ısı yalıtım özellikleri daha iyidir. Patates kabuğu PU köpüğün daha üstün ısı yalıtım özelliklerine sahip olması, PU matriksi ile birleşmesi ile yapıya kazandırmış olduğu yeni özelliklerle ilişkilidir.



Şekil 4.16. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ısı iletkenlik katsayıları.

4.2.1.3. Ses İletim Hızı

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu sentetik PU köpüklerin ses iletim hızı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve T-Testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.21’de ve Şekil 4.17’de verilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu temelli PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında ses iletim hızı bakımından önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.0001$).

Çizelge 4.21. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin ses iletim hızı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-Testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minumum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (Vk)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	0,8012	0,0243865	0,010906	0,78	0,835	3,0437433	-10,24	0,0001
Sentetik Kontrol Köpük	5	0,6752	0,0127161	0,0056868	0,662	0,692	1,8833133		
Genel	10	0,7382	0,0688925	0,0217857	0,662	0,835	9,3324992		

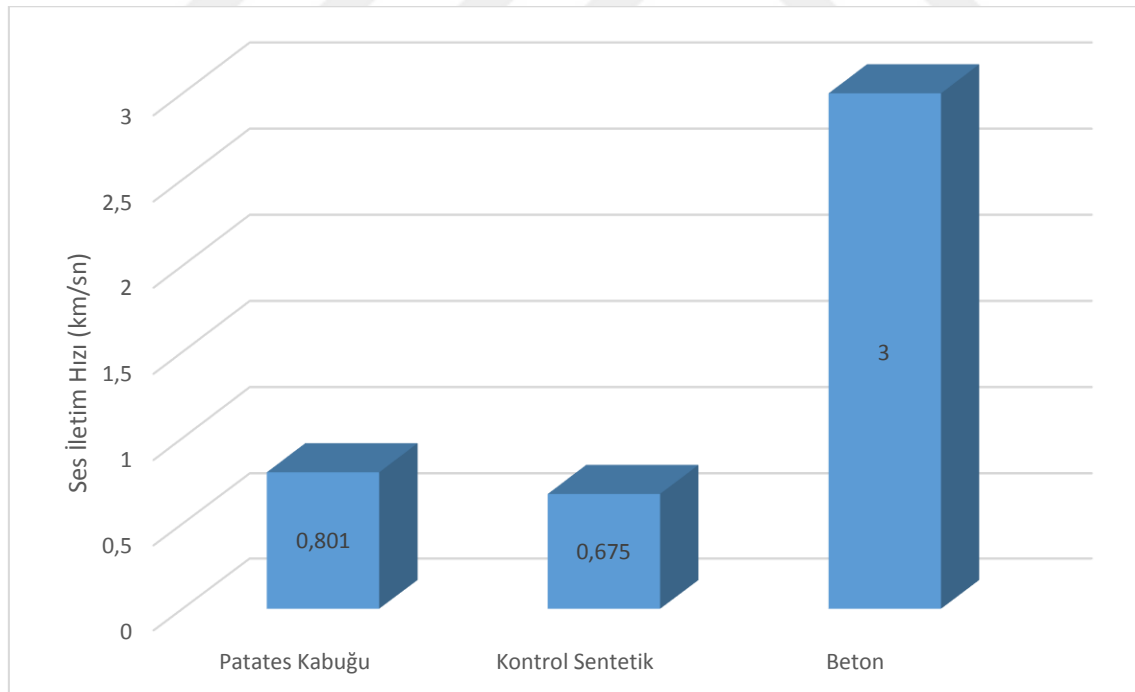
Çizelge 4.21’de, patates kabuğundan elde edilen köpüklerin ortalama ses iletim hızı değerleri 0,801 km/s, kontrol grubu sentetik köpük örneklerinde 0,675 km/s,

ikisinin ortalama değerleri 0,738 km/s olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, betonun ses iletim hızının 3 km/s olduğu bilinmektedir.

Aynı çizelgeden, patates kabuğundan elde edilen poliüretan köpük örneklerinin ortalama ses iletim hızının, kontrol grubu sentetik poliüretan köpüğünkinden daha yüksek olduğu görölmektedir. Her ikisinin ses iletim hızı ise betonun ses iletim hızından düşüktür.

Ses iletim hızının, korelasyon analizinden ısı iletkenlik katsayısı ($r=-0.96^{**}$), geri kazanım oranı ($r=0.96^{**}$), elastikiyet modülü ($r=-0.96^{**}$) ve hücre kalınlığıyla ($r=0.98^{**}$) önemli ve negatif yönde, yoğunluk ($r=0.95^{**}$), basınç direnci ($r=0.96^{**}$) ve biyodegradasyon miktarıyla ($r=0.98^{**}$) önemli ve pozitif yönlü ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Ses iletim hızının artan miktar ile yoğunluk değeri, basınç direnci değeri ve biyodegradasyon miktarı artmaktadır. Buna karşın ısı iletkenlik katsayısı, basınçtan sonraki boyut değişimi, elastikiyet modülü ve sem analizine bağlı hücre kalınlığı miktarı ise azalmaktadır.



şekil 4.17. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ses iletim hızı.

Biyokütle içerikli ısı yalıtım malzemesi PU köpüklerin üretilmesi üzerine olan çalışmalarda ses iletim hızının ölçülmesine yönelik araştırma sınırlı sayıdadır. Ses iletim hızının ölçülmesiyle elde ettiğimiz veriler Fidan'ın (2009) yaptığı çalışma ile anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Karaağaçlıoğlu (2012), bor ve minarel katkılı selülozik yalıtım malzemesi üretimi üzerinde yaptığı çalışmada ise biyokütle içerikli ses yalıtım malzemesi PU köpüklerin hazırlanması üzerine çalışmaların yapılmasının araştırmacılar tarafından öngörüldüğünü belirtmektedir.

Şekil 4.17'de, patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ses iletim hızının, kontrol grubu sentetik köpük örneklerinden daha yüksek, her iki PU köpük türünün ses iletim hızının betonun ses iletim hızından düşük olduğu görülmektedir. Buradan, hem patates kabuğu içeren PU köpük numunelerinin hem de kontrol grubu sentetik köpük numunelerinin sesi betondan daha az iletmediği sonucuna varılabilir.

4.2.1.4. Taramalı (Scanning) Elektron Mikroskop (SEM) Görüntüleri

Patates kabuğu polyolünden elde edilmiş PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerinin SEM görüntülerinden elde edilmiş hücre kalınlığı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve T-Testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.22'de ve SEM analizine dair görüntüler Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu temelli PU köpükler ile sentetik ticari PU köpüklerin hücre kalınlığı arasında önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0,0001$).

Çizelge 4.22. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin hücre kalınlığı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-Testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minumum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (Vk)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	300,3840	2,5882	1,1575042	297,1400	303,1200	0,8616498	60,41	0,0001
Sentetik Kontrol Köpük	5	371,0000	0,3655	1,1634931	370,4500	371,3800	0,0985395		
Genel	10	335,6920	37,2586	11,7822275	297,1400	371,3800	11,0990654		

Çizelge 4.22'de patates kabuğundan elde edilen köpüklerin ortalama hücre kalınlıkları 300.4 μm , kontrol grubu sentetik köpüklerin ortalama hücre kalınlıkları 371.0 μm olduğu tespit edilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi kontrol grubu sentetik

köpüklerin ortalama hücre kalınlığı, patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerden daha yüksek çıkmıştır.

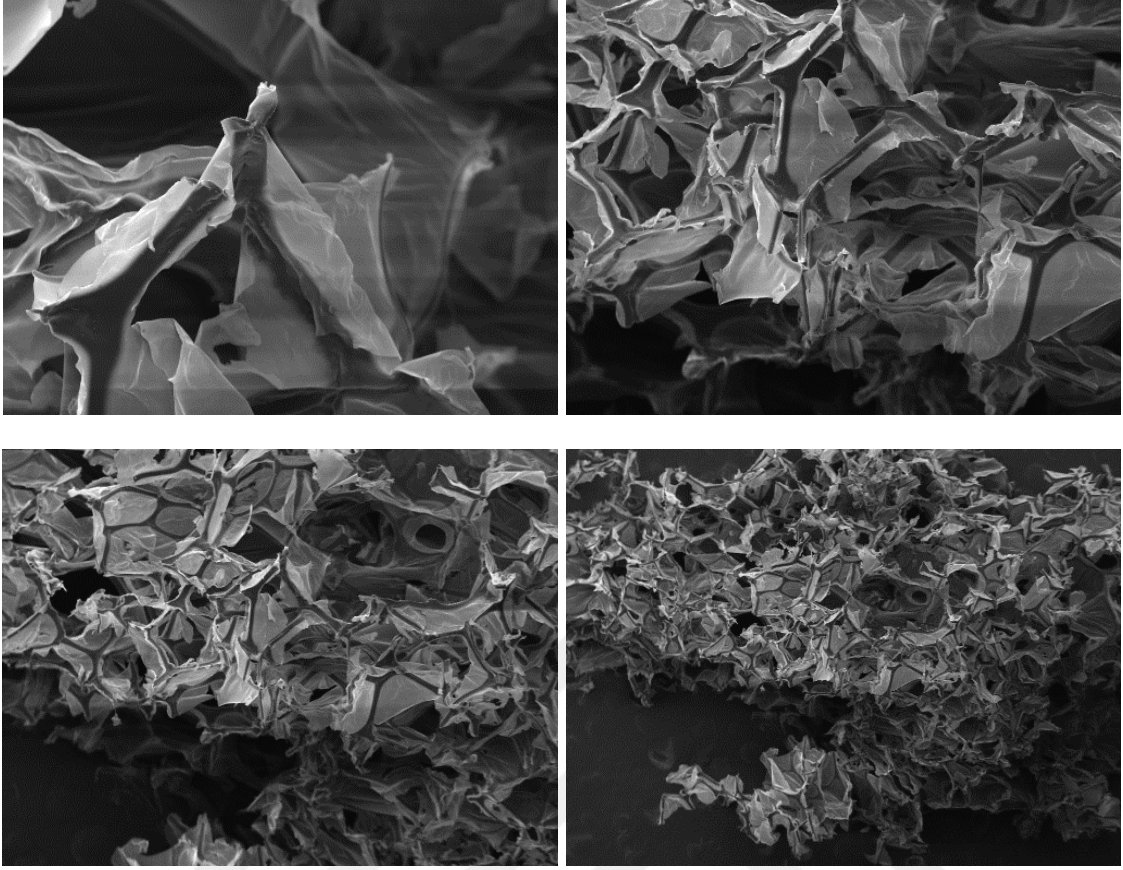
Elde ettiğimiz bulgular, Barikani ve Mohammadi (2007) ve Cinelli ve ark. (2013)'in yaptığı çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Zou ve ark. (2001) ve Hakim ve ark. (2011)'in yaptığı çalışmalardan ise kısmen düşük çıktığı görülmektedir. Bu durum, önemli derecede kullanılan materyalin farklı olmasına, kısmen ise bileşen türü, oranı ve oluşturulma koşullarına bağlanmıştır.

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özelliklerine ait korelasyon analizi sonuçlarına göre SEM görüntülerine dair hücre kalınlığı ile yoğunluk ($r=-0.99^{**}$), ses iletim hızı ($r=-0.96^{**}$), basınç direnci ($r=-0.99^{**}$) ve biyodegrasyon miktarı ($r=-0.98^{**}$) önemli ve negatif yönde, ısı iletim hızı ($r=0.96^{**}$), geri kazanım yüzdesi ($r=0.99^{**}$), elastikiyet modülü ($r=0.99^{**}$) arasında önemli ve pozitif yönlü ilişki olduğu tespit edilmiştir.

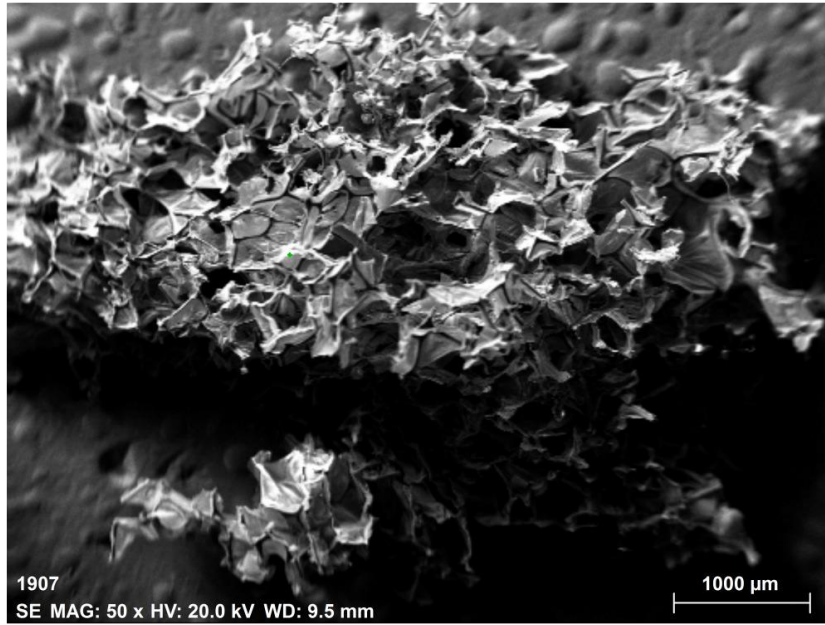
Elde ettiğimiz bulgulardan, patates kabuğu polyolünden elde edilmiş PU köpüklerin hücre kalınlığı artarken, ısı iletim hızı, geri kazanım yüzdesi, elastikiyet modülü değeri artmakta, yoğunluk, ses iletim hızı, basınç direnci ve biyodegrasyon miktarı azalmaktadır.

Şekil 4.18, 4.19 ve 4.20'de, patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin hücre yoğunluğunun, kontrol grubu sentetik köpüklerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Her iki grubun numunelerinin yüzey yapısı heterojen hücre dağılımına sahip olmasına karşın, heterojenlik patates kabuğu polyolünden elde edilen köpüklerde biraz daha fazladır.

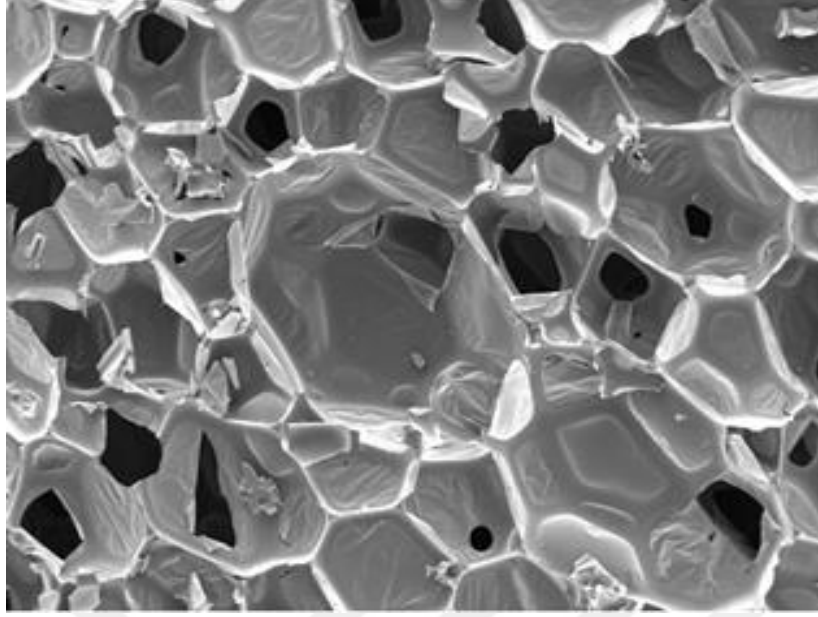
Sentetik köpük numunelerinde ve patates kabuğundan elde edilen PU köpük numunelerinde ortak olarak hem açık hücre yapısı hem de kapalı hücre yapısı gözlenmiştir.



Şekil 4.18. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin SEM görüntüsü.



Şekil 4.19. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin SEM görüntüsü.



Şekil 4.20. Kontrol grubu (sentetik) köpüklerin SEM görüntüsü.

4.2.1.5. Biyolojik Bozunma

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin servis toprağa gömme testine göre ağırlık kaybı verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve T-Testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.23'te ve Şekil 4.21'de gösterilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu temelli PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında biyodegradasyon miktarı yüzdesi bakımından önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.0001$).

Çizelge 4.23. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin biyodegradasyon miktarları yüzdesine ilişkin Tanımlayıcı İstatistik ve T-Testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minumum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (Vk)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	17836,20	2148,490	960,83544	14823,00	0,2700000	65,4742912	-18,56	0,0001
Sentetik Kontrol Köpük	5	0,164000	0,1073778	0,0480208	0,00000	20181,00	12,0456900		
Genel	10	8918,180	9508,9100	3006,9800	0,00000	20181,00	106,6238757		

Çizelge 4.23'te, patates kabuğundan elde edilen köpüklerin servis toprağa gömme testine göre ortalama ağırlık kaybı %17.836, kontrol grubu sentetik köpük numunelerinin ise %0.164 ve ortalama değer ise %9.000 olduğu tespit edilmiştir.

Elde ettiğimiz bulgular, Ge ve Sakai (1993) %25 biyokütle içerikli olarak hazırladıkları PU köpük numunelerindeki servis toprağa gömme testine göre ağırlık kayıplarından daha yüksek olarak bulunmuştur. Alma ve ark. (2003), kestane ve çam odunlarından elde ettikleri ile benzer şekilde olmak üzere ve kısmen daha yüksek biyodegradasyon oranı gerçekleşmiştir.

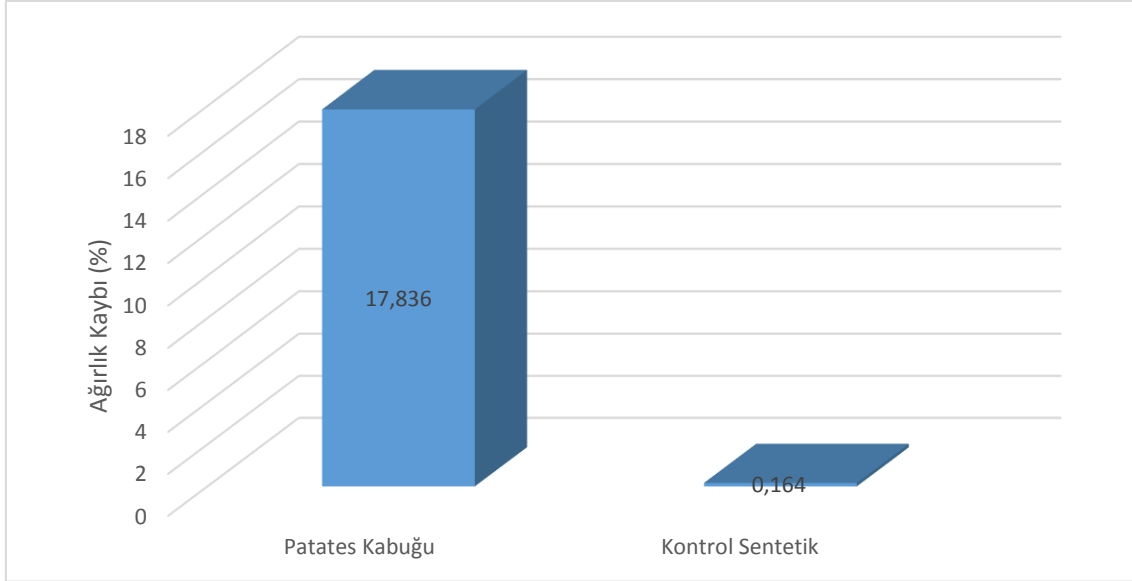
Sentetik köpüklerin servis toprağa gömme testine uygun olarak ağırlık kayıpları ise Alma ve ark. (2002); Alma ve ark. (2003); Chen ve Lu (2009) yaptıkları çalışmalar ile benzer ve çok az farklı olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca farklı araştırmacılar, lignin, selüloz, nişasta gibi materyallerin poliüretan esaslı köpük yapımında kullanılmasının biyolojik olarak bozunabilme özelliklerinden dolayı, köpüklere biyolojik degradasyon özelliği kazandırdığını bildirmişlerdir (Alma, 2005; Hatakeyama, 1992).

Patates kabuğundan elde edilen PU tipi sert köpüğün ağırlık kaybının, sentetik köpüğe göre çok yüksek olmasının sebebini, kullanılmış olan materyallerin daha fazla doğal bileşenler içermiş olmasına kabul bağlamıştır (Fidan, 2009; Goheen, 1991).

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikleri arasında yapılan korelasyon analizine göre köpüklerin biyodegradasyon miktarı yüzdesi ile yoğunluk ($r=0.99^{**}$), ses iletim hızı ($r=0.98^{**}$), basınç direnci ($r=0.98^{**}$) önemli ve pozitif, ısı iletkenlik katsayısı ($r=-0.98^{**}$), geri kazanım miktarı yüzdesi ($r=-0.99^{**}$), elastikiyet modülü ($r=-0.98^{**}$) ve SEM analizine dair hücre kalınlığı ($r=-0.98^{**}$) arasında önemli ve negatif (olumsuz) ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi servis toprağa gömme testine göre patates kabuğundan elde edilen poliüretan sert köpüklerin ağırlık kaybı, kontrol grubu sentetik köpüklerden anlamlı derecede yüksektir.



Şekil 4.21. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin toprağa gömme testine göre ağırlık kayıpları.

4.2.1.6. Termal Bozunma (TGA Analizi)

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunmasına ilişkin veriler Çizelge 4.24'te ve patates kabuğu, patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunmasına ilişkin gösterimler Şekil 4.22, 4.23, 4.25 ve 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.24. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunma verileri

Veriler	Patates Kabuğu	Patates Kabuğundan PU Köpükler	Kontrol Grubu Sentetik Köpükler
Bozunmaya Başlama Sıcaklığı (°C)	184	296	292
Yarılanma Sıcaklığı (°C)	262	364	352
Bozunmanın Tamamlandığı Sıcaklık (°C)	350	522	500
Kalan Madde Miktarı (%)	5,05	6,08	12,67

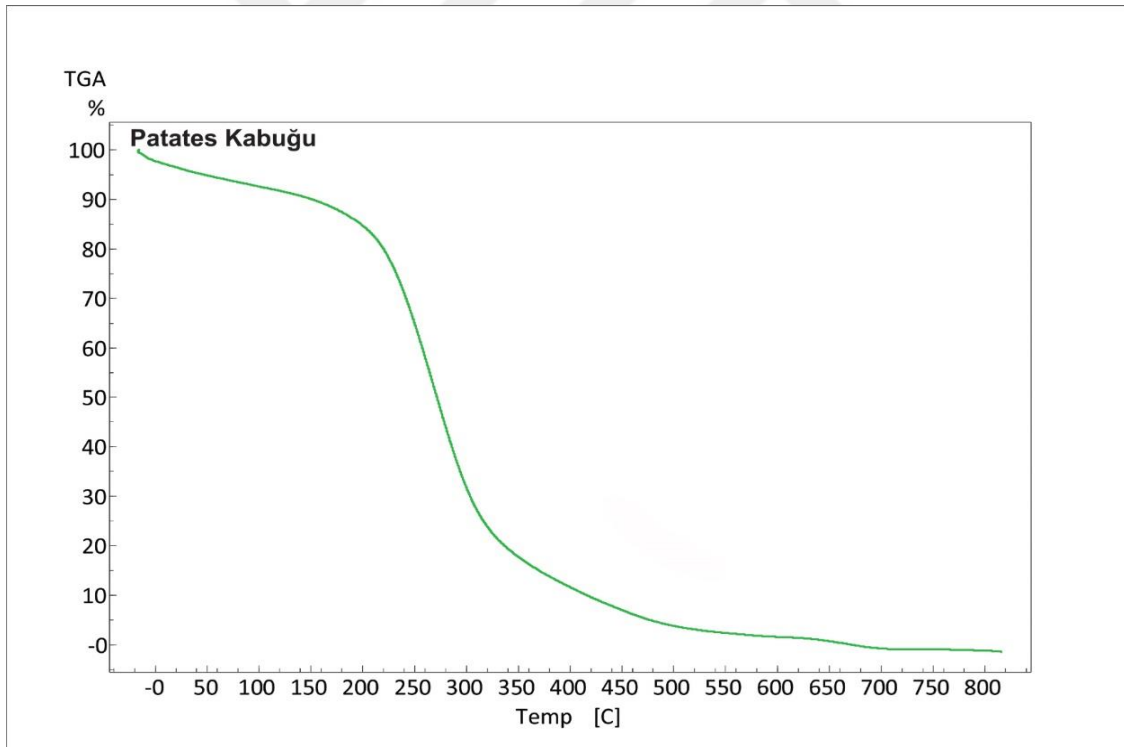
Çizelge 4.24' te, termal bozunmadan sonra kalan madde miktarları patates kabuğunda %5,05, patates kabuğundan sert PU köpükte %6,08, kontrol grubu sentetik köpüklerde ise %12,67'dir.

Çizelge 4.24'te TGA test örneklerimizin bozunmaya başlama sıcaklığı patates kabuğunda 184 °C ile en düşük, patates kabuğundan poliüretan köpüğünki ise 296 °C ile en yüksektir.

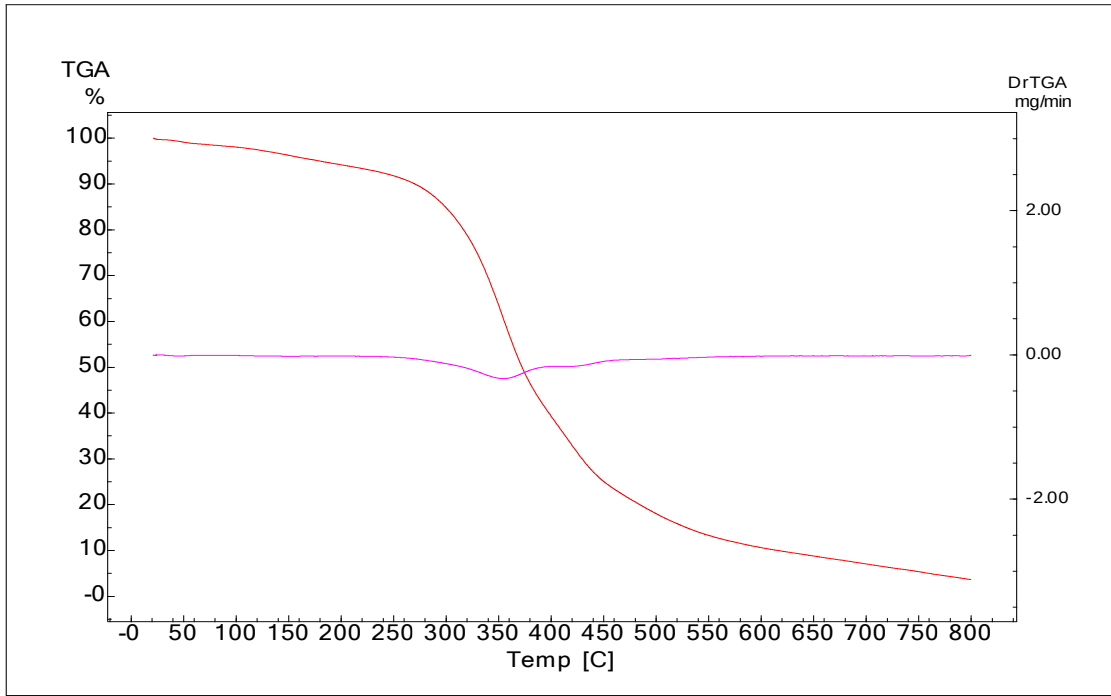
Çizelge 4.24'te TGA test örneklerimizin başlangıç kütlelerinin yarısının termal bozunma sıcaklıkları patates kabuğu, patates kabuğundan PU köpüğün ve kontrol grubu sentetik köpüğün sırası ile 262, 364 ve 352 °C'dir.

Termal bozunmanın tamamlanma sıcaklıkları Çizelge 4.30'da patates kabuğu, patates kabuğundan sert PU köpük ve kontrol grubu sentetik köpükte sırası ile 350, 522 ve 500 °C'dir.

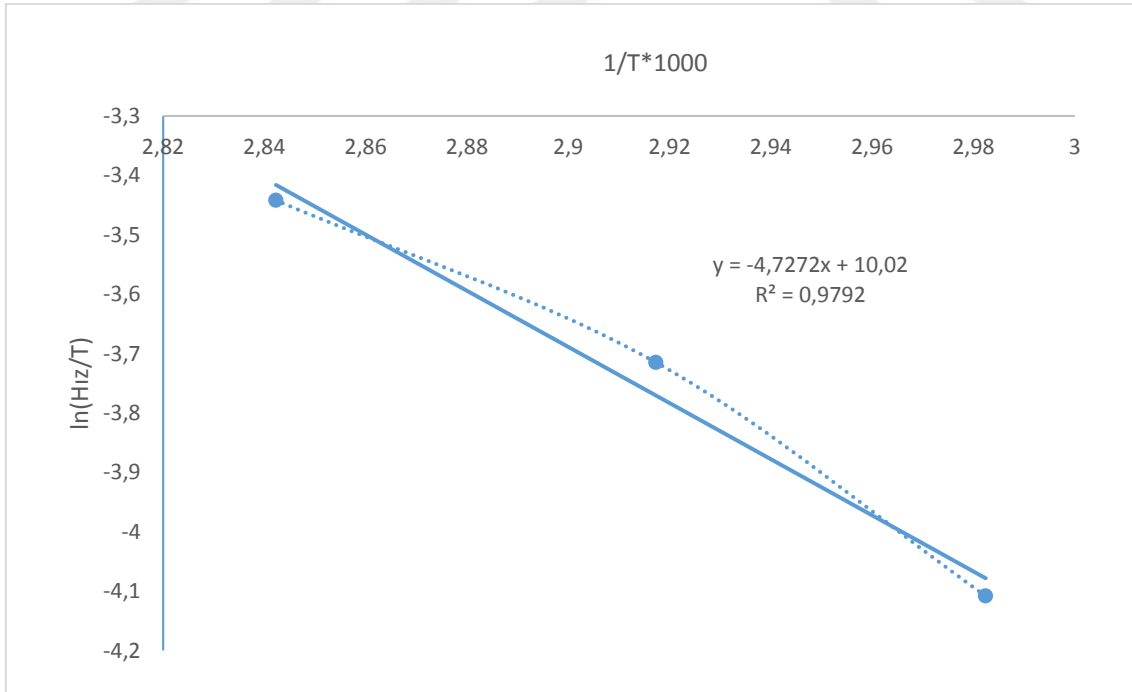
Çizelge 4.24'te görüldüğü gibi patates kabuğunun termal bozunması en düşük sıcaklıkta başlamaktadır. Buna karşın patates kabuğunun sıvılaştırıldıktan sonra poliüretan köpüğün yapısıyla birleştirilmesi ile elde edilen PU köpüklerin termal bozunma sıcaklıkları yükselmiştir. Bu durum materyallerin kimyasal yapısının değişmiş olmasına bağlanmıştır. Buna ek olarak patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin termal bozunma özellikleri, kontrol grubu sentetik köpüklerden daha iyi özellikler göstermiştir.



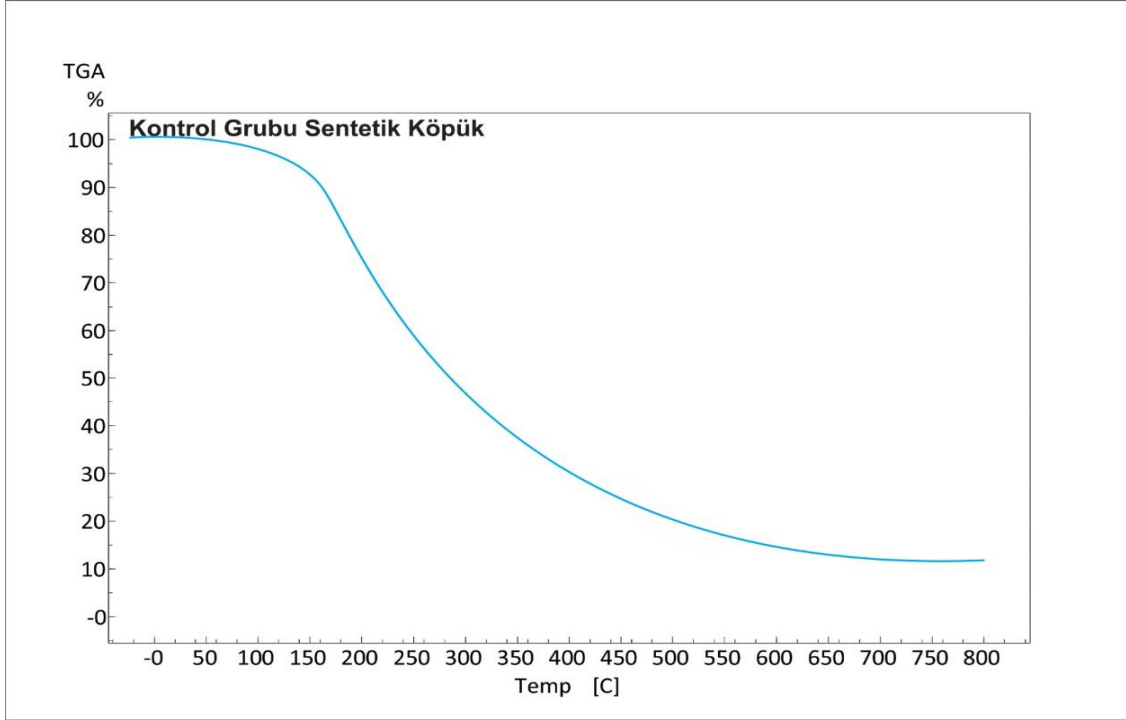
Şekil 4.22. Patates kabuğunun termal bozunmada sıcaklığa (°C) bağlı olarak ağırlık kaybı.



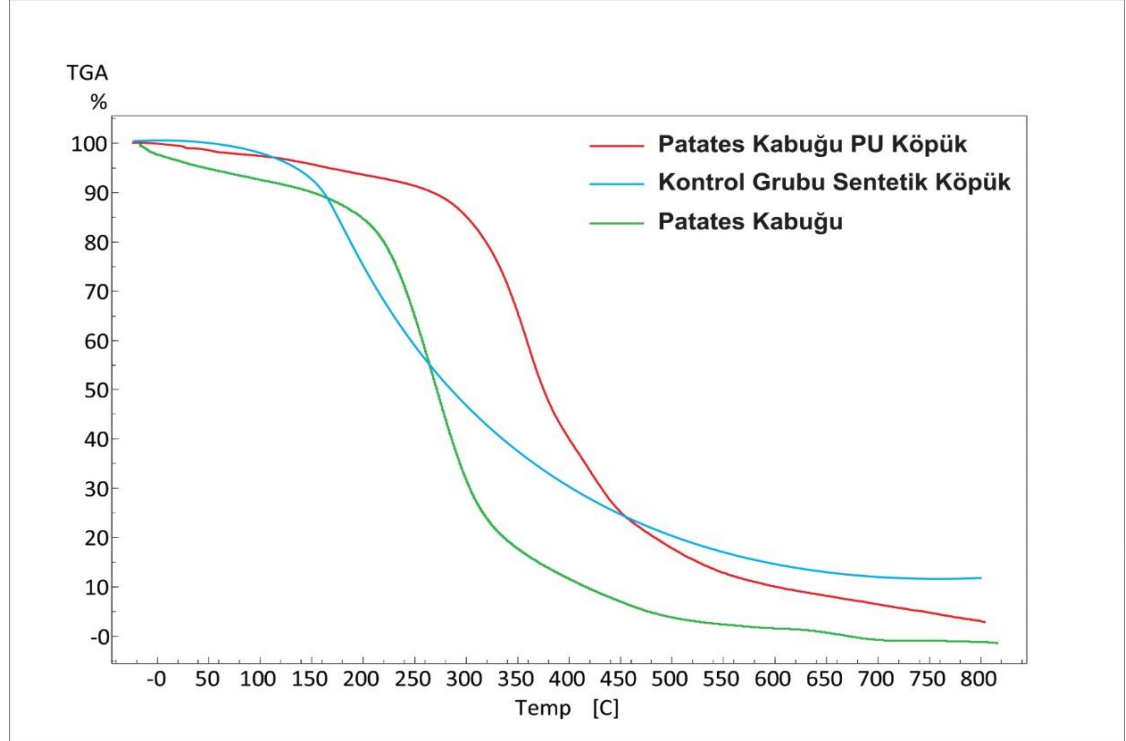
Şekil 4.23. Patates kabuğundan elde edilen köpüklerin termal bozunmada ve diferansiyeli alınmış termal bozunmada sıcaklığa (°C) bağlı olarak ağırlık kaybı.



Şekil 4.24. Patates kabuğundan elde edilen köpüklerin termal bozunmadan yararlanılarak aktiveleşme enerjisinin hesaplanması grafiği.



Şekil 4.25. Kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunmada sıcaklığa ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak ağırlık kaybı.



Şekil 4.26. Patates kabuğu, patates kabuğundan elde edilen köpüklerin ve kontrol grubu sentetik köpüklerin termal bozunmada sıcaklığa ($^{\circ}\text{C}$) bağlı olarak ağırlık kayıpları.

Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin termal gravimetrik analiz yöntemlerine dayanılarak yapılan aktifleşme enerjisi Şekil 4.24 ve bağıntı 12'den yararlanılarak -39,3019 joule olarak hesaplanmıştır.

Elde ettiğimiz termal bozunma sıcaklıkları Fidan (2009), Alfani ve ark. (1998), Chen ve Lu (2009) yaptıkları çalışmalar ile uyumludur. Ayrıca lignoselülozik materyallerin poliüretan esaslı köpük yapımında kullanılmasının köpüklerin termal özelliklerinde artışa sebep olduğu da bildirilmiştir (Hsu ve Glasser, 1976).

4.2.1.7. Su Alma Testi

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin su alma testi verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve T-testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.25'te gösterilmiştir.

T-testi sonucunda, patates kabuğu içeren PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında su alma miktarının yüzdesi bakımından önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.0001$).

Çizelge 4.25'te patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ortalama su alma miktarları 1, 2, 4, 8, 12, 24 ve 48 saatlik sürelerde patates kabuğu içeren PU köpüğün örneklerinde sırasıyla %137,0, %156,0, %226,0, %249,0, %393,0, %608,0 ve %1030,6; kontrol grubu sentetik PU köpük örneklerinde sırasıyla %35,0, %42,0, %52,0, %65,0, %76,0, %84,0 ve %89,0 ve ortalamaları ise sırasıyla %86,6, %99,4, %139,5, %157,6, %234,4, %345,9 ve %515,3 olarak bulunmuştur.

Elde ettiğimiz bulguların Yao ve ark. (1996) hidrofilik sıvılaştırılmış nişasta polyolünden elde ettikleri PU köpüklerin su alma miktarının aynı sürede SH192 sürfektanı ile hazırlamış olanlardan daha düşük ve SH193 sürfektanı ile hazırlamış olanlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna ek olarak Fidan (2009)' un gossypollü ve gossypolsüz pamuk şiflerinden elde ettikleri PU köpüklerin su alma miktarından 1., 2., 3. ve 4. saatlerde düşük, 24. ve 48. saatlerde yüksek olarak bulunmuştur. Bu durumun materyal farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.25. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin su alma testi verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları

ZAMAN	Grup	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Minumum	Maximum	T-değeri	P-değeri
1 Saat	Sentetik Köpük	5	34,7180	0,8918	0,3988	33,8540	36,0100	-166,97	0,0001
	Patates Köpük	5	137,000	1,0403	0,4652	136,000	138,700		
2 Saat	Sentetik Köpük	5	41,7646	0,7118	0,3183	40,9630	42,6420	-158,34	0,0001
	Patates Köpük	5	155,900	1,4468	0,6470	154,400	158,200		
4 Saat	Sentetik Köpük	5	52,0492	0,5835	0,2610	51,1540	52,6480	-487,81	0,0001
	Patates Köpük	5	225,800	0,5422	0,2425	225,000	226,300		
8 Saat	Sentetik Köpük	5	64,7536	0,7921	0,3543	63,9230	65,9030	-346,65	0,0001
	Patates Köpük	5	248,700	0,8834	0,3951	247,200	249,400		
12 Saat	Sentetik Köpük	5	75,9534	0,7811	0,3493	75,0240	76,9640	-517,28	0,0001
	Patates Köpük	5	393,400	1,1280	0,5045	392,000	394,600		
24 Saat	Sentetik Köpük	5	84,1310	0,5051	0,2259	83,4040	84,7430	-854,54	0,0001
	Patates Köpük	5	607,600	1,2733	0,5694	606,500	609,200		
48 Saat	Sentetik Köpük	5	89,4438	0,3701	0,1655	89,0660	89,9860	-2126,7	0,0001
	Patates Köpük	5	1030,70	0,9178	0,4104	1029,60	1032,20		

Patates kabuğu polyolünden elde edilmiş PU köpükler ve kontrol grubu PU köpüklerin su alma miktarlarına ilişkin varyans analizi verileri çizelge 4.26' da gösterilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda gruplar arasında anlamlı düzeyde ($p<0.001$) farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 4.26. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik köpüklerin su alma miktarlarına ilişkin varyans analizi

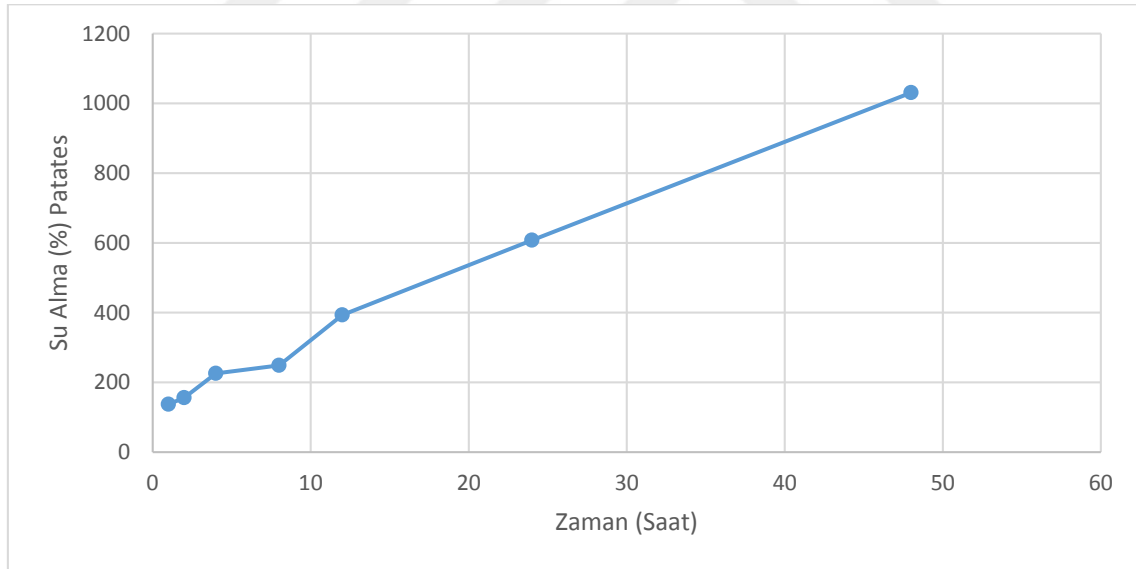
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri
Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpükler				
Zaman	6	3114183,230	519030,5380	454953*
Hata	28	31,94400000	1,141000000	
Toplam	34	3114215,173		
Kontrol Grubu Sentetik PU Köpükler				
Zaman	6	13434,61642	2239,10274	4789,85
Hata	28	13,08911000	0,46747000	
Toplam	34	13447,70552		

*, **: sırasıyla % 0,5 ve % 0,1 düzeyinde önemli.

Patates kabuğundan elde edilen PU köpük ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin oluşturduğu grupların arasındaki farklılıkların belirlendiği Duncan çoklu karşılaştırma testi verileri, patatesten elde edilen PU köpükler için Çizelge 4.27 ve Şekil 4.27’de, kontrol grubu sentetik PU köpükler için Çizelge 4.28 ve Şekil 4.28’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpük grupları arasındaki Duncan çoklu karşılaştırma testi verileri

Duncan Grubu	Ortalama	Numune (N)	Zaman (Saat)
A	1030,6624	5	48
B	607,6396	5	24
C	393,3672	5	12
D	248,6998	5	8
E	225,8198	5	4
F	155,9472	5	2
G	137,0338	5	1

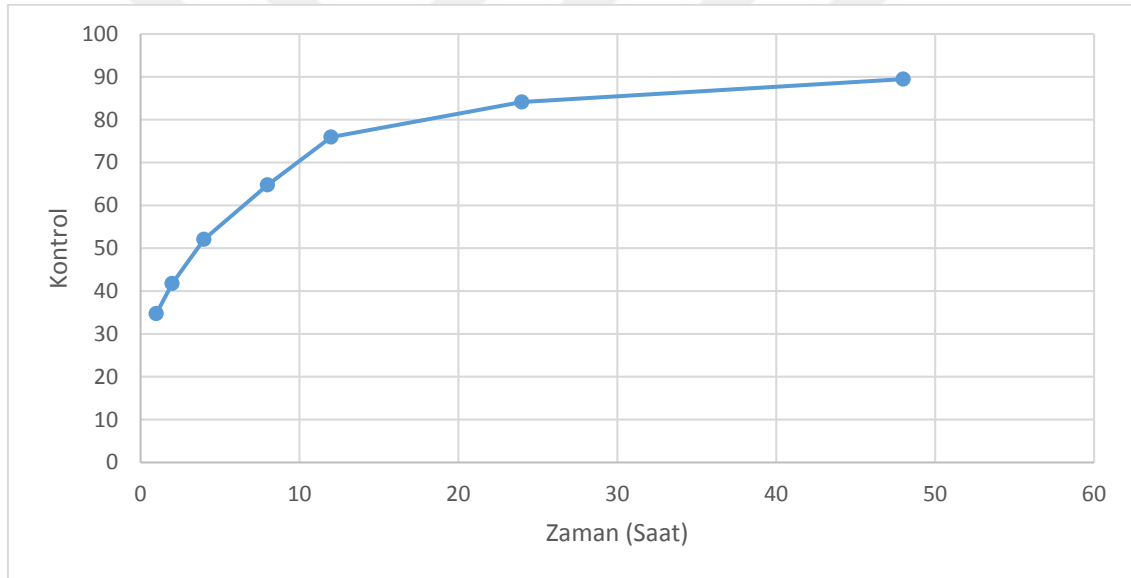


Şekil 4.27. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin zaman içerisinde su alma miktarının yüzdesi.

Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin 7 farklı zaman noktasındaki ortalama değerleri arasında önemli farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 4.28. Kontrol grubu sentetik PU köpük ve patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük grupları arasındaki Duncan çoklu karşılaştırma testi verileri

Duncan Grubu	Ortalama	Numune (N)	Zaman (Saat)
A	89,4438	5	48
B	84,1310	5	24
C	75,9534	5	12
D	64,7536	5	8
E	52,0492	5	4
F	41,7646	5	2
G	34,7180	5	1



Şekil 4.28. Kontrol grubu sentetik PU köpüklerin zaman içerisinde su alma miktarlarının yüzdesi.

Sentetik PU köpüklerin 7 farklı zaman noktasında ortalamaları arasında önemli farklılıklar bulunmuştur.

Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de görüldüğü gibi patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin su alma miktarları, aynı sürede kontrol grubu (sentetik) köpüklerin su alma miktarından anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Bu olgu, patates kabuğunu oluşturan temel bileşenlerden özellikle nişasta olmak üzere ve selülozun hidrofilik yapılarına

bağlanmıştır. Kontrol grubu sentetik köpüklerin su alma miktarının düşük olması ise bileşenlerinin kimyasal yapılarıyla ilişkilendirilmiştir.

4.2.2. Mekaniksel Özellikler

4.2.2.1. Basınç Direnci

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin basınç direnci verilerine ilişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve T-Testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.24’ te ve Şekil 4.21’ de gösterilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu-içeren PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında basınç direnci bakımından önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.0001$).

Çizelge 4.29. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin basınç direnci verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minimum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (V _k)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	301,42	0,3768289	0,1685230	301	302,000	0,12501790	-346,18	0,0001
Sentetik Kontrol Köpük	5	212,62	0,4324350	0,1993908	212	213,100	0,20338400		
Genel	10	257,02	46,8032715	14,8004940	212	302,000	18,2099726		

Çizelge 4.29’da, patates kabuğundan elde edilen köpüklerin ortalama basınç direnci değeri 301,42 kPa, kontrol grubu sentetik köpük numunelerin ortalama basınç değeri 212,62 kPa, her ikisinin ortalama değeri ise 257,02 kPa olarak belirlenmiştir.

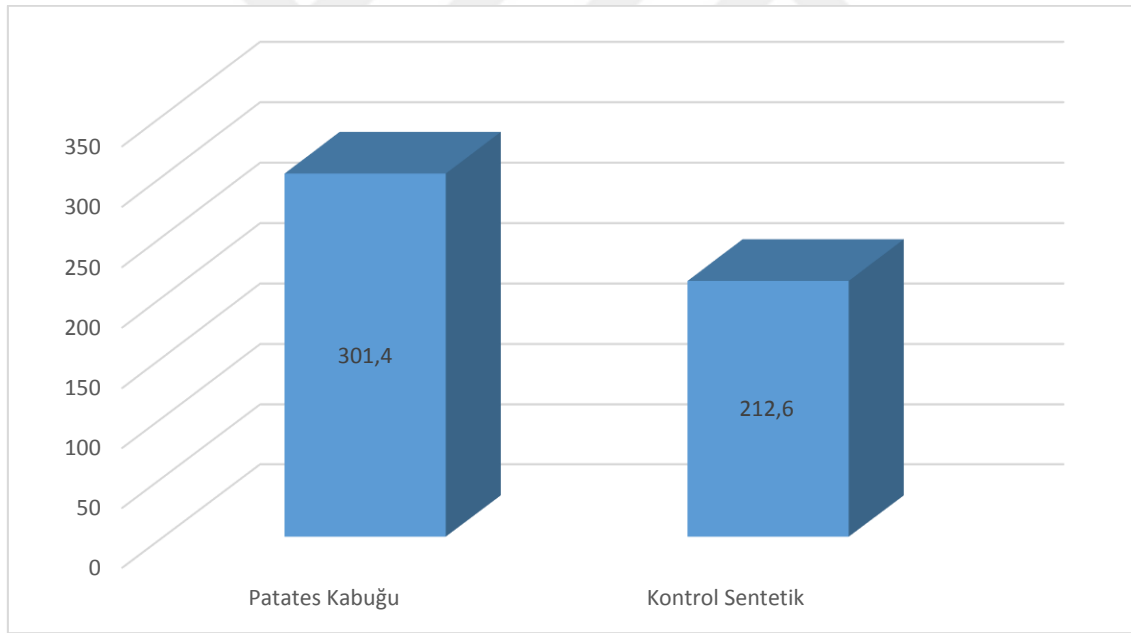
Elde ettiğimiz veriler, Ugarte ve ark. (2014); Chen ve Lu (2009); Zheng ve ark. (2011); Yao ve ark. (1996) ve Fidan (2009) yaptıkları çalışmalarda verilerden yüksek bulunmuştur. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin basınç direnci değerinin yüksek olması, sıvılaşma oranının yüksek olmasına ve materyalin kimyasal özelliklerine bağlanmıştır.

Yang ve ark. (2013), sertleştirici ve yanmayı geciktirici özelliği bulunan bir önpolimer hazırlayarak, artan miktarlarda poliüretan matrikside karıştırmak sureti ile hazırlamış oldukları PU köpük numunelerinin basınç direncinin artan ön-polimer içeriği ile gelişmiş olduğunu bildirdiler. Buna ek olarak, Hu ve Li (2014) sıvılaştırılmış

lignoselülozik polyolü artan miktarlarda PU polyolün yapısıyla karıştırmak suretiyle hazırlamış oldukları PU köpük numunelerinin basınç direncinin belli bir miktar (yaklaşık olarak %20-30) biyokütle içeriğine kadar arttığını ve daha sonra azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmalarında tespit etmiş oldukları basınç direnci değerleri, bulgularımız ile benzerdir.

Yapılan korelasyon analizi sonucuna göre; basınç direncinin, yoğunluk ($r=-0.99^{**}$), ses iletim hızı ($r=0.99^{**}$), biyodegradasyon miktarı yüzdesi ile önemli ve pozitif yönde, ısı iletim katsayısı ($r=-0.99^{**}$), geri kazanım yüzdesi ($r=-0.99^{**}$), elastikiyet modülü ($r=-0.99^{**}$) ve SEM görüntülerine dair hücre kalınlığı verileri ile ($r=-0.99^{**}$) önemli ve negatif yönde ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.29'de, patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ortalama basınç direnci değerlerinin, kontrol grubu sentetik grubun basınç direncinden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.29. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin basınç direnci değerleri.

4.2.2.2. Basınç Direncinden Sonraki Boyut Değişimi (Geri Kazanım)

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin basınç direncinden hemen sonraki boyut değişimi verilerine ilişkin

tanımlayıcı istatistikler ve T-testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.30'da ve Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu-içeren PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında geri kazanım miktarı yüzdesi bakımından önemli farklılıklar tesbit edilmiştir ($p<0.0001$).

Çizelge 4.30. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin geri kazanım miktarının yüzdesine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minumum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (Vk)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	28,236	0,74258330	0,3320934	27,150	28,95	2,62991690	76,83	0,0001
Sentetik Köpük	5	59,810	0,54129470	0,2420744	59,150	60,50	0,90502380		
Genel	10	44,023	16,6522318	5,2658981	27,150	60,50	37,8262085		

Çizelge 4.25'te, patates kabuğundan elde edilen köpükler ve kontrol grubu sentetik köpüklerin basınç direncinden hemen sonraki ortalama boyut değişim miktarı değerleri, patates kabuğu köpüğü örneklerinde %28.24, sentetik köpük örneklerinde %59.81 ve ortalama ise %40.19 olarak belirlenmiştir.

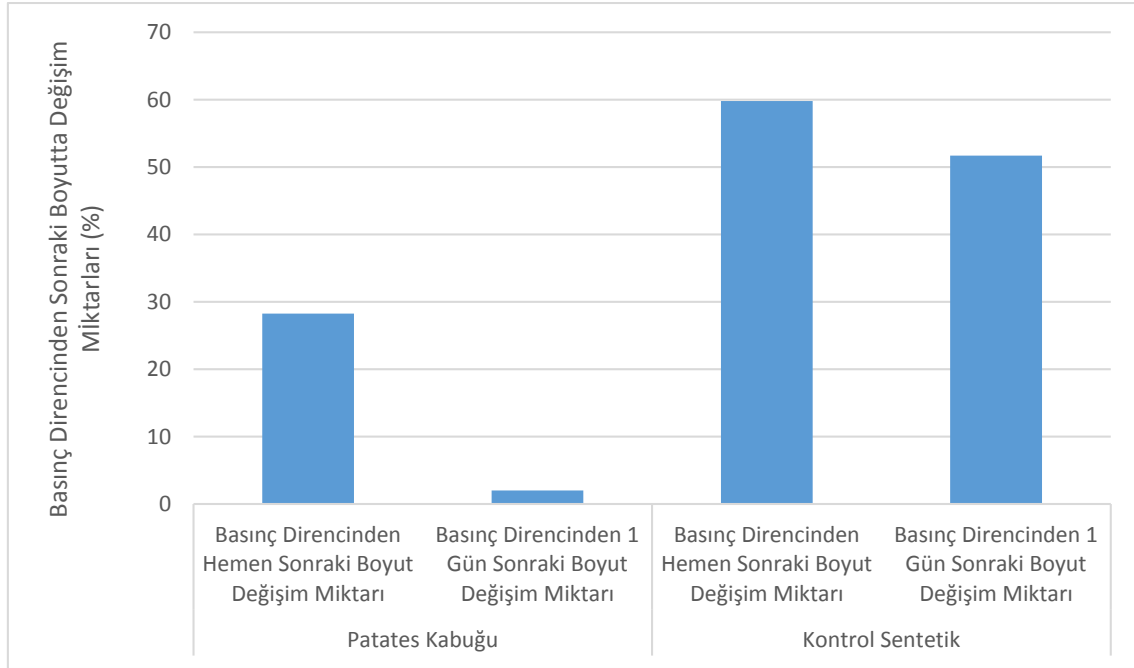
Patates kabuğu polyolünden elde edilen köpüklerin basınç direncinden 1 gün sonraki ortalama boyut değişim miktarı değeri %2.00, kontrol grubu sentetik köpüklerde %51.71 ve ortalama değer ise %26.85 olarak belirlenmiştir.

Boyut değişimi miktarı ile ilgili olarak elde ettiğimiz bulgular, Pan ve ark. (2011)'in yaptıkları çalışmadan daha yüksek, Wang ve ark. (2008)'in yaptıkları çalışmadan daha düşük değerde bulunmuştur. Ugarte ve ark. (2014)'nın yaptıkları çalışmayla ise benzer değerlere sahiptir.

Patates kabuğu polyolünden üretmiş olduğumuz PU köpüğün özellikleri arasında yapılan korelasyon analizi bulgularından; basınç direncinden hemen sonraki ortalama boyut değişim miktarı yüzdesi değerinin (geri kazanım), yoğunluk ($r=-0,99^{**}$), biyodegradasyon miktarının yüzdesi ($r=-0,99^{**}$) ve elastikiyet modülü ($r=0,99^{**}$) arasında önemli ve pozitif yönlü ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin artan geri kazanım oranı ile, PU köpüğün yoğunluk biyodegradasyon ve ses iletim hızı azalmakta, ısı iletim hızı ve elastikiyet modülü ise artmaktadır.

Şekil 4.30’de patates kabuğundan elde edilen PU köpük örneklerinin hem basınç direncinden hemen sonraki boyut değişim miktarının (geri kazanım) hem de 1 gün sonraki boyut değişim miktarının, kontrol grubu (sentetik) köpüklerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu olgu, patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün yapısındaki bağlanmalara ve makro-tabakaların oluşmamış olmasına atfedilmiştir.



Şekil 4.30. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu (sentetik) köpüklerin basınç direncinden hemen sonraki ve 1 gün sonraki boyut değişim değerleri.

4.2.2.3. Elastikiyet Modülü

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin elastikiyet modülü verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ve T-testi sonuçlarının değerleri Çizelge 4.31’de ve grafiksel gösterimler ise Şekil 4.31’da gösterilmiştir.

Yapılan T-testi sonucunda, patates kabuğu içeren PU köpükler ile sentetik ticari PU köpükler arasında elastikiyet modülü bakımından önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir ($p < 0.0001$).

Çizelge 4.31. Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüklerin elastikiyet modülü verilerine ilişkin tanımlayıcı istatistik ve T-testi sonuçları

	N	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Minumum Değer	Maximum Değer	Varyasyon Katsayısı (Vk)	t-değeri	p-değeri
Patates Kabuğu Köpük	5	1.481,4	7.9246451	3.544009	1489	1489	0,534943	80.44	0,0001
Sentetik Köpük	5	2.025,8	12.8918579	5.7654141	2012	2041	0,6363835		
Genel	10	1.753,6	287.1012984	90.7894022	1.472	2.041	16.3721087		

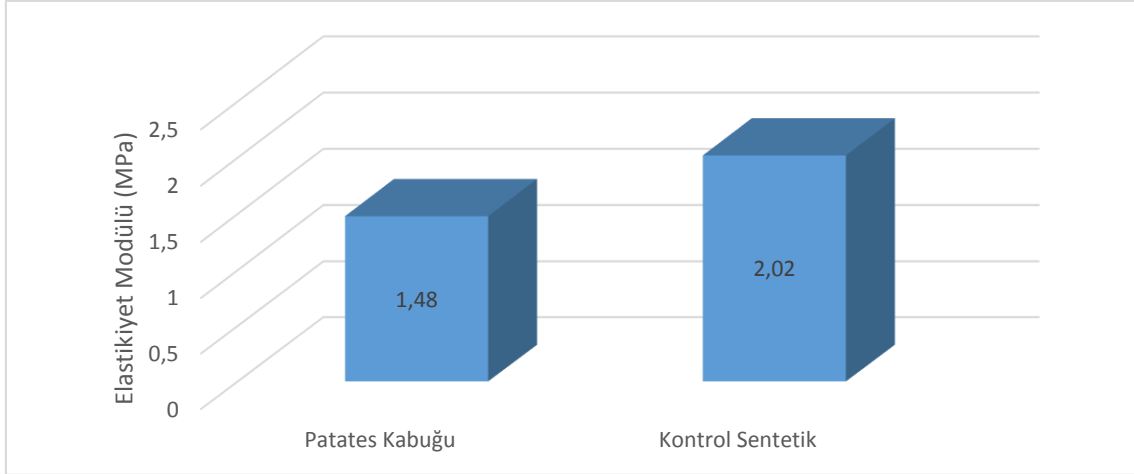
Çizelge 4.31’de patates kabuğundan elde edilen köpükler ve kontrol grubu sentetik köpüklerin elastikiyet modülü ortalama değerleri, patates kabuğundan köpüklerde 1.48 MPa, kontrol grubu köpüklerde, 2.03 MPa, ortalama değerleri ise 1.75 MPa olarak ölçülmüştür.

Elde ettiğimiz veriler, Alma ve ark. (2003)’ nın kestane ve çam odun tozlarından hazırladıkları köpüklerden, Fidan (2009)’ un gossypollü ve gossypolsüz pamuk şiflerinden hazırladıkları köpüklerden, Wang ve ark. (2013)’ ün fabrika artığı pamuktan yaptıkları köpüklerden düşük olmasına karşın Yao ve ark. (1996)’ nın sıvılaştırılmış nişasta polyolünden hazırlamış oldukları hidrofilik ve absorplayıcı poliüretan köpüklerin ıslak ve kuru olarak elastikiyet modülünden yüksektir. Elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılık materyalin temel olarak farklı olmasına bağlanmıştır.

Patates kabuğu polyolünden üretmiş olduğumuz PU köpüğün özellikleri arasında yapılan korelasyon analizi bulgularından elastikiyet modülünün yoğunluk ($r=-0,99^{**}$), ses iletim hızı ($r=-0,96^{**}$), basınç direnci ($r=-0,99^{**}$) ve biyodegradasyon miktarı yüzdesi ($r=-0,98^{**}$) ile önemli ve negatif yönde, ısı iletkenlik katsayısı ($r=0,99^{**}$), geri kazanım ($r=0,99^{**}$) ve SEM analizine dair hücre kalınlığı ($r=0,99^{**}$) arasında önemli ve pozitif yönlü ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.31’ da görüldüğü gibi patates kabuğundan elde edilen PU köpük örneklerinin elastikiyet modülü değeri, kontrol grubu sentetik köpüklerin değerinden kısmen düşüktür. Bu durum, patates kabuğunun bileşimine ve yapısına bağlanmıştır.

Patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüğün artan elastikiyet modülü değeri ile ısı iletkenlik katsayısı, elastikiyet modülü ve hücre kalınlığı artmakta, yoğunluk, ses iletim hızı, basınç direnci ve biyodegradasyon miktarı yüzdesi azalmaktadır.



Şekil 4.31. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu (sentetik) köpüklerin elastikiyet modülü değerleri.

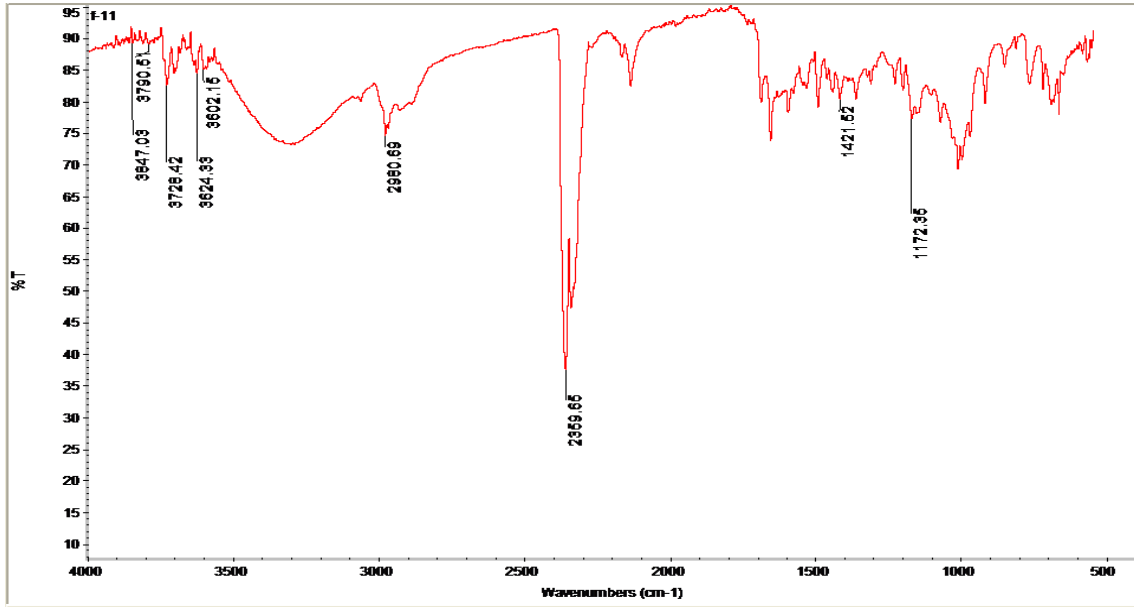
4.2.2.4. Fourier Dönüşümlü Infrared (Kızılötesi) Spektroskopi Analizi

ATR-FTIR (Toplam Alçaltılmış Yansımali-Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi Analizi), patates kabuğunun, %9 sülfirik asit katalizörlüğünde sıvılaştırmamış patates kabuğu kalıntısının, sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin polimer yapılarının incelenmesi için yapılmıştır. Analizin amacı, moleküler bağların karakterizasyonu ve alifatik ve/veya aromatik birimlerin, fonksiyonel grupların tanımlanmasıdır. Şekil 4.32 patates kabuğunun, Şekil 4.33 %9 sülfirik asit katalizörlüğünde sıvılaştırmamış olan patates kabuğu kalıntısının, Şekil 4.34 patates kabuğu polyolünden elde edilen PU köpüklerin ve Şekil 4.35 ise kontrol grubu sentetik PU köpüklerin ATR-FTIR spektrumlarını göstermektedir.

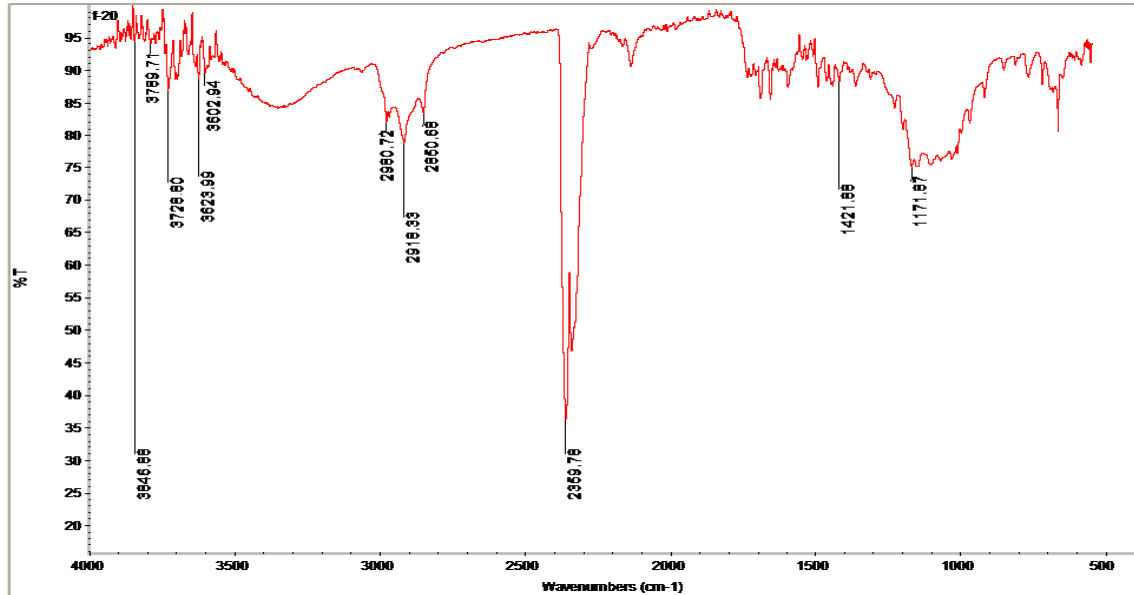
Şekil 4.36' te ise ortak noktaları ve farklılıklarını göstermek amacıyla patates kabuğu, sıvılaştırmamış patates kabuğu kalıntısı, sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolüden PU köpüklerin ve kontrol grubu (sentetik) fosil polyollerden hazırlanmış ticari PU köpüklerin ATR-FTIR spektrumları birlikte gösterilmiştir.

Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'de, patates kabuğunun ve sıvılaştırmamış patates kabuğu kalıntısının FTIR spektrumlarında 3847, 3790, 3728, 3624, 3602, 2981, 2360 cm^{-1} gibi yirmiden fazla titreşim bandının her ikisi içinde aynı olduğu görülmektedir. 3790 cm^{-1} 'deki titreşim bandının, patatesin kabuğunda bulunan glukoz ve nişastanın -OH grubunu göstermektedir ve yüksek yoğunluğa sahiptir. -OH grupları, PMDI ile reaksiyona

girecek ve $-NCO$ gruplarına dönüşecektir. 1172 cm^{-1} 'deki titreşim bandının, glukozun $-C-O$ zincir bağı olduğu varsayılmıştır. Patates kabuğu ve sıvılaştırmamış patates kabuğu atığının yapısındaki $-CH$, $-CH_2$, $-CH_3$ gruplarının $2800-2900\text{ cm}^{-1}$ titreşim bandı aralığında piklerinin olduğu ve $C=C$ aromatik halkasının 1422 ' de titreşim bandı bulunduğu belirlenmiştir.

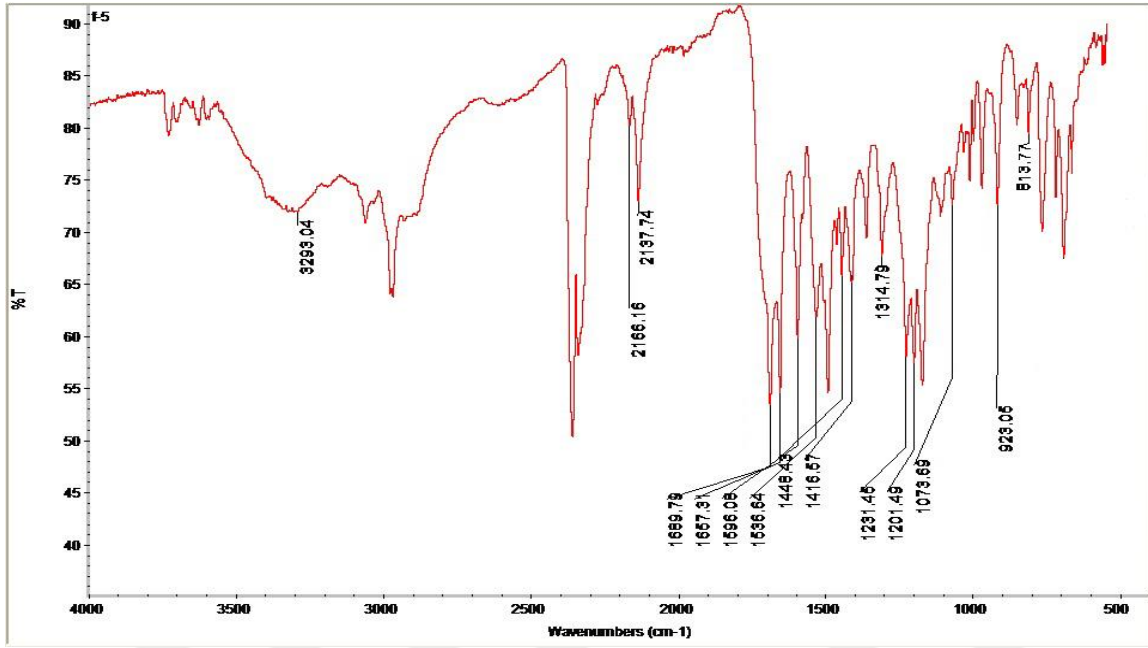


Şekil 4.32. Patates kabuğunun ATR-FTIR spektrumu.



Şekil 4.33. Sıvılaştırmamış patates kabuğunun ATR-FTIR spektrumu. Mikrodalga Enerjisi: 350 Watt/dak. Karıştırma Hızı: 300 rpm/dak., Asit Konsantrasyonu (H_2SO_4): %9, PEG400-Gliserin/Pat. Kabuğu: 3/1, PEG400/Gliserin: 4/1.

Şekil 4.32 ve Şekil 4.33’de görüldüğü gibi patates kabuğunun ve sıvılaştırmamış patates kabuğu kalıntısının FTIR spektrumlarında 3847, 3790 ve 3728 cm^{-1} ile yirmiden fazla titreşim bandının aynı şekilde bulunması patates kabuğunun PEG400/Gliserin ikili çözeltisinde sülfürik asit katalizörlüğünde ve mikrodalga enerjisi ile karıştırma eşliğinde çözünmediğini ve/veya reaksiyona girmedikini açığa kavuşturmuştur.



Şekil 4.34. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün ATR-FTIR spektrumu.

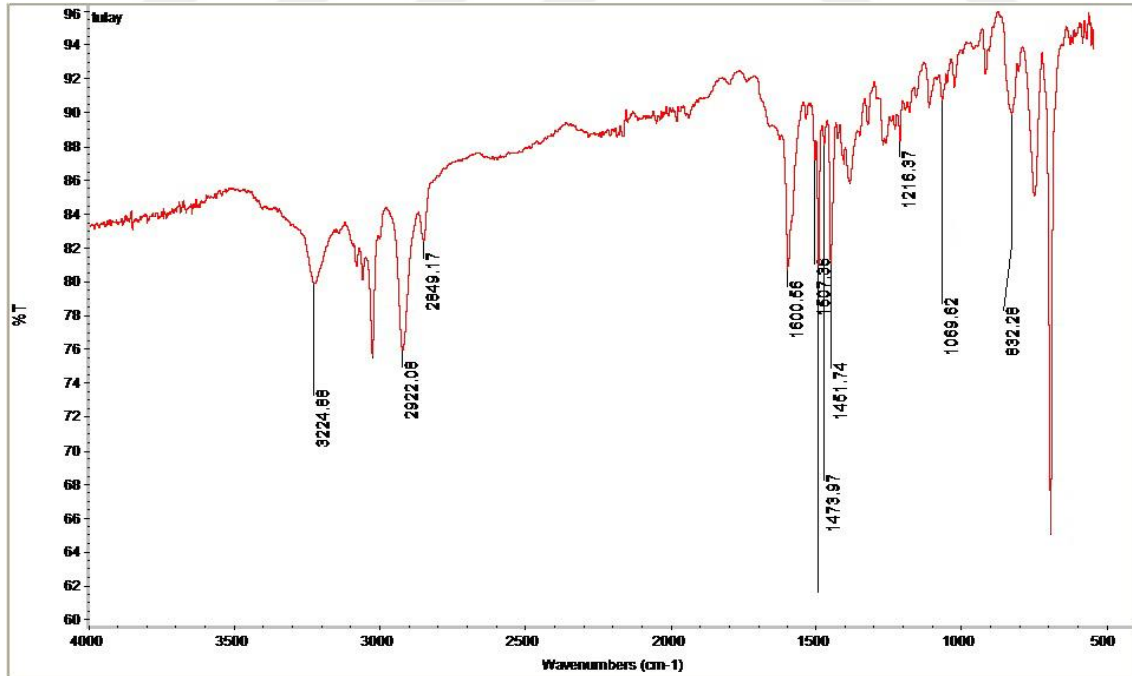
Şekil 4.34’te sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolü, ticari petrol-kaynaklı polyol ve metilen difenil diizosiyanat karışımından hazırlanmış olan PU köpüğün ATR-FTIR spektrumu görülmektedir. 3294 cm^{-1} ’de bulunan geniş absorpsiyon bandı, ürethane hidrojenin bağlanmış olduğu N-H’nin gerinme titreşimini göstermektedir. Ürethanın hidrojen bağlı C=O grubu 1637 cm^{-1} ve 1696 cm^{-1} arasındaki bölgeye yerleşmiştir. 1315, 1231, 1201 cm^{-1} bantları, sıvılaştırılmış patates kabuğunun içindeki hidroksil grupları ile NCO arasında üretan zincir bağlarının oluşmuş olduğunu doğrulamaktadır. 1410, 1657 ve 1696 cm^{-1} ’deki bağlar nişastanın ve selülozun aromatik zincirlerinden elde edilmiştir.

1231 ve 1690 cm^{-1} dalga sayısındaki geçişlerin sırasıyla asimetric ester absorbanlarına ve iç kısım ester gruplarına ait olduğu varsayılmıştır (Ugarte et al. 2011). 2138 cm^{-1} ve 2166 cm^{-1} ’de bulunan bantlar, diizosiyanatın reaksiyona girmeyen (fazla kalan) NCO gruplarını göstermektedir. Teorik olarak $[\text{NCO}]/[\text{OH}]$ oranı 1.0’dan

daha az olduğunda, izosiyanat hidroksil grupları ile tamamıyla reaksiyona girecek ve artmayacaktır (Wang et al. 2008). Bu çalışmada, reaksiyona girmemiş diizosiyanatın –NCO grupları bulunduğuna göre, [NCO]/[OH] oranı 1.0’ dan fazladır (Hakim et al. 2011).

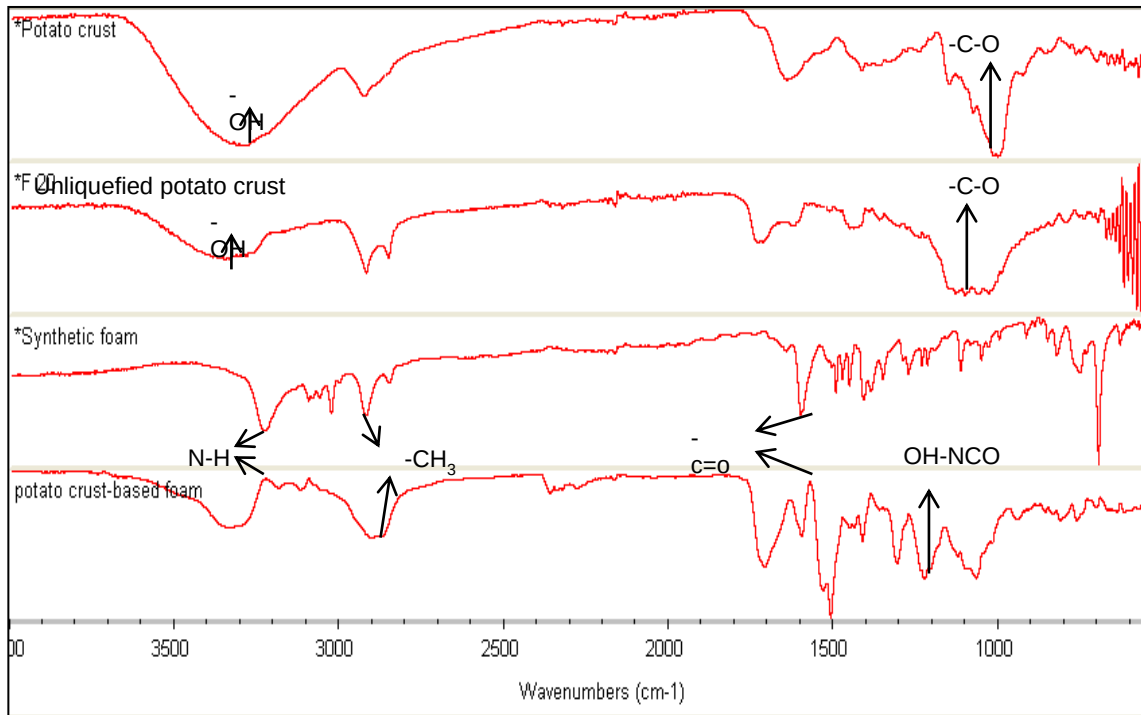
813, 923 ve 2971 cm^{-1} ’deki absorpsiyon bantlarının ise CH, CH₂ ve CH₃’ün simetrik ve asimetrik gerinme titreşimlerine bağlanmıştır. Bunlara ek olarak, degrade olmuş alifatik –CH₂ grupları, 1448 cm^{-1} ’ de gerinim titreşimi göstermiştir. CO₂’in karakteristik bantları ise 2138 ve 2166 cm^{-1} ’ de gözlenmiştir.

1690, 1637, 1410 ve 1074 cm^{-1} ’de gözlemlenen titreşim bağları sırasıyla –C=O (ürethan amid I), iki dişli ürenin hidrojen bağı, C=C aromatik halka ve –C–O–C bağlarına ait pikler olarak kabul edilmiştir. FTIR spektrumu PU köpüğün polimer yapısının oluşmuş olduğunu doğrulamıştır. Yine patates kabuğu ve sıvılaşmamış patates kabuğunda bulunan karakteristik C-H gerinme titreşim bağının yoğunluğunun, sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünden hazırlanmış PU köpüğün yapısında azaldığı göze çarpmaktadır. Çünkü patates kabuğu, diğer bileşenler ile reaksiyona girerek kimyasal yapısını değiştirmiştir.



Şekil 4.35. Kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ATR-FTIR spektrumu.

Kontrol grubu (sentetik) köpüklerin ATR-FTIR spektrumunda 3224, 1607 ve 1507 cm^{-1} dalga boyunda bulunan titreşim bandlarının sırasıyla N-H (üretana bağlı), N-H (Amid-I) ve N-H (Amid-II) ait olduğu düşünülmüştür. Buna ek olarak 1069, 1216 ve 832 cm^{-1} 'de bulunan bantlar sırası ile ön-polimer polyol ve PMDI'nin C-O-C, C-N ve C-H grupları olarak varsayılmıştır. CH, CH₂ ve CH₃ üniteleri 2800 cm^{-1} ile 2900 cm^{-1} arasında gerinme titreşimi bantları oluşturmuştur. Sentetik köpüğün C=C aromatik halkası ise 1474 cm^{-1} ile 1600 cm^{-1} dalga sayılarında gerinme titreşimi meydana getirmiştir. Kontrol grubu olan sentetik köpüğün ATR-FTIR spektrumunda, reaksiyona katılmayan izosiyanat fazlası bulunmamaktadır.



Şekil 4.36. Patates kabuğu, sıvılaştırmamış patates kabuğu, patates kabuğundan elde edilen PU köpük ve kontrol grubu (sentetik) köpüklerin birlikte ATR-FTIR spektrumları.

Şekil 4.36'te görüldüğü gibi patates kabuğu ve sıvılaştırmamış patates kabuğu kalıntısının spektrumları anlamlı ölçüde birbiri ile benzerdir. Bu olgu sıvılaştırmamış patates kabuğunun PEG400 ana çözücüsü, gliserin yardımcı çözücüsü ve H₂SO₄ katalizörü ile mikrodalga enerjisi eşliğinde çözünmediğini ve/veya reaksiyona girmedikini göstermektedir.

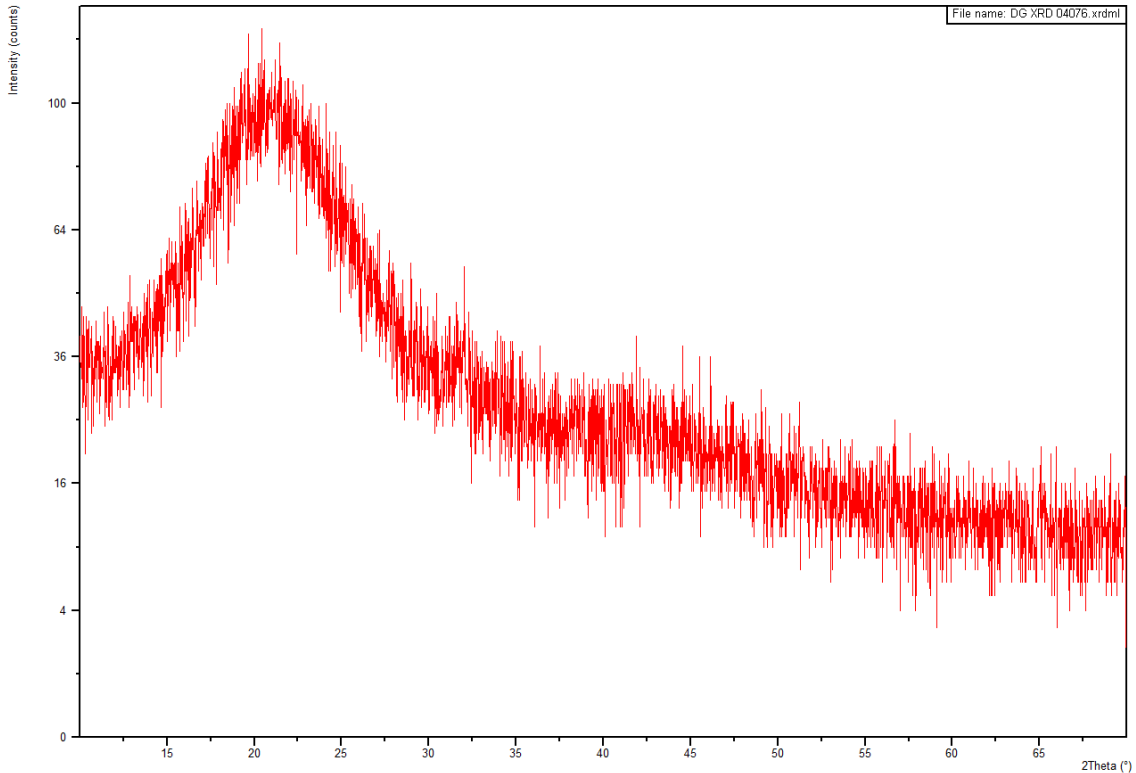
Sentetik PU köpük ve patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin ATR-FTIR spektrumlarında ise sıvılaştırılmış patates kabuğunun -OH grubu ile izosiyanatın -NCO

grubu arasında oluşan N-H ünitesi aynı bölgelerde bulunmaktadır. Toplam spektrumlardan, patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün yapısında reaksiyona girmeyen PMDI artanı (fazlası) bulunurken, sentetik petrol-kaynaklı ticari PU köpüklerin yapısında reaksiyona girmeyen PMDI fazlası yoktur.

4.2.2.5. Geniş Açılı X-Işını Difraktometresi Analizi

Geniş-açılı X-ışını difraktometresi analizi, patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün ve kontrol grubu sentetik PU köpüğün moleküler düzeyde polimer yapısının incelenmesi amacı ile yapılmıştır. Bir diğer amacımız ise, patates kabuğu bileşenlerinin kristal yapısındaki değişiklikleri incelemektir.

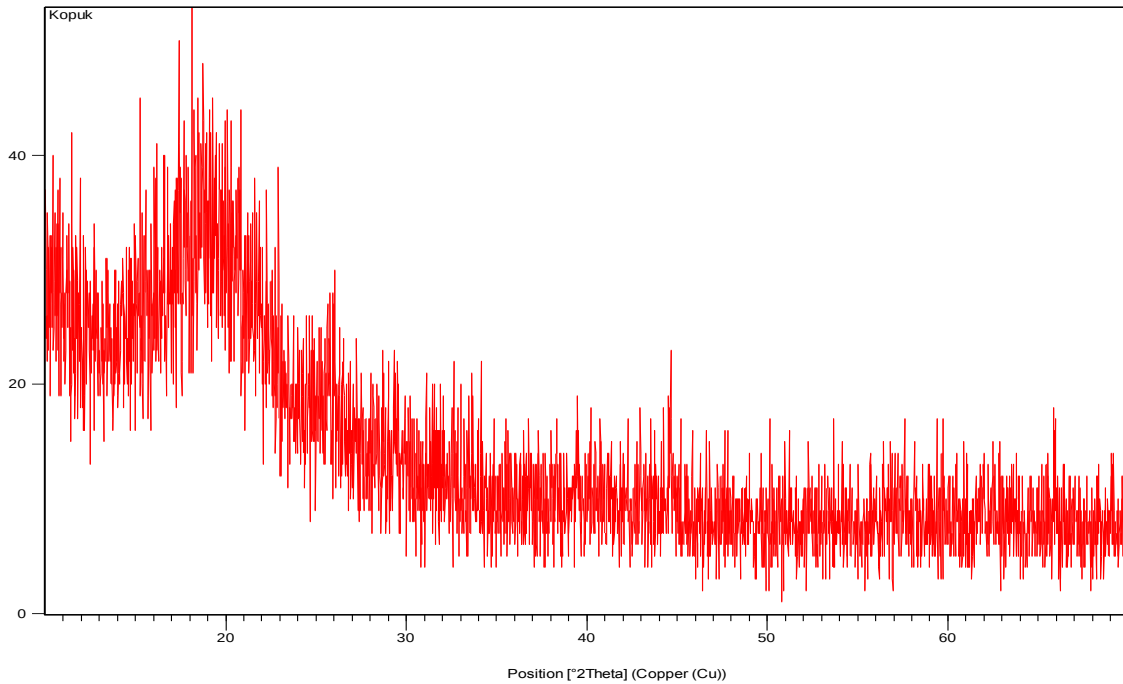
Şekil 4.37, patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün WA X-RD desenini, Şekil 4.38 ise kontrol grubu sentetik ticari PU köpüğün WA X-RD desenini göstermektedir. Patates kabuğundan elde edilen PU köpük ve sentetik PU köpüğün WA X-RD desenlerinin karşılaştırılması amacı ile Şekil 4.38 grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.37. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün geniş-açılı X-ışını kırınımı deseni.

Şekil 4.37’te görüldüğü gibi patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün geniş-açılı X-ışınları difraktomunda herhangi bir kırınım piki gözlenmemektedir. Bu olgu patates kabuğu polyolünün, poliüretan köpüğün yapısına yumuşak tabakalar olarak katılmış olduğu durumunu göstermektedir. Patates kabuğu PU köpüğü, yapısal olarak kristallik göstermemektedir. Şekil 4.35’ teki, patates kabuğu nişastasının $20,6^\circ$ ’e yakın 2θ değerinde bulunan keskin, yüksek difraktomu nişastanın yığılma alanını ve ikinci patates kabuğu selülozun $19,4^\circ$ ’ ye yakın 2θ değerinde bulunan kırınım piki, selülozun yığılma alanını işaret etmektedir. Buna karşın hem patates kabuğu nişastası hem de selüloz için bu karakteristik piklerin yoğunluğu azalmakta veya kaybolmaktadır. Bu durum, patates kabuğu ve PU ön-polimer arasındaki bağlanmanın, patates kabuğunun temel kristal formunu değiştirdiğinin işaretidir.

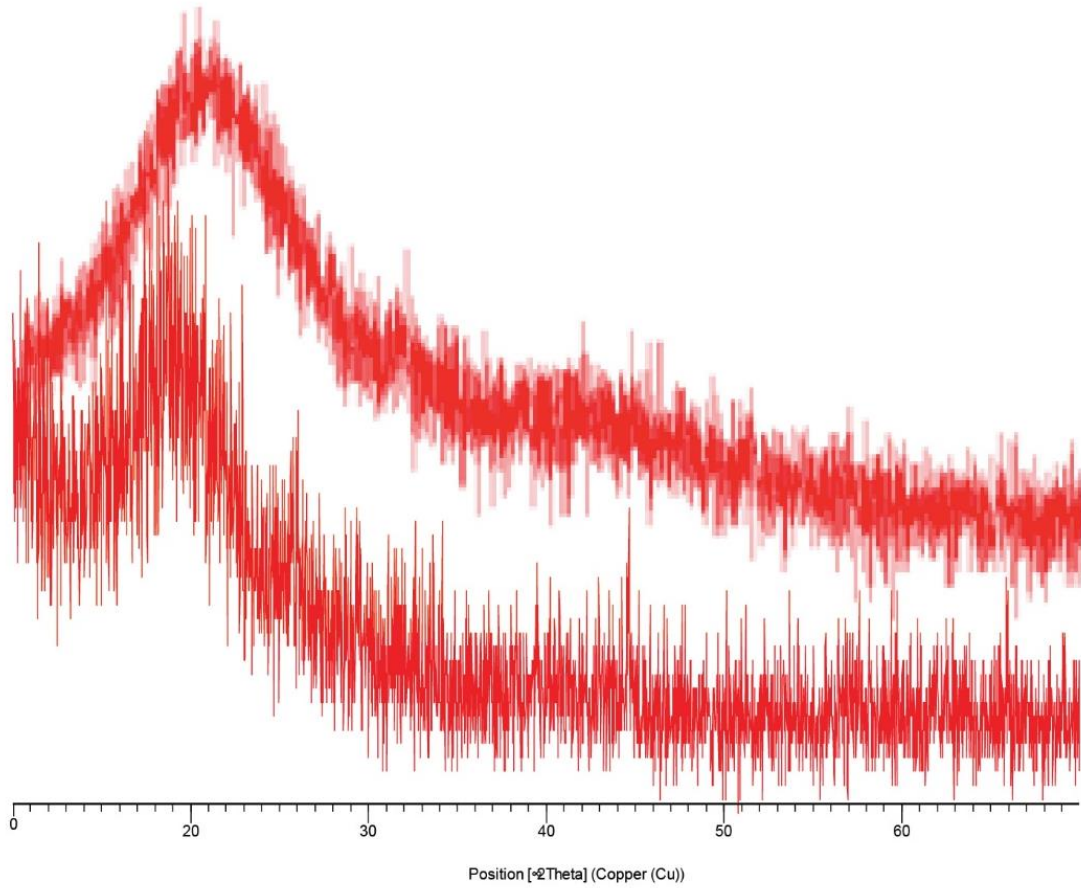
Geniş-açılı X-ışınları difraktomu deseninden, patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün bütünsel ve amorf yapıda olduğu ve bununla ilişkili olarak üstün mekaniksel özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Atomik yapı düzensizdir fakat polimer yapı ile uyumludur. Patates kabuğundan elde edilen PU köpük, $10-27,5^\circ$ arasında geniş-açılı X-ışını kırınımı pikine sahiptir (Zou ve ark. 2011; Savelyev ve ark. 2014; Zhang ve ark., 2012).



Şekil 4.38. Kontrol grubu (sentetik) köpüklerin geniş-açılı X-ışını kırınımı deseni.

Sentetik PU köpükler, WA X-ışını difraktom deseninde 2θ değerinin 18.5° 'de yerleşmiş olan, hidrojen bağları-içerikli $-O=C$ biriminin varlığını ispat eden PU matriksi içerisinde küçük ölçülü bir bölgenin varlığı ile ilişkili dik bir pik göstermektedir. Bu durumda sert tabakaların içerisindeki $-NH$, sert tabakaların hidrojen bağlı $-C=O$ birimlerinde ve yine gliserin esterinin $-C=O$ birimi yumuşak tabakalarının içinde bulunmaktadır (Zou ve ark., 2011).

Sentetik köpüklerin toplam geniş-açılı X-ışını difraktom deseninden bütünsel ve amorf yapıda olduğu ve $12.5 - 23.8^\circ$ arasında geniş-açılı bir X-ışını kırınımı pikine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.39. Patates kabuğundan elde edilen PU köpükler ile kontrol grubu (sentetik) köpüklerin geniş-açılı X-ışını kırınımı deseni.

Patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün X-ışını kırınımı deseninde tespit edilen nişasta ve selüloz yerleşkesi bölgelerindeki pikler düşük yoğunluğa sahiptir ve nişasta ve selülozun pikleri azalmakta ve giderek kaybolmaktadır. Wang ve ark. (2010), doğal nişastanın bir çeşit kısmi-kristal polimer olduğunu ve $2\theta=10.1$, $2\theta=11.5$ ile

$2\theta=15.3^\circ$ 'de güçlü bir pik ve $2\theta=17.1^\circ$ (normal pik) ve $2\theta=18.2^\circ$ 'de güçlü bir çift pik ve son olarak $2\theta=23.5^\circ$ 'de güçlü bir pik gösterdiğini bildirmişlerdir. Buna ek olarak, selülozun geniş-açılı X-ışını kırınımı deseninde $2\theta=14.8^\circ$, $2\theta=16.5^\circ$, $2\theta=22.6^\circ$ ve $2\theta=34.5^\circ$ 'de bulunan karakteristik pikleri mevcuttur. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün WA X-ışını kırınımı deseninde bu pikler görünmemektedir. Bu olgu, patates kabuğu bileşenlerinin tamamına yakınının sıvılaştırma reaksiyonunda degrave olduğunu ve PU matrik ile birleşmiş olduğu ile izah edilebilir.

Şekil 4.39'de patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün, $2\theta=10.0-27.5^\circ$ arasında bir kırınım pikine, sentetik PU köpüğün ise $12.5-23.8^\circ$ arasında bir kırınım pikine sahip olduğu görülmektedir. Patates kabuğundan elde edilen PU köpüğün kırınım pikinin açıl aralığı, sentetik ticari PU köpüğün pik açısı aralığından daha büyüktür. Bu nedenle, patates kabuğundan PU köpüğün karşılaştırıldığında daha esnek yapı, daha fazla yumuşak tabaka, daha fazla amorf özellik ve daha üstün mekanik özellikler ile sentetik PU köpüklerden üstün olduğu sonucuna varılmaktadır.

Şekil 4.39'de, hem patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin hem de sentetik PU köpüklerin amorf yapıda olduğu, atomik yapının düzensiz olduğu buna karşın polimer yapı ile uyumlu olduğu ve bunlara ek olarak kristal piklerin bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin WA X-ışını kırınımı deseni, moleküler düzeyde polimer yapısını doğrulamış ve aydınlatmıştır. Bunun yanında sentetik fosil-kaynaklı PU köpüğün WA X-ışını kırınımı deseni de yine moleküler düzeyde polimer yapının mevcudiyetini açığa kavuşturmuştur. Her iki PU köpüğün WA X-ışını kırınımı deseni daha önce bildirilmiş olan biyokütle-temelli PU köpüklerin ve sentetik petrol temelli PU köpüklerin desenleri ile benzerdir (Wang ve ark., 2011; Zou ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2012; Savelyev ve ark. 2014).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Patates bitkisinin ögeleri, patates kabuğu, patates topraküssü bitkisi (sarmaşık kısmı=dal+yapraklar) ve soyulmuş patates olarak sınıflandırıldı. Patates bitkisinin atığı olarak patates kabuğu ve patates topraküssü bitkisi kabul edildi.

Patates ögelerinden polyol eldesi amacıyla sıvılaştırma reaksiyonu için ısıtma banyosu metodu ve mikro-dalga ısıtma metodu olmak üzere iki tane metod bulunmaktadır. Mikro-dalga ısıtma metodu işlemi bu proses için tercih edildi. Çünkü tüm kısımlardan, kor içi ısıtma sağladığı için veriminin daha fazla olduğu araştırmacılar tarafından son zamanlarda bildirilen literatürce desteklenmiştir.

Patates kabuğu atığının sıvılaştırma reaksiyonu prosesi biyokütle/PEG400/Gliserol oranı = 5/12/3, mikrodalga enerjisi 350 watt/dak., eşzamanlı karıştırma hızı 300 rpm/dak. olarak sabit tutulmak üzere, asit katalizörü çeşidi, asit katalizörü konsantrasyonu, sıvılaştırma reaksiyonu süresi ise değişken parametreler olarak seçilmiştir. Bu reaksiyon koşulları altında sıvılaştırma reaksiyonu incelenmiştir.

Sıvılaştırma reaksiyonlarının 15. ve 30. dakika sonunda sıvılaştırma oranları, sıvılaştırma reaksiyonlarının tamamlanma sıcaklıkları tespit edilmiştir. Patates kabuğu atığının sıvılaştırma reaksiyonu neticesinde elde edilen polyollerin yoğunluk, viskozite ve yüzey gerilimi ölçülmüştür. Kullanılan sıvılaştırma asit katalizörlerinin katalitik etkileri değerlendirilmiştir. Ortalama bir sıvılaştırma verimi için ise asit katalizörünün uygun konsantrasyon miktarı ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Patates kabuğu artık maddesi için, en iyi sıvılaştırma katalizörü sülfürik asit organik asididir. Bu asit katalizörünün uygun konsantrasyonu ise %9 olarak tayin edilmiştir. Patates kabuğunun 350 watt/dak. mikro-dalga enerjisi, eşzamanlı 300 rpm/dak. karıştırma hızı, PEG400/Gliserol=4/1 m/m sıvılaştırma ajanı koşulları altında sülfürik asit sıvılaştırma katalizörünün %9 konsantrasyonu eşliğinde en verimli sıvılaştırma oranının t= 30 dak. reaksiyon süresinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Patates kabuğu için en fazla sıvılaştırma oranının gerçekleştiği ve yukarıda belirtilmiş olan koşullarda, sıvılaştırma reaksiyonunun tamamlanma sıcaklığına dayanarak, sıvılaştırma reaksiyonu prosesinin ekzotermik olduğu belirlenmiştir.

Patates kabuğunun sıvılaştırma reaksiyonu için sülfürik asit, hidroklorik asit, nitrik asit, fosforik asit, asetik asit ve okzalik asit dihidrat asit katalizör çeşitleri olarak seçilmiştir. Sıvılaştırma reaksiyonu oranına bağlı olarak katalitik etkinlik sırası büyükten küçüğe göre sülfürik asit, hidroklorik asit, fosforik asit, nitrik asit, okzalik asit ve asetik asittir. Nitrik asit, okzalik asit ve asetik asit katalizörlerinin eşlik ettiği sıvılaştırma reaksiyonları proseslerinde rekondensasyon olayı vuku bulmuştur.

Sülfürik asit katalizörlüğündeki tüm sıvılaştırma reaksiyonlarının, artan asit konsantrasyonları ile tamamlanma sıcaklıkları yükselmiş ve ekzotermik sıvılaştırma reaksiyonu gerçekleşmiştir. Diğer sıvılaştırma reaksiyonlarında ise artan asit konsantrasyonu ve değişen katalizör türleri ile sıvılaştırma reaksiyonlarının tamamlanma sıcaklığı zaman zaman değişkenlik göstermiştir. Bu durum, sıvılaştırma reaksiyonlarının mekanizmasına bağlanmıştır.

Patates kabuğu atığının sıvılaştırılmasından elde edilen tüm polyoller, yoğunluk, viskozite ve yüzey gerilimi özelliklerine bağlı olarak PU köpük eldesi için uygun yapıdadır. Buna karşın polyollerin asit değeri ve hidroksil değeri incelendiğinde okzalik asit dihidratın ve asetik asitin katalizörlüğündeki polyollerde yüksek bulunmuştur.

Patates kabuğu atığının sıvılaştırma reaksiyonu prosesinde, en iyi katalitik etkiyi sülfürik asit katalizörünün gösterdiği ve diğer asit katalizörlerinin katalitik aktivitelerinin düşüklüğünün, yapısından ve kimyasal içeriğindeki su vb. çözücülerden kaynaklandığı varsayıldı. Çünkü bu çözücüler, asit konsantrasyonu düşürerek hem asitlik özelliğini hem de katalitik aktivitesini azaltmaktadır. Buna karşın, sülfürik asitin %9 konsantrasyonu, 30 dak. sürede tamamına yakın bir sıvılaştırma oranını gerçekleştirmektedir. Fakat reaksiyon ortamında belli bir süreden sonra korozyona neden olmaktadır.

Patates topraküssü aksanının sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonunda en fazla sıvılaştırma oranı %63.8 olarak tesbit edilmiş ve oran patates kabuğu ve soyulmuş patatese göre nispeten düşük bulunmuştur. Sıvılaştırma reaksiyonu oranının kısmen düşük gerçekleşmiş olması biyokütlenin kimyasal bileşimine bağlanmıştır.

Soyulmuş patatesin sülfürik asit katalizörü ile sıvılaştırılması reaksiyonunda en fazla sıvılaştırma oranı %99.7 olarak gerçekleştirilmiş ve oran uygulanan tüm

sıvılaştırma reaksiyonları arasında en yüksek olarak bulunmuştur. Sıvılaştırma reaksiyonu oranının en fazla olması, soyulmuş patates ögesinin kimyasal yapısına ve en büyük bileşim kesrine sahip olan nişastanın yüksek fonksiyonelitisine ve kimyasal yapısına bağlanmıştır.

Patates kabuğu / patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m karışımının sıvılaştırılması reaksiyonunda, en yüksek sıvılaştırma reaksiyonu oranı %9 sülfirik asit katalizörü konsantrasyonunda 30 dak. sıvılaştırma süresinde %85.15 oranında gerçekleştirilmiştir. Bu oran oldukça iyi olmasına karşın, yine bir patates atığı ögesi olan patates kabuğunun %99.4 olan sıvılaştırma oranından düşüktür.

Tüm sıvılaştırma reaksiyonları arasından, sıvılaştırma oranı en yüksek olan patates kabuğu atığı ısı yalıtım malzemesi olarak poliüretan esaslı köpüğün hazırlanmasında kullanılmak üzere tercih edilmiştir. Soyulmuş patatesin sıvılaştırılmasından elde edilen polyol ise uygun polyol özelliklerine sahip olmasına karşın, bir bitki atığı olmadığı için ve beslenme temel amacıyla kullanılabileceğinden dolayı tercih edilmemiştir. Patates topraküssü bitkisi, düşük sıvılaştırma oranından dolayı poliüretan köpük hazırlanmasında kullanılmamıştır.

Patates kabuğu / patates topraküssü bitkisi: 1/1 m/m karışımı, patates bitkisinin atık kısmının toplamını oluşturmaktadır. %9 sülfirik asit katalizörü konsantrasyonunda 30 dak. sıvılaştırma süresinde %85.15 oranında sıvılaştırma oranı bulunduğu ve patates kabuğu artığının sıvılaştırma oranından kısmen düşük bulunduğu ısı yalıtım malzemesi poliüretan köpüğün hazırlanmasında kullanılmamıştır.

Patates kabuğu polyolünden poliüretan köpük one-shot tekniği ile hazırlanmıştır. Poliüretan köpüğün yapısındaki patates kabuğu polyolü kütlece %25'tir. Hazırlanan poliüretan köpüğün, fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikleri, fosil hammaddeli olan petrol-temelli sentetik PU köpükler ile kıyaslanmıştır.

Hazırlanan patates kabuğu içerikli PU köpüğün yoğunluğu 0.0544 g.cm^{-3} değeri ile sentetik PU köpüğün 0.0456 g.cm^{-3} değerinden nispeten büyüktür.

Hazırlanan patates kabuğu biyokütlesi içerikli PU köpüğün ısı iletim katsayısı 0.332 W/mK değeri ile sentetik PU köpüğün 0.0442 W/Mk değerinden daha düşüktür. Bu, patates kabuğu biyokütlesi içeren PU köpüğün ısıyı (yüksek ısıyı ve düşük ısıyı)

sentetik köpükten daha az iletmediği anlamına gelmektedir. Bu özelliği ile patates kabuğu içerikli PU köpük, sentetik ticari PU köpüklerden daha üstün yalıtım özelliğine sahiptir.

Patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüğün ses iletim hızı 0,801 km/s değeri ile kontrol grubu sentetik PU köpüğün 0,675 km/s değerinden daha yüksektir. Her iki PU köpüğün ses iletim hızı ise, betonun ses iletim hızından daha düşüktür. Bu sonuçlar, betonun sesi patates kabuğu atığı biyokütlesi içeren PU köpükten daha fazla iletmediğini, patates kabuğundan PU köpüğün ise kontrol grubu sentetik PU köpükten fazla iletmediği anlamına gelmektedir. Patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüklerin ses iletim hızının azaltılması için neler yapılabileceği tartışılabilir ve çalışılabilir.

Patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüğün SEM görüntüleri analizinden hücre kalınlığının 300,4 µm değeri ile kontrol grubu sentetik PU köpüklerin hücre kalınlığının 371.0 µm değerinden daha küçüktür. Bu durum, biyokütle içerikli hazırlanan PU köpükler ile ilgili bildirilen literatürler ile uyumludur. Sıvılaştırılmış biyokütlenin PU köpüğün yapısı ile birleşmesi, hücre kalınlığını ve gözenek boyutunu küçülmüştür. Hücre kalınlığı ile yoğunluk arasında ($r=-0,99^{**}$) önemli ve negatif ilişki bulunmaktadır. Buna karşın sıvılaştırılmış patates kabuğunun, PU köpüğün yapısı ile birleşmesi biyodegradasyon miktarını ($r=-0,99^{**}$) önemli oranda arttırmıştır. Bunlara ek olarak, küçülen hücre kalınlığı yani azalan gözenek boyutu ile ısı iletme miktarı, geri kazanım yüzdesi ve elastikiyet özelliği gelişmiştir.

Yapılan T-testi sonucuna göre, patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüğün biyodegradasyon miktarı, üç ay sürede servis toprağa gömme testine göre %17.84 değeri ile kontrol grubu sentetik köpüklerin %0.164 değerinden anlamlı derecede yüksektir. Bu olgu, patates kabuğu polyolünün PU köpüğünün yapısına katılmasının, ısı yalıtım malzemesi ürüne üstün biyolojik bozunma özelliği kazandırmış olduğunu göstermektedir. Bu durum, her geçen gün artan çevresel kirlenme sorunu açısından oldukça önemlidir. Patates kabuğu biyokütlesinin PU köpüğün yapısına eklenmesi, PU köpüklerin biyodegradasyon miktarını, literatürlerce bildirilen diğer biyokütle içerikli PU köpüklerin biyodegradasyon miktarından daha fazla yapmıştır. Bu sonuç, patates kabuğunun başlıca nişasta ve selüloz olmak üzere kimyasal bileşimine bağlanmıştır.

Yapılan TGA analizi neticesinde patates kabuğunun, patates kabuğundan PU köpüklerin ve kontrol grubu sentetik PU köpüklerin arasında bozunmaya başlama sıcaklığı, yarılanma sıcaklığı ve bozunmanın tamamlandığı sıcaklıklar açısından en iyi termal bozunma özelliğini patates kabuğundan PU köpükler göstermiştir. Yine termal bozunma neticesinde en az kalıntı miktarı yüzdesi hazırlamış olduğumuz patates kabuğundan PU köpüklere aittir.

Yapılan su alma testi sonuçlarına göre, patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüklerin su alma miktarı yüzdesi, kontrol grubu sentetik poliüretan köpüklerin su alma miktarı yüzdesinden anlamlı olarak fazla bulunmuştur. İlgili durum, patates kabuğu bileşenlerinin hidrofilik karakterine bağlanmıştır.

Hidrofilik ya da su-absorplayıcı poliüretan köpükler absorban ürünlerin üretiminde veya tarımsal ve çevresel amaçlarda faydalıdır. Atık sudan ağır metal, boya vb. maddelerin absorpsiyon yoluyla uzaklaştırılmasında biyokütle-temelli veya fosil-temelli poliüretan köpüklerin kullanılması üzerine çalışmalar bildirilmiştir. Örneğin; Azeem ve ark. (2010), alizerin kompleksini kovalent bağlanmayla birleştirdikleri poliüretan köpükleri atık sudan ve insan idrarından ağır metalleri ayırmak için kullanmışlardır. Yine, Lemos ve ark. (2007) poliüretan köpüklerin absorpsiyon prosesi hakkında detaylı bir çalışma bildirmişlerdir.

Yapılan basınç testleri sonucuna göre, patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüklerin basınç direnci değeri 301.42 kPa değeri ile sentetik PU köpüklerin 212.62 kPa değerinden yüksek bulunmuştur. Toplam kütle bazında %25 patates kabuğu polyolünün PU köpüğün yapısına katılması, üstün mukavemet kazandırmıştır ve bu sonuç patates kabuğunun kimyasal yapısına bağlanmıştır.

Ölçülen basınç direncinden hemen sonraki ve 1 (gün) sonraki boyut değişimi değerlerine göre (geri kazanım), patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüklerin hemen sonraki boyut değişimi %28.24 ile sentetik PU köpüklerin %59.81 değerinden düşüktür. Yine, bir gün sonraki geri kazanım değeri patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüklerde %2.00 değeri ile sentetik PU köpüklerin %26.85 olan değerinden düşüktür. Basınç direncinden 1 gün sonraki geri kazanım değeri açısından patates kabuğundan elde edilen PU köpükler daha iyi mekaniksel özellik göstermiştir.

Ölçülen elastikiyet modülü sonuçlarına göre, patates kabuğu polyolünden PU köpüklerin elastikiyet modülü değeri 1.48 MPa değeri ile sentetik PU köpüklerin 203 MPa değerinden düşüktür. Benzer biyokütle-içerikli PU köpüklerde çoğunlukla, poliüretan köpüğün yapısına biyokütlenin birleştirilmesinin elastikiyet modülü kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. Biyokütle içerikli PU köpüklerin elastikiyet modülünün artırılması üzerine çabalar tartışılabilir ve geliştirilebilir.

Patates kabuğu, sıvılaşmamış patates kabuğu kalıntısı ve sıvılaştırılmış patates kabuğu polyolünden PU köpüklerin FTIR analizleri neticesinde çarpıcı noktalar tespit edilmiştir. Patates kabuğu ve sıvılaşmamış patates kabuğu kalıntısının FTIR spektrumlarında yirmiden fazla bandın aynı çıkması sıvılaşmamış patates kabuğu kalıntısının PEG400 ana çözücü ve gliserol yardımcı çözücüsü içerisinde H_2SO_4 katalizörlüğünde çözünmediğini ve/veya reaksiyona girmediğini göstermiştir. Bunun yanında patates kabuğunun yapısında bulunan fonksiyonel grupları aydınlatmıştır. Buna ek olarak, patates kabuğu polyolünden PU köpüklerin FTIR analizi poliüretan yapının oluştuğunu, mevcut bantların varlığını ve polimerleşme reaksiyonu esnasında oluşan CO_2 gazının köpüğü şişirme suretiyle oluşturduğunu ve gözenekli yapıya kavuşturduğunu göstermiştir.

Poliüretan köpük sentezi veya hazırlanması üzerine yapılan çalışmalarda, poliüretanın yapısına kimyasal madde ya da biyokütle gibi birçok maddenin katılması üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Sıvılaştırılmış biyokütle katılan PU köpüklerde, bazı araştırmacılar biyokütle öğüntüsünün dolgu maddesi olarak diğer bir grup araştırmacı ise reaktant olarak katkı sağladığını ileri sürmektedirler. Gerçekleştirdiğimiz FTIR analizleri sonuçları, sıvılaşan patates kabuğu öğüntüsünün reaktant olarak, sıvılaşmadan polyolün içerisinde kalan kısmının ise dolgu maddesi olarak poliüretan yapıya katkı sunduklarını göstermiştir. Bu durum SEM görüntülerince de doğrulanmıştır. Buna ek olarak SEM analizi neticesinde patates kabuğu-içerikli PU köpüklerin öteki biyokütle-içerikli PU köpüklerden daha az heterojen yapıya ve düzensiz gözenek şekline sahip olduğu görülmüştür (Ugarte ve ark., 2014; Zou ve ark., 2011; Alfani ve ark., 1998). Patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin morfolojik analizi neticesinde Ugarte ve ark. (2014) ile Hakim ve ark. (2011) tarafından da bildirilmiş olduğu gibi hem açık hem de kapalı hücre yapısı gözlenmiş olduğundan dolayı açık hücre yapısı tamamı ile doğrulanmamıştır.

Yürütülen WA-XRD analizi difraktomlarına göre, hem patates kabuğundan elde edilen PU köpükler hem de sentetik PU köpükler amorf yapıdadır, kristal pik içermemektedir. Patates kabuğundan PU köpüklerin difraktomunda selüloz ve nişastanın yığılma noktalarını gösteren düşük yoğunluklu iki pik tespit edilmiştir ki; bunlar sıvılaşmayan çok az miktardaki patates kabuğunun poliüretanın yapısında bulunmasından kaynaklanmıştır. Patates kabuğundan PU köpüğün 10-27.5° arasındaki geniş-açılı X-ışını kırınım piki, sentetik PU köpüğün 12.5-23.8° arasında bulunan pikinden daha büyüktür. Bu durum, sıvılaşmış patates kabuğu polyolünün poliüretan yapıya katılmasının bu pikin açısını genişletmiş olduğunu ve dolayısı ile amorf karaktere katkı sağladığını göstermektedir. WA-XRD analizi hem patates kabuğu polyolünden PU köpüklerin hem de sentetik PU köpüklerin moleküler düzeyde polimer yapısını mevcudiyetini doğrulamış, beraberinde amorf yapıya bağlı olarak üstün fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin bulunduğunu göstermiştir. WA-XRD difraktomları, daha önce bildirilmiş olan biyokütle içerikli PU köpüklerin ve sentetik PU köpüklerin difraktomları ile benzerdir.

Patates kabuğu polyolünden hazırlanan PU köpüklerin fiziksel, kimyasal ve mekaniksel özellikleri arasında yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, kontrol grubu sentetik PU köpükler ile kıyaslanınca, yoğunluk değeri, basınç direnci, biyodegradasyon miktarı yüzdesi, ses iletim hızı ölçüsü artmış, ısı iletim katsayısı, geri kazanım miktarının yüzdesi, hücre kalınlığı boyutu ve elastikiyet modülü değeri azalmıştır. Bunlara ek olarak patates kabuğundan elde edilen PU köpüklerin su alma özellikleri ve termal bozunma özellikleri pozitif yönde gelişmiştir. Biyokütlenin PU köpüğün yapısına katılması en anlamlı ve önemli katkıları biyodegradasyon miktarını arttırarak, su absorpsiyon karakterini geliştirerek, ısı yalıtım özelliğini kuvvetlendirerek yapmıştır. Bunlara karşın, patates kabuğu biyokütlesinin poliüretan köpüğün yapısıyla birleşmesi ses iletim hızını düşürerek sesin daha fazla duyulması ve yoğunluğunu arttırarak daha ağır olması şeklinde negatif katkılar yapmıştır. Patates kabuğundan PU köpüklerin ses iletim hızının ve yoğunluğunun artış miktarı kısmi ölçüdedir ve pratik uygulamaları için engel oluşturmamaktadır.

Günümüzde bina yalıtımları için kullanılan ısı yalıtım malzemeleri petrol-temelli kaynaklardan sağlanan kimyasallar ile üretilmektedir ve önemli bir paya sahiptir. Petrol-temelli kaynakların artan kullanımına karşın azalan stokları, bilim insanlarını tasarruf

yollarını araştırmaya yönlendirmiştir. Alternatif biyokütle kaynaklarının kullanılması bu yollardan birisidir.

Petrol-temelli kimyasalların biyodegradasyon oranının düşük olması çevreye zarar vermekte, CO₂ miktarını arttırmakta ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Fosil temelli kimyasalların yerine alternatif olarak yıllık bitkilerin kullanılması bu olumsuzlukları giderebilir.

Ülkemizde 2015 yılında 4.166.000 ton, dünyada yaklaşık 390.000.000 ton patates bitkisi üretimi yapılmıştır. Üretilen patates bitkisinin topraküssü kısmı yakılmakta, kabukları ise çürümesi amacıyla çöpe atılmaktadır. Patates topraküssü bitkisinin ve patates kabuğunun ısı yalıtım malzemesi poliüretan köpük ve hatta poliüretan yapısında kullanılması, hem petrol-temelli kimyasallara ihtiyacı hem de bu ürünlerin zararlı çevresel etkilerini azaltacaktır. Bununla birlikte patates bitkisi biyokütle kaynakları, hammadde olarak kullanılmış olacaktır.

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada yaygın bir şekilde üretimi yapılan patates bitkisinin artıkları olan topraküssü bitkisinin (sarmaşık ve yaprak) yakılarak yok edilmesi ve kabuğunun çürümesi yerine poliüretan köpük üretiminde hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmış ve bu hammaddelerin ısı yalıtım malzemesi poliüretan köpük üretiminde kullanılabileceği gösterilmiştir. Araştırma çalışması, hem patates topraküssü bitkisinin hem de patates topraküssü bitkisi ile patates kabuğunun birlikte köpük yapımında kullanılmasının araştırılması yönünde devam ettirilebilir. Yine, depolarda tüketilmeyen patates yumrularının bu amaçla değerlendirilmesi üzerine bilimsel çabalar gösterilebilir.

Poliüretan köpük üretiminde, tarımsal atıklar, (buğday, mısır, arpa, patates, çavdar, sebze bitkileri atıkları vs.) endüstriyel atıklar, (pamuk, keten, kenevir, haşhaş vs.) ve ormansal atıklar ile keşfedilmemiş bitkilerin yakacak, gübre ve hayvan yemi olarak kullanılmalarının yanında, kompozit malzemelerin yapısında ve köpük yapımında değerlendirilme yolları araştırılmalıdır. Yine bitki atıkları, kışlık yakacak olarak kullanılmaları amacıyla, modifikasyonlarla hazırlanmaları üzerine değerlendirilebilir.

Bu konuda ilgili firmaların ve kamu kuruluşlarının konuyu ele almaları ve üniversiteler ile işbirliği yapmaları kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

- Acemioğlu, B., Alma, M. H., 2004. Sorption of Copper (II) ions by pine sawdust. *Holzals Roh-und Werstof*, **62**: 268-272.
- Alfani, R., Iannace, S., Nicolais, L., 1998. Synthesis and characterization of starch-based polyurethane foams. *Journal of Appl. Polym. Sci.* **68**:773-780.
- Al-Homoud, M.S., 2005. Performance, characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and Enviroment*, **40**:353-366.
- Allan, G. G., 1969. **Hydroxyesters of phenolic acids**. US 3073788.
- Alma, M.H., Shiraishi, N., 1998. Preparation of polyurethane-like foams from NaOH-catalyzed liquefied wood. *Holz Roh Werkstoff*, **56**:245-246.
- Alma, M. H., Baştürk, M. A., Dıǧrak, M., 2002. Liquefaction of agricultural biomass wastes with polyhydric alcohols and its application to polyurethane-type foams. *12 th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, 17-22 Haziran 2002, Amsterdam, 1247-1250.
- Alma, M. H., Baştürk, M. A., Dıǧrak, M., 2003. New polyurethane-type rigid foams from liquefied wood powders. *Journal of Materials Science Letter*, **22**: 1225-1228.
- Alma, M. H., 2005. New polyurethane-type rigid foams from liquefied wood powders. Chapter 2. *Polymeric Materials: New Research* (Editör: B. M. Caruta). Nova Science Publishers Inc., 37-56.
- Amione, P., Ricci, E., Toppo, F., Izzo L., Pirivano, R., Rega, V., 2005. Comparison of allevyn adhesive and biatein adhesive in the management of pressure ulcers. *J. Wound Care*, **14**(8): 365-370.
- Anonim, 1996. To the Openning Ceremony of Shen Yang Xin Yang Sorghum Plywood Comp. Ltd., www.iupac2015.org/main/filedownload.htm?type=link&uid=13.China. Erişim Tarihi: 09.08.2015.

- Anonim, 2009a. Çevre. http://cevreonline.com/kuresel_isinma.thm-2009. Erişim Tarihi: 04.08.2009.
- Anonim, 2009b. Biyokütle. <http://habitaticingenclik.org.tr/dl/yayinlar/enerji/Biyokutle.pdf>. Erişim Tarihi: 04.07.2009.
- Anonim, 2014a. Poliüretan Polimeri Nedir-Kullanım Alanları-Biyobazlı Poliüretanlar. <http://www.biyoplastik.net/poliuretan-polimer-nedir-kullanim-alanlari.html> Kumru Kimya Şrk., İstanbul. Erişim tarihi:28.04.2014.
- Anonim, 2014b. Poliüretanların Kullanım Alanları. <http://www.putechmagazine.com/Haber/Poliuretan-Kimyası-Son-Gelismeler.html>. Putech Compozitez Poliüretan ve Kompozit Sanayi Dergisi, İstanbul. Erişim: 9.12.2014.
- Anonim, 2014c. Türkiye’de yıllara göre patates ekiliş, üretim ve verimleri. <http://www.tuik.gov.tr>, Türkiye İstatistik Kurumu, Çankaya, Ankara. Erişim Tarihi: 02.03.2014.
- Anonim, 2014d. Dünya patates üretim durumu dikim alan (Ha), Üretim (ton), Verim (kg/da), değerleri. (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarı Örgütü). <http://www.mku.edu.tr/getblogfile.php?keyid=2778>. Erişim Tarihi: 24.02.2014.
- Anonim, 2016a. Poliüretanların Tarihçesi, <http://www.decopol.com.tr/ss-8b9/poliuretanin-kullanim-amaclari> Decopol A.Ş., Antalya. Erişim Tarihi: 21.02.2016.
- Anonim, 2016b. Poliüretanların Kullanım Alanları. <http://putechmagazine.com/Poliuretan-Proses-Kimyasallari-kullanim-Alanlari.html>. Putech Compozitez Poliüretan ve Kompozit Sanayi Dergisi, İstanbul. Erişim: 25.02.2016.
- Antia, B. S., Akpan, E. J., Okon, P. A., Umaren, I. U., 2006. Nutritive and antinutritive evaluation of sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) leaves. *Pakistan J. Nutr.*, 5(2): 166-168.
- Aydın, H., Ekmekçi, İ., 2002. Isı yalıtım malzemesi olarak poliüretan köpüğün fiziksel ve kimyasal özellikleri, üretimi ve incelenmesi. *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1): 45-50.

- Azeem, S. M. A., Arafa, W. A. A., El-Shahat, M. F., 2010. Synthesis and application of alizarin complexone functionalized polyurethane foam: Preconcentration/separation of metal ions from tap water and human urine. *Journal of Hazardous Materials*, **182**: 286-294.
- Badri, K. H., 2012. Biobased polyurethane from palm kernel oil-based polyol. Chapter 20. *Polyurethane*. In Tech Publishing. Croatia. 447-470.
- Bakker, M., Van de Velde F., Van Rantwijk, F., Sheldon, F. R. A., 2000. Highly efficient immobilization of glycosylated enzymes into polyurethane foams. *Biotechnol. Bioeng.*, **70**(3): 342-348.
- Barikani, M., Mohammadi, M., 2006. Synthesis and characterization of starch-modified polyurethane. *Carbohydrate Polymers*, **68**: 773-780.
- Bayülken, Y., Kütükoğlu, H. C., 2009. Yalıtım Sektörü Envanter Araştırması Raporu (İZODER). Mayıs 2009. http://www.yapi.com.tr/Arastirmalar/yalitim-sektoru-envanter-arastirmasi_393.html. Erişim Tarihi: 06.09.2009.
- Besteu, L., Soyer, N., Bruneau, C. Brault, A., 1965. Wood liquefaction with hydrogen and helium in the presence of iron additives. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, **64**:775-780.
- Bhende, S., Spangler D., 2004., In vitro assesment of chlorhexidine gluconate-impregnated polyurethane foam antimicrobial dressing using zone of inhibition assays, *Infect. Control. Hosp. Epidemiol*, **25**(8): 664-667.
- Bilir, M. H., 2009. *Yerfistiği Kabuğundan Üretilen Poliüretan Tipi Köpük ile Safranin ve Renmazol Brilliant Blue R'nin Adsorpsiyonunun İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Merkez, Kilis. .
- Bouza, C., Munoz, A., Amate, J. M., 2005. Efficacy of modern dressing in the treatment of leg ulcers: a systematic review. *Wound Repair Regen.*, **13**: 861-865.
- Chen, F., Lu, Z., 2009. Liquefaction of wheat straw and preparation of rigid polyurethane foam from the liquefaction products. *Journal of Applied Polymer Science*, **111**: 508-516.

- Cho, Y. -S., Lee, J. -W., Lee, J. -S., Lee, J. H., Yoon, T. R., Kuroyagani, Y., Park, M.H., Pyun, D.G., Kim, H.J., 2002. Hyaluronic acid and silver sulfadiazine-impregnated polyurethane foams for wound dressing application. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, 13(9): 861-865.
- Cinelli, P., Anguillesi, I., Lazzei, A., 2013. Green synthesis of flexible polyurethane foams from liquified lignin. *European Polymer Journal*, 49:1174-1184.
- D' Arcy, N., 2001. Antimicrobials in plastics: a global review. *Plast. Addit. Compd.*, 3: 12-15.
- Didin, M. Fenercioğlu, H., 1999. Nevşehir-Niğde yöresinde yetiştirilen farklı patates çeşitlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi üzerinde bir araştırma, *II. Ulusal Patates Kongresi Bildirileri*, 28-30 Haziran 1999, Erzurum. 273-283.
- Didin, M., Kızılarıslan, A., Fenercioğlu, H., 2000. Nevşehir-Niğde yöresinde yetiştirilen bazı patates çeşitlerinin dondurulmuş patates işlemeye uygunluğu üzerine araştırma. *Gıda*, 25(4):255-263.
- Efe, F. T., 2011. *Ayçiçeği Bitkisi (Helianthus Annuus L.) Saplarının İzolasyon Levha Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması*. (Doktora Tezi). KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Onikişubat, Kahramanmaraş.
- Eriç, M., 2002. *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. Literatür Yayıncılık, İstanbul. 226.
- Farell, D. J., Jibril, H., Perez-Maldonado, R. A., Mannion, P. F., 2000. A note on a comparison of the feeding value of sweet potato vines and lucerne meal for broiler chickens. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 85: 145-150.
- Ferrigno, T. H., 1967. *Rigid Plastics Foams*. Second Edition. Reinhold Publishing. Corp./Chapman-Reinhold. Newyork, N.Y. s. 146.
- Fidan, M. S., 2009. *Gossypollü ve Gossypolsüz Pamuk Şiflerinden Elde Edilen Poliüretan Esaslı Poliüretan Köpüklerin Özelliklerinin Araştırılması*, (doktora tezi). KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İkişubat, Kahramanmaraş.

- Fugmann, B., Dietze, M., Rische, T., Mager, M., Heckes, M., Rudhardt, D., Gertzmann, R., Schönberger, J., Dörr, S., 2009. **Polyurethane foams for wound management**, EP Patent WO 043498.
- Ge, J. J., Sakai, K., 1993. Compressive properties and biodegradabilities of polyurethane foams derived from condensed tannin. *Mokuzai Gakkaishi*, **39**(7): 801-806.
- Ge, J.J., Sakai, K., 1996. Decomposition of polyurethane foams derived from condensed tannin I. Hydrolysis and aminolysis of model urethanes. *Mokuzai Gakkaishi*, **42**:776-781.
- Ge, J.J., Sakai, K., 1998. Decomposition of polyurethane foam derived from condensed tannin, II. Hydrolysis and aminolysis of polyurethane foams. *Journal of Wood Science*, **44**:103-105.
- Ge, J., Shi, X., Cai, M., Wu, R., Wang, M., 2003. A novel biodegradable antimicrobial PU foam from wattle tannin. *J. Appl. Polym. Sci.*, **90**(10): 2756-2763.
- Goheen, S. M., Wool, R. P., 1991. Degradation of polyethylene-starch blends in soil. *J. Appl. Polym. Sci.*, **42**(10): 2691-2701.
- Guelcher, S. A., Patel, V., Gallagher, K. M., Connolly, S., Didier, J. E., Doctor, J. S., 2006. Synthesis and in vitro biocompatibility of injectable polyurethane foam scaffolds. *Tissue Eng.*, **12**(5): 1247-1259.
- Güler, C., Akgül, M., 2001. Enerji üretiminde odun ve tarımsal atıkların değerlendirilmesi. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı*, MMO Yayın No: E/2001/275, s. 165-272, Kayseri.
- Gürsoy, T., Karaoğul, E., Salan, T., Alma, M. H., 2014. Gaziantep Fıstığının Kırmızı ve Sert Kabuğundan Poliüretan Esaslı İzolasyon Köpük Eldesi ve Özelliklerinin Araştırılması. *Yeşil Altın Antep Fıstığı Zirvesi Çalıştayı Bildirileri*, 17-18 Eylül 2014, Gaziantep.
- Hakim, A. A. A., Nassar, M., Emam, A., Sultan, M., 2011. Preparation and characterization of rigid polyurethane foam prepared from sugar-cane bagasse polyol. *Material Chemistry and Physics*, **129**: 301-307.

- Handel, N., Cordray, N., Gutierrez, J., Jensen, J. A., 2006. A-long term study of outcomes, complications, and patient satisfaction with breast implants. ***Plast. Reconstr. Surg.***, **117**: 757-767.
- Handel, N., Cordray, N., Gutierrez, J., Jensen, J. A., 2006. Long-term safety and efficacy of polyurethane foam-covered breast implants. ***Aesthet. Surg. J.***, **26**: 265-274.
- Hapburn, C., 1991. ***Polyurethane Elastomers***, Elsevier Press, Oxford, 1.
- Hatakeyama H. Hirose S. Hatakeyama, T. Nakamura K., Kabashigawa K., Morohoshi, N., 1992. Biodegradable polyurethane from plant components. ***J. Macromol. Sci. Part A, Pure Appl. Chem.*** **32**:743-750.
- Hatakeyama, H., Kosugi, R., Hatakeyama, T., 2008. Thermal properties of lignin and molasses based polyurethane foams. ***Journal of Thermal Analysis and Cobrimetry***, **92**: 419-424.
- Hester, TR Jr., Tebbetts, J. B., Maxwell, G.R., 2001. Prosthesis covered with polyurethane: facts and fiction (II) overview of the past and look to the future. ***Clin. Plast. Surg.***, **28**(3): 579-586.
- Hong, C. H., Kim, H. S., Park, H. H., Kim, Y. -H., Kim, S. -B, Hwang, T.-W., 2006. Development of antimicrobial polyurethane foam for automotive seat modified by urushiol. ***The Polymer Society of Korea***, **30**(5):402-406.
- Hostettler, F., Barnes, B. K., Mclaughlin R. W., 1963. ***Polyurethane foams***. US 3073788.
- Hostettler, F., 1979. ***Polyurethane foams containing stabilized amylaceous materials***. US 4156759.
- Hsu, O. H.-H., Glasser, W. G., 1979. Polyurethane adhesives and coating from modified lignin. ***Wood Sci.***, **9**: 97-103.
- Hu, S., Li, Y., 2014. Polyols and polyurethane foams from base-catalyzed liquefaction of lignocellulosic biomass by crude glycerol: Effects of crude glycerol impurities. ***Industrial Crops and Products***, **57**: 188-194.

- Ignacio, C., Barcellos, L., Ferreira, M. D., Moura, S. A., Soares, I. A., Orefice, R. L., 2011. In vivo tests of a novel wound dressing based on biomaterials with adhesion controlled through external stimuli. *Journal of Material Sci., Materials in Medicine*, **22**(5): 1357-1364.
- Jorgensen, B., Friis, G. J., Gottrup, F., 2006. Pain and quality of life for patients with venous leg ulcers: proof of concept of the efficacy of Biatain-Ibu, a new pain reducing wound dressing. *Wound Repair Regen.*, **14**(3): 233-239.
- Kappe, O., 2008. Microwave dielectric heating in synthetic organic chemistry. *Chem. Soc. Rev.*, **37**: 1127-1139.
- Karadoğan, T. Özer, H., 1997. Patatesin besin değeri ve insan beslenmesi yönünden önemi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, **28**(2):306-317.
- Karağaçlıoğlu, İ. E., 2012. *Bor ve Mineral Katkılı Selülozik Yalıtım Malzemesi Üretimi Karakterizasyonu* (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karaoğlu, E., Salan, T., Gürsoy, T., Altuntaş, E., Alma, M. H., 2014. Sıvılaştırılmış lignoselülozik atıklarından üretilen hümitik asit katkılı poliüretan köpüğün yanma özelliklerinin incelenmesi. *II. Ulusal Hümitik Madde Kongresi Bildirileri*, 26-29 Ekim 2014, Kahramanmaraş. s. 3-33.
- Keskin, M., Beydes, T., Tosun, Z., Savact, N., 2008. Polyurethane sprej köpük burnu. *Burns*, **34**: 1041-1043.
- Kim, V. I., Kang, J. Y., 2007. **Polyurethane foam dressing comprising drug containing layer and method for manufacturing the same**, Korean Patent WO 136176.
- Koch, H., Rober, N., 1988. New industrial products from starch. *Stärke*, **40**: 121-131.
- Kuranska, M., Prociak, A., 2012. Porous polyurethane composites with natural fibers. *Compos. Sci. Technol.*, **72** (2): 299-304.
- Kurimoto, J., Sirikawa, K. I., Yoshioka, M., Shiraishi, N., 1992. *Proceeding of Chemical Modification of Lignocellulosics: Liquefaction of Untreated Wood in*

Polyhydric Alcohols and its Applications to Polyurethane Foams. Rotorua, New Zealand.

- Kurimoto, Y., Da, S., Tamuro, Y., 1999. Species effects on wood liquefaction in polyhydric alcohols. ***Holzforschung***, **53**:617-622.
- Lakshman, L. R., Shalumon, K. T., Nair, S. V., Jayakumar, R. Preparation of silver nanoparticles incorporated electrospun polyurethane nano-fibrous mat for wound dressing. ***J. Macromol. Sci. A Pure Appl. Chem.***, **47**(10): 1012-1018.
- Laschke, M. W., Strohe, A., Scheuer, C., Eglin, D., Verrier, S., Alini, M., Pohlemann, T., Mender, M.D., 2009. In vivo biocompatibility vascularization of biodegradable porous polyurethane scaffolds for tissue engeneering. ***Acta Biomater.***, **5**(6):1991-2001.
- Lemos, V. A., Santos, M. S., Santos, E. S., Santos, M. J. S., dos Santos, W. N. L., Souza, A. S., de Jesus, D. S., das Virgens, C. F., Carvalho, M. S. Oleszczuk, N., Vale, M. G. R., Welz, B., Ferreira, S. L. C., 2007. Application of polyurethane foam as a sorbent for trace metal pre-concentration. ***Spectrochimica Acta Part B***, **62**: 4-12.
- Lim, H., Kim, S. H., Kim, B. K., 2008. Effects of the Hydroxyl value of polyol in rigid polyurethane foams. ***Polymer for Advanced Technologies***, **19**: 1729-1734.
- Lin, L. Z., Yoshiokam, M., Yao, Y. G., Shiraishi, N., 1994. Liquefaction of wood in the presence of phenol using phosphoric acid as a catalyst and the flow properties of the liquefied wood. ***J. Appl. Polym. Sci.***, **52**(11): 1629-1636.
- Maldas, D., Shiraishi, N., 1997. Liquefaction of biomass in the presence of phenol and H₂O using alkalies and salts as the catalyst. ***Biomass Bioenergy***, **12**: 273-279.
- Martineau, L., Shek, P. N., 2006. Evaluation of a bi-layer wound dressing for burn care. II. In vitro and in vivo bactericidal properties, ***Burns***, **32**(2): 172-179.
- Mauth, C., Bono, E., Haas, S., Paesold, G., Wiese, H., Maier, G., Boos, N., Graft-Hausner, U., 2009. Cell-seeded polyurethane fibrin structures-a possible system for intervertebral disc regeneration. ***Eur. Cells. Mater.*** **18**: 27-39.

- Megersa, T., Urge, M., Nurfeta, A., 2013. Effects of feeding sweet potato (*Ipomoea batatas*) vines as a supplement on feed intake, growth performance, digestibility and carcass characteristics of Sidama goats fed a basal diet of natural grass hay. ***Trop. Anim. Health Prod.*, 45**: 593-601.
- Nakashima, Y., Ge J.J., Sakai, K., 1996. Preparation and characteristics of low-density of polyurethane foams derived from the barks of *Acacia mearnsii* and *cryptomeria japonica*. ***Mokuzai Gakkaishi*, 42** (11):1105-1112.
- Nielsen, B., 2008. **Medical dressing comprising an antimicrobial silver compound**, US 7329417.
- Nielsen, B., Dietze, M., Rische, T., Mager, M., Heckes, M., Rudhardt, D., Gertzmann, R., Schönberger, J., Dörr, S., 2009. **Polyurethane foams for wound management**, EP Patent WO 043498.
- Nielsen, J. S., Kolte, M. I., Gundersen, B., 2009. **Wound dressing**, US Patent 7507870.
- Oh, S. -T., Kim, W. -R., Kim, S. -H., Chung, Y. -C., 2011. The preparation of polyurethane foam combined with pH- sensitive alginate/bentonite hydrogel for wound dressing. ***Fibers Polym.*, 12**(2): 159-165.
- Özelçam, H., 2013. Tatlı patates (*Ipomoea batatas*) yapraklarının hayvan beslemede kullanımı. ***Hayvansal Üretim*, 54** (1): 44-49.
- Pan, H., Zheng, Z., Chung, Y. H., 2011. Microwave-assisted liquefaction of wood with polyhydric alcohols and its application in preparation of polyurethane (PU) foams. ***J. Wood Prod.*, 70**(4): 461-670.
- Payne, J. L., Ambrosio, A. M., 2009. Evaluation of an antimicrobial silver foam dressing for use with V. A. C. ® therapy: morphological, mechanical, and antimicrobial properties, ***J. Biomed. Mater. Res. B. Appl. Biomater*, 89B**(1): 217-222.
- Philips, L. N., Parker, D. B. V., 1965. **Polyurethane Chemistry, Technology and Properties**. Illife Books Ltd., London. 120.

- Pires-Capral, P., Da Fonseca, M. M. R., Ferreira-Dies, S., 2005. Modelling the microenvironment of a lipase immobilized in polyurethane foams. **Biocatal. Biotransform**, **23**(5): 08-15.
- Rai, M., Yadav, A., Gade, A., 2009. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. **Biotechnol. Adv.**, **27**(1):76-83.
- Rhoades, A. M., Wicks, D. A., Miriyala, B., Williamson J., 2007. Interactions of an antimicrobial peptide (Ac-RRWWRF-NH₂) and surfactants: towards antimicrobial peptide additives for coatings applications. **Prog. Org. Coat**, **58**: 2-3.
- Roderick Hester, T., Tebbetts, J. B., Patrick Maxwell, G., 2001. Prosthesis covered with polyurethane: facts and fiction (II) overview of the past and look to the future. **Clin. Plast. Surg.**, **28**, s. 3.
- Romaskevici, T., Budriene, S., Pielichowski K., Pielichowski J., 2006. Application of polyurethane-based materials for immobilization of enzymes and cells: a review, **Chemia**, **17**(4): 74-89.
- Sakurai, A., Hashikawa, K., Yokoo, S., Terashi, H., Tahara, S., 2007. Simple dressing technique using polyurethane foam for fixation of skin grafts. **Dermatol Surg.**, **33**(8): 976-979.
- Savelyev, Yu. V., Galatenko, N. A., Rudenkoo, A. V., Savelyeva, O. A., 2001. New Polyurethane foam: biocompatibility and biological activity. **Dopovidi NAS Ukrainie**, **12**: 127-131.
- Savelyev, Yu. V., 2011. Polymer materials against the microorganism's attack, in: **Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances**, (Editor: A. Mendez-Vilas), Vol 1, Formatex Research Center, Zurbaran (Spain). 122-134.
- Schönberger, J., Jordan, M., Sabo, M., Mayer, B., 2011. **Method for production shaped polyurethane foam wound dressing**. Patent US N 0160633.
- Sequerios, R. C. P., Portugal, F. C. M., Pinto, M. L., Pires, J., Neng, N. R., Nogueira, J. M. F., 2011. Development and application of stir Bar sorptive extraction with

- polyurethane foams for the determination of testosterone and methenolone in urine matrices. *J. Chromatogr. Sci.*, **49**: 297-302.
- Shiraishi, N., Onodera, S., Ohtani, M., Masumoto, T., 1985. Dissolution of etherified wood into polyhydric alcohols or bisphenol and their application in preparing wooden polymeric materials. *Mokuzai Gakkaishi*, **31**(5): 418-420.
- Shiraishi, N., 1992. Liquefaction of lignocellulosics in organic solvents and its application, In "Emerging Technology for Material and Chemicals from Biomass", *ACS Symp. Ser. 476, Am. Chem. Soc, Washington DC*, 136-143.
- Shiraishi, N., Hiromu, K., Norimoto, M., 1993. Recent research on wood and wood-based material. *Plasticization of Wood and its Application*. Elsevier Science Pub., London & NY.
- Siwak, W. N., Pollack, I. F., Petoud, S., Beckman E. J., 2008. Simultaneous drug release at different rates from biodegradable polyurethane foams. *Acta Biomater*, **4**(5): 1263-1274.
- Steffansen, B., Herping, S. P. K., 2008. Novel wound models of characterizing bupropfen release from foam dressings. *Int. J. Pharm.*, **364**(1): 150-155.
- Szycher, M., 1999. *Szycher's Handbook of Polyurethanes*. First Edition. Ph. D. CRC Press, New York, 34.
- Şengül, M., Keleş, F., 2005. Patatesin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine depolama şartlarının etkisi, *Gıda*, **30**: 103-108.
- Tsega, W., Tamir, B., 2009. The effect of increasing levels of dried leaves of sweet potato (*Ipomoea Batatas*) on dry matters intake and body gain performance of broiler chickens. *Livestock Res. for Rural Dev.*, **21**(12): 1-7.
- Ugarte, L., Saralegi, A., Fernandez, R., Martin, L., Corcuera, M. A., Eceiza, A., 2014. Flexible polyurethane foams based on 100% renewably sourced polyols. *Industrial Crops and Products*, **62**: 545-551.
- Vuori, A., Niemela, N., 1988. Liquefaction of kraft lignin II-reaction with a homogenous lewis acid catalyst under mild temperature conditions. *Holzforschung*, **42**: 327.

- Wang, H., Chen, H. Z., 2007. A novel method of utilizing the biomass resource: Rapid liquefaction of wheat straw and preparation of biodegradable polyurethane foam. *Journal of other Chinese Institute of Chemical Engineers*, **38**: 95-102.
- Wang, T.P., Li D., Wang, L.J., Yin, J., Chen, X.D., Mao, Z.H., 2008. Effects of CS/EC ratio on structure and properties of polyurethane foams prepared from untreated corn stover with PAPI. *Chemical Engineering Research and Design*, **86**:416-421.
- Wang, Y., Tian, H., Zhang, L., 2010. Role of starch nanocrystals and cellulose whiskers in synergistic reinforcement of waterborne polyurethane. *Carbohydrate Polymer*, **80**: 665-671.
- Wang, M., Zhang, X., Zhang, W., Tian, D., Lu, C., 2013. Thermoplastics of polyurethane composites prepared from mechanochemically activated waste cotton fabric and reclaimed polyurethane foam. *Journal of Applied Polym. Sci.*, **128**(6): 3555-3563.
- Wilson, J. E., Fowler, R. H., 1958. Rapid urethane foams based on sorbitol derivatives. *Science*, **128**: 134.
- Wisner, M., Gibsonia, Foote, J. F., 1963. **Method of preparing polyethers of mono and disaccharides**. US 3085085.
- Woolfe, J. A., 1992. *Sweet Potato: An Untapped Food Resource*. Cambridge Uni. Press, Cambridge. 44.
- Wu, L, C. -F, Glasser, W. G., 1984. Engineering plastics from lignin. I. Synthesis of hydroxypropyl lignin. *J. Apply. Polym. Sci.*, **29**: 1111-1123.
- Yamada, T., Ona, T., 1999. Rapid liquefaction of lignocellulosic waste by using ethylene carbonate. *Bioresource Technol.*, **70**(1): 61.
- Yan, Y., Pang, H., Yang, X., Zhang, R., Liao, B., 2008. Preparation and characterization of water blown polyurethane foams from liquefied cornstalk polyol. *Journal of Applied Polymer Science*, **110**:1099-1111.
- Yang, H., Wang, X., Yu, B., Yuan, H., Song, L., Hu, Y., Yuen, R.K.K., Yeah, G.H., 2013. A novel polyurethane prepolymer as a toughening agent: preparation,

characterization, and its influence on mechanical and flame retardant properties of phenolic foam. *J. Appl. Polym. Sci.* **128**:2720-2728.

- Yao, Y., Yoshioka, M., Shiraishi, N., 1993. Combined liquefaction of wood and starch in a polyethylene glycol / glycerin blended solvent. *Mokuzai Gakkaishi*, **39**: 930-938.
- Yao, Y., Yoshioka, M., Shiraishi, N., 1996. Water absorbing polyurethane foams from liquefied starch. *J. Appl. Polym. Sci.* **60**:1939-1949.
- Yoshida, H., Morck, R., Kringstad, K. P., Hatakeyama, H., 1987. Kraft lignin in polyurethane I. mechanical properties of polyurethane from a kraft lignin-polyether-triol-polymeric MDI system. *Journal of Applied Polym. Sci.*, **34**: 1187-1198.
- Young, O. P., Kyung, W. M., Joon, P. H., 2002. The effect of medifoam ® (hydrophilic polyurethane foam) dressing in split thickness skin graft donor site. *J. Korean Soc. Plast. Reconstr. Surg.*, **29**, s. 4.
- Zanetta, M., Quirici, N., Demarosi, F., Tanzi, M. C., Rimondini, L., Fare, S., 2009. Ability of polyurethane foams to support cell proliferation and the differentiation of MSCs into osteoblasts. *Acta Biomater.*, **5**: 1126-1136.
- Zhang, Y., Leng, Y., Zhu, M., Fan, B., Yan, R., Wu, Q., 2012. Starches modified with polyurethane microparticles: Effects of hydroxyl numbers of polyols in polyurethane. *Carbohydrate Polymers*, **88**: 1208, 1213.
- Zheng, Z., Pan, H., Huang, Y., Chung, Y. H., Zhang, X., Feng, H., 2011. Rapid liquefaction of wood in polyhydric alcohols under microwave-heating and its liquefied products for preparation of rigid polyurethane foam. *The Open Materials Science Journal*, **5**:1-8.
- Zou, J., Zhang, F., Huang, J., Chang, P. R., Su, Z., Yu, J., 2011. Effects of starch nanocrystals on structure and properties of waterborne polyurethane-based composites. *Carbohydrate Polymer*, **85**: 824-831.

- Zuidema, J., van Minnen, B., Span, M. M., Hissink, C.E., van Kooten, T.G., Bos, R.R., 2009. Short-term in vitro and in vivo biocompatibility of a biodegradable polyurethane foam based on 1,4-butanediisocyanate. **J. Mater. Sci. Mater. Med.**, **16**(3): 221-227.
- Zutt, M., Haas, E., Krüger, U., Distler, M., Neumann, C., 2007. Successful use of vacuum-assisted closure therapy for leg ulcers caused by occluding vasculopathy and inflammatory vascular diseases-a case series, **Dermatology**, **214**(4): 319-324.



EKLER

Ek 1. Şekiller



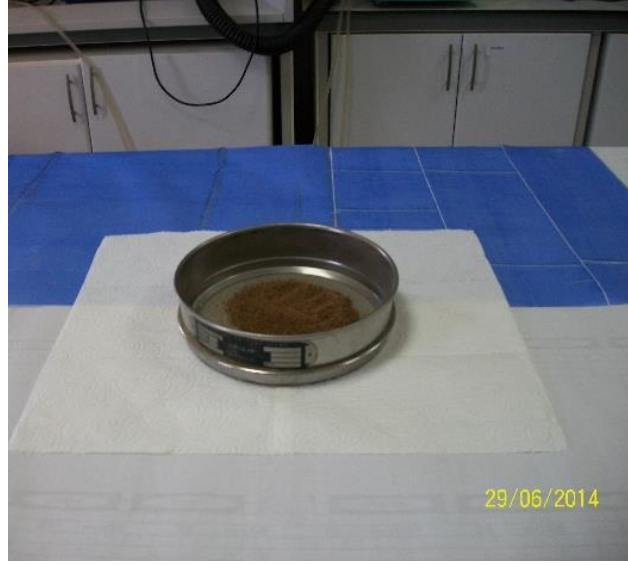
Ek Şekil 1. Patates Topraküssü Bitkisinin Görünümü.



Ek Şekil 2. Patates Kabuğunun Görünümü.



Ek Şekil 3. Patates Öğelerinin Öğütülmesi.



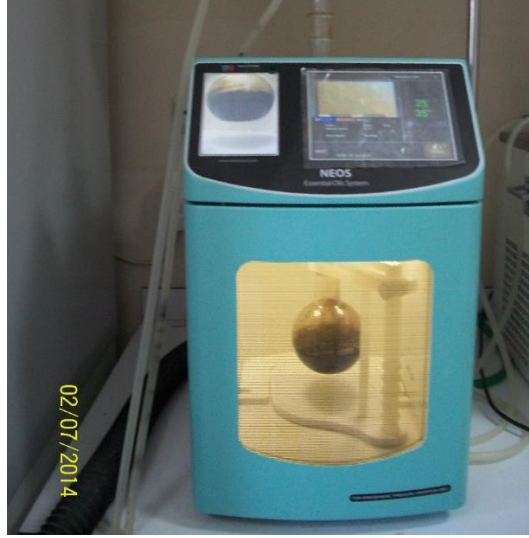
Ek Şekil 4. Patates Öğelerinin Elenmesi.



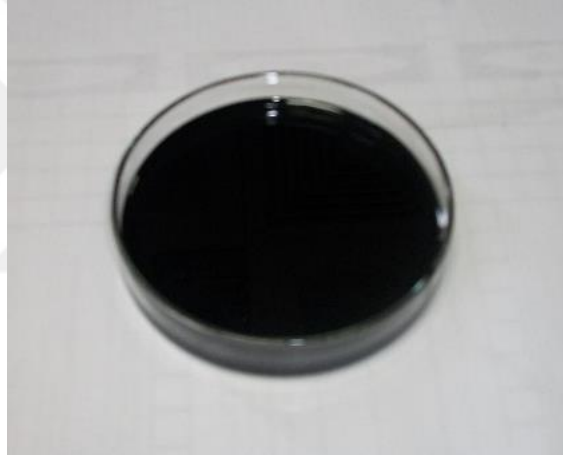
Ek Şekil 5. Patates Öğelerine Ait Öğüntülerin Etüvde Kurutulması



Ek Şekil 6. Patates Öğelerinin Öğüntüsünün Sıvılaştırma Reaksiyonu Reaktiflerinin Görünümü



Ek Şekil 7. Patates Öğelerinin Ögüntüsünün Mikro-dalga Fırınında Sıvılaştırılması



Ek Şekil 8. Patates Polyolünün Görüntüsü



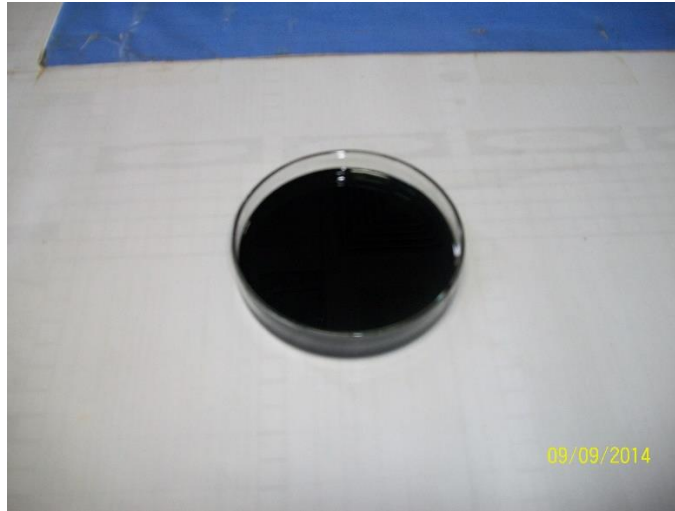
Ek Şekil 9. Patates Öğelerinin Kül Testi Görünümü



Ek Şekil 10. Sıvılaşmayan Patates Ögesi Miktarının Belirlenmesi



Ek Şekil 11. Sıvılaşmayan Patates Ögesi Miktarının Belirlenmesi



Ek Şekil 12. Sıvılaştırılmış Patates Ögelerinin Görünümü



Ek Şekil 13. Sıvılaştırılmış Patates Öğelerine Ait Polyollerin Asit ve Hidroksil Değerlerinin Belirlenmesi Testinin Görünümü



Ek Şekil 14. Patates Polyolünün Viskozitesinin Ölçülmesi.



Ek Şekil 15. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Götüntüsü.



Ek Şekil 16. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Isı İletkenlik Katsayısının Ölçülmesi



Ek Şekil 17. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Ses İletim Hızı Ölçümü Görüntüsü.



Ek Şekil 18. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Basınç Testlerinin Yapılması Görüntüsü.



Ek Şekil 19. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin Mekanik Testleri ve Yoğunluk Ölçümü İçin İklimlendirilmesi Görüntüsü.



Ek Şekil 20. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin TGA Analizinin Görüntüsü.



Ek Şekil 21. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin SEM Görüntülerinin Çekilmesi.



Ek Şekil 22. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin FTIR Analizi Görüntüsü.



Ek Şekil 23. Patates Kabuğundan Elde Edilen PU Köpüklerin WAXRD Analizinin Görüntüsü.

Ek 2. Çizelgeler

Ek Çizelge 1. Patates kabuğundan elde edilen poliürean esaslı köpüklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin korelasyonu

F. K. M. Ö. İ.	Yoğ.	I. İ. K.	S. İ. H.	B. D.	G. K.	E. M.	H. K.	B. B.
Yoğ	-	-	-	-	-	-	-	-
I. İ. K.	0,5046	-	-	-	-	-	-	-
S. İ. H.	0,4639	0,6258	-	-	-	-	-	-
B. D.	0,6329	0,3759	0,6448	-	-	-	-	-
G. K.	0,7052	0,7963	0,8496	0,1321	-	-	-	-
E. M.	0,8597	0,2233	0,9015	0,0926	0,2123	-	-	-
H. K.	0,5020	0,3330	0,6480	0,0009**	0,1690	0,1323	-	-
B. B.	0,4231	0,3113	0,6427	0,0040**	0,2041	0,1655	0,0002**	-

*, **: sırasıyla %5 ve %1 düzeyinde önemli, Yoğ: Yoğunluk, I. İ. K.: Isı İletkenlik Katsayısı, S. İ. H.: Ses İletim Hızı, B. D.: Basınç Direnci, E. M.: Elastikiyet Modülü, H. K.: Hücre Kalınlığı, F. K. M. Ö. İ: Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özelliklerin İsimleri.

ÖZGEÇMİŞ

Tülay GÜRSOY, 25.11.1980 tarihinde Bitlis-Adilcevaz'da dünyaya gelmiştir. İlkokulu, Adilcevaz Atatürk İlkokulunda, orta ve lise öğrenimini Bitlis-merkez Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 1998 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği'ni kazanmıştır. 2003 yılında kimya öğretmeni ünvanı ile mezun olmuştur. Aynı yıl, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı, Biyokimya Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 2007 Şubat tarihinde yüksek lisans öğrenimini tamamlayarak uzman ünvanı almıştır. Eylül-2010 tarihinde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı, Fizikokimya Bilim Dalı'nda doktora eğitime başlamıştır. Bu esnada kimya öğretmenliği yapmıştır. 15.10.2010 tarihinden beri Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli değildir. Kitap okumak ve film seyretmek hobileridir.

YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih:31/05/2016

Tez Başlığı / Konusu: **SOLANUM TUBEROSUM L. (PATATES)'DEN ELDE EDİLEN POLİÜRETAN ESASLI İZOLASYON KÖPÜKLERİN ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 128 sayfalık kısmına ilişkin, 30/05/2016 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından **Turnitin** intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 5 (beş) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örneşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.



Tarih ve İmza
31.05.2016

Adı Soyadı: Tülay GÜRSOY

Öğrenci No:2010437

Anabilim Dalı:KİMYA

Programı: FİZİKOKİMYA

Statüsü: Y. Lisans ☐

Doktora ☒

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Prof. Dr. Aycan GÜR



ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)