



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KİMYA ANABİLİM DALI

**YENİ BENZOİLTİYOÜRE FONKSİYONEL GRUPLU, METAL
İÇEREN İNORGANİK KOORDİNASYON POLİMERLERİNİN
SENTEZİ VE AMBALAJ MATERYALİ OLARAK SIĞIR ETİNİN
BAZI FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ
VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burhan ÜNLÜ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KURT

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünün 212305407 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Burhan ÜNLÜ tarafından hazırlanan “YENİ BENZOİLTİYOÜRE FONKSİYONEL GRUPLU, METAL İÇEREN İNORGANİK KOORDİNASYON POLİMERLERİNİN SENTEZİ VE AMBALAJ MATERYALİ OLARAK SIĞIR ETİNİN BAZI FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kimya Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KURT

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof. Dr. Özlem SARIÖZ

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Doç. Dr. Ayhan DURAN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 27/12/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Fazliye KARABÖRK

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Burhan ÜNLÜ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmasının belirlenmesinde, araştırılmasında, laboratuvar çalışmalarında, geliştirilmesinde ve sonuçlarının değerlendirilmesinde değerli zamanını ayırarak, her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen, beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KURT'a, bu süreçte bilgi, birikim ve tecrübelerini benimle paylaşan Güzelyurt Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümündeki Öğr. Gör. Nuran ERDEM hocama ve Aksaray Üniversitesi Kimya Bölümündeki değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin gerçekleşmesinde 1002-A numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Burhan ÜNLÜ
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
2.1 Koordinasyon Bileşikleri	7
2.2 Tiyoüre.....	7
2.3 Benzoiltiyoüre	8
2.4 Plastik Esaslı Ambalaj Materyallerinin Kırmızı Et (Çiğ) Üzerine Etkileri	10
2.5 Polistiren	13
2.6 Poli (Vinil Klorür)	15
2.7 Polietilen	16
2.8 Polietilen Tereftalat	18
2.9 Polipropilen.....	19
2.10 Poliamid	20
2.11 Önceki Çalışmalar	20
3. GEREÇ VE YÖNTEM	25
3.1 Maddelerin Sentezi.....	25
3.1.1 4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre 'nin (4VBT1) sentezi	25
3.1.2 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre)'nin (P4VBT1) sentezi	26
3.1.3 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre) gümüş(I) (P4VBT1-Ag(I)) kompleksinin sentezi.....	28
3.1.4 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre) Çinko(II) (P4VBT1-Zn(II)) kompleksinin sentezi.....	29
3.1.5 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre) Bakır(II) (P4VBT1-Cu(II)) kompleksinin sentezi.....	29
3.2 Polimer Filmlerin Hazırlanması	30
3.3. Gıda Ambalaj Çalışmaları.....	30
3.3.1 Deneme deseni	30
3.4 Yöntem.....	31
3.4.1 Nem tayini	31
3.4.2 Protein tayini.....	32
3.4.3 Toplam yağ tayini	32
3.4.4 Toplam kül tayini	32
3.4.5 pH tayini	32
3.4.6 Peroksit sayısı tayini	32
3.4.7 Renk analizi	33
3.4.8 Mikrobiyolojik analizler.....	33
3.4.9 Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sayımı	33
3.4.10 Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı	34
3.4.11 Toplam koliform grubu bakteri sayımı	34
3.4.12 <i>Escherichia coli</i> sayımı	34
3.4.13 Spektrofotometrik yöntemle DPPH antioksidan aktivite tayini	34
3.4.14 İstatistiksel analizler	35

4. BULGULAR	36
4.1 Sentezlenen Maddelerin Analiz Sonuçları.....	36
4.1.1 LC-MS sonuçları.....	36
4.1.2 NMR analiz sonuçları.....	36
4.1.3 TGA-DSC sonuçları.....	41
4.1.4 SEM-EDX analizi sonuçları	43
4.1.5 Molekül ağırlığı analizi	45
4.1.6 FT-IR analiz sonuçları.....	46
4.1.7 BET analiz sonuçları	49
4.2 Hammadde Analizleri.....	49
4.2.1 Sığır eti örneklerine ait nem, toplam protein, toplam yağ ve toplam kül analiz sonuçları	49
4.2.2 Sığır eti örneklerine ait pH, peroksit ve renk (L^* , a^* , b^*) analiz sonuçları	49
4.3 Depolama Süreci Analizleri	50
4.3.1 Nem analiz sonuçları.....	50
4.3.2 pH sonuçları.....	51
4.3.3 Peroksit analiz sonuçları.....	52
4.3.4 Renk analizi sonuçları	53
4.3.5 Mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	54
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
5.1 Nem Analizleri	57
5.2 pH Analizleri.....	57
5.3 Peroksit Analizleri	58
5.4 Renk Analizleri	58
5.5 Mikrobiyolojik Analizler	59
5.6 Numunelerin DPPH Aktivitesi Tayini.....	60
5.7 Öneriler	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	78

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİ BENZOİLTİYOÜRE FONKSİYONEL GRUPLU, METAL İÇEREN İNORGANİK KOORDİNASYON POLİMERLERİNİN SENTEZİ VE AMBALAJ MATERYALİ OLARAK SIĞIR ETİNİN BAZI FİZİKOKİMYASAL, MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE RAF ÖMRÜ ÜZERİNE ETKİLERİ

Burhan ÜNLÜ
Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gülşah KURT

ÖZET

Bu çalışmada, yeni poli(4-vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre) (P4VBT1) polimeri ve üç yeni metal kompleksi; P4VBT1-Cu(II), P4VBT1-Ag(I), P4VBT1-Zn(II) elde edilerek, yapıları ¹HNMR, ¹³CNMR, FT-IR, LC-MS, SEM-EDX, GPC ile karakterize edildi. P4VBT1 polimerinin molekül ağırlığı Mn=674kDa ve molekül ağırlığı dağılımı (PDI) 2,0 civarında bulundu. P4VBT1 polimerinin yüzey alanı ve toplam gözenek boyutu BET tekniği kullanılarak ölçüldü. P4VBT1 polimerinin termal özellikleri, TG/DTG ve DSC termal analiz yöntemleriyle belirlendi. P4VBT1 polimeri ve P4VBT1-Ag(I) kompleksinin ince filmleri elde edilerek, sığır etinin paketlenmesinde ambalaj özellikleri incelendi. P4VBT1 polimeri ve P4VBT1-Ag(I) kompleksi kullanılarak paketlenen sığır etinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik incelemeleri, depolama süresi boyunca 1., 5., 10. ve 14. günlerde gerçekleştirildi. Ek olarak, bu maddelerin DPPH aktivitesi belirlendi. Depolama süresi boyunca sentezlenen materyallerle paketlenmiş sığır etinin nem içerikleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Depolama süresi sonunda, sentezlenen materyallerle ambalajlanan sığır etlerinde pH ve peroksit değerlerindeki artış, kontrol örneklerine göre daha az olmuştur. Depolama süresi ilerledikçe P4VBT1 ve gümüş kompleksinin antibakteriyel etkinliği azalmaya başlamıştır. Kontrol materyali ile karşılaştırıldığında, P4VBT1 ve gümüş kompleksi kullanılarak paketlenen sığır etinin TMAB, TPAB, koliform bakteriler ve *Escherichia coli*'nin mikrobiyal büyümesinde gözle görülür bir gecikme belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: DPPH Aktiviti, Gümüş, Metal Kompleks, Paketleme Materyali, Poli(Vinil Benzoiltiyoüre), Sığır Eti

Aralık, 2024; 78 sayfa

M.Sc. THESIS

SYNTHESIS OF NOVEL METAL-CONTAINING INORGANIC COORDINATION POLYMERS WITH BENZOYLTHIOUREA FUNCTIONAL GROUP AND THEIR EFFECTS ON SOME PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL PROPERTIES AND SHELF LIFE OF BEEF MEAT AS PACKAGING MATERIAL

Burhan ÜNLÜ

Aksaray University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry

Supervisor: Asst. Prof. Gülşah KURT

ABSTRACT

In this study, new poly(4-vinyl N-furfuryl-N-benzoylthiourea) (P4VBT1) polymer and three new metal complexes; P4VBT1-Cu(II), P4VBT1-Ag(I), P4VBT1-Zn(II) were obtained and their structures were characterized by ¹HNMR, ¹³CNMR, FT-IR and LC-MS, SEM-EDX, GPC. The molecular weight of P4VBT1 polymer was found to be Mn=674kDA and molecular weight distribution (PDI) was around 2.0. The total pore volume and surface area of P4VBT1 polymer was measured by using the BET techniques. Thermal properties of P4VBT1 were determined by TG/DTG and DSC thermal analysis methods. Thin films of P4VBT1 polymer and its P4VBT1-Ag(I) complex were obtained and their packaging properties were examined in the packaging of beef. Physicochemical and microbiological analyses of beef, which was packaged using a P4VBT1 polymer and P4VBT1-Ag(I) complex, were carried out on the 1st, 5th, 10th, and 14th days throughout the storage period. Additionally, DPPH activity of these compounds was determined. No statistical difference was found between the moisture contents of beef packaged with synthesized materials during the storage period. At the end of the storage period, the increase in pH and peroxide values of beef packaged with synthesized materials was less compared to the control samples. The antibacterial efficacy of the P4VBT1 and its silver complex began to decrease as the storage period progressed. In comparison to the control material used for packaging, there was a noticeable delay in the microbial growth of TMAB, TPAB, coliform bacteria, and *Escherichia coli* in beef that was packaged using the P4VBT1 and its silver complex.

Keywords: DPPH Activity, Silver, Metal Complex, Packaging Material, Poly(Vinyl Benzoylthiourea), Beef

December, 2024; 78 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Benzoiltiyoüre metal kompleksinin yapısı.	9
Şekil 2.2. Polistirenin kimyasal yapısı.	15
Şekil 2.3. Poli(vinil klorür)'ün kimyasal yapısı.	16
Şekil 2.4. Polietilen'in kimyasal yapısı.	18
Şekil 2.5. Polietilen teraftalat'ın kimyasal yapısı.	19
Şekil 2.6. Polipropilen'in kimyasal yapısı.	20
Şekil 2.7. Poliamid'in kimyasal yapısı.	20
Şekil 2.8. HL'nin moleküler yapısı.	21
Şekil 3.1. 4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre'nin (4VBT1) sentezi.	26
Şekil 3.2. 4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre'nin (4VBT1) görünüşü.	26
Şekil 3.3. Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre)'nin sentezi.	27
Şekil 3.4. Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre)'nin görünüşü.	27
Şekil 3.5. Poli (4-Vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre) metal kompleksinin yapısı.	28
Şekil 3.6. Poli (4-Vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre)'nin gümüş (a), bakır (b), çinko (c) kompleksinin görünüşü.	29
Şekil 3.7. (a) P4VBT1 filminin görüntüsü, (b) ete sarılmış P4VBT1, (c) ete sarılmış P4VBT1-Ag(I), (d) ete sarılmış kontrol örneği (polistiren+ streç film).	30
Şekil 4.1. 4VBT1'in LC-MS sonucu.	36
Şekil 4.2. Çıkış reaktifi saf 4-Vinil benzoik asitin (4VBA) ¹ HNMR sonucu.	37
Şekil 4.3. 4VBT1 monomerinin ¹ HNMR sonucu.	37
Şekil 4.4. 4VBT1 monomerinin ¹³ CNMR sonucu.	38
Şekil 4.5. P4VBT1 polimerinin ¹ HNMR sonucu	39
Şekil 4.6. P4VBT1 polimerinin ¹³ CNMR sonucu.	39
Şekil 4.7. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin ¹ HNMR sonucu.	40
Şekil 4.8. P4VBT1-Zn(II) kompleksinin ¹ HNMR sonucu.	40
Şekil 4.9. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin ¹ HNMR sonucu.	41
Şekil 4.10. P4VBT1 polimerinin TGA sonucu.	42
Şekil 4.11. P4VBT1 polimerinin DSC sonucu.	42
Şekil 4.12. P4VBT1 polimerinin SEM görüntüleri.	43
Şekil 4.13. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin SEM görüntüleri.	43
Şekil 4.14. P4VBT1-Zn(II) kompleksinin SEM görüntüleri.	43
Şekil 4.15. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin SEM görüntüleri.	44
Şekil 4.16. P4VBT1 polimerinin FT-IR sonuçları.	46
Şekil 4.17. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin FT-IR sonuçları.	46
Şekil 4.18. P4VBT1-Zn(II) kompleksinin FT-IR sonuçları.	47
Şekil 4.19. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin FT-IR sonuçları.	47
Şekil 4.20. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait nem içerikleri.	50
Şekil 4.21. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait peroksit değerleri.	52
Şekil 5.1. DPPH abs grafiği, 517 nm. Blank (10 µM) (Modifiye metotta inkübasyon süresi 60 dakika yapılmıştır.).	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ambalajlanmış sığır eti örneklerine ait deneme deseni.....	31
Çizelge 4.1. Polimere ait termal veriler.	42
Çizelge 4.2. P4VBT1 polimerinin EDX sonuçları.	44
Çizelge 4.3. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin EDX sonuçları.	44
Çizelge 4.4. P4VBT1-Zn (II) kompleksinin EDX sonuçları.....	44
Çizelge 4.5. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin EDX sonuçları.	45
Çizelge 4.6. P4VBT1'in molekül ağırlığı sonuçları.	45
Çizelge 4.7. Sentezlenen maddelerin FT-IR Spektrum sonuçları	47
Çizelge 4.8. Polimerin BET analiz değerleri.	49
Çizelge 4.9. Sığır eti örneklerinin kimyasal kompozisyonu, pH, peroksit ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.	49
Çizelge 4.10. Sığır eti örneklerinin pH, peroksit ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.....	50
Çizelge 4.11. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait pH değerleri.	51
Çizelge 4.12. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait renk parametreleri.....	53
Çizelge 4.13. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri bacteria (TPAB), Toplam koliform bakteri ve <i>escherichia coli</i> değerleri.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

4VBT1	4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre
ATR FT-IR	Zayıflatılmış Toplam Yansıma Fourier Dönüşümlü İnfrared Spektrofotometresi
BET	Brunauer-Emmett-Teller
cm⁻¹	Dalga Sayısı
DMF	Dimetilformamid
DMSO-d6	Döteryumlanmış Dimetil Sülfoksit
DPPH	Antioksidan Tayin Yöntemi
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre Cihazı
g	Gram
GPC	Jel Geçirgenlik Kromatografisi
h	Saat
HCl	Hidroklorik Asit
j	Joule
kob/g	Katı Besiyerindeki Sayım Sonucu
KSCN	Potasyum Tiyosiyanat
LC-MS	Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
log	Logaritma
L	Ligant
M	Merkez atom
mg	Miligram
MHz	Megahertz
ml	Mililitre
mM	Milimolar
mmol	Milimol
Mn	Sayıca Molekül Ağırlığı
P4VBT1	Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre)
PDI	Polidispersite İndeksi
PVC	Polivinil Klorür
pH	Asitlik veya Bazlık Ölçü Birimi
SEM-EDX	Taramalı Elektron Mikroskobu- Enerji Dağıtıcı X-Işını Analizi
TG Eğrisi	Termal Bozunma Eğrisi
TG/DTG	Termal Gravimetri-Diferansiyel Termal Termogravimetrik
UV-Vis	Ultraviyole-Görünür Bölge Spektroskopisi
¹³CNMR	Karbon Nükleer Manyetik Rezonans Spektroskopisi
μM	Mikromolar
¹HNMR	Proton Nükleer Manyetik Rezonans Spektroskopisi
°C	Santigrat Derece

1. GİRİŞ

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerin etkisiyle olan gıda bozulmaları, ürünlerin özelliklerine zarar vererek tüketici sağlığını ve güvenliğini tehdit etmektedir. Özellikle, gıda bozulmalarına neden olan mikrobiyal gelişme ile üründe renk değişimi, kötü koku, aroma kayıpları ve doku bozulmaları meydana gelmektedir. Bu şekilde, ürünlerin raf ömrü azalmakta, genel kalitesi ve güvenliği zarar görmektedir. Bunun sonucunda ise gıda kaynaklı hastalık riski artmaktadır (Ahmed vd., 2017). Bu durum, dünyadaki birçok ülke için gıda güvenliği konusundaki endişeleri arttırmaktadır (Coma, 2012).

Diğer gıdalara göre, et ve et ürünlerinde kalitenin ve güvenliğinin sağlanması daha zordur. Raf ömrünü olumsuz yönde etkileyen ve kaliteyi azaltan en önemli nedenler, oksidasyon ve mikrobiyal bozulmalardır. İstenmeyen mikroorganizmaların gelişimi ve çoğalması sonucu et ve et ürünlerinde bozulmalar olmakta ve tüketicilerde gıda kaynaklı zehirlenmeler görülebilmektedir. Et ve et ürünlerinde meydana gelen oksidasyon ise lezzet ve renkte bozulmalara neden olmaktadır. Doymamış yağ asidi içeriğinin yüksek olması, hem pigmenti gibi birçok oksidatif ajanlar bu gıdaları oksidasyona karşı duyarlı hale getirmektedir. Oksidasyonun hızı/seviyesi; etin fizikokimyasal yapısı, ışık, ambalajlama, muhafaza sıcaklığı ve süresi ile uygulanan teknolojik işlemlere göre değişmektedir. Oksidasyon sonucu et ve et ürünlerinde aldehitler, ketonlar ve karbonil bileşikler meydana gelmekte ve bu bileşenler et ürünlerinde özellikle lezzet ve renkte problemlere yol açmaktadır. Ayrıca bu oksidasyon ürünlerinin kandaki peroksit ve kolesterol seviyesini artırarak, kalp-damar hastalıklarına neden olduğu ve karsinojenik etkiler görüldüğü belirtilmektedir (Frankel, 1991; Juntachote vd., 2007). Bu sebeplerden dolayı, et ve et ürünlerinde oksidasyon ve mikrobiyal gelişimi yavaşlatmaya/durdurmaya yönelik çalışmalar gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

Et ve et ürünlerinde oksidatif ve mikrobiyal bozulmalara karşı antioksidan ve antimikrobiyal maddeler ilave edilmektedir. Et endüstrisinde genellikle kullanılan sentetik antioksidanlar: bütil hidroksianisol (BHA), propil gallat (PG), bütil hidroksi toluen (BHT) ve tersinir bütil hidrokinon (TBHQ)'dur. Bu sentetik antioksidanların et ve et ürünlerinde kullanımı ekonomik ve etkili olmasına rağmen potansiyel toksikolojik etkilerinden dolayı tüketicilerde endişeye neden olmaktadır (Caracho vd.,

2014). Bu nedenle günümüz tüketicileri sentetik katkıları içeren ürünleri tercih etmemektedir.

Ambalajlama sanayi, gıda tedarik zincirinde önemli bir rol oynamaktadır. Koruma gibi temel işlevinin yanı sıra, yeni teknolojiler ile farklı özellikler kazandırılarak geliştirilmektedir. Paketlemenin başlıca görevleri arasında, herhangi bir fiziksel hasarı önlemek, tüm tedarik zinciri boyunca verimli taşımayı sağlamak sayılabilmektedir. Bununla birlikte gıda ambalajlama sanayi, günümüzde, taze, sağlıklı, kullanışlı, lezzetli, güvenli, kaliteli ve uzun raf ömrüne sahip gıda ürünlerine yönelik oluşan endüstriyel üretim yöntemleri ile birlikte son derece hızlı bir şekilde gelişmektedir (Ahmed vd., 2017; McMillin, 2017; Yıldırım vd., 2018). Örneğin, antioksidanlar, antimikrobiyal salım sistemleri, gaz tutucular veya yayıcılar, nem emiciler gibi yardımcı bileşenler, paketleme sisteminin performansını artırmak amacıyla ambalaj malzemesine veya paket üst boşluğuna dâhil edilebilmektedirler (Dobrucka ve Cierpiszewski, 2014).

Gıda ambalajları temel olarak gıda ve içeceklerin dağıtım, satış ve tüketim sırasında kalitelerinin bozulmasını önlemeyi amaçlar. Polimer gıda ambalaj malzemeleri, daha iyi gıda kalitesi elde etmek için, ışık, ısı, nem, oksijen vb. çeşitli etkiler paketlenmiş gıdaları korumak için geliştirilmiştir. Bazı gıda ürünleri özellikle bozulmaya karşı hassastır ve uçucu maddelerin buharlaşması ve gıda korumasında daha fazla verimlilik talep eder (Krehula vd., 2017). Polimerik malzemeler, mükemmel mekanik, termal ve korozyona dayanıklı özellikler, hafif bir yapı ve üretim kolaylığı gibi avantajlı özelliklerinden dolayı ambalaj malzemeleri olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Polimer kompozitler, nanomalzemeler, organik veya inorganik bileşikler ile emprenye edilmiş polimerleri ifade eder. Polimer kompozitler, ambalaj malzemelerine ilave özellikler kazandırmak veya geliştirmek için ambalaj endüstrisinde uygulanmaktadır. Polimer özelliklerinin iyileştirilmesi için inorganik dolgu maddeleri olarak metalik mikro ve/veya nanopartiküllerin kullanımı aktif bir eğilimdir. Bu, polimerin içsel özelliklerine ek olarak antimikrobiyal (mikroorganizmaları kontrol edebilen ve büyümelerini inhibe edebilen ajanlar), gaz bariyeri (oksijen, su buharı, karbondioksit), ışık bloke edici ve antioksidan etki nedeniyle, gıda ambalajlarında uygulanmak üzere yüksek potansiyele sahip polimer-metal kompozitlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Avantajlarına rağmen, bu tür malzemelerin toksisitesi ve çevresel etkisi ile ilgili

partikül yapısına ve dolgunun migrasyon formuna özel dikkat gösterilmelidir (Al-Mahmood vd., 2021; Videira-Quintela vd., 2021). Migrasyon, ambalaj polimerlerinin yapısında bulunan, gıdaların işlenmesi, depolanması, nakliyesi ve tüketimi sırasında katı, sıvı ve buhar halinde bulunan, küçük moleküllü bileşiklerin (VOC) gıdalara geçmesi anlamına gelmektedir. Başka bir ifade ile migrasyon küçük moleküllü maddelerin dağılım ve difüzyon ile ambalaj malzemesinden gıdaya transferi olayıdır. Kalitatif ve kantitatif olarak ölçülebilir. Geçen maddelere genel olarak migrant denmektedir (EU Regulation, 2011). Toplam Migrasyon Limiti (TML), yasal mevzuata göre plastik madde ve malzemelerin bileşenlerinin gıda benzeri çözeltilere geçişi, gıda ile temas eden yüzeyin her desimetrekaresi için 10 miligramı (10 mg/dm²) geçemez (Resmi Gazete, 25.12.2019/30989).

Bu çalışmada polimer-metal kompozitlerin yerine, polimer-metal kompleksleri elde edilmiştir. Bu şekilde; donör gruplar üzerinden metalin koordinasyonu ile polimer içerisine iyi bir metal dağılımı sağlamış olmak ve migrasyonun önüne geçmek amaçlanmıştır. Bilimsel çalışmalar ve yasal mevzuat çerçevesinde sentezlenen, gıda ile doğrudan ya da dolaylı olarak temas eden veya temas etmesi beklenen polimer-metal komplekslerin insan ve çevre sağlığını, gıdada kalite ve tekstürel yapıyı daha uzun zamanda ve yüksek seviyede koruması, gıda güvenilirliğinde sürdürülebilirliği ve tüketici ihtiyaçlarının karşılanması da dikkate alınarak konu ile ilgili uluslararası literatüre bilimsel çalışma kazandırılması hedeflenmiştir.

Ayrıca benzoiltiyöre ile klorun yer değiştirdiği Polivinil Klorür (PVC) benzeri yapılar ve onların geçiş metal komplekslerini sentezlemiştir. PVC'nin termal, mekaniksel, antimikrobiyal özellikleri iyileştirilecektir. PVC'nin bozunma sırasında ki klorlardan kaynaklanan toksik etkisinin önüne geçilecektir. Buna ilaveten, benzoiltiyöre uçların da ki su tutucu gruplar et üzerinde ki nem dengesini sağlayacaktır. Polimerlerin eldesinde ise katılma (serbest radikalik) polimerizasyonu denenmiştir. Amaç olarak farklı olarak, ana zincir dışında, yan dallarda benzoiltiyöre gruplarının bulunmasını sağlamaktır. Bunlar, yan zincirde geçiş metal kompleksleri içeren konjugasyon özelliği de gösterebilecek polimerik yapılardır. Ayrıca klor yerine yan dallarda benzoiltiyöre gruplarının bulunması dışında yapı PVC polimerine benzemektedir. Yan grupların polarlığı ve polimer zincirlerini nispeten ayrı tutması, polimerin çözünebilmesi ile ince film oluşumuna katkı sağlayacaktır. Metal ile

koordinasyonu daha kolay ve kuvvetli olacaktır. Bu durum, migrasyonu önleyici etki gösterecektir. Polimerik yapıdaki çoklu metal, antimikrobiyal etkiyi ise artıracaktır. Koordinasyon yapısı ve yüksek molekül ağırlığı değerleri ile de güçlü mekanik özellikler beklemekteyiz. Metal şelat yapıların, gıda ambalajı olarak kullanımı araştırmalarına öncülük edecektir. Polimerdeki kompleks yapıların mekanik özellikler üzerine etkisini bir örnek üzerinde inceleyelim. Yeni bir polimerik materyal olan, supramoleküler malzemeler kompleks yapılar içermektedir. Polimerik bloğa, metal koordine edici ligandların bağlanması sonucu elde edilen metalosupramoleküler polimerlerin tasarımında, metal komplekslerin yoğunluğu, metal iyonların türü, ligandların yapısı, kristalizasyon, morfoloji ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesinde oldukça etkilidir. Farklı metal iyonları ile kompleks oluşturularak sağlam filmler elde edilmiştir ve viskoziteleri, mekanik özellikleri, kristalleşme ve faz ayırma davranışları karakterize edilmiştir. Koordine olmayan malzeme ile karşılaştırıldığında, koordine yapılar güçlü bir viskozite-konsantrasyon bağımlılığı sergilemiştir. Komplekslerde kullanılan farklı metal türlerine göre, polimerlerin camsı geçiş sıcaklığı da farklılık göstermiştir (Bao vd., 2022). Metal kompleksler, serbest ligandlara göre karşı mikroorganizmaların büyümesine karşı yüksek düzeyde antimikrobiyal aktivite sergilemektedir (Hassan vd., 2020). Fonksiyonel özelliklere sahip olan, polimer-metal kompleksleri, birçok kimyacının ilgi alanına girmektedir (Amanda vd., 2010; Takemoto vd., 1997). Kompleks yapı elde edilirken, toksik etkisi az ve aktivitesi yüksek Ag(II), Zn(II), Cu(II), gibi metallerin araştırılmıştır. Bu metallerin, benzoiltioüre uçları ile karedüzlem yapıda kompleks oluşturmuştur. Bu metallerden, örneğin, bakır, tüm canlı organizmalarda biyokimyasal eylemlere katılan vazgeçilmez bir eser elementtir (Crisponi vd., 2010; Hobman vd., 2015). Ayrıca Cu(II) komplekslerinin antimikrobiyal aktiviteleri de vardır (Ebrahimipour vd., 2015). Bununla birlikte, bakır homeostazı bozulduğunda toksik hale gelebilmektedir. Cu(II) bileşikleri, olası antimikrobiyal ajanlar olarak geniş çapta incelenmektedir. İlk olarak, bakır iyonları bakterilerin hücre zarına zarar vermekte ve daha sonra bakteri DNA'sı ile etkileşime girerek sarmal yapısında bir rahatsızlık yaratarak bakteri ölümüne neden olmaktadır (Barkow vd., 2005; Gaefke vd., 2014; Lemire vd., 2013; Zandvakili vd., 2022). Gıda ambalajı olarak kullanılacak polimerler sentezinde, fizikokimyasal, termal kararlılık ve mikrobiyolojik özellikler için heterosiklik yapıda, piridin, furfuril ve triazol gibi gruplar içeren amin bileşiklerini kullanmayı planladık. Antimikrobiyal aktivitede, heterosiklik halkaların önemini büyüktür. Örneğin, benzoiltioüre türevi

bir yapıda triazol halkası önemlidir. Tıbbi ajanlarda bulunan, heterosikliklerin en önemlilerinden biri olan 1, 2, 4 - triazol halkasının varlığı aktivitede artışa neden olmuştur (Pinheiro vd., 2020). Heterosiklik bileşikler, halkada karbon atomu yerine, oksijen, azot ve kükürt gibi heteroatomların yer aldığı, koordinasyon kimyası, malzeme kimyası, plastik endüstrisinde kullanılan biyolojik olarak aktif bileşiklerdir. Bu bileşiklerin çoğu, bazı bakteri ve mantar türlerine karşı iyi aktivite sergilemiştir. Aynı zamanda antioksidan etkileride vardır. Farklı türevlerinin, fizikokimyasal özellikleri ile birlikte antimikrobiyal ilaç geliştirmek için potansiyel aday olduğunu görmekteyiz (Desai vd., 2023; Kıymaz, 2023; Koparır vd., 2022; Rani vd., 2013; Tashkanid vd., 2022; Zandvakili vd., 2022;). Amin bileşikleri seçilirken ve film eldesinde uygun çözücülerde polimerlerin çözünürlüğünü dikkate alırken, aynı zamanda yaygın çözücülere karşı polimerlerin dayanıklı olması istenir. Yapılan önceki araştırmalarda, triazol yapısı bulunan polimerik yapının bu özelliği gösterdiğini görülmüştür (Kurt, 2019). Elde edilen polimer yaygın çözücülere karşı oldukça dayanıklıdır. Bu grupların polimerik yapıları da oldukça önemlidir. Örneğin, Piridin (C_5H_5N), tüm pi elektronlarının bir halka tarafından paylaşıldığı ve sürekli bir elektron çemberi oluşturan aromatik bir moleküldür. Piridin ve türevi polimerik ürünler, hem tıbbi hem de tıbbi olmayan yönleri içeren geniş bir kullanım alanına sahip önemli kimyasal bileşiklerdir. Oksidasyona oldukça dirençlidirler ve ayrıca üstün elektron taşıma özelliklerine sahip oldukları bildirilmektedir. Piridin bazlı polimerlerin işleme özelliklerini geliştirilmiştir. Çeşitli alanlardaki bu çabalar, kristallliği azaltmak için büyük gruplar içeren simetrik aromatik halkaları, simetrik olmayanlarla değiştirerek polimerik zincire elastik segmentlerin eklenmesini içerir. Piridin içeren blok kopolimerler, özel bir makromolekül türüdür ve hidrojen bağı kabulü, pH duyarlılığı, kolay işlevselleştirme ve metal iyon koordinasyonu dahil olmak üzere çoklu özellikleri nedeniyle geniş bir uygulama yelpazesine sahiplerdir (Ren vd., 2022; Wang vd., 2021). İleri ki araştırmalarda, elde ettiğimiz polimer ve metal komplekslerinin bir çok özelliği iyileştirilerek, geliştirilebilir.

Et kalitesinin bozulmasına neden olan patojenik bakteriler, genellikle ambalajlama ve taşıma sırasında kontaminasyona yol açmaktadırlar (Ahmed vd., 2017). Birçok gıdaya göre, işlenmiş ve çiğ et ürünleri patojenik bakteriler ile daha kolay kontamine olmakta ve gıda kaynaklı salgınlara neden olabilmektedir (Sofos, 2008). Bunlardan dolayı, gıda

ambalajlama sanayinde, özellikle gıdanın kalitesi ve güvenliğini koruma ve geliştirme üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Gıda ambalajında özelliği değerlendirilecek olan polimer metal komplekslerin, polimer-metal kompozitlerden farkı, metalin kovalent bağlarla polimerik liganda bağlı olması ve göç etkisinin zor olmasıdır. Aynı zamanda iyi bir dağılım ile termal ve mekanik özelliklerde iyileşme sağlanmıştır. Bunun yanı sıra, bu yapıların, antimikrobiyal etkiler göstermesi amaçlanmıştır. Polistiren polimerine benzer, ancak dal yapısını benzoiltiyöre gruplarının oluşturduğu yeni bir inorganik polimer sentezlenmiştir. Dal uçlarındaki oksijen ve kükürt atomları, metali koordine edecek özelliğe sahiptir. Elde edilen polimerik metal komplekslerin, benzoiltiyöre polimerik ligandın ve polistirenin gıda korumadaki bazı özellikleri karşılaştırılmıştır. Gıda muhafazasında polimerik metal kompleksler daha önce araştırılmamıştır. Bu çalışma ile yeni bir vinil polimer türü elde edilmiştir. Poli(vinil benzoiltiyöreler)'in çeşitli metaller ile koordinasyonu ile çok sayıda metal kompleksi de elde edilebilmektedir. Ayrıca burada sentezlenen yapıların farklı amin türevleri ile fonksiyonlandırılması neticesinde, çok farklı poli(vinil benzoiltiyöre) türevi bileşikler sentezlenebilmektedir. Elde edilen polimer filmler ile ambalajlanan etin depolama sürecinin 1., 5., 10. ve 14. günlerinde fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlerinin yapılarak, sentezlenen yeni ambalajın etin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisinin ve peroksit analizi ile ambalaj materyalinin et örneklerinin lipid oksidasyonuna etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, elde edilen polimer filmlerin DPPH aktivitesinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Koordinasyon Bileşikleri

Lewis bazı niteliği taşıyan ve ligand (L) olarak bilinen belirli sayıda donör atom ya da atom gruplarının elektron çifti vererek, merkez atomu (M) ile koordine kovalent bağ oluşturmasıyla meydana gelen bileşiklere koordinasyon bileşiği denir (Taşkın 2011). Merkez atom elektron çifti alıcı rolünde olduğu için Lewis asidi olarak davranır. Bu sebeple koordinasyon bileşikleri aynı zamanda asit-baz tepkimesi bileşikleri olarak da değerlendirilebilir (Petrucci vd., 2003; Tunalı vd., 1999). Koordinasyon bileşikleri, bir veya daha fazla metal merkezi ve bunlara bağlı ligandlar içeren moleküllerdir. Ligandlar, metale elektron transfer eden atomlar, iyonlar veya moleküller olabilir. Bu bileşikler yüklü veya nötr olabilir. Yüklü olduğunda, komşu karşı iyonlar kompleksi stabilize etmeye yardımcı olur. Metal iyonu, kompleks bir iyonun merkezinde bulunur ve ligandlar olarak bilinen diğer moleküller veya iyonlarla çevrilidir. Ligandlar, koordinasyon yoluyla çekirdek iyonuna kovalent bağ ile bağlı gibi düşünülebilir (Macchioni 2005). Kimyada koordinasyon teorisi; komplekslerin geometrik şekli ve koordinasyon bileşiklerinin yapısı hakkında bilgi sağlar. Bu bileşikler, merkez atom veya moleküle bağlı çevredeki atomlar veya bileşiklerden oluşur. İnorganik koordinasyon bileşikleri farklı özellikler sergiler. Örneğin, organik moleküllerin sentezinde katalizör olarak kullanılırlar (Basolo vd., 1986). Koordinasyon bileşikleri, aynı zamanda canlı organizmaların hayatta kalması için hayati öneme sahiptir. Metalloenzimler olarak bilinen enzimlerin bileşimini, metal kompleksleri oluşturmaktadır. Enzimler, çeşitli biyolojik süreçler için gereklidir ve burada metal kompleksler doğal olarak meydana gelmektedir (Solev'ev vd., 2003).

2.2 Tiyoüre

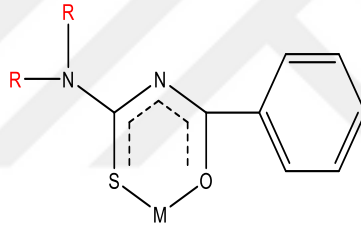
Kapalı formülü CSN_2H_4 şeklinde olan ve içeriğinde C, S, N elementlerini barındıran kimyasal yapıya tiyoüre denilmektedir (Custelcean vd., 2005). En az iki potansiyel donör atomuna (N, S) sahip olan bu kararlı moleküller, çeşitli koordinasyon davranışları göstererek, yapısal olarak ilişkili olan diğer koordinasyon bileşiklerine göre, daha zengin bir koordinasyon kimyası sergilemektedir (Koch vd., 2002). Bir tiyoüre, bir izotiyosiyanatın bir aminle kolayca birleştirilmesiyle oluşturulabilir (Smith vd., 1996). Örneğin, hidrojen bağlama bölgesi olarak NH grupları ve elektron vericileri

olarak oksijen, kükürt ve azot içeren benzoil tiyoüreler, potansiyel biyolojik ve terapötik özelliklere sahip ana yapısal moleküllerden biridir (Günel vd., 2023). Tiyoüre türevlerinin biyolojik ve analitik alanlarda, çeşitli kullanımlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalar, tiyoüre türevlerinin önemli antibakteriyel, antifungal, antiviral, antitüberküloz, antikanser, ağrı kesici, antelmintik, antiinflamatuvar, antioksidan, protein tirozin kinaz inhibitörü, antitiroid, antikonvülsan, pest kontrolü ve herbisit özelliklerine sahip olduğunu göstermiştir (Burgeson vd., 2012; Ke vd., 2006; Limban vd., 2020; Pinheiro vd., 2020; Schuster vd., 1987; Schuster vd., 1988; Saeed vd., 2010; Yaseen vd., 2016; Yeşilkaynak vd., 2021; Zhang vd., 2012).

2.3 Benzoiltiyoüre

Benzoiltiyoüre, kimyasal formülü $C_6H_5CONHC(S)NH_2$ olan bir bileşiktir. Organik kimyada "benzoiltiyoüre" olarak bilinen bu bileşik, özellikle koordinasyon kimyasında çeşitli uygulamalara sahiptir. Benzoiltiyoüre, tiyoüre türevlerinden biridir; benzoyl grubunun tiyoüre molekülüne bağlanmasıyla elde edilir (Goswami 2017). Aromatik bir benzen halkasına bağlı bir amid ve tiyoüre birimi içerir. Kristal yapıda da elde edilir ve genellikle beyaz veya soluk sarı renktedir. Su ve alkol gibi çözücülerde çözünürlüğü sınırlı olmakla birlikte polar organik çözücülerde daha yüksek çözünürlük gösterir (Nkabyo vd., 2020). Benzoiltiyoüre, metal iyonları ile kompleksler oluşturmak amacıyla ligand olarak kullanılır. Çinko, bakır, nikel, demir gibi metal iyonları ile kompleksleşme yeteneği, katalizör geliştirme ve metal iyonlarının tespiti alanlarında önem taşır. Metal iyonlarının kantitatif analizlerinde kullanılır. Benzoiltiyoüre, metal iyonları ile etkileşime girerek farklı renklerde kompleksler oluşturur, bu da renk değişimlerini analiz etmeye olanak sağlar. Benzoiltiyoüre türevleri, biyolojik aktivite potansiyeline sahip olduğu için çeşitli farmakolojik araştırmalarda incelenmektedir. Antimikrobiyal ve antikanser ajanlar gibi ilaç bileşikleri geliştirilirken bu tür tiyoüre türevlerinden faydalanılır. Antibakteriyel, antifungal, antimalaryal, antitüberküloz, antitümör, antioksidan, sitotoksik etkisi olduğunu göstermektedir (Abosadiya, 2020; Becceneri vd., 2018; Binzet vd., 2006; Hassan vd., 2020; Karakuş vd., 2002; Khana vd., 2020; Kurt, 2019; Kurt, 2021; Plutin vd., 2014; Limban vd., 2020; Özgeriş vd., 2021). Benzoiltiyoüre bileşiği, geçiş metal iyonları ile kararlı kompleksler oluşturmakta oldukça yeteneklidir. Güçlü donör grupları (karbonil ve tiyoamid)

nedeniyle, koordinasyon ajanı olması, kimya açısından dikkate değer bir özelliğidir. Benzoiltiyoüre bileşikleri, genellikle iki dışlı ligant olarak davranır. Merkez metal atomunu kükürt ve oksijen donör atomları üzerinden bağlayarak bir şelat halkası oluştururlar (Binzet vd., 2018). Benzoiltiyoüre türevi yapılarda ki, kükürt, oksijen ve azot atomları üzerindeki serbest elektron çiftleri, belli bir atomun yörüngesinde durmayıp diğer atomların etrafına dağılmaktadırlar. Bu şekilde halkanın molekül içi gerilimini en aza indirmesinden dolayı, oluşan kompleks bileşikler genelde çok kararlıdır. Benzoiltiyoüre türevleri, genellikle +2 yüklü metal iyonları ile kare düzlem (ML_2), +3 yüklü metal iyonlarıyla da oktahedral (ML_3) yapıda koordinasyon bileşikleri meydana getirirler. Bu kompleksler, renkli, kararlı, nötral ve polar yapıya sahiptir (Al-abbasi vd., 2022; Binzet vd., 2006; Campo vd., 2004; Huy vd., 2007; Khorrami vd., 2003; Koch vd., 2001). Havanın oksijenine karşı, organik çözücülerdeki çözeltileri sonsuz kararlılığa sahiptir. Ligandın yapısı ve metali hangi uçla koordine edeceği Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Benzoiltiyoüre metal kompleksinin yapısı.

Şekil 2.1’de azot atomuna bağlı grupların (R) liganda etkisi aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- a. Bu gruplar, ligandların asitliği ve şelatların kararlılık sabitini etkilemektedirler. Alifatik gruplar, genellikle ligand molekülünün elektron yoğunluğunu artırarak, komplekslerin kararlılığını artırır. Liganlar da elektron yoğunluğunu azaltan gruplar, kararlılık sabitini azaltırken, şelat oluşumunu daha yüksek pH değerine kaydırır. Daha düşük elektron yoğunluğu zayıf asidik NH grubunun protonsuzlaşmasını güçleştirir ve kompleks oluşumu daha bazik çözeltilerde gerçekleşir. Ligand molekülündeki düşük elektron yoğunluğu aynı zamanda verici atomlardaki yük yoğunluğunu azaltarak metal ligand bağının zayıflamasına neden olur. Bu yüzden kararlılık sabiti çok düşükse koordinasyon bileşiği oluşmaz.

Aromatik gruplar ise ligandın pKa değerini azaltırken, kararlılık sabitini yükseltirler.

- b. Bu gruplar, oluşan şelatın polaritesini ve farklı çözücülerde çözünürlüğünü de etkiler (Emin, 2002).

2.4 Plastik Esaslı Ambalaj Materyallerinin Kırmızı Et (Çiğ) Üzerine Etkileri

Çiğ ve işlenmiş et ürünleri, üretim ve depolama süreçlerinde kolay bozulma eğilimi gösterirler ve bu sırada çeşitli enzimatik, mikrobiyolojik, biyokimyasal ve fizikokimyasal değişikliklere maruz kalırlar (Aymerich vd., 2008; Çelebi vd., 2021; Zhou vd., 2010). Biyolojik olarak aktif olan çiğ etler, uygun koşullarda saklanıp paketlenmediğinde, çevresel faktörlere bağlı olarak normal raf ömründen daha hızlı bozulabilir (Çelik, 2000). Mikroorganizmaların et ürünlerini bozması, ciddi ekonomik zararlara neden olmaktadır (Wollfs vd., 2006). Et ve et ürünlerine patojen mikroorganizmaların bulaşması, gıda zehirlenmelerine ve ölüme varabilecek salgınlara yol açabilmektedir. (Oussallah vd., 2004; Sofos, 2008). Her yıl, bölgesel farklılıklar göstermekle birlikte, dünya genelinde üretilen etin üçte biri ile dörtte birinden fazlası bozulma nedeniyle israf olmaktadır. (Thakur vd., 1994). Ambalaj malzemeleri ve teknolojilerine bağlı olarak, etin kalitesi ve güvenilirliği büyük ölçüde değişir (Fang vd., 2017). Çiğ et paketlemenin amacı, eti mikrobiyal bulaşmadan korumak, gıda güvenliğini ve kalitesini artırmak, rutubet kaybını engellemek ve oksijen geçirgenliğini kontrol ederek istenen rengin oluşmasını sağlamaktır. Paketleme, mikroorganizmaların büyüme hızını yavaşlatarak ürünün raf ömrünü uzatır ve taşınma ile depolama sırasında mikroorganizma gelişimini engeller. Bu şekilde, gıdalardaki koruyucu maddelerin insan vücuduna alımı azalır ve sağlık üzerindeki olumsuz etkiler önlenir (Appendini ve Hotchkiss 1997; Çelebi Sezer ve Bozkurt 2021). Kesim, üretim, hijyen ve saklama tekniklerindeki ilerlemelere rağmen, et ve et ürünlerinde gıda güvenliğini sağlamak için bozulmaya neden olan ve patojen mikroorganizmaların gelişimini kontrol edecek yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. (Oussallah vd., 2004). Bu sebeplerden dolayı, gıda ambalaj sanayisi, gıdanın kalitesini ve güvenliğini korumak ve iyileştirmek amacıyla, geleneksel paketleme yöntemlerinde bulunmayan çeşitli işlevlere sahip antimikrobiyal ambalaj sistemleri gibi yeni uygulamalar geliştirmeye odaklanmıştır. Son senelerde oldukça popüler hale gelen antimikrobiyal ambalajlama, kaliteyi olumsuz etkileyen değişimleri

önleyerek ürünün tazeliğini koruyup daha uzun süre saklanabilmesini sağladığı için et teknolojisinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Han, 2000; Vermeiren vd., 2012). Bu sistemlerde, antimikrobiyal gıda ambalaj bileşenleri ambalaj materyaline; polimer içerisine antimikrobiyal maddelerin eklenmesi, polimer yüzeylerinin antimikrobiyal maddelerle kaplanması, polimer üzerine antimikrobiyal maddelerin immobilize edilmesi veya antimikrobiyal özelliklere sahip polimerlerin kullanımı yoluyla uygulanabilir (Çelebi Sezer ve Bozkurt, 2021).

Çiğ et, bakteriyel bozulmalara karşı oldukça hassas bir gıda maddesidir. Bu nedenle, kullanılacak ambalajın öncelikle sağlığa uygun olması gereklidir. Çiğ etlerin ambalajlanmasında, etin canlı kırmızı renginin korunması, nem kaybının önlenmesi ve mikrobiyolojik bulaşmaların engellenmesi hedeflenmelidir (Üçüncü, 2004). Etin renk oluşumu için oksijen gerektiği göz önünde bulundurularak, ambalaj materyali seçilirken yeterli oksijen geçirgenliği olan malzemeler seçilmelidir (Appendini ve Hotchkiss 1997; Üçüncü, 2004). Doku solunumu yoluyla sürekli kullanılan oksijenin korunması için ambalajın O₂ geçirgenliği devamlı yüksek seviyelerde sabitlenmelidir. Bu doğrultuda kullanılacak ambalaj materyallerinin oksijen geçirgenlik değerleri 5000-18000 cm/m.gün.NTP arasında olmalıdır. Belirlenecek malzemenin nem geçirgenliği ise az olmalıdır. Aksi takdirde, et yüzeyi kurur, ağırlığı kaybolur ve rengi kararır. Ayrıca, ambalaj ışığı süzdürmemeli, yeterli su buharı direnci göstermeli, eti muntazam sarmalı ama etle bütünleşmemelidir (Üçüncü, 2004).

Çiğ etler ve bazı et ürünlerinin ambalajlarında, üründen sızan su tüketici için hem hoş olmayan bir görünüm yaratır hem de bozulma riski taşır. Bu sızıntı suyunu ortadan kaldırmak için, satış reyonlarında tepsilerde satılan çiğ etlerin ambalajlarına sızıntı suyunu emen pedler yerleştirilir. Ayrıca, ambalajın içindeki bağıl nemi ve gıdanın yüzey su içeriğini azaltmak amacıyla nem tutucu bileşikler kullanılır (Brody, 2005; Cha ve Chinnan, 2004). Perakende olarak satılan çiğ etlerin ambalajına yerleştirilen emici pedler, sızıntı suyunu tutmak ve bu suda mikrobiyal gelişmeyi önlemek için bazı antimikrobiyal maddelerle zenginleştirilebilir. Gıdadan sızan suyla temas ettiğinde aktif hale gelen karbondioksit veya organik asitler gibi diğer antimikrobiyal maddeler de bu amaçla kullanılabilir (Brody, 2005). Yüksek su aktivitesine sahip kırmızı et, balık ve kanatlı etleri için bu amaçla geliştirilmiş birçok ticari emici ped mevcuttur. Genel olarak mikro gözeneklere sahip iki katmanlı bir polimer içerisine süper emici

bir polimerin konulmasıyla üretilen ve bu tip ürünlerde sızıntı suyunun kontrolü için kullanılan endüstriyel nem tutuculara örnek olarak Peaksorb®, Toppan™ ya da Thermanite® verilebilir (Cha ve Chinnan 2004). Ayrıca, su ürünlerinin açıkta taşınması sırasında eriyen buzu emmek için, emici materyal olarak poliakrilatlar ve nişasta kopolimerlerinin kullanıldığı büyük pedler imal edilmiştir (Rooney, 1995). Bağlı nemin kontrol altına alınmasının hedeflendiği bir diğer sistemde, su buharı geçirgenliği yüksek, iki katmanlı bir plastik filmin katmanları arasına bir veya daha fazla nem çekici madde eklenir. Japonya’da bu amaca yönelik üretilen filmlerle paketlenen çiğ tavuk ve balık ürünlerinin çevresindeki bağlı nem düşürülerek koruma sağlanabilir (Rooney, 1995; Suppakul vd., 2003).

Kırmızı et, geleneksel satış yöntemlerine göre genellikle tepsilerde ve üzeri filmle kaplanmış şekilde sunulur. Bu amaçla, polivinil klorür veya benzeri özelliklere sahip polietilen gibi filmler kullanılabilir ya da etler strafor kaplarda porsiyonlanarak plastik filmle kaplanmış olarak satışa sunulabilir. Etlerin altına kan ve diğer sıvıları emmesi için pedler yerleştirilebilir. Çiğ etlerin paketlenmesinde en yaygın olarak kullanılan şeffaf plastik film polivinil klorürdür. Bu şeffaf plastik film, oksijenin girişini tamamen engellemediği için, müşteriler tarafından tercih edilen parlak kırmızı rengin korunmasını sağlar (Dobias vd., 1999). Bu kırmızı renk uygun koşullarda 2-4 gün kadar kalıcılığını korur; daha sonra kahverengine dönmeye başlar. Bu renk değişimi bir bozulma indikatörü olmaktan çok oksijen yetersizliği ve etin rafta kaldığı süre hakkında bir fikir oluşturabilir. Bozulma indikatörü olarak daha çok yüzeyde gelişen yapışkanlık ve kötü koku dikkate alınmalıdır. Plastik filmin bir diğer özelliği de rutubetin çıkışına izin vermeyerek yüzeyin kurummasını engellemesidir. Bütün bu verilerin ışığında markette paketli etlerin soğuk muhafazası ancak 5-7 gün mümkün olmaktadır (Çelik, 2000).

Gıda ambalajı olarak, metallerin polimer içerisine immobilize edildiği polimer-metal kompozitlerin yerine, metallerin kimyasal kovalent bağ ile polimere bağlandığı kararlı polimerik metal komplekslerin eldesiyle migrasyonun önüne geçilebilir. Ayrıca, gıda üzerinde antimikrobiyal ve antioksidan koruyucu etki sağlanabilir. Bu araştırmanın amacı, yeni bir tür inorganik polimer olan, benzoiltiyoyüre polimeri ve onun metal komplekslerini sentezlemektir. Elde edilen polimerlerin, gıda muhafazasındaki önemi araştırılmıştır. Bu çalışma dahilinde, sentezlenen yapıların, ambalaj materyeli olarak

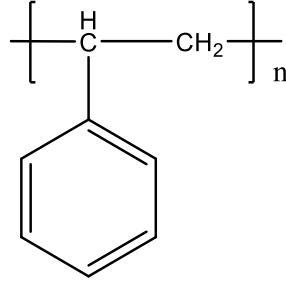
başta antimikrobiyal özellikleri ve antioksidan etkileri de incelenecektir. Metal dağılımının düzgün olduğu, uygun mekanik, termal özelliklere ve çalışılacak gıda için ideal nem bariyer özelliğine sahip, antimikrobiyal ve antioksidan etki gösteren inorganik polimerlerin eldesi hedeflenmiştir.

Antibakteriyel malzemeler tıpta, gıdaların üretimi ve muhafazasında büyük önem taşımaktadır. Bu malzemeler arasında, metal nanopartiküller içeren polimer filmler, birçok pratik uygulama için büyük ilgi görmektedir. Birçok metal, organik hücreler için yıkıcı veya öldürücü etkiye sahiptir. Bu toksik özelliklerden dolayı, bu tür metaller veya metal kompleksleri filmleri, antibakteriyel ve antimikrobiyal ajanlar olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların arasında Ag, Cu, Au, sayılabilir. Polimerler, pratik ve basit kullanım için uygun şekil ve formlarda kolayca üretilebilen ucuz ve plastik malzemeler olarak açık bir avantaja sahiptirler. Bu nedenle; örneğin, metal-polimer kompozitler gıda ambalajları imalatında çok çekici hale gelmiştir. Burada, partiküllerin aktif madde olabilmesi için yüzeylerde bulunması gerekir. Aynı zamanda, prosedürlerde yıkamaya karşı dirençli olması gerekir. Migrasyon gösterip, gıdaya sızması ve gıdada toksik özellik göstermemesi önemlidir. Antibakteriyel özelliklere sahip polimer kompozit filmlerin oluşumunda farklı teknolojiler kullanılmaktadır.

2.5 Polistiren

Stiren (vinil benzen) monomerinin, asidik veya radikalik başlatıcılarla polimerizasyonundan elde edilen polimerdir. Şekil 2.2’de polistirenin kimyasal yapısı gösterilmiştir. Polistiren (PS), gıda sektöründe sıkça kullanılan bir plastik türüdür. Özellikle tek kullanımlık tabak, bardak, çatal, kaşık, gıda saklama kapları ve ambalaj malzemeleri yapımında tercih edilir. Polistirenin bu alanda yaygın olarak kullanılmasının nedeni, kolay şekil alabilmesi, düşük maliyetli olması ve ısı yalıtımı sağlamasıdır. Özellikle "genleştirilmiş polistiren" (EPS) köpük, yiyeceklerin sıcak veya soğuk olarak muhafaza edilmesinde etkili bir çözüm sunar (Pilevar vd., 2019). Son yıllarda polistiren (PS), dünyanın en yaygın kullanılan polimerlerinden biridir. Kullanım alanları arasında, elektrikli ekipmanların, aparatların, aletlerin, gıdaların ambalajlanması, binalar için ısı yalıtım malzemeleri ve soğuk hava deposu ve tek kullanımlık yemek servisi sayılabilir (Akat vd., 2015). Polistiren neme karşı dayanıklıdır. Köpük haline getirilebilir ve oldukça hafif ve darbe emici malzemelerin

yapımında kullanılır. Polistiren hidrofobik bir yapıdadır. Taze et, balık ve kümes hayvanları çabuk bozulan ürünlerdir ve raf ömrü sırasında ambalajın içinde sıvı salgılar. Bu sıvı amino karışımı ile çözünür sarko plazmik proteinler asitler ve enzimleri içerir. Bu sıvı, paketlenmiş ürünün sınırlı raf ömrüne yol açar. Bunun nedeni, artan su aktivitesinin mikroorganizmaların daha fazla çoğalması ve etin bozulmasından sorumlu olmasıdır. Salınan sıvıyı izole etmek için bir paketlenme çözümü geliştirmek gerekir (Alaizoki vd., 2022). Bir araştırmada Ti ve Cu kümeleri, ince bir polistiren (PS) tabakası ile kaplanmış substratlar üzerine biriktirilerek nano kompozit hazırlanmıştır. Bir model mikroorganizma olarak, *Escherichia coli* bakterilerine karşı hazırlanan kompozitlerin bakterisi dal etkinliği karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, Ti ve Cu kullanılarak spin kaplama ile üretilen bakterisidal polimer ince filmlerin (polistiren) oluşumu için yeni bir yaklaşımı açıklar. Yüzey yapışmasını iyileştirmek ve partikülleri yıkamaya karşı dirençli hale getirmek için termal tavlama kullanılarak kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmiştir. TiO₂ ve Cu türleri ile oluşturulan kompozit filmler, model mikroorganizmalar olarak E. coli bakterileri kullanılarak bakterisidal ortam olarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bakterileri yok etmede kayda değer bir etkinlik olduğunu göstermektedir (Popok vd., 2018). Polimer gömülü metal nanopartiküller ile ilgili, yapılan farklı bir araştırmada, polistiren gümüş nanopartikülleri (Ag/PS filmler), polimerlerin dopingine dayalı basit bir teknik ile elde edilmiştir. Özellikle gümüş 1,5-siklooktadien-heksafloroasetilasetonat amorf polistiren içinde çözülerek antiseptik bir malzeme hazırlanmıştır. 1,5-siklooktadien-heksafloroasetilasetonat Ag yapısı kompleks bir yapı olarak polistirenin içine yüklenmiştir. Elde edilen polistiren bazlı malzemenin antimikrobiyal özellikleri, saf maddeyle karşılaştırarak E. coli'ye karşı değerlendirilmiştir. İki yöntem çalışılmıştır. Her iki yöntemde, gümüş katkılı polistirenin (ağırlıkça %30), benzer konsantrasyon ve inkübasyon koşulları altında saf Ag tozundan daha yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği görülmüştür. Burada gümüş katkılı polistiren malzeme çok güçlü antimikrobiyal etki göstermiştir. Gümüş nanopartiküller toksik olmayan metallerden biridir ve en zararlı mikroorganizmaları bile öldürebilir. Burada, gümüş iyonlarının antibakteriyel etkileşim mekanizması, onların proteinler ile etkileşimi ile yakından ilgilidir. Özellikle tiyol gruplarının (sülfidril, -SH) proteinlerle etkileşimleri ve protein moleküllerini, üzerlerinde köprüler oluşturarak bağladığına inanılmaktadır. Proteinlerin dışında genellikle enzimler gibi davranırlar ve bu şekilde hücrel metabolizma engellenmekte ve mikroorganizma ölmektedir (Palomba vd., 2012).

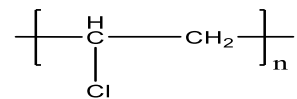


Şekil 2.2. Polistirenin kimyasal yapısı.

2.6 Poli (Vinil Klorür)

Poli (vinil klorür) (PVC), vinil klorürden yapılan katı bir plastik polimerdir. Sanayide ilk yıllarda hidroklorik asit ve asetilen gazının reaksiyonundan elde edilirken, bugün etilenin klor gazı ile oksidatif yükseltgenmesinden elde edilen vinil klorür monomerinin, asidik veya radikalik başlatıcılarla polimerleştirilmesinden elde edilir. Şekil 2.3'te poli (vinil klorür)'ün kimyasal yapısı gösterilmiştir. Kimyasal endüstrisinde sıkça kullanılan bu malzeme, yapı sektöründe, ambalaj sanayisinde, tıbbi malzeme üretiminde ve otomotiv sektöründe yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu malzeme, dayanıklılığı, kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı direnci ile bilinir (Patrick, 2005). Poli (vinil klorür) (PVC), gıda sektöründe de bazı ambalaj uygulamalarında yaygın olarak kullanılır. PVC'nin kullanımı, ambalaj materyallerinde sağladığı dayanıklılık, esneklik ve yüksek bariyer özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Örneğin, et, peynir, bazı meyve-sebze ürünleri gibi gıdaların vakum paketlenmesinde PVC film kaplama veya taşıma kasası olarak kullanılır (Kutz, 2011). PVC'nin gıdayla temas etmesi durumunda sağlık açısından güvenli olup olmadığı, özellikle monomer bileşiği olan vinil klorürün potansiyel migrasyonu nedeniyle bazı tartışmalara yol açmaktadır. PVC'den yapılan bazı gıda ambalajları, düşük sıcaklıklarda ve kısa süreli kullanımda genellikle güvenli kabul edilirken, uzun süreli veya yüksek sıcaklıklarda kullanımda dikkat edilmesi gereklidir (Tawfik vd., 1998; Franz, 2005; Navajas vd., 2014). Asit, baz ve tuz çözeltilerine karşı dayanıklıdır. Polivinilklorür bir termoplastiktir ve dünyadaki en büyük üçüncü üretim polimeridir. Piyasadaki en çok analiz edilen, test edilen ve çok yönlü malzemelerden biridir. İşleme kolaylığı, korozyon direnci, alev direnci, düşük fiyatı nedeniyle geniş ölçüde kullanılır. PVC'nin dezavantajları arasında, zayıf termal stabilitesi, kalıplama ve işleme sırasında korozif hidrojen klorür gazının kolaylıkla serbest kalması sayılabilir (Lu vd., 2022). PVC sert veya esnek, şeffaf veya opak olabilir. Esnek PVC, et sarma filmi olarak

kullanılmaktadır (Carroll Jr vd., 2017). Polivinil klorür, esnekliği, su buharı geçirgenliği ve oksijen nedeniyle hala çok çeşitli gıda maddelerini paketlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Antioksidanların, antimikrobiyel aktivite maddelerinin, plastikleştirilmiş PVC formülasyonlarında kullanımı, potansiyel toksisiteleri ve gıda maddelerine yüksek migrasyonları nedeniyle sorgulanmıştır. Fotodegradasyon, genellikle belirli gıda bileşenlerinde (pigmentler, yağlar, proteinler ve vitaminler), renk bozulmasına, tat bozulmasına ve vitamin kaybına neden olur. Gıdaların işlenmesi, paketlenmesi, depolanması, nakliyesi ve pazarlanması sırasında raf ömrünü önemli ölçüde kısaltan gün ışığına ve yapay ışığa maruz kalması ve kalitesine zarar verir. Gıdaların ışığa duyarlılığı, ışık kaynağının gücü ve yaydığı ışık türü, maruz kalma süresi, ambalaj malzemelerinin optik özellikleri, gıdadaki O₂ konsantrasyonu ve sıcaklık gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu nedenle ışığa duyarlı gıdaların korunması için gelişmiş, fonksiyonel polimerik malzemelerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Örneğin, paketlenmiş gıda ürünlerinin UV bozulmasını önlemek için, plastik ambalajlara dolgu maddeleri, stabilizatörler, emiciler veya blokerler dahil edilebilir. Dolgu maddeleri bazı malzeme özelliklerini iyileştirmek veya matrisi polimerin kendisinden daha ucuz bir şeyle seyreltmek için kullanılır. Nano dolgu maddeleri günümüzde özellikle polimer nanokompozitlerin bir veya daha fazla fonksiyonel özelliğini geliştirmek için kullanılmakta olup polimerlerin özelliklerini değiştirir ve onları daha uyumlu ve çok yönlü hale getirir. Örneğin, Poli(vinil klorür) içerisine katılan, TiO₂, gümüş ve bakır iyonlarının iyi dağılımı ile termal stabilititeyi ve kararlılığı artırdığı, çekme, kopma mukavemeti ile mekanik özelliği iyileştirdiği ve UV engelleme özelliği geliştirdiği ve antimikrobiyal etki gösterdiği kanıtlanmıştır (Krehula vd., 2017).



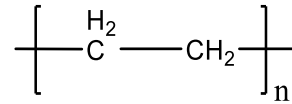
Şekil 2.3. Poli(vinil klorür)'ün kimyasal yapısı.

2.7 Polietilen

Polietilen polimeri, günlük yaşantımızda çok kullanılmaktadır. Petrol rafinasyonu sırasında açığa çıkan etilen gazının, katyonik polimerizasyonu ile sentezlenmektedir. Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), genelde yüksek molekül ağırlıklı ve düz

zincirli polimerdir ve sertliği yüksektir. Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), genelde dallanmış polietilen moleküllerinden meydana gelir HDPE’ne oranla daha elastik ve yumuşaktır. Polietilen, modern plastik endüstrisinin en yaygın kullanılan malzemelerinden biridir. şekil 2.4’te polietilen polimerinin kimyasal yapısı gösterilmiştir. İlk kez 1933 yılında İngiltere’deki Imperial Chemical Industries (ICI) laboratuvarlarında Eric Fawcett ve Reginald Gibson tarafından düşük basınçlı bir deney sırasında tesadüfen keşfedildi. Ancak bu ilk polietilen, o dönemde ticari olarak kullanılamayacak kadar düzensiz bir yapıya sahipti. 1950’lerde Karl Ziegler ve Giulio Natta’nın katalizör kullanarak yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) retmeyi başarması, polietilenin endüstriyel üretimini ve ticari kullanımını hızlandırdı (Brydson, 1999). Polietilen, termoplastik bir malzemedir, yani ısıtıldığında yumuşar ve şekillendirilebilir, soğuduğunda ise sertleşir. Bu zellik onu birçok farklı üretim sürecinde kullanılabilir hale getirir (Manos vd., 2000). Polietilen, birçok asit, baz ve organik çözücüye karşı dayanıklıdır, diğer plastiklere kıyasla hafiftir. Çeşitli sertlik derecelerinde retilbilmesine rağmen, çoğu polietilen esnektir ve darbelere karşı dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda bile yapısal bütünlüğünü koruyabilir (Rudin ve Choi, 2012). Bununla birlikte, HDPE yüksek sıcaklıklarda daha dayanıklı iken, düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) daha düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılır. Polietilen iyi bir elektrik yalıtkanıdır, bu nedenle elektrik kablolarında da sıklıkla kullanılır (Busico, 2013). Polietilen, özellikle gıda sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Polietilen, gıdaların korunması için önemli bir malzemedir. LDPE, streç film ve poşet üretiminde yaygın olarak kullanılır (Robertson, 2012). HDPE ise süt şişeleri, deterjan kapları ve daha sert gıda kapları gibi dayanıklı ambalajların üretiminde kullanılır. Polietilenin toksik olmayan yapısı, gıdaların güvenli bir şekilde saklanması sağlar. Aynı zamanda, hava ve nem geçirmez özelliği sayesinde gıdaların tazeliğini korur (Sax, 2010). Polietilen malzemeler, gıdaları taşırken ve saklarken dış etkenlere karşı dayanıklıdır. Bu da gıdaların bozulmadan, uzun süre muhafaza edilmesine olanak tanır. Polietilenin retim maliyetinin düşük olması, gıda ambalajlarında tercih edilmesini sağlar. Ekonomik oluşu, üreticilerin maliyetleri düşük tutmasına yardımcı olur (Yao vd., 2022). Sonuç olarak, polietilenin dayanıklılığı, esnekliği, hijyenik yapısı ve düşük maliyetli oluşu, gıda sektöründe önemli bir yer edinmesini sağlamıştır. Gıda ambalajları, streç filmler, kaplar ve poşetler gibi birçok ürün, polietilenden üretilmektedir (Ebnesajjad, 2012). şekil 2.1’de kırmızı ile gösterilen grupların polimerik ligandın çözünürlüğü üzerinde önemli etkileri olduğu

söylenbilir. Özellikle suda çözünürlük, amino, hidroksil, karboksil, amid ve sülfonik asit gibi yüksek hidrofilik grup içeriğiyle sağlanır. Polimer-çözücü etkileşimi için, iyonik olmayan polimerlerin sulu çözeltilerinde van der Waals kuvvetleri, hidrojen bağları ve hidrofobik etkiler söz konusudur. İyonik polimerlerin ise suda iyon-iyon, iyon-dipol ve iyon-indüklenmiş dipol kuvvetleri sayesinde çözündüğü düşünülür (Geckeler vd., 1980; Sarı, 2018). Polietilen (PE), gıdalarla temas eden ambalaj malzemelerinde, kimyasal olarak inert olduğu için özellikle tercih edilir. Neredeyse gıdalara zararlı maddeler geçirmez ve düşük bir etkileşim riskine sahiptir. PE'nin en yaygın kullanımı, gıdaların hava ile temasını keserek tazeliğini korumasını sağlayan filmler ve poşetlerdir (Robertson, 2005). PE, gıdaları dış etkenlerden (örneğin nem ve oksijen) korumak için yaygın olarak kullanılır. HDPE (Yüksek Yoğunluklu Polietilen) ve LDPE (Düşük Yoğunluklu Polietilen) gibi türleri, gıdayla doğrudan temas eden ambalajlarda farklı dayanıklılık ve esneklik seviyelerine göre seçilir. Düşük maliyeti ve esnekliği sayesinde tek kullanımlık saklama poşetleri ve kaplarında da tercih edilir. Ayrıca esnekliği sayesinde ürünlere zarar vermeden paketlemeye elverişlidir. Vakum ambalajlama için kullanılan PE filmleri, gıdaların tazeliklerini daha uzun süre korur. Streç filmler ise PE'den yapıldığında esneklik ve yapışma özellikleri sayesinde gıdaları sıkıca sarar ve raf ömrünü uzatır. Düşük sıcaklıklara dayanıklı olan PE, dondurulmuş gıdaların ambalajlanmasında da sıklıkla kullanılır (Arvanitoyannis vd., 2014; Begley, 2008; Montero-Prado vd., 2022; Muncke, 2009; Pal vd., 2019).

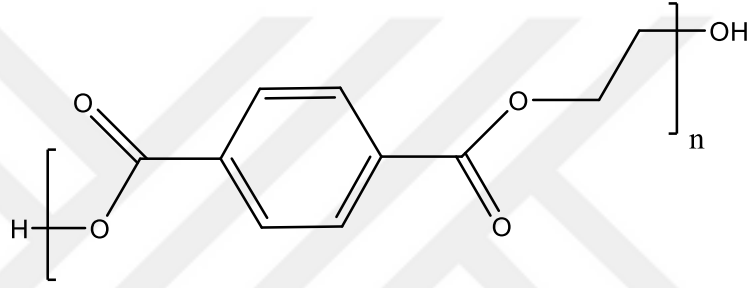


Şekil 2.4. Polietilen'in kimyasal yapısı.

2.8 Polietilen Tereftalat

Polietilen tereftalat (PET) piyasada bulunan en yaygın termoplastik polimerlerden biridir (Fakirov, 2017). PET, bir kondenzasyon polimeridir. Dialkol olan etilen glikol ve diester olan dimetil tereftalat monomerlerinden elde edilir. Şekil 2.5'te Polietilen tereftalat'ın kimyasal yapısı gösterilmiştir. PET, makromoleküler ana zincirler içinde ester işlevlerine sahip olmasıyla karakterize edilen geniş bir polimer kategorisi olan polyester ailesine dayanır (Krishnan vd., 2008). PET'in endüstriyel anlamda, içme sularında (yaklaşık %26), karbonatlı meşrubatlarda (CSD, yaklaşık %26) veya diğer

içecekler/meyve suları (yaklaşık %18) gibi içecekler için şişe/kap iretiminde, levha/film şeklinde (yaklaşık %14), gıda endiştrisinde (yaklaşık %9) ve gıda dışı kullanımlarda (irneğin kozmetikler, yaklaşık %6) kullanıldığı görülmüştür. PET, şeffaf ve hafıf yapısı sayesinde içecek şişelerinde (zellikle su ve gazlı içecekler için) yaygın bir şekilde kullanılır. Aynı zamanda gıda kapları, sos şişeleri, fırınlanabilir tepsiler gibi çeşitli ambalaj malzemelerinde tercih edilir. PET uygun iretim koşullarında gıdalarla temas ettiğinde zararlı maddelerin geçişine izin vermeyecek şekilde iretilir. PET'in kimyasal yapısı, asidik veya bazık ortamlara karşı dayanıklıdır, bu da birçok farklı türde gıda ile güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlar (Arvanitoyannis vd., 2004; Begley vd., 2008).

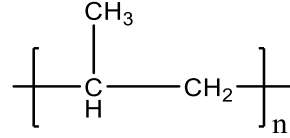


şekil 2.5. Polietilen teraftalat'ın kimyasal yapısı.

2.9 Polipropilen

Propilenden iretilir. Polietilenden sadece bir metil grubu (CH₃) farkı vardır, ama bu fark fiziksel özelliklerinde olduğa büyük fark yaratır, Her şeyden önce PE'ne göre çok elastiktir. şekil 2.6'da Polipropilen'in kimyasal yapısı verilmiştir. Polipropilen (PP), gıda sektöründe yaygın olarak kullanılan bir termoplastik olup kimyasal yapısı ve fiziksel dayanıklılığı sayesinde gıdalarla temas eden ambalajlar, kaplar, film tabakalar ve diğer paketleme irnlerinde sıklıkla tercih edilir (Allahvaisi, 2012). Polipropilen, gıdayla temas ettiğinde kimyasal bileşiklerini salmayan, inert (durağan) bir yapıya sahiptir. Özellikle asidik veya bazık yapıya sahip gıdalarda, tat veya kokuyu etkilememesi yapılan bilimsel çalışmalarda görülmüştür. Aynı zamanda, BPA (bisfenol A) içermemesi nedeniyle daha güvenli bir seçenek olarak kabul edilir. Gıdalara BPA gibi zararlı maddeler salabilen diğer plastıklere göre daha güvenli bir tercih olarak öne çıkar (Vilarinho vd., 2019). Polipropilen, yüksek sıcaklıklara dayanabilen bir plastik türüdür ve mikrodalga fırınlarda veya yüksek ısı altında kullanılabilen ambalaj malzemeleri için uygundur. şeffaf olması ise irnn raflarda

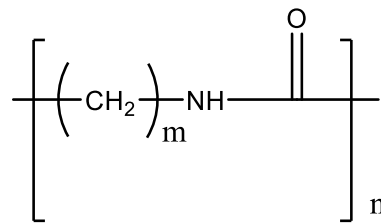
sergilenmesini ve tüketici tarafından görülebilir olmasını sağlar. Hafifliği ve düşük yoğunluğu sayesinde taşıma ve depolamada kolaylık sağladığı ve maliyetleri düşürdüğü görülmüştür (Cazón vd., 2018).



Şekil 2.6. Polipropilen'in kimyasal yapısı.

2.10 Poliamid

Hem amino (NH₂) hem karboksil (COOH) grubunu üzerinde bulunduran moleküllerde kendi aralarında kondensasyon yaparak poliamidleri (nylon) oluşturabilirler, buna en güzel örnek nylon 6 olarak bilinen örnektir. Nylon 6, 6-aminohekzanoik asidin polimerleştirilmesiyle elde edilir. Poliamid'in kimyasal yapısı, Şekil 2.7'de verilmiştir. Poliamid genellikle gıda ambalajı, pişirme ekipmanları ve gıda işleme süreçlerinde kullanılır. Poliamidlerin dayanıklılığı, kimyasal direnci ve yüksek sıcaklık toleransı, gıda ile temas eden malzemelerde tercih edilen bir seçenek haline getirir. Bu malzeme, nem ve oksijen geçişini azaltarak gıdaların raf ömrünü uzatır (de Abreu vd., 2010). Poliamidden üretilen mutfak ekipmanları, yüksek sıcaklıklara dayanıklılığı, düşük maliyeti sayesinde fırınlar ve ocaklar gibi yerlerde güvenle kullanılabilir (Perez vd., 2019).

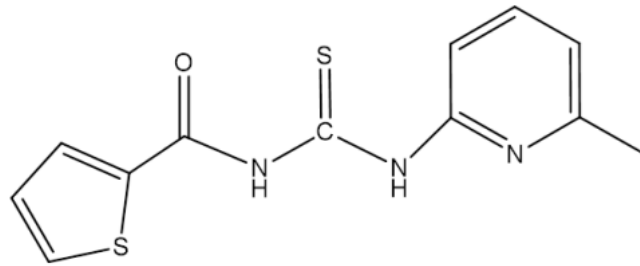


Şekil 2.7. Poliamid'in kimyasal yapısı.

2.11 Önceki Çalışmalar

Benzoiltiyoyüre ligandları ve onların metal komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu ve uygulama alanları ile ilgili literatürde pekçok çalışma vardır. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalar, aşağıda verilmiştir (Yeşilkaynak, 2016).

Örneğin, 2016 yılında yapılan bir çalışmada, N-((6-metilpiridin-2-il)karbamotiyoil) tiyofen-2-karboksamid benzoiltiyoüre bileşiği (HL) ve bunun Co(II), Ni(II) ve Cu(II) (ML₂ tipi) kompleksleri sentezlenerek, yapıları element analiz, FT-IR, ¹H-NMR ve HR-MS ile karakterize edilmiştir. Ayrıca HL, tek kristal X-ışını kırınımı yöntemiyle karakterize edilmiştir. HL benzoiltiyoüre ligandının yapısı, Şekil 2.8’de gösterilmiştir. Maddelerin, moleküler orbitalleri hesaplanmış ve antioksidan ve antitümör faaliyetleri araştırılmıştır. Komplekslerin antioksidan aktiviteleri DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ve ABTS (2,2’-Azinobis-(3-Etilbenztiazolin-6-Sülfonik Asit) analizleri ile belirlenmiştir. Kompleksin antikanser aktivitesi, meme kanseri hücrelerine karşı MCF-7’de MTT tahlili yoluyla incelenmiştir.



Şekil 2.8. HL’nin moleküler yapısı.

2018 yılında yapılan bir çalışmada, N,N-di-R-N’-(4-klorobenzoil)tiyoüre (di-R: dietil, di-n-propil, di-n-butil ve difenil) ligandları ve (HL1–4) ve bunların Pt(II) kompleksleri (cis-[Pt(L1–4-S,O)₂]) sentezlenerek ve yapıları, elementel analiz, FT-IR ve NMR spektroskopisi ile karakterize edilmiştir. HL2 ligandı ve cis-[Pt(L4-S,O)₂] metal kompleksinin geometrisi, tek kristalli bir X-ışını kırınım çalışmasıyla incelenmiştir. Cis-[Pt(L1–4-S,O)₂] kompleksinin tek kristal analizi sonuçlarına göre, ligand iki kükürt ve iki oksijen atomu ile platin atomunu çevreleyerek, cis konfigürasyonunda kare düzlemsel bir koordinasyon geometrisi oluşturmaktadır. Ayrıca tiyoüre türevi ligandlar ve bunların kompleksleri hem in vitro antibakteriyel hem de antifungal aktiviteleri açısından değerlendirilerek, sonuçlar rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, referans ilaçlar olarak kullanılan flukonazol ve ampisilin ile karşılaştırılmıştır (Ummühan vd., 2018).

2020 yılında yapılan bir çalışmada, N-(2-klorofenil)-N’-benzoil tiyoüre (CBT) ve bunun geçiş metal kompleksleri Co(II), Ni(III), Cu(II) ve Zn(II) mikrodalga (yeşil

kimya) ile sentezlenmiştir. Ligandın ve komplekslerin yapısı, element analiz, kütle spektroskopisi, FT-IR, UV-Vis, ¹H NMR ve ¹³C NMR kullanılarak karakterize edilmiştir. Şelat bazlı önerilen yapıların geometrisi, elektronik spektrumları, elektron spin rezonansı (ESR) ve manyetik duyarlılık ile incelenmiştir. Komplekslerin stabilitesi ise TGA analizi ile incelenmiştir. Serbest türev tiyoüre ligandı (CBT) ve kompleksleri, antibakteriyel ve antifungal aktivite açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, ligand ve komplekslerinin antikanser aktivitesi meme hücre kanserine (MCF-7) karşı incelenmiştir (Hassan vd., 2020).

2021 yılında yapılan bir çalışmada, N-morfolin-N'-benzoiltioüre ligandının Fe(III), Co(III), Ni(II), Cu(II), Zn(II) ve In(III) kompleksleri sentezlemiş ve bu bileşiklerin yapılarını element analiz, FT-IR ve ¹H NMR spektroskopisi ve X-ışını tek kristal kırınım yöntemleri, termal analiz ile karakterize edilmiştir. Termogravimetrik analiz sonuçlarına göre, komplekslerin iki aşamada, Fe(III)'ün üç ve indiyum (III) kompleksinin ise tek aşamada ayrıştığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, komplekslerin, 300°C'ye kadar termal olarak kararlı olduğu belirtilmiştir (Ketchemen vd., 2021).

Yapılan farklı bir çalışmada, iyi verimle (%49-92) on altı benzoil tiyoüre türevinden oluşan bir seri hazırlanmıştır. On altı bileşik arasından, sekiz bileşiğin yapısı rapor edilmiştir. Hazırlanan yeni türevlerin yapıları, Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR), proton nükleer manyetik (¹H NMR) ve karbon nükleer manyetik rezonans (¹³C NMR) ve kütle spektroskopisi (ESI-MS) ile aydınlatılmıştır. İki bileşik, TU-8 ve TU-15'in yapısı ayrıca tek kristal X-ışını kırınımı (SCXRD) çalışmaları ile belirlenmiştir. Hazırlanan bileşiklerin tümü, α-glukosidaz inhibitörü olma potansiyelleri açısından tarandı ve standart akarbozdan daha güçlü oldukları bulunmuştur. Yapı aktivite ilişkisi fenil halkası üzerindeki çeşitli gruplar üzerinden doğrulanmıştır. Ayrıca bileşiklerin enzimle etkileşimi docking çalışmaları ile doğrulanmıştır. Bu çalışma, sentezlenen 1,3-disüstitüe tiyoüre türevlerinin mükemmel α-glukosidaz inhibitörü olduğunu ve tip II diyabetin tedavisi için yeni terapötikler tasarlamak için kullanılabileceğini kanıtlamaktadır (Shakil vd., 2024).

Benzoiltiyoürelerin küçük moleküllü yapılarının elde ve analizi ile ilgili çok sayıda çalışma mevcutken, polimer durumları ile ilgili çalışma sayısı çok azdır.

Kurt'un 2019 yılında yaptığı çalışmada, tereftaloil diklorür ve potasyum tiyosiyanatdan elde edilen tereftalodiiizotiyosiyanat ile amin türevlerinin, katalizör varlığında reaksiyonundan iki yeni benzoiltiyooüre polimeri sentezlenerek yapıları, ^1H NMR, ^{13}C NMR, Element analiz ile karakterize edilmiştir. Elde edilen polimerlerin termal özellikleri (p1–3, p2–3) TGA-DTG, DTA analizi kullanılarak incelenmiştir. Yüzey özellikleri ve yüzey alanı sırasıyla SEM ve BET analizleri ile ortaya konulmuştur. Çözünmeyen polimerlerin, sudan eser miktarda ki cıvayı tutma özellikleri analiz edilerek, yüksek etkili sorbentler olarak, eser miktardaki Hg^{2+} 'nın giderilmesinde kullanılabilecekleri belirtilmiştir (Kurt, 2019).

Gıda ambalaj uygulamalarında, petrol ürünü polimerlere alternatif olarak, biyo temelli polimerler kullanılmaktadır. Bu polimerlerin gıda korumada ki etkisini artırmak amacıyla, içerisine farklı maddeler ilave edilerek kompozit formuna dönüştürülmektedir.

Söğüt ve arkadaşlarının 2017 yılında yayınladıkları bir çalışmada, polikaprolakton, polilaktik asit, polihidroksialkonat, kitosan, nişasta gibi biyopolimerlerin, biyobazlı nanokompozitleri ve bunların gıda ambalajlama uygulamaları araştırılmıştır. Petrol bazlı plastiklerin çevreye olumsuz etkileri nedeniyle, biyobazlı polimerlerin kullanımı gerekliliği vurgulanmıştır. Burada, biyopolimerlerden nanokompozit oluşturmak için en az bir boyutu nano olan zenginleştirme ajanları (nanopartiküller, dolgular) kullanılmıştır. Bu şekilde, polimerlerin mekanik ve bariyer özellikleri geliştirilmiştir. Mikro boyutlu hallerine oranla, nanopartiküllerin daha yüksek yüzey alanına sahip olduğu ve dolgu ile polimer arasındaki etkileşiminin materyalin performansını arttırdığı belirtilmiştir. Buna ek olarak, nanoyapıların, antimikrobiyel özellikler, oksijen yakalama, enzim immobilizasyonu, uygun olmayan sıcaklık ya da oksijen seviyesini belirten sensörler gibi aktif özellikler de sağlayabildikleri ifade edilmiştir (Söğüt vd., 2017).

2017 yılında yapılan bir çalışmada, poli(vinil-klorürün)/ TiO_2 nanokompozitlerin yiyecek paketlenmede, UV koruma özellikleri incelenmiştir. PVC nanokompozitler. PVC matrisine, aktif bileşenin eklenmesi (titanyum dioksit (TiO_2) veya gümüş nitrat ve bakır nitrat ile modifiye edilmiş titanyum dioksit) ile UV koruma işlevselliği kazandırılır. Burada, PVC nanokompozitleri ekstrüzyonla hazırlanır ve daha sonra filmlere preslenir. Hazırlanan PVC nanokompozitleri, termogravimetrik analiz, UV-

Vis spektroskopisi, X-ışını kırınımı ve SEM ile karakterize edilmiştir. Mekanik özellikler ve antimikrobiyal aktivite de incelenmiştir. Sonuçlar, PVC nanokompozitlerinin termal stabilitesinin, saf PVC polimerine göre arttığını göstermektedir. Ayrıca, gümüş nitrat içeriği daha yüksek olduğunda termal stabilite ve antimikrobiyal verimlilik artmaktadır. Gümüş ve bakır nitratla hazırlanan numune en iyi termal performansı göstermektedir (Krehula vd., 2017).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Deneydeki tüm maddeler, yüksek saflıkta Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. IR spektrumları, ATR bileşenli ($4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$) bir Perkin Elmer FT-IR spektrometresi aracılığıyla kaydedildi. ^1H ve ^{13}C nükleer manyetik rezonans spektrumları, standart tetrametilsilana (TMS) göre, solvent olarak DMSO-d₆ kullanılarak bir Bruker Avance III 400 MHz NMR spektrometresi üzerinde kaydedildi. Kütle spektrumları, ThermoScientific (TSQ Quantum Access Max) cihazında elde edildi. Termal analiz eğrileri Hitachi TGA-DTG/DTA 7300 ve Mettler Toledo TGA/DSC2 de kaydedildi. Deneyler, nitrojen altında $10^\circ\text{C}/\text{dk}$ ısıtma hızıyla $0\text{--}900^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında gerçekleştirildi. SEM görüntüleri, Feimarka Quanta FEG 250 Taramalı Elektron Mikroskobu üzerinde gözlemlendi. Molekül ağırlığı Shimadzu CBM 20-A GPC'de çözücü olarak DMF kullanılarak $0,5\text{ ml}/\text{dk}$ akış hızında ölçüldü. Spektrofotometrik yöntemle DPPH (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil) antioksidan aktivite tayini, Selçuk Üniversitesi Eczacılık Fakültesinde gerçekleştirildi. Araştırmada kullanılan sığır eti, karkasın omuz-kürek kısmını ihtiva eder. Aksaray'da yerel bir kasap olan Sağlık Et'den temin edilmiş olup, sığır eti kesim sonrası karkas halinde 1 gün dinlendirilmiştir. Buz granülleri içerisinde soğuk zincir altında, analizlerin gerçekleştirileceği Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir. Örnekler orta yoğunluktaki polietilen torbalar içerisinde konulup denemeye başlayıncaya kadar buzdolabının soğuk muhafaza bölümünde ($0\text{--}4^\circ\text{C}$) bekletilmiştir. Analizlerde kullanılacak tüm kimyasal maddeler analitik saflıktadır.

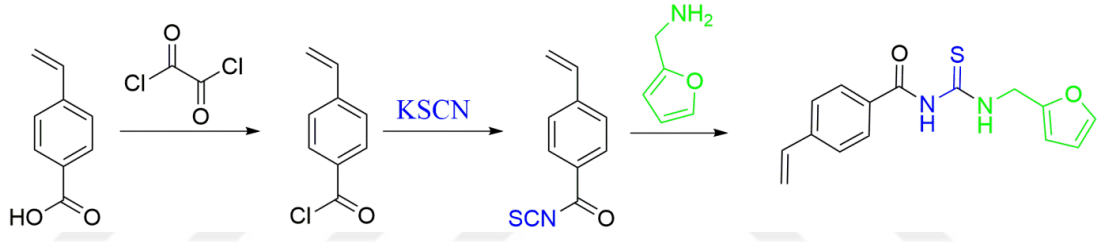
3.1 Maddelerin Sentezi

3.1.1 4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre 'nin (4VBT1) sentezi

$0,5\text{ g}$ ($3,37\text{ mmol}$) 4 Vinil benzoik asit 2 ml benzende çözülmüştür. Üzerine $0,58\text{ ml}$ ($6,74\text{ mmol}$) okzalil klorür ilave edilerek, $2,30\text{ h}$ geri soğutucu altında, oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Reaksiyon sonunda, okzalil klorür ve çözücünün fazlası, vakum altında döner buharlaştırıcıda uçurulmuştur (Nilles ve Theato 2007). Reaksiyon balonuna 20 ml aseton ilavesi ile maddenin tamamı çözülmüştür. Ayrı bir beherde $0,324\text{ g}$ ($3,37\text{ mmol}$) potasyum tiyosiyanat (KSCN) tartılıp 10 ml asetonda çözülerek, bu maddenin üzerine ilave edilmiştir. Çözeltinin rengi önce sarı, sonra turuncuya dönüşmüş ve

potasyum klorür tuzu beyaz çökelek halinde ayrılmıştır. 30 dakika geri soğutucuda 60°C’de karıştırılmaya devam edilmiştir. 0,3 ml furfuril amin ilavesi ile 15 h daha aynı sıcaklıkta karıştırılmıştır. Çözeltinin rengi kahverengiye dönüşmüştür. Soğuk 0,1 N 300 ml HCl’nin oda sıcaklığına gelen çözeltiye hızlı bir şekilde ilave edilmesi ile çöken kahverengi katı madde süzölmüş ve oda sıcaklığında kurutulmuştur. Reaksiyonlar ve 4VBT1 monomerinin görünüşü ise Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir.

Renk: Kahverengi. Verim: %90, Erime noktası: 118 °C. ¹H NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆ δ, ppm): 11,47-11,16 (s, 2H, NH), 7,93-7,59 (5H, Ar-H), 7,57-6,80 (2H, Ar-H), 6,78 (1H, CH), 6,04-5,42 (2H, CH₂), 4,86-4,87 (2H, CH₂) ¹³C NMR (100 MHz, DMSO, δ, ppm): 180,96 (C=S), 168,24 (C=O), 150,42-126,48(C-Ar), 111,08, 108,70 (CH₂), 117,89 (CH). (M+1, %100) 286,92 (Teorik kütle 286 g/mol)



Şekil 3.1. 4-Vinil N-Furfuril-N-Benzothioüre’nin (4VBT1) sentezi.



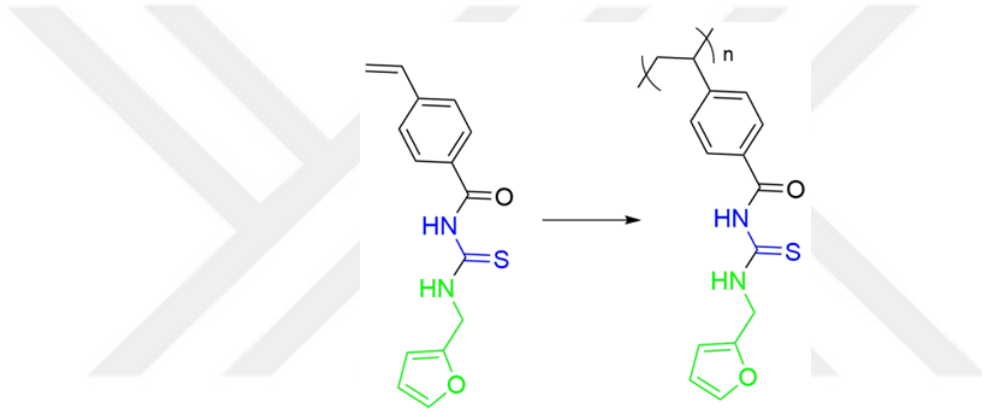
Şekil 3.2. 4-Vinil N-Furfuril-N-Benzothioüre’nin (4VBT1) görünüşü.

3.1.2 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzothioüre)’nin (P4VBT1) sentezi

Serbest radikalik polimerizasyon yöntemi kullanılarak, bir polimerizasyon tüpüne 0,113 g (0,39 mmol) 4-Vinil N-Furfuril-N-benzothioüre (4VBT1) monomeri üzerine serbest radikal başlatıcı olarak benzoil peroksit 0,004 g ilave edilmiştir. Hazırlanan

polimer tüpünden azot gazı geçirilerek, yağ banyosunda 120°C’de 24 h bekletilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan polimer, diklorometanda çözülerek heksanda çökeltme ile izole edilmiştir. Bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Çöktürülen polimer etüvde kurutulmuştur. Şekil 3.3’te P4VBT1 polimerinin sentez reaksiyonu ve Şekil 3.4’te görünüşü gösterilmektedir.

Renk: Koyu Kahverengi. Verim: %70, Erime noktası: >300°C. FT-IR (ATR, ν): 3400 (N-H), 2977.4 (C-H), 2322.3 (C=C), 1671.5 (C=O), 1263 (C=S). ^1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6 δ , ppm): 11.53-11.25 (NH), 8.36-6.01 (Ar-H), 4.91-4.15, 1.24-0.86 (CH₂), 2.12(CH). ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6 , δ , ppm): 180.95 (C=S), 168.31 (C=O), 150.42-126.49(C-Ar), 111.44-111.09 (CH), 110.83, 108,71 (CH₂)



Şekil 3.3. Poli (4-Vinil N-Furfuryl-N-Benzothioamide)’nin sentezi.

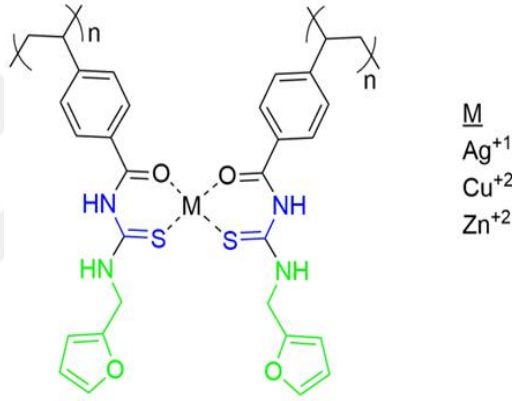


Şekil 3.4. Poli (4-Vinil N-Furfuryl-N-Benzothioamide)’nin görünüşü.

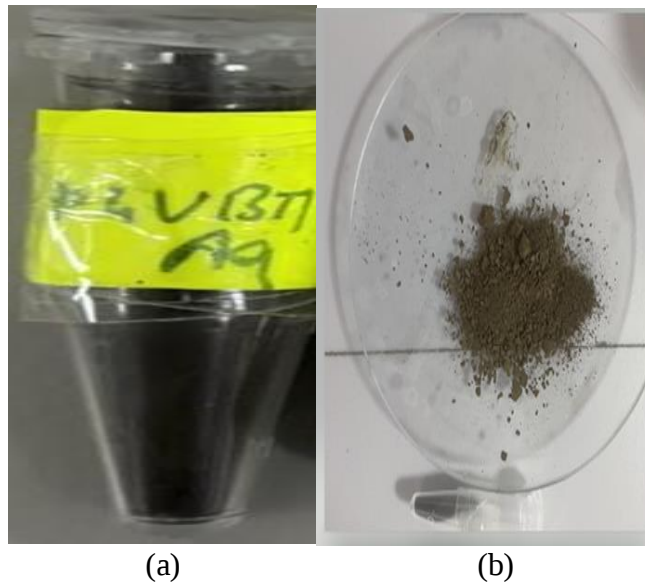
3.1.3 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyöüre) gümüş(I) (P4VBT1-Ag(I)) kompleksinin sentezi

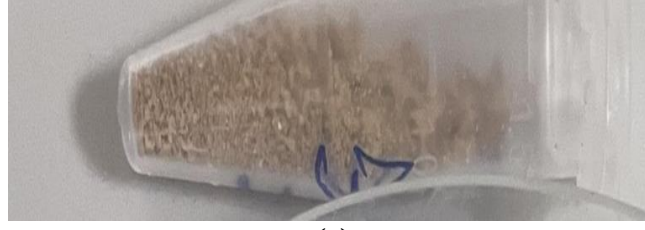
0,056 g P4VBT1 ligandı, 200 µl DMF ve 6 ml aseton çözücüsü içerisinde çözülerek üzerine aşırı miktarda 0,1 g gümüş nitrat (AgNO_3) tuzu 6 ml asetonunda çözülerek ilave edilmiştir. Su banyosunda 100°C 'de 10 h karıştırılmış ve renk siyaha dönmüştür. Çöken kompleks süzülerek aseton ve suda yıkanmıştır. Etüvde kurutulmuştur. Kompleksin yapısı ve görünüşü, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.

Renk: Siyah, Verim: %82, Erime noktası: $>300^\circ\text{C}$. FT-IR (ATR, ν): 2980,96 (C-H), 1690,88 (C=O), 1266,72 (C=S), 707,75 (O-M), 544,75 (S-M). ^1H NMR (400 MHz, $\text{DMSO}-d_6$ δ , ppm): 8,27-6,34 (Ar-H), 2,50-2,89 (CH), 3,37, 1,2-1,4(CH_2).



Şekil 3.5. Poli (4-Vinil N-furfuril-N-benzoiltiyöüre) metal kompleksinin olası yapısı.





(c)

Şekil 3.6. Poli (4-Vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre)'nin gümüş (a), bakır (b), çinko (c) kompleksinin görünüşü.

3.1.4 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre) Çinko(II) (P4VBT1-Zn(II)) kompleksinin sentezi

0,044 g P4VBT1 ligandı, 200 µl DMF ve 6 ml aseton çözücüsü içerisinde çözülerek üzerine aşırı miktarda 0,1 g çinko asetat ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) tuzu 6 ml asetonda çözülerek ilave edilmiştir. Su banyosunda 100°C 'de 10 h karıştırılmış ve renk krem-beyaza dönmüştür. Çöken kompleks süzülerek aseton ve suda yıkanmıştır. Etüvde kurutulmuştur. Kompleksin yapısı ve görünüşü Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.

Renk: Krem rengi. Verim: %80, Erime noktası: $>300^\circ\text{C}$. FT-IR (ATR, ν): 3288,7 (N-H), 2980 (C-H), 1647,7 (C=O), 1263,79 (C=S), 627,28 (O-M), 521 (S-M) ^1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6 δ , ppm): 11,22-8,19-6,30 (Ar-H), 2,89-2,73 (CH), 4,88-4,19, 1,92-1,23 (CH_2)

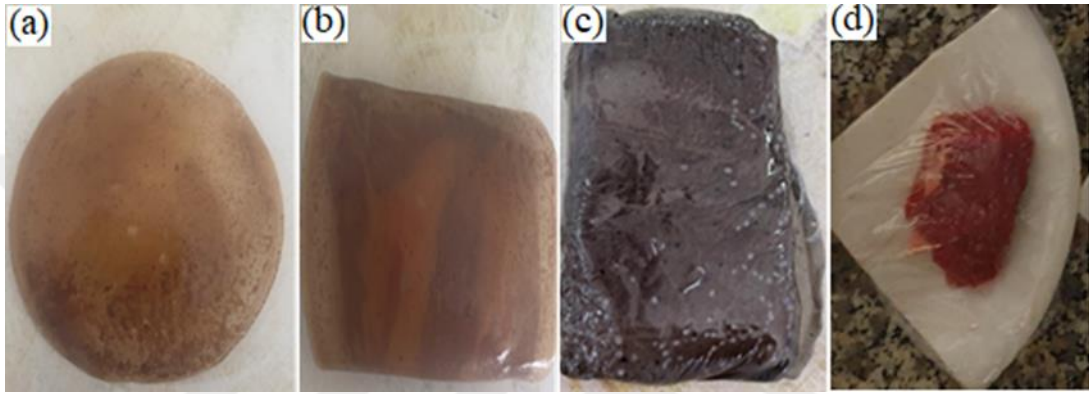
3.1.5 Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-Benzoiltiyoüre) Bakır(II) (P4VBT1-Cu(II)) kompleksinin sentezi

0,43 g P4VBT1 ligandı, 1 ml DMF ve 10 ml aseton çözücüsünde çözülerek üzerine aşırı miktarda 0,86 g CuCl_2 tuzu 10 ml asetonda çözülerek ilave edilmiştir. Su banyosunda 100°C 'de 10 h karıştırılmış ve renk yeşile dönmüştür. Çöken kompleks süzülerek, aseton ve suda yıkanmıştır. Etüvde kurutulmuştur. Kompleksin yapısı ve görünüşü Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.

Renk: Yeşil, Verim: %82, Erime noktası: $>300^\circ\text{C}$. FT-IR (ATR, ν): 3442,2, 3336,3 (N-H), 2979,5 (C-H), 2322,3 (C=C), 1606,7 (C=O), 1256 (C=S), 702,95 (O-M), 506 (S-M), ^1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6 δ , ppm): 9,51-9,17 (NH), 8,10-6,20 (Ar-H), 6,0-5,31, 1,43-0,88 (CH_2), 1,77(CH)

3.2 Polimer Filmlerin Hazırlanması

Ayrı beherlerde, 20 mg P4VBT1 polimeri ve P4VBT1-Ag(I) kompleksi 2 ml dimetilsülfoksit ve 10 ml aseton karışımında çözülmüştür. Ağırlıkça %10 polistiren asetonunda çözülerek bu çözeltilere ilave edilmiştir. Bu çözeltiler, iki ayrı petri kabına dökülmüştür. Çözücüsü buharlaştırılarak, petri kabından ince film halinde kaldırılmıştır. Hemen ete sarılmıştır. Elde edilen film ve ambalaj görüntüleri Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. (a) P4VBT1 filminin görüntüsü, (b) ete sarılmış P4VBT1, (c) ete sarılmış P4VBT1-Ag(I), (d) ete sarılmış kontrol örneği (polistiren+streç film).

3.3. Gıda Ambalaj Çalışmaları

3.3.1 Deneme deseni

Bu çalışma tesadüf parselleri deneme tertibine göre kurulmuştur. Deneme, 3 farklı ambalaj materyali ile paketlenecek sığır eti örnekleri üzerinde, 2 tekerrürlü ve her bir tekerrürde 3 paralel olacak şekilde yürütülmüştür. Her bir ambalaj içerisinde 50 g et paketlenmiştir. 1. grup sığır eti örnekleri - K (kontrol): Polistiren kaplar (PS+SF) içerisine koyulup üzeri streç filmle kaplanmıştır; 2. grup sığır eti örnekleri – A: P4VBT1 (Poli (4-vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre) materyali ile ambalajlanmıştır; 3. grup sığır eti örnekleri – B:P4VBT1-Ag(I) (Poli (4-vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre) Ag(I) kompleksi) materyali ile ambalajlanmıştır. P4VBT1 (Poli (4-vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre) ve P4VBT1-Ag(I) (Poli (4-vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre)Ag(I) materyalleri çalışmamızda yeni sentezlenmiş olan ambalaj materyalleridir.

Ambalajlanacak sığır eti örneklerinde ambalajlanma işlemi uygulanmadan önce; nem, protein, yağ, kül, pH, peroksit ve renk (L^* , a^* , b^*) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ambalajlanmış ve 0-4°C’de muhafaza edilmiş sığır eti örneklerinin depolama sürecinin 1., 5., 10. ve 14. günlerinde nem, pH, peroksit, renk analizi, Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri (TPAB), Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB), Koliform grubu bakteriler ve *Escherichia coli* sayımı analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ambalajlanmış sığır eti örneklerinin çeşitli özellikleri 2 tekerrürlü olarak çalışılmıştır. Analizler her bir tekerrürde 3 paralel olacak şekilde yürütülmüştür. Böylece rutin analizler için her bir parametre, faktöriyel deneme desenine göre $3 \times 2 \times 3 = 18$ örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya ait deneme deseni Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ambalajlanmış sığır eti örneklerine ait deneme deseni.

Raf Ömrü	Tekerrür	Ambalaj Çeşidi		
		K (kontrol): PS+SF (polistiren tabak + streç film) ile ambalajlanmış sığır eti	A: P4VBT1 (Poli (4-vinil N-furfuril-N-benzoiltiyöüre) ile ambalajlanmış sığır eti	B: P4VBT1-Ag(I) (Poli (4-vinil N-furfuril-N-benzoiltiyöüre)Ag(I) ile ambalajlanmış sığır eti
1.gün	I.	3	3	3
	II.	3	3	3
5. gün	I.	3	3	3
	II.	3	3	3
10. gün	I.	3	3	3
	II.	3	3	3
14. gün	I.	3	3	3
	II.	3	3	3

3.4 Yöntem

3.4.1 Nem tayini

Örneklerin her birinden 5-10 g alınarak, kurumadde kabına konulmuştur. Kurumadde kabı $105 \pm 2^\circ\text{C}$ ’ye ayarlı etüvde sabit tartıma gelinceye kadar, yaklaşık 18 saat tutulmuştur. Etüvden çıkarılan örnekler desikatörde soğutulup tartılmıştır (AOAC, 2000).

3.4.2 Protein tayini

Kjeldahl tüpüne, her bir örnekten 1-2 g tartılarak aktarılmıştır. Tüp içine katalizör tablet ($K_2SO_4:CuSO_4$) konulmuş ve 25 ml derişik sülfürik asit ilave edilerek renk tamamen berraklaşınca kadar yakma ünitesinde örneğin asitle parçalanması sağlanmıştır. Yakma işleminden sonra distilasyon ünitesine yerleştirilen örnek, borik asit (%3) ve sodyum hidroksit (%32) çözeltileri ile distile edilmiştir. Daha sonra toplanan distilat hidroklorik asit çözeltisi ile titre edilmiş ve protein miktarı (% protein = % N x 6,25) hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.4.3 Toplam yağ tayini

5'er g et örneklerinden alınarak, ekstraksiyon kartuşuna yerleştirilmiştir. Dietileterle 5-6 kez sirkülasyonundan sonra, balona toplanan dietileter-yag bir geri soğutucu altında birbirinden ayrılmıştır. Balon + yağ 125 °C'deki bir etüvde 30 dk bekletilerek balonda kalan dietileter uçurulmuştur. Balon + yağ bir desikatöre alınmıştır. Soğutulduktan sonra tartılmış ve örnekteki yağ miktarı (%) hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.4.4 Toplam kül tayini

Örneklerden yaklaşık 2,0-2,5'ar g alınarak porselen krozelere tartılmıştır ve 525±2°C'deki kül fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılarak toplam kül miktarı (%) belirlenmiştir (AOAC, 2000).

3.4.5 pH tayini

Homojen hale getirilmiş her bir et örneğinden 10 g alınarak üzerine 100 ml saf su ilave edilip uygun bir karıştırıcı ile 1 dakika karıştırılıp homojenize edilerek pH metre ile pH tayini yapılmıştır (Gökalp vd., 2012).

3.4.6 Peroksit sayısı tayini

Peroksit analizi titrimetrik yöntemle yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, ambalajlanan et örneklerinde depolama sırasında oluşan birincil lipid oksidasyonu ürünlerini saptamaktır (Ockerman, 1985). 30 ml kloroform-asetik asit karışımı (1:1, v/v) ile et örnekleri içerisindeki yağ ekstrakte edilmiştir. Üzerine 0,5 ml doygun potasyum

iyodür (KI) çözeltisi eklendikten sonra 5 dakika süre ile karanlık ortamda bekletilmiştir. Karışıma 30 ml saf su ve 1 ml nişasta çözeltisi (1,0%, w/v) eklendikten sonra 0,01 N sodyum tiyosülfat ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Örneklerin peroksit değerleri meq O₂/ kg yağ olarak ifade edilmiştir (Denklem 3.1).

$$\text{Peroksit Sayısı} = (S - B) \times N \times 1000 / W \quad (3.1)$$

S: Titrasyonda harcanan tiyosülfat (ml) B: Kör için harcanan tiyosülfat (ml)

B: Kör için harcanan tiyosülfat (ml) N: Tiyosülfat normalitesi (ml)

3.4.7 Renk analizi

Kalorimetri cihazı kullanılarak (CR-400 Minolta Co, Osaka, Japan), örneklerin renk yoğunlukları belirlenmiştir. Üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELab (Commision Internationale de l'Eclairage) tarafından verilen kriterlere göre L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiştir. Bu kriterlere göre; L^* ; $L^*=0$, siyah- $L^*=100$, beyaz (koyuluk-açıklık/parlaklık); a^* ; +60=kırmızı, -60=yeşil ve b^* ; +60=sarı; -60=mavi renk yoğunluklarını göstermektedir (Hunt vd., 1991).

3.4.8 Mikrobiyolojik analizler

Sığır eti örneklerinden her grup için ayrı olmak üzere aseptik koşullarda 10'ar g steril poşetlere tartılmıştır. Daha sonra 90 ml peptonlu su ilave edilerek stomacherde homojenize edilmiştir. Elde edilen dilüsyondan seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Uygun dilüsyonlardan steril petri kutularına mikrobiyolojik ekimler yapıldıktan sonra oluşan koloniler sayılarak rapor edilmiştir. Mikrobiyolojik analiz olarak Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB), Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), Toplam Koliform grubu bakteri sayımı ve *Escherichia coli* sayımı yapılmıştır.

3.4.9 Toplam psikrofilik aerobik bakteri (TPAB) sayımı

Plate Count Agar (Merck) besiyerine dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış ve 4°C'de 10 gün inkübe edildikten sonra koloni sayımı yapılmıştır (Gökalp vd., 2012).

3.4.10 Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) sayımı

Plate Count Agar (PCA, Merck, 1.05463.0500, Germany) besiyerine, dökme plak yöntemine göre ekim yapılmış ve 30°C'de 24-48 saatlik inkübasyondan sonra oluşan koloniler sayılmıştır (Bulat vd., 2020).

3.4.11 Toplam koliform grubu bakteri sayımı

Violet Red Bile Agar'a (VRB) (Oxoid), uygun dilüsyonlardan yayma plak yöntemine göre ekim yapılarak plaklar 37 °C'de 24 saat süreyle inkübe edilmiştir. Besiyerinde üreyen pembe-kırmızı 0,5-1.0 mm büyüklükte çöküntü oluşturan koloniler sayılarak değerlendirme yapılmıştır (Hitchins vd., 1996).

3.4.12 *Escherichia coli* sayımı

Chromocult TBX (Tryptone Bile Xglucuronide) Agar (OXOID CM0945), *Escherichia coli* sayısının saptanmasında kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan (1'er ml) dökme plak yöntemi ile ekim yapılarak petriler 44°C'de 24-48 h inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda; mavimsi yeşil renkli üreyen koloniler sayılmıştır. Elde edilen sayım sonuçları kob/g olarak kaydedilmiştir (TS, 2012).

3.4.13 Spektrofotometrik yöntemle DPPH antioksidan aktivite tayini

Spektrofotometrik analizde analitik saflıkta metanol (Merck), Metanol (Merck) 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (Merck), dimetilsülfoksit (Merck) ve butilhidroksi anisole (Sigma-Aldrich Chemical Co.) kullanılmıştır. Selçuk Üniversitesi Eczacılık Fakültesinde bulunan Spektrofotometre (Shimadzu UV-Vis Spektrofotometre) kullanılmıştır. Numunelerin DPPH radikalini süpürme etkisi Sanchez-Moreno metodu esas alınarak belirlenmiştir (Sánchez-Moreno vd., 1999). Bu amaçla, sentetik antioksidan olan 0,01 mg/mL bütillenmiş hidroksianisol (BHA) kontrol numunesi ve P4VBT1 ve P4VBT1 Ag(I) numunelerin 0,01 ve 0,1 mg/mL konsantrasyonun da çözeltileri hazırlanmıştır. DPPH'in kalibrasyon eğrisi için yine farklı konsantrasyonlarda (2,5, 5, 10, 12,5, 15 µM) DPPH çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan numune çözeltilerinden 0,5 mL alınarak her birinin üzerine 3 mL DPPH çözeltisi (10 µM) ilave edilmiştir. Karışım kuvvetlice karıştırılıp ağzı kapatıldıktan sonra 30 dakika süre ile karanlıkta bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda her bir çözeltinin

absorbansı spektrofotometrede 517 nm’de ölçölüp kaydedilmiştir. Çözeltilerin inhibisyon değeri hesaplanmıştır.

A boş-blank: DPPH absorbansı, A numune: DPPH+Numune absorbansıdır.

Pozitif kontrol: BHA

Negatif kontrol: Numune (DPPH’siz)

DPPH metanolde çözülmüştür. Bu çözeltiden 2 mg/mL stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltiden hareketle 2,5, 5, 10, 12,5, 15 µM konsantrasyonunda standart DPPH çözeltisi hazırlanmıştır.

3.4.14 İstatistiksel analizler

Elde edilen veriler ile deneme desenine uygun şekilde çizelgeler hazırlanmıştır. MINITAB release 16,0 programında Varyans Analizine tabi tutulmuş olup grup ortalamaları arasındaki farklılıkların önemli olup olmadığının kontrolü için Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. Veriler tesadüf parselleri deneme tertibinde faktöriyel deneme desenine göre analiz edilmiştir (Snedecor ve Cochran, 1980).

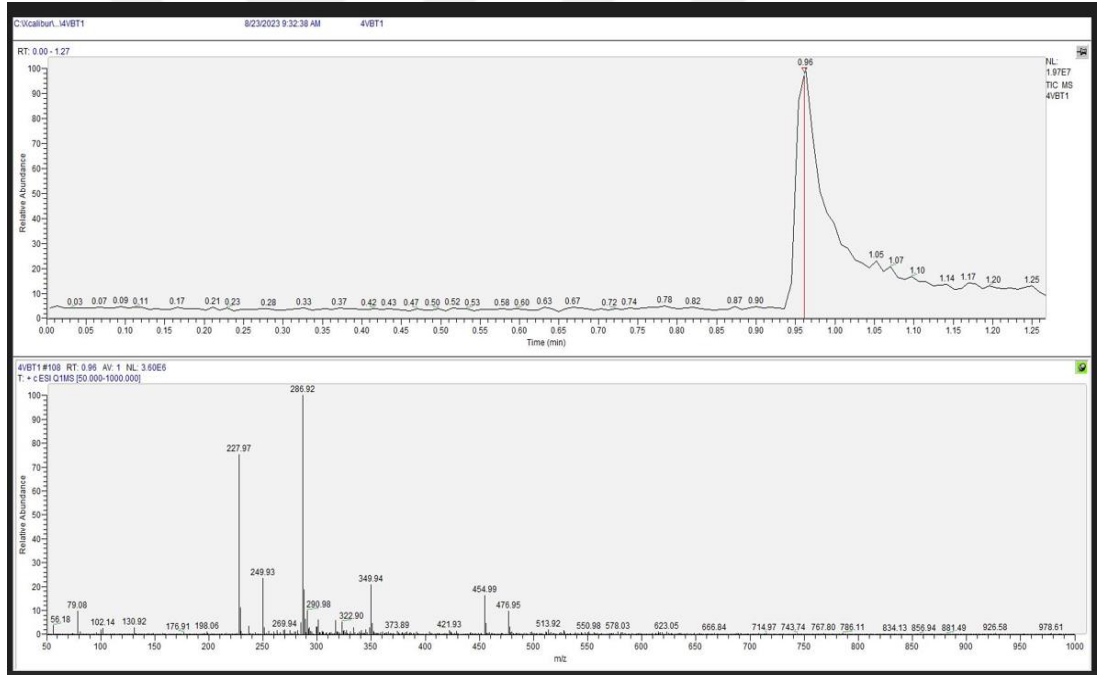
4. BULGULAR

4.1 Sentezlenen Maddelerin Analiz Sonuçları

Proje kapsamında sentezlenen monomer, polimerik ligand (P4VBT1) ve metal komplekslerinin karakterizasyon verilerine ait analiz sonuçları, aşağıda verilmiştir. Sunulan veriler, önerilen moleküllerin formülleri ile uyum halindedir

4.1.1 LC-MS sonuçları

Spektrumda en yüksek kütleli iyon, moleküler iyon olarak değerlendirilir. Daha düşük kütleli iyonlar ise moleküler iyonun parçalanma ürünleridir. 4VBT1 monomerine ait, moleküler iyon piki (M+1) 286,92 değerindedir. Bu sonuç (Şekil 4.1) 4VBT1 monomerinin ($C_{15}H_{14}O_2N_2S$) 286 g/mol teorik değeri ile uyum içindedir.

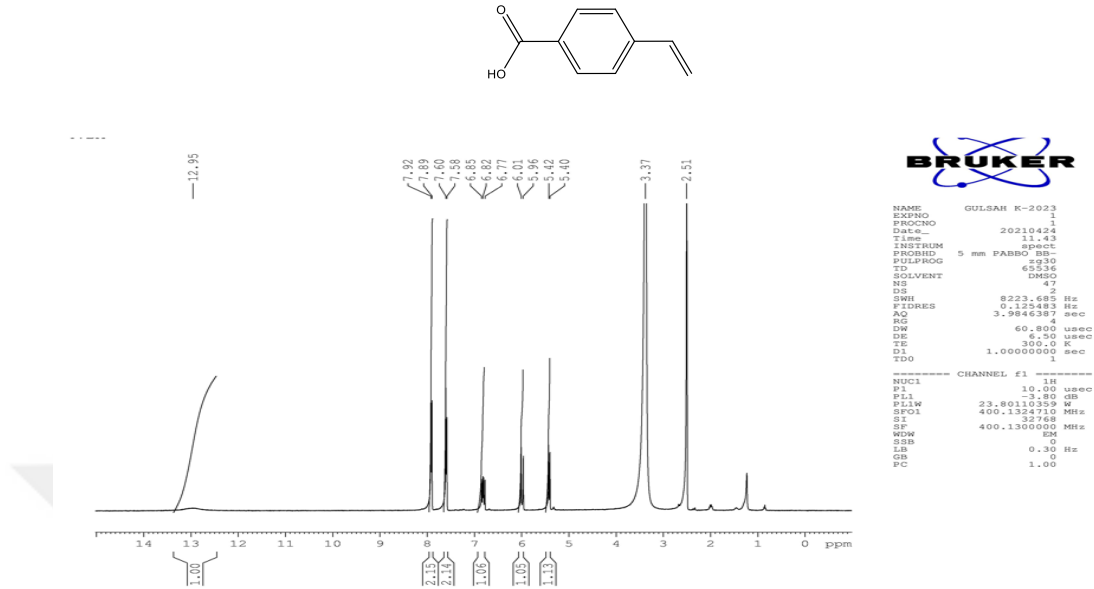


Şekil 4.1. 4VBT1'in LC-MS sonucu.

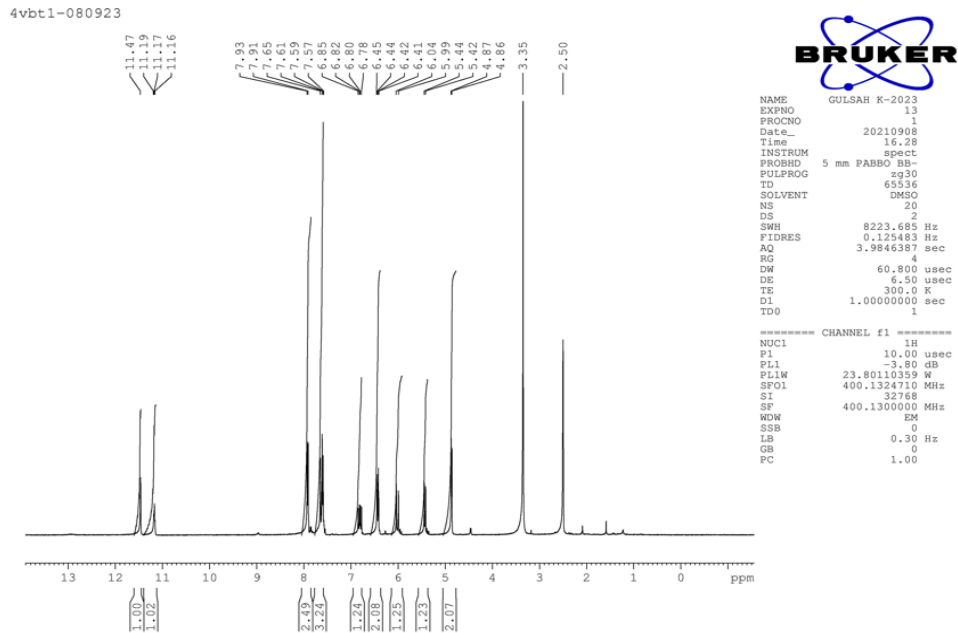
4.1.2 NMR analiz sonuçları

4VBA, 4VBT1, P4VBT1 ve metal komplekslerinin 1H -NMR spektrumu DMSO- d_6 da alınmıştır. 4-Vinil benzoikasit (4VBA) çıkış reaktifinin, 1H -NMR spektrumu (Şekil 4.2) incelendiğinde; 13 ppm'de ortaya çıkan pik OH, 7,92-7,58 ppm aralığında

multiplet olarak ortaya çıkan sinyaller ise benzen ve 6,85-6,77 ppm aralığı CH, 6,01-5,40 aralığında ki pikler ise CH₂ alifatik gruplarına aittir.



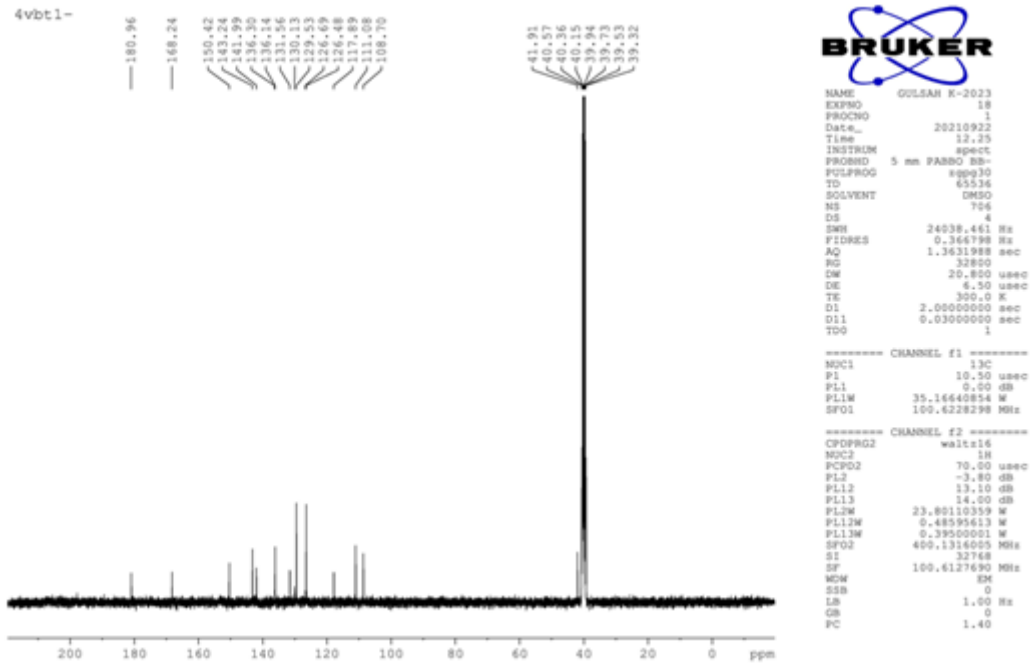
Şekil 4.2. Çıkış reaktifi saf 4-Vinil benzoik asitin (4VBA) ¹H NMR sonucu.



Şekil 4.3. 4VBT1 monomerinin ¹H NMR sonucu.

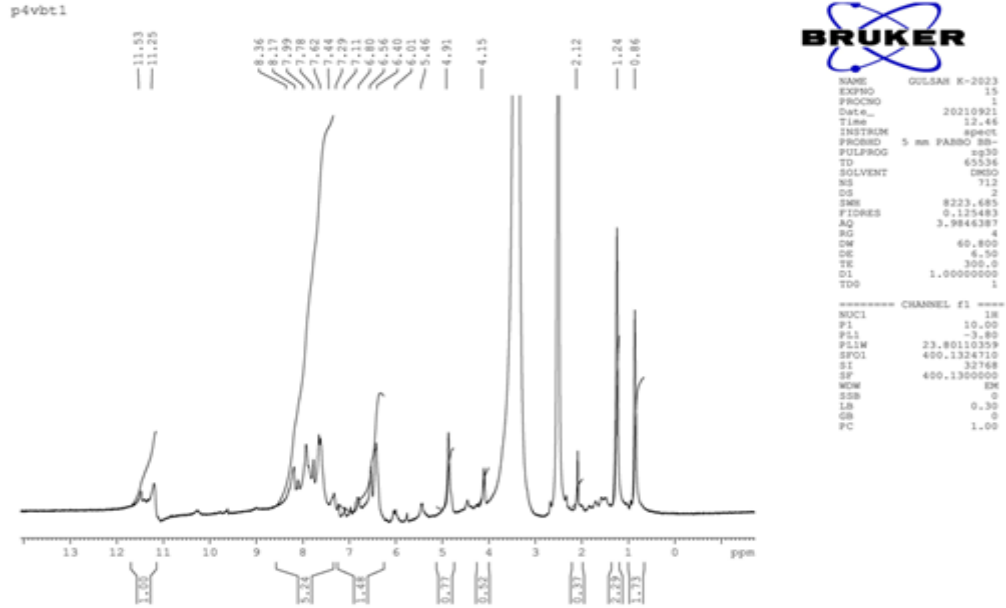
4VBT1 monomerinin ¹H-NMR spektrumu (Şekil 4.3) incelendiğinde; 11,47 ppm'de singlet olarak ortaya çıkan pik tiyokarbonil grubu ile karbonil grubu arasında kalan -NH bağına ait iken 11,9-11,17 ppm'de tek protona karşılık gelen sinyal ise

tiyokarbonil grubuna bağlı –NH bağına ait pik olarak gözlemlenmektedir. İki elektronegatif bağ arasında kalan proton, yüksek alana doğru daha fazla kimyasal kayma değeri göstermektedir. 4VBA'daki 13 ppm de OH protonuna ait pik burada kaybolmuştur. Bu durum yapıyı doğrulamaktadır. 7,93-7,54 ppm aralığında multiplet olarak ortaya çıkan sinyaller benzen ve 7,57-6,41 ppm aralığında ki sinyaller ise furan halkalı yapıdaki protonlara ait olduğu belirlenmiştir. Alifatik CH ait kimyasal kayma değeri 6,78 ppm, alifatik CH₂'lere ait kimyasal kayma değeri ise 6,04-5,42 ve 4,86-4,87 ppm aralığında ortaya çıkmıştır.



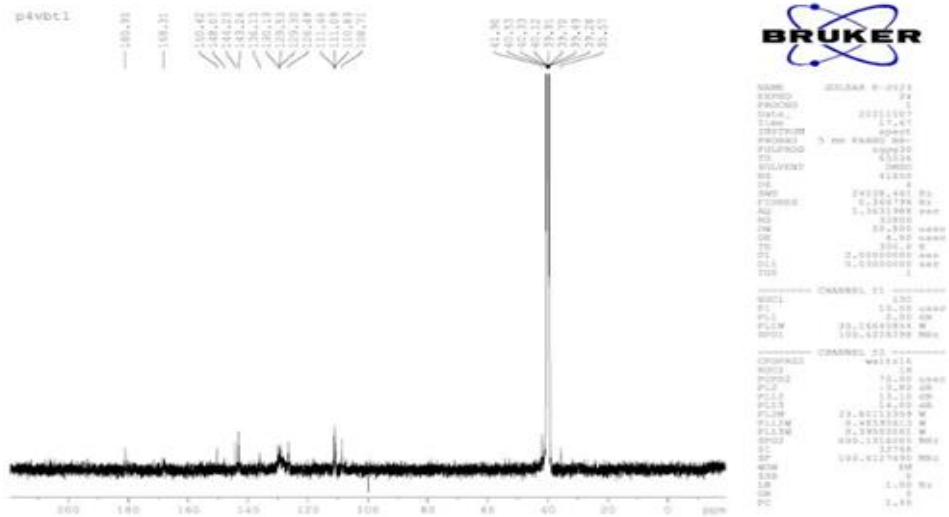
Şekil 4.4. 4VBT1 monomerinin ¹³CNMR sonucu.

4VBT1'in ¹³C-NMR spektrumu DMSO-*d*₆ çözücüsü kullanılarak alınmıştır. Bu ligandının ¹³C-NMR spektrumu (Şekil 4.4) incelendiğinde tiyokarbonil karbonuna (C=S) ait pik ise 180,96 ppm'de, karbonil karbonuna (C=O) ait pik 168,24 ppm'de gözlemlenmiştir. Oksijen ve kükürt atomlarının elektronegatifliklerinin yüksek olması nedeni ile bu atomlara bağlı karbon atomları yüksek kimyasal kayma değerleri göstermişlerdir. Benzen ve furan halkası karbon atomlarına ait sinyaller 150,42-126,48 ppm'de görülmektedir. 108,70 ppm'de ortaya çıkan sinyaller ise furfuril grubu CH₂ karbonuna aittir. 117,89 ppm, diğer alifatik CH ve 111,08 ppm ise alifatik CH₂ grubuna aittir.



Şekil 4.5. P4VBT1 polimerinin ¹H NMR sonucu

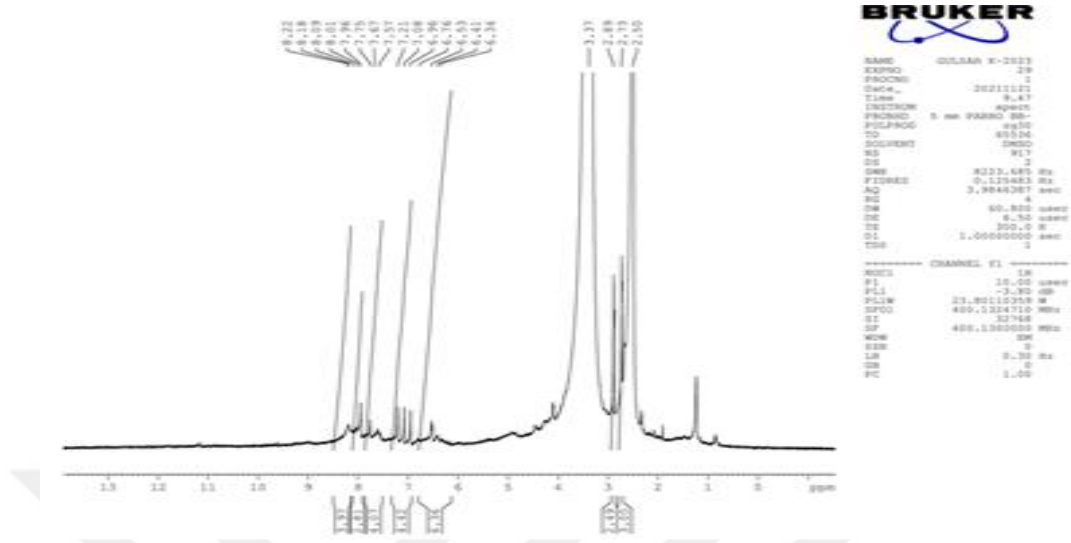
PVBT1 polimerinin ¹H-NMR spektrumu (Şekil 4.5) incelendiğinde, pik yoğunluğu polimer oluşumunu kanıtlamaktadır. 11,53-11,25 ppm aralığı NH protonlarını, 8,36-6,01 ppm aralığı benzen halkası ve furfuril halkasına ait pikleri, 4,15-4,91 ppm ve 1,24-0,86 ppm alifatik CH₂'leri göstermektedir. CH grubuna ait pikler ise 2,12 ppm'de gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6. P4VBT1 polimerinin ¹³C NMR sonucu.

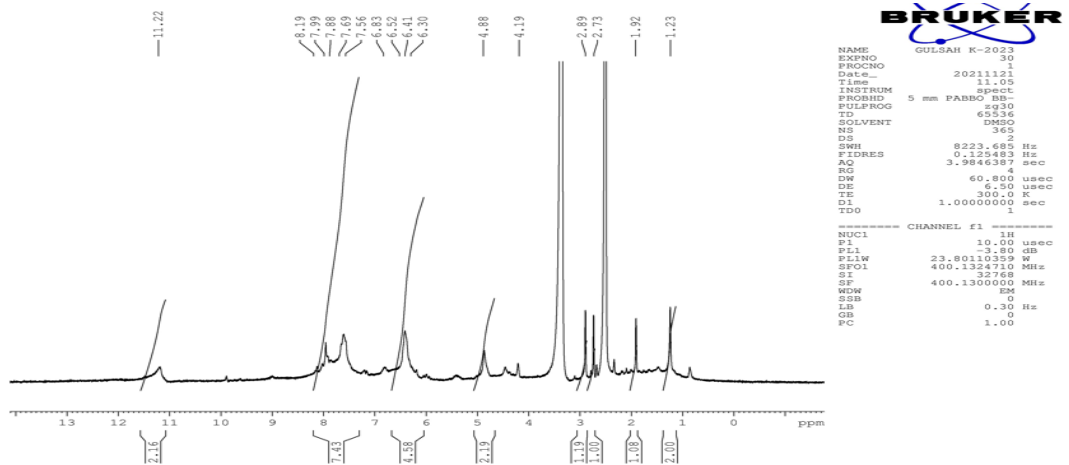
Polimerik ligandın (P4VBT1) ¹³C-NMR spektrumu (Şekil 4.6) incelendiğinde tiyokarbonil karbonuna ait pik ise 180,95 ppm'de, karbonil karbonuna ait pik 168,31 ppm'de gözlemlenmiştir. Benzen ve furfuril halkasındaki aromatik karbon atomlarına

ait pikler 150,42-126,49 ppm aralığında görülmüştür. 111,44-111,9 ppm aralığında alifatik CH, 108,71 ve 110,83 ppm de ise alifatik CH₂ grubu pikleri tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin ¹H NMR sonucu.

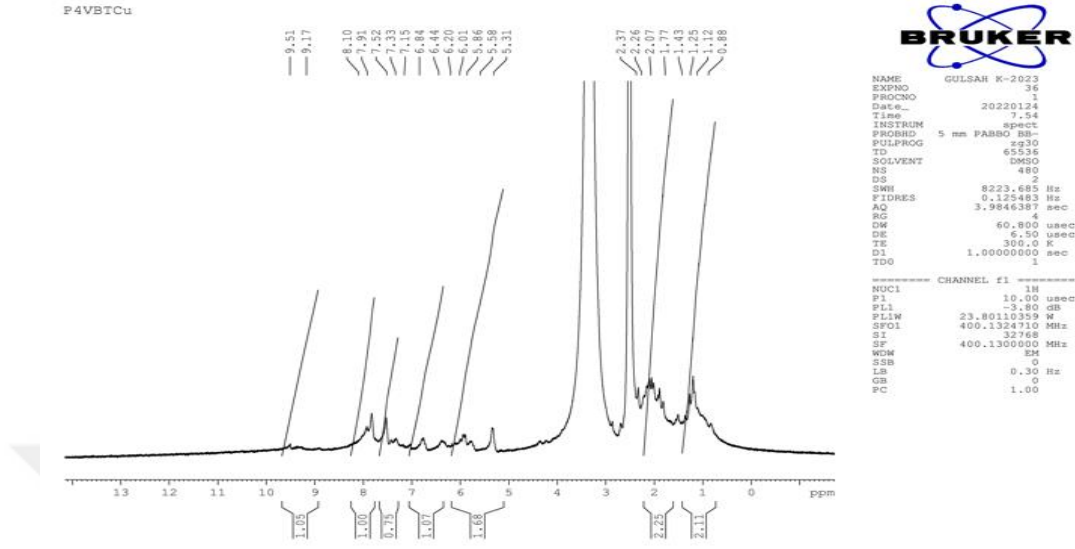
Gümüş komplekslerin ¹H NMR verileri, değerlendirildiğinde, ilk dikkati çeken değişiklik ligandların ¹H NMR spektrumlarında δ 11,54-11,23 aralığında gözlemlenen NH protonuna ait sinyalin, kompleks ¹H NMR spektrumunda gözlemlenmemesidir. Gözlenen bu büyük değişiklik, önerilen moleküler yapı ile uyum halindedir. Polimerik ligand yapısında bulunan ve kompleks bileşiğe değişikliğe uğramadan aktarılan diğer gruplara ait ¹H NMR sinyallerinde küçük kaymalar gözlemlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.8. P4VBT1-Zn(II) kompleksinin ¹H NMR sonucu.

Çinko kompleksinin, ¹H NMR verileri değerlendirildiğinde, farklı olarak, δ 11,22 deki NH protonu varlığını koruduğu gözlemlenmiştir. Bunun koordinasyonun dışındaki NH

protonu ait olduğu söylenebilir. Yine, diğer gruplara ait ^1H NMR sinyallerinde küçük kaymalar tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin ^1H NMR sonucu.

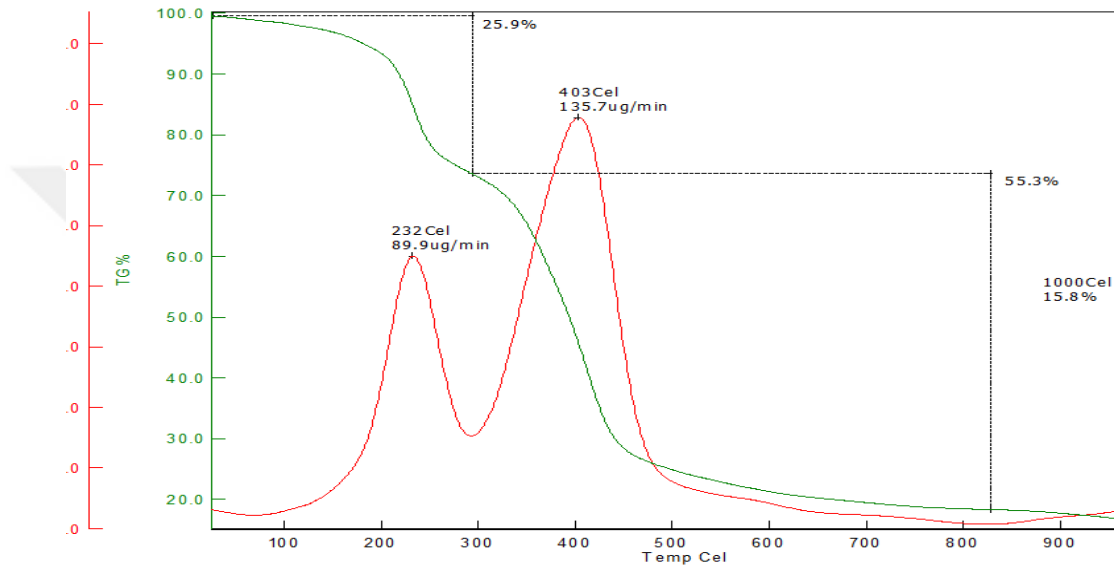
Bakır kompleksinin (P4VBT1-Cu(II)) ^1H NMR verileri incelendiğinde δ 9,51-9,17 deki NH protonu varlığını gözlemlenmiştir. Bunun koordinasyonun dışındaki NH protonu ait olduğu söylenebilir. Yine, diğer gruplara ait ^1H NMR sinyallerinde küçük kaymalar tespit edilmiştir.

4.1.3 TGA-DSC sonuçları

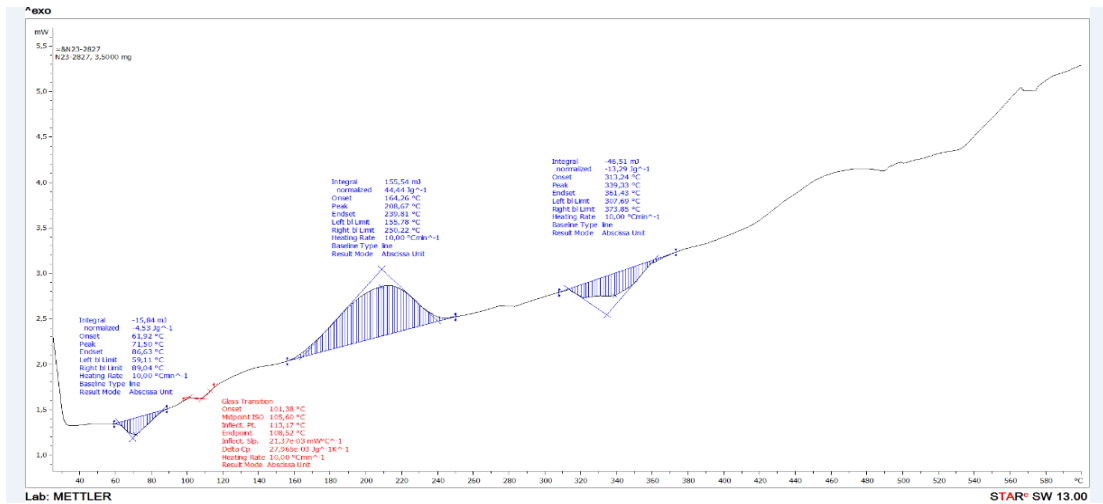
Sentezlenen P4VBT1 polimerik ligandın TG/DTG termal diyagramları ortam sıcaklığı ile 900°C arasında ve azot atmosferi altında dakikada 10°C sıcaklık artışı sonucu elde edilmiştir. Polimerik ligandın (P4VBT1) TG eğrileri incelendiğinde (Şekil 4.10) 900°C 'ye kadar gerçekleşen bozunma iki basamakta meydana gelmekte, ilk bozunmadaki kütle kaybı %25,9 iken sonraki bozunmadaki kütle kaybı %55,3 olarak bulunmuştur. Toplam kütle kaybı 81,2'dir. Sıcaklık aralıkları ise sırasıyla $25-300^\circ\text{C}$ ve $300-850^\circ\text{C}$ aralığındadır. 850°C 'den sonra hafif bir kütle artışı gözlemlenmektedir. Bileşiklerin bozunma basamakları ve maksimum termal bozunmanın olduğu sıcaklıklar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Polimere ait termal veriler.

Polimer	TG aralığı (°C)	DTG maksimum (°C)	Deneysel Kütle Kaybı (%)	Değişim	Erime noktası (Te)	Camsı geçiş sıcaklığı (Tc)
P4VBT1	25-300	232	25,9	Polimerik ligandın ayrılması	339,33	113,17
	300-850	403	55,3	Polimerik ligandın ayrılması		



Şekil 4.10. P4VBT1 polimerinin TGA sonucu.

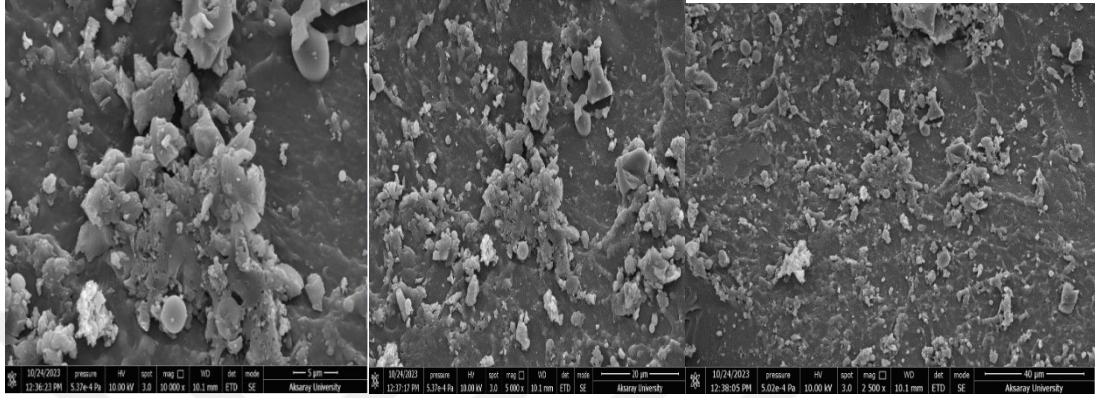


Şekil 4.11. P4VBT1 polimerinin DSC sonucu.

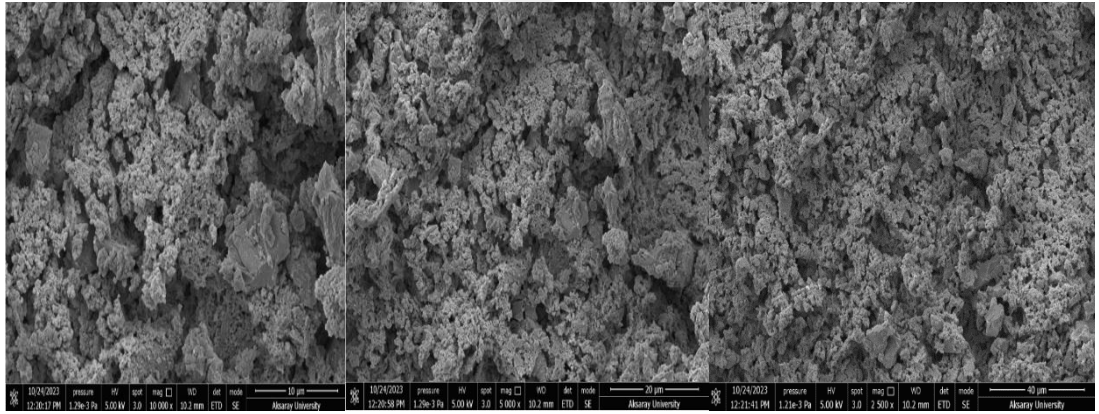
Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC), bir malzemenin ısı kapasitesinin (Cp) sıcaklıkla nasıl değiştiğini inceleyen bir termal analiz tekniğidir. P4VBT1'in DSC

analizinde, T_g 'nin (camsı geçiş sıcaklığının) $113,17^{\circ}\text{C}$, erime noktasının $339,33^{\circ}\text{C}$, kristallenme sıcaklığı ise $208,67^{\circ}\text{C}$ olarak tespit edilmiştir. Endotermik pik yukarı gösteriyor, erime ekzo yönünde olmalıdır. Entalpi değeri de $27,965\text{ j/g}$ 'dır.

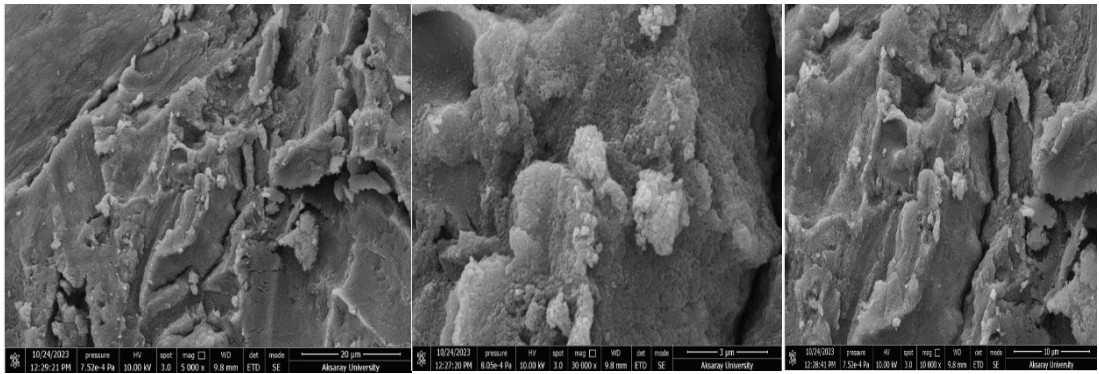
4.1.4 SEM-EDX analizi sonuçları



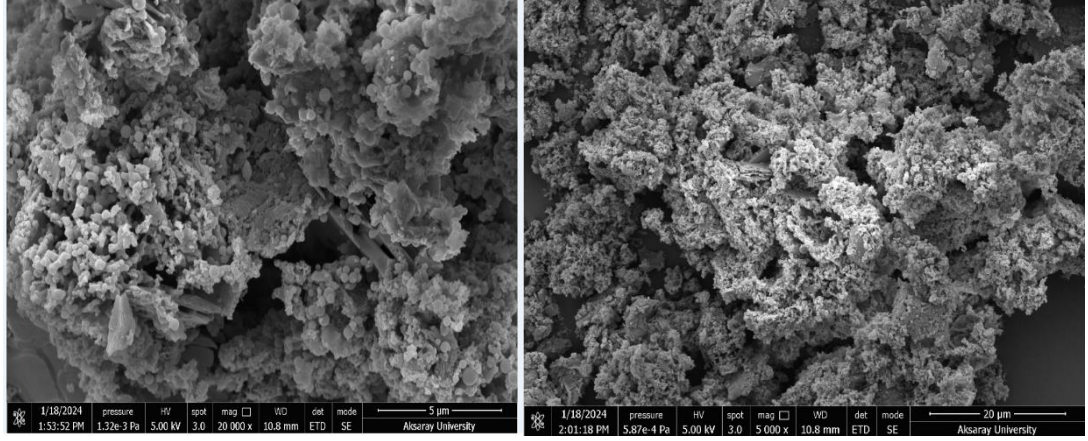
Şekil 4.12. P4VBT1 polimerinin SEM görüntüleri.



Şekil 4.13. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin SEM görüntüleri.



Şekil 4.14. P4VBT1-Zn(II) kompleksinin SEM görüntüleri.



Şekil 4.15. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin SEM görüntüleri.

Sentezlenen polimerin (P4VBT1) ve onun komplekslerinin SEM yüzey görüntüleri farklı büyütme oranlarında (5000-30000) (Şekil 4.12, Şekil 4.15) karşılaştırıldı. Kompleks oluşum öncesi ve sonrası, polimerin yüzey özellikleri ve morfolojisi tamamen değişmiştir. Bu değişim, gümüş kompleksinde daha fazladır. EDX sonuçları da P4VBT1'in %57,76 oranında gümüş bağladığını göstermektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2. P4VBT1 polimerinin EDX sonuçları.

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %
C K	64,87	74,42	334,88	8,63
N K	10,08	9,91	15,94	17,69
O K	11,35	9,77	57,84	12,1
S K	13,71	5,89	149,65	4,16

Çizelge 4.3. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin EDX sonuçları.

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %
C K	19,25	49,4	98,16	9,48
N K	3,73	8,2	8,94	21,87
O K	7,63	14,71	30,03	15,02
S K	11,63	11,19	114,57	6,65
AgL	57,76	16,51	193,1	5,3

Çizelge 4.4. P4VBT1-Zn (II) kompleksinin EDX sonuçları.

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %
C K	57,67	71,51	206,38	9,6
N K	9,4	9,99	12,9	18,49
O K	10,64	9,91	46,58	13,34
ZnL	7,46	1,7	42,92	7,03
S K	14,82	6,88	131,11	4,63

Çizelge 4.5. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin EDX sonuçları.

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %
C K	46,9	66,48	172,87	9,06
N K	5,53	6,73	7,34	18,79
O K	16,22	17,26	74,6	11,11
S K	4,32	2,29	76,13	3,7
CuK	27,03	7,24	49,95	7,33

Sentezlenen maddelerin elementel bileşimi için, EDX analizinden yararlanılmıştır. Bu sonuçlar Çizelge 4.2-4.5 aralığında verilmiştir. Polimerik ligand P4VBT1 için teorik elementel analiz değerleri %63 C, %9,7 N, %11,18 S şeklindedir. Bu EDX sonuçları ile uyum içerisindedir. Gümüş, bakır, çinko bağlanınca, karbon, azot ve kükürt değerlerindeki düşüş ve bulunan metal yüzdeleri, metallerin varlığını göstermektedir.

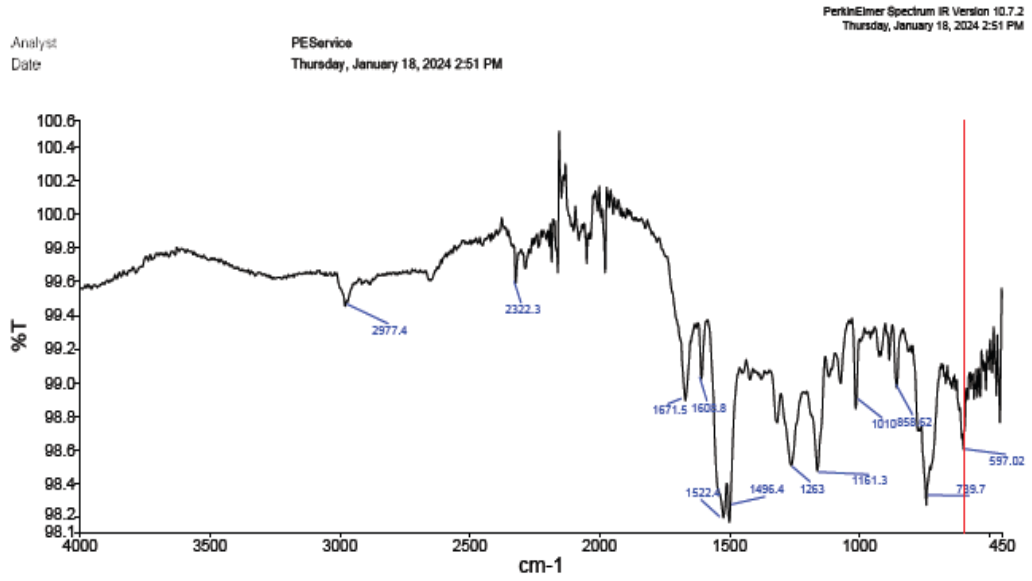
4.1.5 Molekül ağırlığı analizi

Jel Geçirgenlik Kromatografisi (GPC) yöntemi ile polimerin (P4VBT1) molekül ağırlığı ve molekül ağırlığı dağılımı tayinini tespit edilmiştir. Madde THF’de az DMF’de orta derecede çözünmektedir. DMF’de alınan sonuçlar Çizelge 4.6’da gösterilmiştir. Polimerin, sayıca molekül ağırlığı 674394, ağırlıkça molekül ağırlığı 1937309 gibi yüksek değerlerdir. PDI değeri 2,87 olarak bulunmuştur.

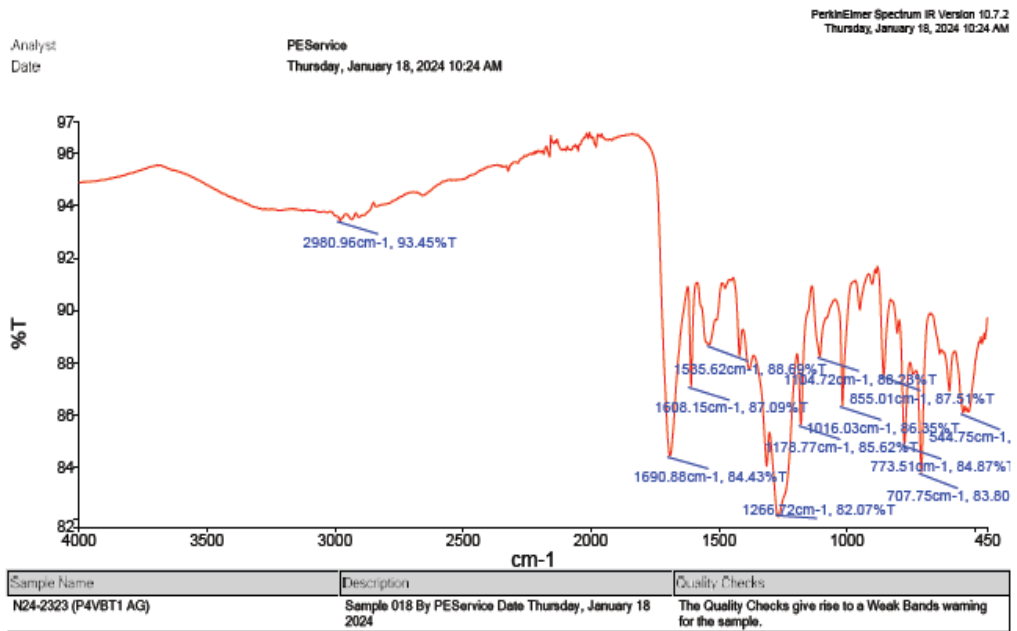
Çizelge 4.6. P4VBT1’in molekül ağırlığı sonuçları.

#	Title	Mn	Mw	Mz	Mzl	Mv
1	P4VBT1-SPD254nm-Yeni.led	674394	1937309	6273953	11234252	0
	Average	674394	1937309	6273953	11234252	0
	%RSD	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Maximum	674394	1937309	6273953	11234252	0
	Minimum	674394	1937309	6273953	11234252	0
	SD	0	0	0	0	0

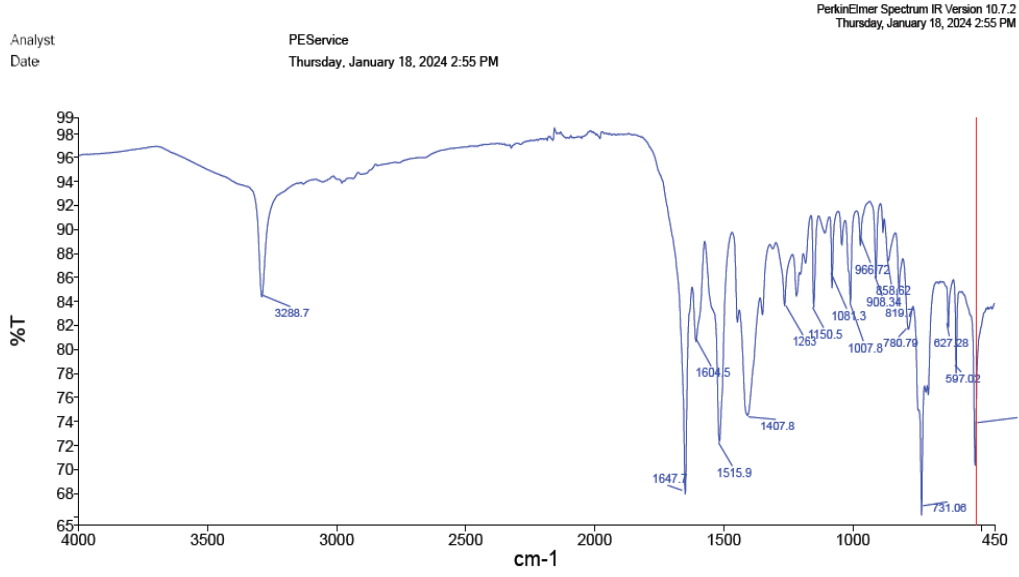
4.1.6 FT-IR analiz sonuçları



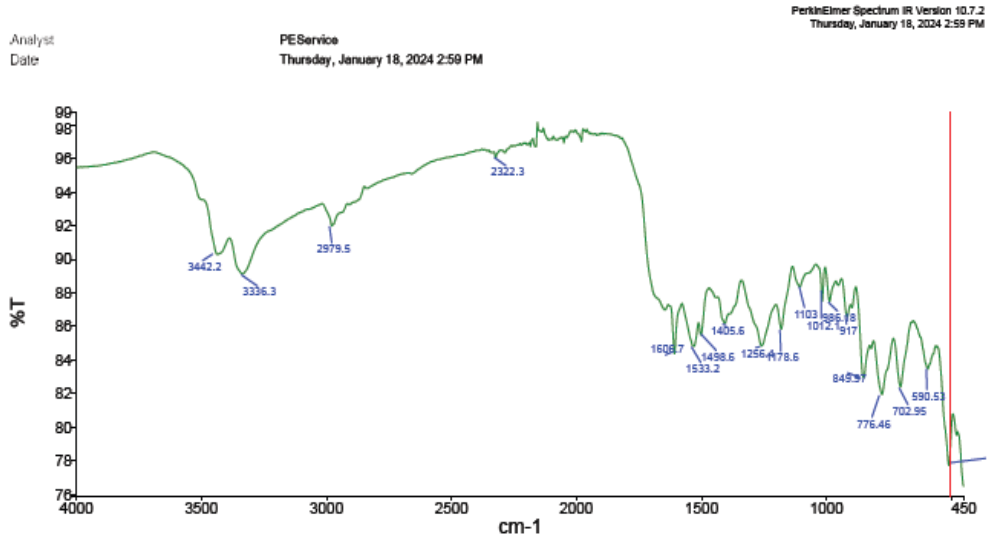
Şekil 4.16. P4VBT1 polimerinin FT-IR sonuçları.



Şekil 4.17. P4VBT1-Ag(I) kompleksinin FT-IR sonuçları.



Şekil 4.18. P4VBT1-Zn(II) kompleksinin FT-IR sonuçları.



Şekil 4.19. P4VBT1-Cu(II) kompleksinin FT-IR sonuçları.

Çizelge 4.7. Sentezlenen maddelerin FT-IR Spektrum sonuçları

Bileşik	$\nu(\text{N-H})$	$\nu(\text{C-H})$ alifatik	$\nu(\text{C=C})$	$\nu(\text{C=O})$	$\nu(\text{C=S})$	$\nu(\text{M-O})$	$\nu(\text{M-S})$
P4VBT1	3400	2977,4	2322,3	1671,5	1263	-	-
P4VBT1-Ag	-	2980,96	2322,3	1690,88	1266,72	707,75	544,75
P4VBT1-Zn	3288,7	2980	2322,3	1647,7	1263	627,28	521
P4VBT1-Cu	3442,2, 3336,3	2979,5	2322,3	1606,7	1256	702,95	506

Polimer yapıda benzoiltiyoüre ligandının (P4VBT1) ve metal komplekslerinin (P4VBT1-Ag(I), P4VBT1-Zn(II), P4VBT1-Cu(II)) FT-IR spektrumları literatürde bulunan benzer bileşiklerin spektrumlarıyla karşılaştırılıp yapıları açıklanmıştır (Binzed vd., 2018; Bertolosi, 2020). Sonuçlar Şekil 4.16-4.19 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir. Polimerik benzoiltiyoüre ligandının, FT-IR spektrumu incelendiğinde, P4VBT1’de $2977,4\text{ cm}^{-1}$ ’de alifatik (C-H) piki çıkarken, komplekslerin spektrumunda $2979\text{-}2980\text{ cm}^{-1}$ aralığında alifatik CH grubuna ait titreşimler olduğu gözlenmiştir. Literatür bilgilerine göre NH absorpsiyon bandı orta şiddette $3500\text{-}3300$ aralığında gözlenmektedir. P4VBT1’de bu aralıkta yayvanlık bulunmaktadır. Hidrojen bağından dolayı buradaki titreşim frekansları net olarak gözlenmemektedir. Bakır kompleksinde $3442,2$ ve $3336,3\text{ cm}^{-1}$ ’de ve çinko kompleksinde ise $3288,7\text{ cm}^{-1}$ ’de belirgin pikler çıkmıştır. Polimerin tekrar eden ünitesinde, kompleks yapılarda bazı NH’lar varlığını koruduğu için bu komplekslerde görünür hale gelmiştir. ^1H NMR sonuçları da bu sonucu desteklemektedir. Genelde, kompleks oluşumunda, rezonans etkiden dolayı NH’lar kaybolmaktadır. Polimerik benzoiltiyoüre ligandı P4VBT1’in, $\nu(\text{C}=\text{O})$ gerilme titreşimleri $1671,5\text{ cm}^{-1}$ aralığında, gümüş, bakır, çinko komplekslerin ise sırasıyla $1690,88$, $1606,7$, $1647,7\text{ cm}^{-1}$ şiddetli pikler olarak gözlenmiştir. Karbonil gerilme titreşimlerinin aslında $1715\text{-}1680\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde ortaya çıkması beklenmektedir. Bu titreşimlerin daha düşük frekansta çıkması, karbonil grubunun N-H ile molekül içi hidrojen bağı yapması ve fenil halkası ile rezonans oluşturmaları şeklinde yorumlanabilmektedir. C=O bandının genelde liganda gözlenenden farklı bölgeye kayması karbonil grubunda bulunan oksijenin koordinasyona dahil olduğunu göstermektedir. Geçiş elementleri ile komplekslerde metalin elektronegativitesi artmakla birlikte C=O absorpsiyon frekansı da artmaktadır. Gümüş kompleksinde yüksek değere kayma bundan kaynaklıdır. $\nu(\text{C}=\text{S})$ pikleri ligandda 1263 cm^{-1} ’de, komplekslerde ise 1263 , 1266 , 1256 cm^{-1} değerlerinde görülmüştür. Vinil benzoiltiyoüre polimerik ligandın (P4VBT1)’in tiyoüre grubu merkez metal atomuna kükürt atomundan da bağlanmaktadır. Tiyoüre grubunun metal ile kompleks oluşturmaları kükürt atomu üzerinden olmaktadır. C=S gerilme titreşimlerinde kompleks oluşumu ile bir değişim gözlenerek, ligandlardan daha farklı bölgeye kaymasına neden olmuştur. Komplekslerin FT-IR spektrumu incelendiğinde, $\nu(\text{M-O})$ ve $\nu(\text{M-N})$ pikleri görülmüştür.

4.1.7 BET analiz sonuçları

Brunauer-Emmett-Teller (BET) analizi, tek bir moleküler nitrojen gazı katmanı ile numuneyi kaplamak için gereken gaz miktarı ve sıcaklığı hesaplamak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle, sentezlenen polimerin spesifik yüzey alanı ve toplam gözenek hacmi bulunarak, sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Polimerin BET analiz değerleri.

Polimer	Örneğin ağırlığı g	Outgas Sıcaklık °C	Yüzey alanı SBET m ² /g	Toplam gözenek hacmi cm ³ /g
P4VBT1	0.311	180	1.939	0,3595

4.2 Hammadde Analizleri

4.2.1 Sığır eti örneklerine ait nem, toplam protein, toplam yağ ve toplam kül analiz sonuçları

Araştırmada kullanılan et örneklerinin ambalajlanmadan önce; nem, protein, yağ, kül analizleri gerçekleştirilerek, analiz sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sığır eti örneklerinin kimyasal kompozisyonu, pH, peroksit ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri.

Parametreler	Sığır Eti
Nem (%)	76,03±0,39
Toplam Protein (%)	18,99±0,17
Toplam Yağ (%)	3,65±0,08
Toplam Kül (%)	1,33±0,14

Sığır eti örneklerinin nem, toplam protein, toplam yağ ve kül değerlerinin sırasıyla %76,03, % 18,99, % 3,65 ve % 1,33 olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2 Sığır eti örneklerine ait pH, peroksit ve renk (L^* , a^* , b^*) analiz sonuçları

Araştırmada farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlamada kullanılan et örneklerinin ambalajlanmadan önce; pH, peroksit ve renk analizlerine ait analizler yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Sığır eti örneklerinin pH, peroksit ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri

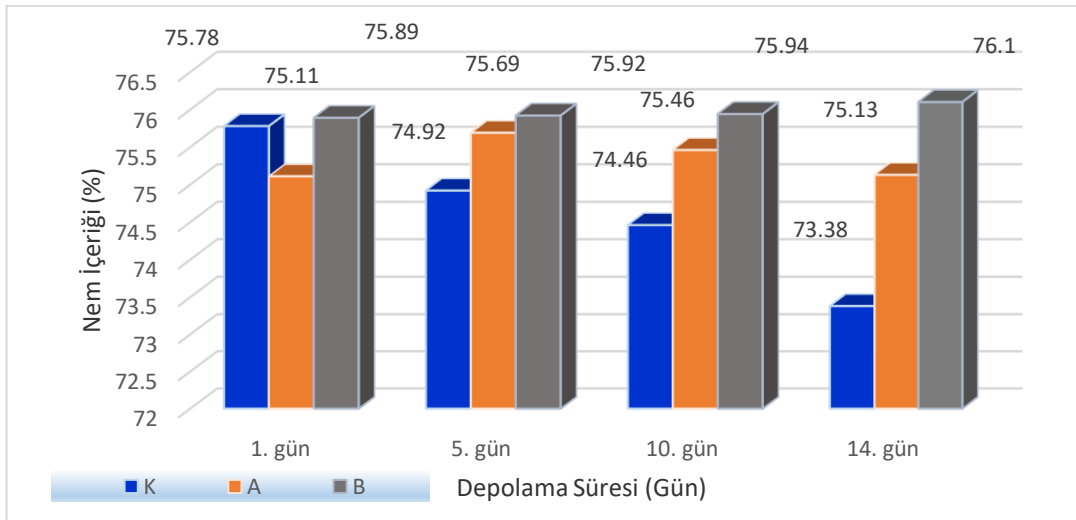
Parametreler	Sığır Eti
pH	5,24±0,02
Peroksit (mEqO ₂ /kg)	0,79±0,06
L^*	36,56±0,46
a^*	12,24±0,39
b^*	11,89±0,30

Sığır eti örneklerinin analiz sonuçlarına göre; pH değeri % 5,24, peroksit değerlerinin % 0,79 mEqO₂/kg olduğu belirlenmiştir. L^* , a^* ve b^* değerlerinin ise sırasıyla 36,56, 12,24 ve 11,89 olduğu tespit edilmiştir.

4.3 Depolama Süreci Analizleri

4.3.1 Nem analiz sonuçları

Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecinde, nem içeriklerine ait verilerin analiz sonuçları Şekil 4.20’de verilmiştir. Ambalaj materyallerinin sığır eti örneklerinin nem içerikleri üzerine etkisi, depolamanın 10. ve 14. günlerinde istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Depolamanın ambalajlanmış sığır eti örneklerinin nem içerikleri üzerine etkisi kontrol örneklerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P<0,05$) bulunmuş, A ve B örneklerinin nem içerikleri üzerine etkisi ise istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P>0,05$) bulunmamıştır.



Şekil 4.20. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait nem içerikleri.

*Kısaltmalar: K (kontrol): PS+SF (polistiren tabak + streç film) ile ambalajlanmış sığır eti; A: P4VBT1 (Poli (4-Vinil benzoiltiyoüre) ile ambalajlanmış sığır eti; B: P4VBT1-Ag (Poli (4-Vinil benzoiltiyoüre) metal (Ag) kompleksi) ile ambalajlanmış sığır eti.

Şekil 4.20 incelendiğinde, ambalajlanmış sığır eti örneklerinin 14. günde nem içerikleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde bulunmuştur. 14. gün nem içeriklerinin en yüksek B örneklerinde, en düşük ise K örneklerinde olduğu belirlenmiştir. K örneğinin depolama süreleri arasında ise istatistiki olarak fark tespit edilmiş olup A ve B örneklerinde ise fark tespit edilmemiştir. A ve B örneklerinin ambalajlanmasında kullanılan materyallerin (P4VBT1 ve P4VBT1-Ag), sığır eti örneklerinin nem kaybının kontrolünde etkili olduğu belirlenmiştir. K örnekleri depolama başlangıcından itibaren nem kaybetmeye başlamış olup örneklerin depolama süreci sonunda (14. gün) en düşük nem değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

4.3.2 pH sonuçları

Sığır eti örneklerinin depolama sürecinde, pH değerlerine ait verilerin analiz sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; 14 günlük depolama sürecindeki ambalajlanmış sığır eti örneklerinin pH değerleri üzerine, depolama süresinin etkisi istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait pH değerleri.

Parametre	Örnek	Depolama Süreci (gün)			
		1	5	10	14
	K	5,12±0,04 ^{aC}	5,02±0,03 ^{bC}	5,70±0,04 ^{aB}	5,99±0,06 ^{aA}
pH	A	5,17±0,04 ^{aC}	5,51±0,04 ^{aAB}	5,39±0,03 ^{bB}	5,55±0,04 ^{bA}
	B	5,18±0,06 ^{aB}	5,54±0,05 ^{aA}	5,46±0,01 ^{bA}	5,59±0,06 ^{bA}

*Aynı sütunda farklı küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0,05$) olarak birbirinden farklıdır. Aynı satırda farklı büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0,05$) olarak birbirinden farklıdır.

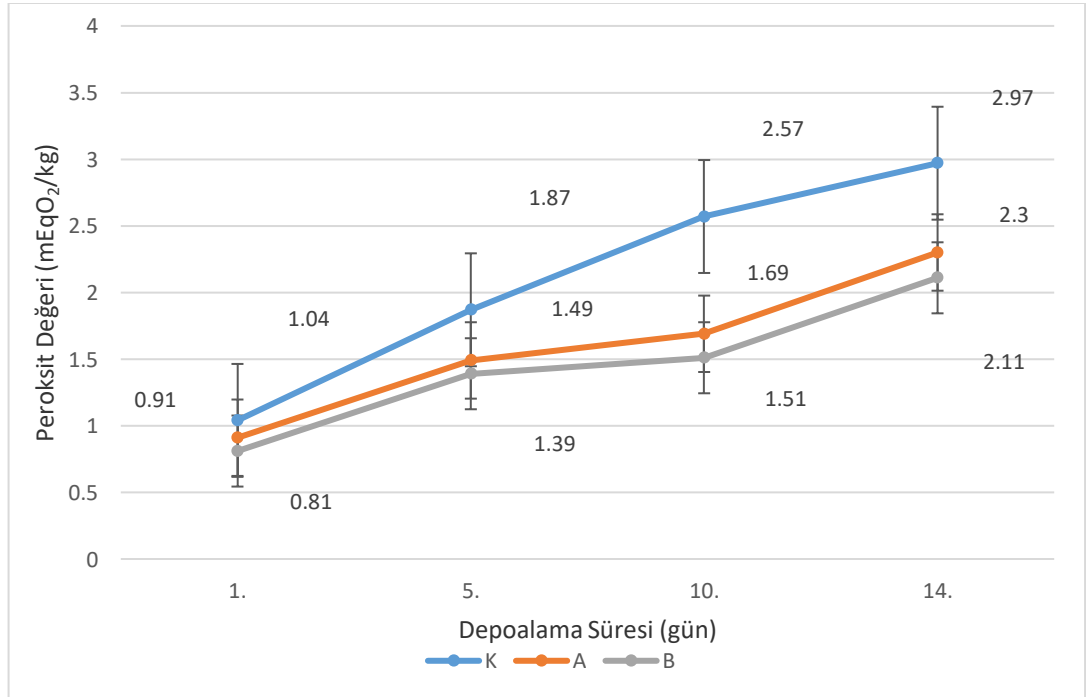
*Kısaltmalar: K (kontrol): PS+SF (polistiren tabak + streç film) ile ambalajlanmış sığır eti; A: P4VBT1 (Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-benzoiltiyoüre) ile ambalajlanmış sığır eti;

B: P4VBT1-Ag (Poli (4-Vinil N-Furfuril-N-benzoiltiyoüre) gümüş kompleksi) ile ambalajlanmış sığır eti.

Tüm örneklerin pH değerlerinde depolamanın 1. gününe kıyasla 14. gününde yükselme olduğu gözlenmiştir. Depolamanın 1. gününde K, A ve B örnekleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmazken, depolama sürecinin diğer günlerinde (5., 10. ve 14.) ambalajlanmış sığır eti örnekleri arasında farklılık gözlenmiştir. Depolamanın 14. gününde kontrol örneklerinin (K) pH değerindeki artışın en yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiş olup A ve B örneklerindeki artışın ise benzer düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

4.3.3 Peroksit analiz sonuçları

Ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecinde peroksit değerlerine ait verilerin Peroksit Analiz sonuçları Şekil 4.21’de verilmiştir. Depolama süresinin, ambalajlanmış sığır eti örneklerinin peroksit değerleri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde bulunmuştur. Ambalaj materyallerinin de sığır eti örneklerinin peroksit değerleri üzerine etkisi, tüm depolama günlerinde istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.21. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait peroksit değerleri.

*Kısaltmalar: K (kontrol): PS+SF (polistiren tabak + streç film) ile ambalajlanmış sığır eti; A: P4VBT1 (Poli (4-Vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre) ile ambalajlanmış sığır eti; B: P4VBT1-Ag(I) (Poli (4-Vinil N-furfuril-N-benzoiltiyoüre) gümüş kompleksi) ile ambalajlanmış sığır eti.

Depolama süreci boyunca kontrol örneklerinin, en yüksek peroksit değerine sahip olduğu belirlenmiş olup en düşük peroksit değerinin ise B örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Sığır etlerinin P4VBT1-Ag(I) ile ambalajlanmasının, sığır etlerinin peroksit değerlerinde daha yavaş bir yükselmeye neden olduğu belirlenmiştir. Bu durum, sığır etlerinin ambalajlanmasında P4VBT1-Ag(I) materyalinin kullanılmasının, etlerde lipit oksidasyonunu geciktirici etkisi olduğunu göstermiştir. Depolamanın 5. ve 14. günlerinde A ve B örneklerinin peroksit değerleri arasında istatistiksel açıdan bir fark belirlenmemiştir. Depolamanın 1. ve 10. gününde ise istatistiksel açıdan bir fark belirlenmiş olup B örneklerinin peroksit değerlerinin A örneklerine göre daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Sığır etlerinin P4VBT1 ile ambalajlanmasının PS+SF (kontrol) ile ambalajlanmasına kıyasla, sığır etlerinin peroksit değerlerinde daha yavaş bir yükselmeye neden olduğu tespit edilmiştir.

4.3.4 Renk analizi sonuçları

Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecinde, renk parametrelerine (L^* , a^* ve b^*) ait analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait renk parametreleri.

Parametreler	Örnek	Depolama Süreci (gün)			
		1	5	10	14
	K	33,98±0,18 ^{cA}	33,13±0,12 ^{cB}	29,03±0,09 ^{cC}	25,78±0,61 ^{cD}
L^*	A	37,09±0,29 ^{bB}	37,87±0,20 ^{bB}	40,74±0,23 ^{aA}	30,46±0,26 ^{bC}
	B	38,23±0,21 ^{aB}	41,98±0,91 ^{aA}	38,14±0,35 ^{bB}	33,31±0,18 ^{aC}
a^*	K	12,11±0,27 ^{aC}	11,82±0,18 ^{aC}	13,92±0,14 ^{aB}	17,52±0,32 ^{aA}
	A	9,04±0,13 ^{bD}	10,45±0,21 ^{bC}	11,52±0,22 ^{bB}	13,41±0,18 ^{bA}
	B	11,13±0,06 ^{aA}	11,54±0,25 ^{aA}	11,86±0,06 ^{bA}	11,13±0,06 ^{cA}
b^*	K	9,37±0,09 ^{bBC}	11,90±0,33 ^{bA}	8,24±0,62 ^{bC}	10,28±0,15 ^{bB}
	A	13,30±0,59 ^{aA}	13,87±0,26 ^{aA}	13,95±0,24 ^{aA}	13,66±0,59 ^{aA}
	B	13,12±0,90 ^{aA}	13,70±0,33 ^{aA}	14,16±0,21 ^{aA}	14,98±0,46 ^{aA}

*Aynı sütunda farklı küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0,05$) olarak birbirinden farklıdır. Aynı satırda farklı büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0,05$) olarak birbirinden farklıdır.

*Kısaltmalar: K (kontrol): PS+SF (polistiren tabak + streç film) ile ambalajlanmış sığır eti; A: P4VBT1 ile ambalajlanmış sığır eti; B: P4VBT1-Ag(I) ile ambalajlanmış sığır eti.

Depolama süresinin, ambalajlanmış sığır eti örneklerinin L^* değerleri üzerine etkisi istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde bulunmuştur. Ambalaj materyallerinin de sığır eti örneklerinin L^* değerleri üzerine etkisi, tüm depolama günlerinde istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerin L^* değerlerinde depolamanın 1. gününe kıyasla 14. gününde azalma olduğu gözlenmiştir. Tüm depolama günlerinde A ve B örneklerinin L^* değerlerinin K örneklerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir. 14. gün en yüksek L^* değeri B örneklerinde belirlenmiştir.

K ve A örneklerinin a^* değerlerinde depolamanın 1. gününe kıyasla 14. gününde azalma olduğu belirlenmiş olup B örneklerinde ise istatistiksel açıdan bir fark belirlenmemiştir. A örneklerinin a^* değeri 1. günden itibaren düşme eğilimi göstermiş, buna karşın, B örneklerinin a^* değerleri arasında istatistiksel bir fark gözlenmemiştir ($P>0,05$).

K örneklerinin b^* değerleri tüm depolama günlerinde A ve B örneklerinden daha düşük olduğu belirlenmiş olup, K ve A örnekleri arasında ise istatistiksel açıdan bir fark belirlenmemiştir. Depolamanın 1., 5., 10. ve 14. günlerinde ise A ve B örneklerinin b^* değerlerinde istatistiksel açıdan bir fark belirlenmiş olup, depolama süresi boyunca stabil kalmıştır.

4.3.5 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecinde, Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB), Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri bacteria (TPAB), Toplam Koliform Bakteri ve *Escherichia coli* değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Depolama süresinin ve ambalaj materyallerinin, sığır eti örneklerinin Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB),

Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri bacteria (TPAB), Toplam Koliform Bakteri ve *Escherichia coli* değerleri üzerine etkisinin istatistiki açıdan önemli ($P<0,05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır eti örneklerinin depolama sürecine ait toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikrofilik aerobik bakteri bacteria (TPAB), toplam koliform bakteri ve *escherichia coli* değerleri.

Parametreler (log kob/g)	Örnek	Depolama Süreci (gün)			
		1	5	10	14
TMAB	K	<2 ^{aD}	4,72±0,07 ^{aC}	6,85±0,05 ^{aB}	8,82±0,06 ^{aA}
	A	<2 ^{aD}	4,09±0,06 ^{bC}	5,90±0,08 ^{bB}	8,49±0,01 ^{abA}
	B	<2 ^{aD}	3,88±0,11 ^{bC}	5,58±0,11 ^{bB}	8,24±0,13 ^{bA}
TPAB	K	<2 ^{aD}	5,35±0,04 ^{aC}	6,60±0,03 ^{aB}	8,64±0,04 ^{aA}
	A	<2 ^{aD}	4,67±0,04 ^{bC}	5,26±0,09 ^{bB}	8,19±0,06 ^{bA}
	B	<2 ^{aD}	4,31±0,07 ^{cC}	4,70±0,06 ^{cB}	7,92±0,04 ^{cA}
Toplam Koliform	K	<1 ^{aC}	<1 ^{aC}	4,32±0,39 ^{aB}	6,52±0,04 ^{aA}
	A	<1 ^{aC}	<1 ^{aC}	3,11±0,21 ^{bB}	6,18±0,05 ^{bA}
	B	<1 ^{aC}	<1 ^{aC}	2,96±0,01 ^{bB}	6,00±0,05 ^{bA}
<i>Escherichia coli</i>	K	<1 ^{aC}	<1 ^{aC}	2,11±0,21 ^{aB}	2,65±0,13 ^{aA}
	A	<1 ^{aB}	<1 ^{aB}	<1 ^{bB}	2,11±0,21 ^{aA}
	B	<1 ^{aB}	<1 ^{aB}	<1 ^{bB}	1,47±0,69 ^{aA}

*Aynı sütunda farklı küçük harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0,05$) olarak birbirinden farklıdır. Aynı satırda farklı büyük harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0,05$) olarak birbirinden farklıdır.

*Kısaltmalar: K (kontrol): PS+SF (polistiren tabak + streç film) ile ambalajlanmış sığır eti; A: P4VBT1 ile ambalajlanmış sığır eti; B: P4VBT1-Ag(I) ile ambalajlanmış sığır eti.

Depolama süreci boyunca farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır etlerinin TMAB sayılarında artış olduğu belirlenmiştir. Depolama sürecinin 1. gününde K, A ve B örneklerinin TMAB sayıları arasındaki farklılığın önemsiz ($P>0,05$) olduğu, 5., 10. ve 14. günlerinde ise önemli düzeyde ($P<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 5., 10. ve 14 günlerinde en yüksek TMAB sayılarının kontrol örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 5. ve 10. günlerinde en düşük TMAB sayılarının ise B örneklerinde olduğu, fakat A ve B örnekleri arasında istatistiksel olarak bir farklılığın olmadığı gözlenmiştir ($P>0,05$). 14. gün en düşük TMAB sayıları B örneklerinde belirlenmiş olup, istatistiksel açıdan farklılık ($P<0,05$) gözlenmiştir.

Depolama süreci boyunca farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır etlerinin TPAB sayılarında artış olduğu belirlenmiştir. Depolama sürecinin 1. gününde K, A ve B örneklerinin TPAB sayıları arasındaki farklılığın önemsiz ($P>0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 5., 10. ve 14 günlerinde en yüksek TPAB sayılarının kontrol örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 5., 10. ve 14. günlerinde en düşük TPAB sayılarının ise B örneklerinde olduğu ($P<0,05$) gözlenmiştir.

Depolamanın 1. ve 5. günlerinde farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır etlerinin Toplam Koliform sayılarında artış olmadığı tespit edilmiş olup depolamanın 10. ve 14. günlerinde ise artış olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 10. ve 14 günlerinde en yüksek Toplam Koliform sayılarının kontrol örneklerinde (K) olduğu tespit edilmiş olup en düşük Toplam Koliform sayılarının ise A ve B örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 10. ve 14. günlerinde en düşük Toplam Koliform sayılarının B örneklerinde olduğu tespit edilmekle birlikte, A ve B örneklerinin Toplam Koliform sayıları arasında istatistiksel açıdan farklılık olmadığı ($P>0,05$) gözlenmiştir.

Depolamanın 1., 5. ve 10. günlerinde farklı ambalaj materyalleri ile ambalajlanmış sığır etlerinin *Escherichia coli* sayılarında artış olmadığı belirlenmiş olup depolamanın 14. gününde artış olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 14. gününde en yüksek *Escherichia coli* sayılarının kontrol örneklerinde (K) olduğu tespit edilmiş olup en düşük *Escherichia coli* sayılarının ise B örneklerinde olduğu, fakat örnekler arasında istatistiksel bir farklılığın olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir.

Depolama sürecinin sonuna (14. Gün) yaklaşılmasının, sığır eti örneklerinin mikrobiyolojik sayılarındaki artışın nedeni olabileceği tahmin edilmektedir. Sığır etlerinin P4VBT1 ve P4VBT1-Ag(I) ile ambalajlanmasının, sığır etlerinin mikrobiyolojik değerlerinde kontrol örneklerine kıyasla daha yavaş bir yükselmeye neden olduğu görülmüştür. Sığır etlerinin P4VBT1-Ag(I) ile ambalajlanmasının ise P4VBT1 ile ambalajlanmasına kıyasla mikrobiyolojik değerler üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Nem Analizleri

Taze veya dondurulmuş etlerin depolama süresince nem kaybetmeleri üründe tekstür, aroma ve renk değişikliklerine neden olurken, aynı zamanda satış ağırlığının da azalmasına yol açmaktadır. Taze et veya kanatlı et parçalarının plastik tabaklarda satışında, ürünün sahip olduğu su, damlama ile tabağın alt kısmında birikmekte ve tüketiciler açısından istenmeyen bir görüntü ortaya çıkmaktadır (Tural vd., 2017). Nişasta-alginat-stearik asit bazlı yenilebilir filmlerin sığır eti köftelerinde nem kaybının kontrolünde etkili olduğunu rapor edilmiştir (Wu vd., 2001). Çalışmamızın nem içeriklerine ait veriler, literatür bulguları ile benzerlik göstermiştir.

5.2 pH Analizleri

Çiçek vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, dana eti örnekleri sırasıyla, açık tabak, streç film ile sarılı ve vakum ambalajlanmış olarak gruplara ayrılmış ve bir hafta süre ile +4°C’de muhafaza edilmiştir. Başlangıçta et örneklerinin pH değerinin 5.30 olduğu tespit edilmiş olup 7 günlük depolama süreci boyunca pH değerlerinin yükseldiği tespit edilmiştir. 7 günlük depolama süreci sonunda pH değerlerinin 5,38-6,77 arasında değiştiği, en yüksek pH değerinin ise 6,7 değeri ile köpük tabakta streç filmle ambalajlanan et örneklerine ait olduğu belirlenmiştir. Paketlemede kullanılan ambalaj materyallerimize ait örneklerimizin pH artış hızının daha düşük olduğu görülmüştür. Ambalaj Lorenzo ve Gomez (2012), vakum ambalajlanmış, yüksek oksijen içerikli modifiye atmosferde paketlenmiş, düşük oksijen içerikli modifiye atmosferde paketlenmiş ve açık tabakta olan tay etlerinin pH değeri üzerine depolamanın etkilerini araştırdıkları çalışmalarında depolama süresince tüm örneklerin pH değerlerinin önemli oranda artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda depolama süreci sonunda en yüksek pH değerinin köpük tabakta streç filmle (PS+SF) ambalajlanan kontrol örneklerine ait olduğu ve literatür verileri ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada ise, Sekar vd. (2006) bufalo etinin bazı özellikleri üzerine ambalajlama yöntemlerinin etkilerini araştırmışlar ve 1 hafta sonunda ambalajlanmamış etlerin pH değerinin 6,62’den 5,84’e ve vakum ambalajlı etlerin pH değerinin ise 6,62’den 5,77’ye düştüğünü rapor etmişlerdir. Bu farklılık, deneme materyalinin türüne ve başlangıç mikroorganizma yüküne ve faaliyetine bağlı olabilir (Çiçek vd., 2013).

5.3 Peroksit Analizleri

Lipit oksidasyonunun primer ürünleri olan hidroksiperoksitler, tat ve koku üzerinde etkili değildirler. Bu bileşikler hızlı bir şekilde parçalanarak ürünün duyu özelliklerini değiştirirler (Kaban, 2007; Summo vd., 2006). Oussallah vd. (2004), %1 oregano uçucu yağı ilave ettikleri peyniraltı suyu proteini bazlı yenilebilir filmlerin dilimlenmiş sığır etleri üzerine uygulanması sonucu 4°C’de depolanma süresince lipit oksidasyonunu tiyobarbitürik asit reaktiflerini (TBARS) tespit ederek gözlemişler ve oregano içeren filmlerin lipit oksidasyonunu geciktirici etkisi olduğunu saptamışlardır. Sığır eti örneklerimizde belirlediğimiz peroksit analizi sonuçları, literatürde ki veriler ile benzerlik göstermiştir.

5.4 Renk Analizleri

Et ve ürünlerinde renk, en önemli kalite parametrelerinden biri olup görsel kaliteyi oluşturan ve tüketicilerin ilk dikkatini çeken en önemli özelliktir. Ete rengini veren pigmentler, protein yapısındaki myoglobin ve kısmen de hemoglobindir. Hemoglobinin kan ile birlikte uzaklaşması sonucu etin rengi üzerine etkisi oldukça azdır (Kurt vd., 2005). Araştırmamızda sığır eti örneklerinin a^* (negatif değerde yeşil renk, pozitif değerde kırmızı renk), b^* (negatif değerde mavi renk, pozitif değerde sarı renk) ve L^* (siyahtan beyaza) değerleri belirlenmiştir. Çiçek vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, dana eti örnekleri sırasıyla, açık tabak (K), streç film (ST) ile sarılı ve vakum ambalajlanmış (VA) olarak gruplara ayrılmış ve bir hafta süre ile +4°C’de muhafaza edilmiştir. K grubunun L^* değeri istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmış ancak ST grubunda 1. günde artış ve 4. günden itibaren ise düşüş gözlenmiştir ($P<0,05$). VA grubunun a^* değeri 1. günden itibaren düşme eğilimi göstermiş, buna karşın, ST ve K gruplarının a^* değerleri 1. günde artmış ve 4. günden itibaren düşmüştür ($P<0,05$). VA grubunun b^* değeri depolama süresince azalma eğilimi göstermiştir ($P<0,05$). ST ve K gruplarında b^* değeri 1. günde artma ve 4. günden itibaren azalma eğilimi göstermiştir ($P<0,05$). Streç filmle sarılı ST grubu ile çalışmamızdaki streç filmle sarılı K grubu L^* değerleri açısından benzerlik göstermiştir. Yapılan çalışmadan farklı olarak çalışmamızda, B grubunun a^* değerleri ve A ve B grubunun b^* değerleri depolama süresince stabil kalmıştır. Bu durumun

nedeninin; depolama süresi, ambalajlama ve ambalaj materyallerinin farklılığından olduğu düşünülmektedir.

5.5 Mikrobiyolojik Analizler

TMAB sayımı; et ve et ürünlerinde kalite, işleme ve muhafaza şartları, gıda güvenliği ve raf ömrü ile ilgili bilgi almak amacıyla yaygın olarak yapılmaktadır. İnsan ve hayvan kaynaklı patojen mikroorganizmaların birçoğu mezofilik karakterde olup toplam aereobik bakteri sayısı, muhafız süresine ve sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir. Toplam bakteri sayısı, özellikle mezofil aerobik bakteriler; o gıdanın hijyenik ve mikrobiyal durumunu göstermektedir. Modern gıda mikrobiyolojisinde, 87 toplam bakteri sayısı yerine toplam bakteri içindeki koloni oluşturan birim, sayısal değer olarak kullanılmaktadır. Fermente ürünler hariç diğer gıdalarda toplam bakteri sayısı, hijyenik koşulların yetersizliğinin göstergesidir (Yıldırım, 1994).

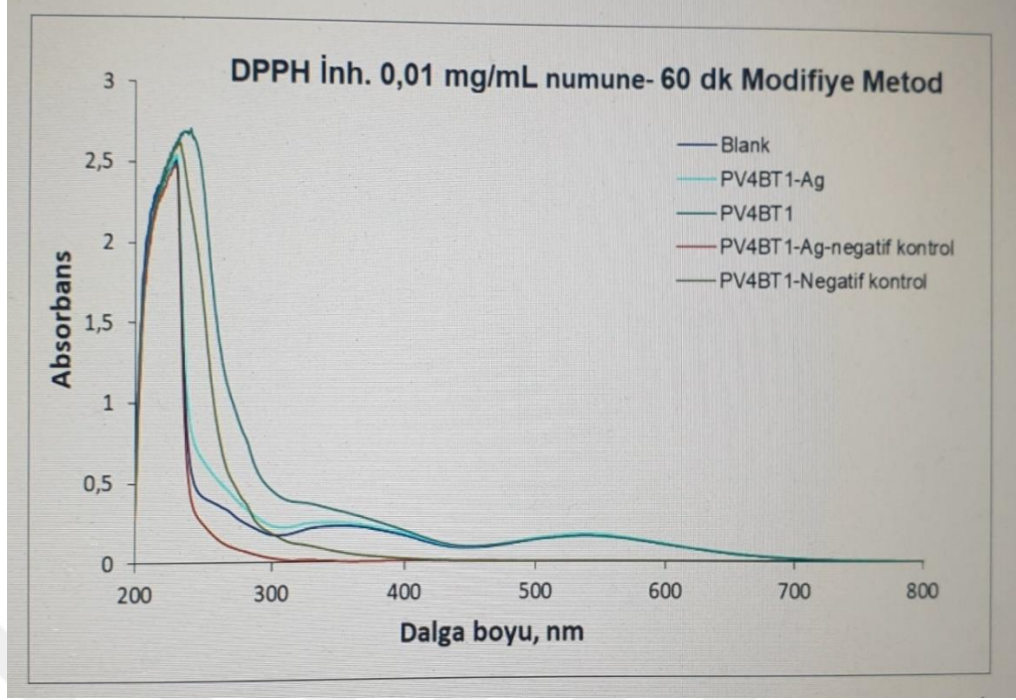
Koliform grubu bakterilerin; bitki/toprak ve bağırsak kökenli olduğu, dolayısıyla gıda güvenliği açısından risk oluşturabileceği ve özellikle ısıl işlem uygulanmaksızın tüketilen gıdalarda bulunması istenmeyen bakteriler olduğu bildirilmiştir. Özellikle et endüstrisinde; kesim, parçalama vb. işlemler sonucunda et ve et ürünlerine Koliform grubu bakterilerin bulaşabileceği rapor edilmiştir (Ergönül, 2009).

Candoğan (2009) tarafından yapılan araştırmada, likopenle formüle edilmiş, farklı konsantrasyonlarda likopen içeren soya bazlı yenilebilir filmle ambalajlanmış ve kontrol grubu kıymalara, soğuk depolama (4°C) boyunca 0., 1., 4., 8. ve 12. günlerde TMAB ve TPAB analizleri gerçekleştirilmiştir. Başlangıçta kıymaların TMAB ve TPAB sayıları 4,46 log kob/g olduğu tespit edilmiştir. Depolama süreci boyunca TMAB ve TPAB sayılarında artış gözlenmiştir. Depolama süreci sonunda (12. Gün) TMAB sayıları; kontrol grubunda 9,25 log kob/g, likopen içeren filmle ambalajlanmış gruplarda 8,45-8,84 log kob/g arasında değiştiği belirlenmiştir. 12. gün sonunda TPAB sayıları ise; kontrol grubunda 9,29 log kob/g, likopen içeren filmle ambalajlanmış gruplarda ise 8,46-8,80 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çiçek vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, marketlerin et reyonlarındaki sunuş ve satış şekli göz önünde bulundurularak dana eti sırasıyla, açık tabak, streç film ile sarılı ve vakum ambalajlanmış olarak gruplara ayrılmış ve bir hafta süre ile +4 C'de muhafaza edilmiştir. Başlangıçta et örneklerinin TMAB sayıları 5,56 log kob/g olduğu tespit

edilmiş olup depolama süreci boyunca TMAB sayılarında artış olduğu tespit edilmiştir. 7 günlük depolama süreci sonunda TMAB sayılarının; 8,26-10,32 log kob/g arasında değiştiği belirlenmiştir. Farklı ambalaj materyalleri ile ambalajladığımız ve 14 gün boyunca soğuk depolama (4°C) gerçekleştirdiğimiz sığır eti örneklerimizde belirlediğimiz TMAB ve TPAB sonuçları, literatürdeki veriler ile benzerlik göstermiştir. Ancak literatür çalışmalarındaki başlangıç mikroorganizma sayılarının çalışmamızdaki mikroorganizma sayılarından yüksek olması nedeni ile depolamanın daha erken süreçlerinde daha yüksek sayılara ulaştığı tahmin edilmektedir.

5.6 Numunelerin DPPH Aktivitesi Tayini

2 adet numune 20 mg/10 mL DMSO çözeltisi olarak teslim alınmıştır. Bu çözeltiden 0,1 mg/mL ve 0,01 mg'lık çözeltiler alınarak 3 tekrarlı çalışma yapılmıştır. DPPH metodunda 10 µM konsantrasyonunda standart DPPH çözeltisine her bir numuneden 0,1 mg/mL çözeltilerinden ilk olarak 30 dk karanlıkta inkübasyon yapıldıktan sonra 517 nm'de absorbanslar okunmuştur. Blank olarak kullanılan başlangıçtaki 10 µM DPPH çözeltisinden daha yüksek absorbans değerleri elde edilmiştir. Beklenen numunelerin DPPH radikalini süpürerek absorbsiyonunu 30 dk sonunda düşürmesidir. DPPH çözeltisini inhibe etmesi beklenirken tam tersi bir durumla karşılaşılmıştır. DPPH absorbansı blank'ın (0,210) absorbansına göre hem PV4BT1-Ag(I) (0,299) hem de PV4BT1 (0,272) nolu numunede abs şiddeti olarak yükselme meydana getirmiştir. Dolayısıyla numunelerin DPPH standart metoduna cevap vermediği görülmüştür. Metot kontrol amacıyla standart bir inhibitör olan BHA (0,01 mg/mL) ile deneme yapılmış ve absorbans düşüşü (0,064) test edilerek metodun doğruluğu teyit edilmiştir.



Şekil 5.1. DPPH abs grafiği, 517 nm. Blank (10 μ M) (Modifiye metotta inkübasyon süresi 60 dakika yapılmıştır.).

Bu nedenle ikinci bir deney olarak 0,01 mg/mL numune uygulaması yapılarak negatif kontrol olarak numunelerinde aynı şartlarda 517 nm'deki abs değerlerinin bu konsantrasyonunda 0'a indirilmesi sağlanarak girişim faktörü yani 517 nm'de numunenin kendi absorpsiyonundan kaynaklı absorbans değeri yükseltme ihtimali ortadan kaldırılmıştır. Yine bir öncekine benzer şekilde 30 dk sonra DPPH absorbansı blank'ın (0,141) absorbansına göre hem PV4BT1-Ag(I) (0,153) hem de PV4BT1 (0,222) nolu numunede şiddet olarak yükselme meydana getirmiştir. Dolayısıyla numunelerin 0,01 mg/mL iken de DPPH standart metoduna cevap vermediği görülmüştür (Şekil 4.22).

5.7 Öneriler

Bu çalışmada yeni vinil benzoiltiyöre monomeri (4VBT1), polimeri (P4VBT1) ve gümüş (P4VBT1-Ag(I)), çinko (P4VBT1-Zn(II)), bakır (P4VBT1-Cu(II)) kompleksleri sentezlenerek yapıları karakterize edildi. Tüm sonuçlar yapıyı doğrular niteliktedir.

Sentezlenen yapıların, FT-IR spektrumları incelendiğinde, bazı bantların kaybolması, yeni bantların oluşması, bantların yüksek veya düşük alana kayması, yeni bileşiklerin

eldesini ve metallerin, polimerik benzoiltiyöüre ligandları ile koordinasyon bağı oluşturduğunu göstermiştir.

Polimerik benzoiltiyöüre (P4VBT1) ligandının termal analiz (TG/DTG) diyagramları incelendiğinde, TG eğrilerinde gözlenen kütle kayıplarının önerilen yapıyla uyum içinde olduğu ve 850°C’de maddenin %81,2’sinin bozunduğu gözlenmektedir. Polimer, termal açıdan kararlıdır ve DSC analizinde camsı geçiş sıcaklığı ve erime noktası gözlemlenmiştir.

Sentezlenen polimerin (P4VBT1) sayıca molekül ağırlığı 674394 değeri ile oldukça yüksektir. Zincir uzunluklarının eş ve homojen olduğunu gösteren polidispersite indeksi “PDI” (Mw/Mn) değeri ise 2 dolaylarındadır.

Elde edilen metal kompleksleri arasında ambalaj materyali olarak gümüş kompleksi tercih edilmiştir. Bu metalin tercih edilmesinin sebebi yapıya gümüşün yüksek oranda bağlanması, toksik olmaması, antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesinden dolayıdır.

Elde edilen polimerler ve metal kompleksleri sadece DMSO, DMF gibi kuvvetli polar çözücülerde çözünmektedir. Bu maddelerden film eldesinde, kontrol örneklerinde kullanılan polistiren, sentezlenen madde içerisine, ağırlıkça %10 oranında, takviye edilerek, hem madde miktarı çoğaltılmış, hem de film eldesi kolay hale getirilmiştir. Bu şekilde, çoklu sığır eti örneklerine elde edilen maddeler film formunda uygulanabilmiştir. Kontrol numuneleri, piyasada satılan polistiren tabaklara konularak streç filme sarılmıştır. Piyasada et ve et ürünleri genellikle bu şekilde satılmaktadır. Bu nedenle, ilerleyen çalışmalarda mekanik özellikleri ayrıca incelenecektir.

Sığır etlerinin P4VBT1 ve P4VBT1-Ag(I) kompleksi ile ambalajlanmasının, sığır etlerinin pH, peroksit, renk (L^* , a^* ve b^*) ve mikrobiyolojik değerleri üzerinde, kontrol örneklerine kıyasla daha etkili olduğu görülmüştür. Yeni sentezlenen 2 ambalaj materyalinin birbirleri ile genel kıyaslanmasında ise; sığır etlerinin P4VBT1-Ag(I) ile ambalajlanmasının ise P4VBT1 ile ambalajlanmasına kıyasla, etlerin pH, peroksit, renk (L^* , a^* ve b^*) ve mikrobiyolojik değerleri üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle mikrobiyolojik analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde; sığır etlerinin ambalajlanmasında P4VBT1 (A) ve P4VBT1-Ag(I) (B) materyalleri kullanımının, PS+SF (kontrol) materyali ile ambalajlanmasına kıyasla, mikrobiyal

çoğalmayı geciktirici etkisi gözlenmiş olup sığır etinin raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir. Ayrıca sığır etlerinin ambalajlanmasında P4VBT1-Ag (B) materyali kullanımının, P4VBT1 (A) materyali kullanımına göre mikrobiyal çoğalmayı geciktirici etkisinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre; P4VBT1-Ag(I) ve P4VBT1 ambalaj materyalleri ile antimikrobiyal ve antioksidan etkili baharat veya baharat ürünlerinin (uçucu yağ, ekstrakt vb.) kombine kullanılması önerisinde bulunabiliriz.

DPPH Aktivitesi tayini sonuçlarına göre, ambalaj numunelerinin DPPH standart metoduna cevap vermediği görülmüştür. Farklı bir antioksidan tayin metoduna olumlu cevap verebilir ya da polimerin sentezlenmesi sırasında, içeriğine antioksidan etkili doğal ürünlerin [(baharat veya ürünleri (uçucu yağ, ekstrakt vb.)) ilave edilmesi önerilebilir.

Sentezlenen maddelere, akredite laboratuvarlara migrasyon analizi yaptırılabilmesi için en az 610,14 cm² numuneye ihtiyaç vardır. Aksi halde tüm standart ve mevzuata göre uygun değerlendirme ve sonuç çıkmayacağı anlaşılmıştır. Bu miktarda madde ve film eldesi bütçe ve laboratuvar koşullarında mümkün olmamıştır. Endüstriyel ölçekte üretim gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Abosadiya, H., 2020. Synthesis, crystal structure and antioxidant evaluation of N-(4-formylpiperazine-1-carbonyl thioyl) benzamide, *European Journal of Chemistry*, 11, 2, 156-159.
- Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A.L., Li, Z., Qazi, I. M., Pavasea, T.R. ve Lv, L., 2017. A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods, *Food Control*, 82, 163-178.
- Aktumsek, A., Zengin, G., Guler, G. O., Cakmak, Y. S. ve Duran, A., 2013. Antioxidant potentials and anticholinesterase activities of methanolic and aqueous extracts of three endemic *Centaurea L.* species, *Food and Chemical Toxicology*, 55, 290–296.
- Al-abbasi, A.A., Tahir, M. I. M., Kayed, S.F. ve Mohammad, B. K., 2022. Synthesis, characterisation and biological activities of mixed ligand oxovanadium (IV) complexes derived from N,N-diethyl-N'-para-substituted-benzoylthiourea and hydrotris (3,5-dimethylpyrazolyl) borate, *Applied Organometallic Chemistry*, 36, 6607.
- Alaizoki, A., Phillips, C., Hardwick, C. Parker, D. ve Deganello, D., 2022. Improvement in liquid absorption of open-cell polymeric foam by plasma treatment for food packaging applications, *Journal of Applied Polymer Science*, 3323, 111010.
- Allahvaisi, S., 2012. Polypropylene in the industry of food packaging, *Polypropylene*, 3-22.
- Al-Mahmood, A., Hossain, R., Bhattacharyya, S., Privat, K., Sahajwalla, V., 2021. Rapid transformation of the metal-polymer laminated packaging materials into ceramic carbide reinforced Al-alloy, *Resources, Conservation & Recycling* 167, 105374.
- Amanda, N. P. ve Spiro, D.A., 2010, Engineering selectivity into polymer-supported reagents for transition metal ion complex formation, *Reactive & Functional Polymer*, 70, 545-554.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis of AOAC Int (17th ed.), Maryland 20877-2417 USA: AOAC Int. Suite 500, 481 North Frederick Avenue Gaithersburg.
- Appendini, P. ve Hotchkiss, J. H., 1997. Immobilisation of lysozyme on food contact polymers as potential antimicrobial films, *Packaging Technology and Science*, 10, 271-279.
- Arvanitoyannis, I. S. ve Bosnea, L., 2004. Migration of substances from food packaging materials to foods, *Critical reviews in food science and nutrition*, 44, 2, 63-76.

- Arvanitoyannis, I. S. ve Kotsanopoulos, K. V., 2014. Migration phenomenon in food packaging, Food–package interactions, mechanisms, types of migrants, testing and relative legislation—a review, *Food and Bioprocess Technology*, 7, 21-36.
- Aymerich, T., Picouet, P.A. ve Monfort, J. M., 2008. Decontamination technologies for meat products, *Meat Science*, 78, 111-129.
- Aqac, 2000. Official methods of analysis of AOAC Int, Suite 500, 481 North Frederick Avenue Gaithersburg, USA.17th ed.
- Shakil, A. M., Ullah. S., Halim, S., Mahmood, K., Hanif, M., Khalid, M., Ajaz, H., Faizullah, K., Ataf, A., Rashid, M., Khan, A. ve Anwar, M., 2024. Synthesis and characterization of some novel benzoyl thioureas as potent α -glucosidase inhibitors: In vitro and in silico, *Journal of Molecular Structure*, 130815, 138133
- Borkow, G. ve Gabbay, J., 2005. Copper as a biocidal tool, *Current Medicinal Chemistry*, 12, 2163–2175 .
- Batista, A. A., 2014. On the cytotoxic activity of Pd(II) complexes of N,N-disubstituted-N'-acyl thioureas, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 134, 76.
- Bao, J., Li, X., Wang, J., Cong, Y., Zhou, J., Zhang , X. ve Chen, W. 2022. Crystallization, morphology and mechanical property enhancement of block copolymer-based metallosupramolecular polymers by incorporating metal coordinating ligand into poly(L-lactic acid) block, *Polymer*, 256, 125191.
- Basolo, F., Johnson, R. C. ve Carl, R., 1986. *Coordination Chemistry*, (Science Reviews), The University of California: USA.
- Becceneri, A. B., Popolin, C. P., Plutin, A. M., Maistro, E. L., Castellano, E. E., Batista, A. A. ve Cominetti, M. R., 2018. The trans-[Ru(PPh 3) 2(N,N-dimethyl-N'-thiophenylthioureato-k 2 O,S)(bipy)]PF 6 complex has pro-apoptotic effects on triple negative breast cancer cells and presents low toxicity in vivo, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 186, 70.
- Begley, T. H., Hsu, W., Noonan, G. ve Diachenko, G., 2008. Migration of fluorochemical paper additives from food-contact paper into foods and food simulants, *Food additives and contaminants*, 25, 3, 384-390.
- Nkabyo, H. A., Procacci, B., Duckett, S. B. ve Koch, K. R., 2020. Understanding the mechanism of cis–trans isomerism in photo-active palladium(II) complexes derived from the N,N-di-substituted benzoylthioureas, *Inorganica Chimica Acta*, 512, 119884
- Binzet, G., Arslan, H., Flörke, U., Külcü, N. ve Duran, N., 2006. Synthesis, characterization and antimicrobial activities of transition metal complexes of N,N -dialkyl- N' -(2-chlorobenzoyl)thiourea derivatives, *Journal of Coordination Chemistry*, 59, 12.

- Binzet, G., Gumus, İ., Dogen, A., Flörke, U., Kulcu, N. ve Arslan, H., 2018. Nickel(II) and copper(II) complexes of N, N-dialkyl-N-3-chlorobenzoylthiourea: Synthesis, characterization, crystal structures, Hirshfeld surfaces and antimicrobial activity, *Journal of Molecular Structure* 1161, 519-529.
- Blanco, A. D., Caro, I., Quinto, E. J. ve Mateo, J., 2017. Quality changes in refrigerated stored minced pork wrapped with plastic cling film and the effect of glucosesupplementation, *Meat Science*, 126, 55-62.
- Brody, A. L., 2005. Active packaging becomes more active, *Food Technology*, 59, 12, 82-84.
- Brydson, J. A., 1999. *Plastics materials*, Elsevier, Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- Bulat, F. N., Kılınç, B. ve Demir Atalay, S., 2020. Microbial ecology of different sardine parts stored at different temperatures and the development of prediction models, *Food Bioscience*, 38, 100770.
- Burgeson, J. R., Moore, A. L., Boutilier, J. K., Cerruti, N. R., Gharaibeh, D. N., Lovejoy, C. E., Amberg, S. M., Hruby, D. E., Tyavanagimatt, S. R., Allen III, R. D. ve Dai, D., 2012. SAR analysis of a series of acylthiourea derivatives possessing broad-spectrum antiviral activity, *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 22, 13, 4263-4272.
- Busico, V., 2013. Giulio Natta and the development of stereoselective propene polymerization, *Polyolefins: 50 Years after Ziegler and Natta I: Polyethylene and Polypropylene*, 37-57.
- Candoğan, K., 2009. Antimikrobiyal ve antioksidan özellikteki yenilebilir filmlerin tazeletlerin raf ömrüne etkisi, *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri*.
- Carroll Jr., W. F., Johnson, R. W., Moore, S. S. ve Paradis, R. A. 2017. 4-Poly(Vinyl Chloride) *Applied Plastics, Engineering Handbook (Second Edition) Processing, Materials, and Applications Plastics Design Library*, 73-89.
- Campo, R., Criado, J., Gheorghe, R., 1 ve Gonzalez, J. 2004. N-benzoyl-N-alkylthioureas and their complexes with Ni(II), Co(III) and Pt(II) crystal structure of 3-benzoyl-1-butyl-1-methyl-thiourea: activity against fungi and yeast, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 98, 1307–1314.
- Cazón, P., Vázquez, M. ve Velazquez, G., 2018. Cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol composite films for food packaging: Evaluation of water adsorption, mechanical properties, light-barrier properties and transparency, *Carbohydrate polymers*, 195, 432-443.
- Carnell, P. H., 1965. Preparation of thin polymer films, *Applied Polymer*, 9,5, 1863-1872.

- Cha, D. S. ve Chinnan, M. S., 2004. Biopolymer-based antimicrobial packaging: A review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 223–237
- Coma, V., 2012. Antimicrobial and antioxidant active packaging for meat and poultry, In *Advances in meat, poultry and seafood packaging*,. Woodhead Publishing, 477-503.
- Crisponi, G., Nurchi, V. M., Fanni, D., Gerosa, C., Nemolato, S. ve Faa, G., 2010. Copper-related diseases: from chemistry to molecular pathology, *Coordination Chemistry Reviews Journal*, 254, 876–889 .
- Custelcean, R., Gorbunova, M. G. ve Bonnesen, P. V., 2005. Steric control over hydrogen bonding in crystalline organic solids: a structural study of N, N'-dialkylthioureas, *Chemistry–A European Journal*, 11, 5, 1459-1466.
- Çelebi Sezer, Y. ve Bozkurt, H., 2021. Et ve et ürünlerinin üretimi ve saklanması antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinin kullanımı, *Food and Health*, 7, 2, 150-163.
- Çelik, T. H. 2000. Doktora Ders notları, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı.
- Çiçek, Ü., Karabıyıklı, Ş., Çabuk, D., İyiekmekçi, B., Kurbandurdiyev, H. ve Cevahiroğlu, H., 2013. Dana etinin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine farklı ambalajlama yöntemleri ve depolama süresinin etkisi,
- Çömez, N., 2017. Polimer esaslı ligand içeren metal komplekslerinin sentezi ve dielektriksel davranışları, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- de Abreu, D. A. P., Cruz, J. M., Angulo, I. ve Losada, P. P., 2010. Mass transport studies of different additives in polyamide and exfoliated nanocomposite polyamide films for food industry, *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 23, 2, 59-68.
- Desai, N. C., Jadeja, D. J. ve Khedkar, V.M., 2022. Design, synthesis, antimicrobial activity and in silico molecular docking studies of some sulfur containing pyrazole-pyridine hybrids, *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*.
- Marrugo-Madrid, S., Fontas, C., Kurt, G., Salazar-Camacho, C., Salas-Moreno, M., Gutierrez-Mosquera, H., Marrugo-Negrete, J. ve Diez, S., 2020. Benzoylthiourea based polymers as new binding agents for diffusive gradients in thin films technique in labile mercury determination in freshwaters, *Environmental Technology & Innovation*, 102911.
- Dobias, J., Voldrich, M., Marek, M., Cerovsky, M. ve Chudackova, K., 1999. Active packaging-immobilisation of preservatives on/in polymer packaging materials. *Proceedings of the Third European Symposium on Sous Vide (Belgium: KUL)*.

- Dobrucka, R. ve Cierpiszewski, R., 2014. Active and intelligent packaging food research and development- a review, Polish Journal of Food and Nutrition Science, 64, 1, 7e15.
- Ebrahimipour, S.Y., Sheikhshoaie, I., Mohamadi, M., Suarez, S., Baggio, R., Khaleghi, M., Torkzadeh-Mahani, M., Mostafavi, A., 2015. Synthesis, characterization, X-ray crystal structure, DFT calculation, DNA binding, and antimicrobial assays of two new mixed-ligand copper (II) complexes, Spectrochim. Acta Part A: Molecular Spectroscopy, 142, 410–422.
- Ebnesajjad, S., 2012. Plastic films in food packaging: materials, technology and applications, William Andrew.
- EU Regulation (EC) No:10/2011, Council Directive 82/711/EEC.
- Emin, F. M., 2002. 3d Geçiş metallerinin yeni tiyoüre türevleri ile şelat bileşiklerin sentezi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri, Enstitüsü, Mersin.
- EN 1186-1, 2002. Materials and articles in contact with foodstuffs - Plastics - Part 1: Guide to the selection of conditions and test methods for overall migration, ICS 67.250.
- EN 1186-3, 2002. Materials and articles in contact with foodstuffs. Plastics Test methods for overall migration into aqueous food simulants by total immersion. ICS 67.250.
- Ergönül, B., 2009, Farklı probiyotik kültürler kullanarak hindi sucuğu üretimi ve kalite üzerine etkileri, Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.
- Erol Günel, Ş., 2023. Synthesis of 2-fluorobenzoyl thiourea derivatives, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 22, 44, 417-424.
- Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R.D., Johnson, S.K., 2017. Active and intelligent packaging in meat industry, Trends in Food Science & Technology, 61, 60-71.
- Frankel, E. N., 1991. Recent Advances in Lipid Oxidation, Journal of the Science of Food and Agriculture, 54, 495-511.
- Franz, R., 2005. Migration modelling from food-contact plastics into foodstuffs as a new tool for consumer exposure estimation, Food Additives and Contaminants, 22, 10, 920-937.
- Fritzche, W., Porwol, H., Wiegand, A., Bornmann, S. ve Kiibler J. M., 1998 In-Situ Formation of Ag-Containing Nanoparticles in thin polymer films, Nurastruchyehdh Taiala, 10, 1, 89-97.
- Gaetke, L. M., Chow-Johnson, H. S. ve Chow, C.K., 2014. Copper: toxicological relevance and mechanisms, Archives of Toxicology, 88, 1929–1938

- Geckeler, K., Lange, G., Eberhardt, H. ve Bayer, E., 1980. Preparation and application of water-soluble polymer-metal complexes. *Pure & Appl. Chem.* 52, 188-190.
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö., 1999. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö., 2012. Et ve et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu, 318, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Gökçeören, A. T., 2003. Hidrofilik ve hidrofobik etkileşimlerin polimer metal kompleks yapıları üzerinde ki etkilerin döngülü voltametri ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri, Enstitüsü, İstanbul.
- Han, J. H., 2000. Antimicrobial food packaging, *Food Technology*, 54, 3, 56-65.
- Hassan, A. M., Elbially, Z. I. ve Wahdan, K. M., 2020. Synthesis, Characterization, Biological and Antitumor Activity of Co(II) , Ni (II) , Cu(II) and Zn (II) Complexes of N-(2-Chlorophenyl)-N'-Benzoyl Thiourea, 9, 3.
- Hitchins, A., Hartman, P. ve Todd, E., 1996. Compendium of methods for the microbiological examination of foods: *Coliforms-Escherichia coli* and its toxins, Washington: American Public Health Association, ed, 3, 325-369.
- Hobman, J. L. ve Crossman, L. C., 2015, Bacterial antimicrobial metal ion resistance, *J. Journal of Medical Microbiology*, 64, 471-497
- Hunt, M. C., Acton, J. C., Benedict, R. C., Calkins, C. R., Cornforth, D. P., Jeremiah, L. E., Olson, D. P., Salm, C. P., Savell, J. W. ve Shivas, S. D., 1991. Guidelines for meat color evaluation, Chicago, Illinois, American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board.
- Huy, N. H. ve Abram, U., 2007. Rhenium and technetium complexes with N,N-Dialkyl-N-benzoyl thioureas, *Inorganic Chemistry Journal*, 46, 5310-5319.
- Juntachote, T., Berghofer, E., Siebenhandl, S., Bauer, F., 2007. The effect of dried galangal powder and its ethanolic extracts on oxidative stability in cooked ground pork, *Lwt-Food Science And Technology*, 40, 2, 324-330.
- Kaban, G., 2007. Geleneksel olarak üretilen sucuklardan laktik asit bakterileri ile katalaz pozitif kokların izolasyonu identifikasyonu, üretimde kullanılabilme imkanları ve uçucu bileşikler üzerine etkileri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Karakuş, S. ve Rollas, S. J. 2002. Synthesis and antituberculosis activity of new N-phenyl-N'-[4-(5-alkyl/arylamino-1, 3, 4-thiadiazole-2-yl) phenyl]thioureas". *Il Farmaco*, 57, 7, 577-581.

- Ke, S. Y. ve Xue, S. J., 2006. Synthesis and herbicidal activity of N-(o-fluorophenoxyacetyl) thioureas derivatives and related fused heterocyclic compounds, *Arkivoc*, 10, 63-68.
- Ketchemen, K. I., Khan, M. D., Mlowe, S., Akerman, M. P., Vitorica-Yrezabal, I., Whitehead, G., Nyamen, L. D., Ndifon, P. T., Revaprasadu, N. ve O'Brien, P., 2021. Crystal 66 structures and physicochemical studies of some novel divalent and trivalent transition metal chelates of N-morpholine-N'-benzoylthiourea, *Journal of Molecular Structure*, 1229, 129791
- Khana, U. A., Badshah, A., Tahir, M.N. ve Khana, E., 2020. Gold(I), silver(I) and copper(I) complexes of 2,4,6-trimethyl phenyl-3-benzoylthiourea; synthesis and biological applications, *Polyhedron*, 181, 114485.
- Khorrami, S., Shafai, M. ve Armstrong, S., 2003. Complexation of N-Benzoyl-N-methyl-N-phenylthiourea by Copper(II) in a Mixed Solvent System, *Journal of Chemical & Engineering Data*, 48, 142-145.
- Kıymaz, K. ve Uysal, Ş., 2023. The synthesis and characterization of pyridine cored dextrimeric s-Triazine Schiff bases: Investigation of their [MSalen/Salophen] (M= Cr³⁺, Fe³⁺, Co³⁺ and Zr⁴⁺) capped complexes, *Journal of Molecular Structure*, 1271, 134029.
- Koch, K., 2001. New chemistry with old ligands: N-alkyl- and N,N-dialkyl-NI - acyl (aroyl)thioureas in co-ordination, analytical and process chemistry of the platinum group metals, *Coordination Chemistry Reviews*, 216–217, 473–488.
- Koch, K. R., Miller, J. D. ve Seidelmann, O., 2002. Determination of the nucleophilic reactivity constants for a series of N-(n-propyl)-N'-(para-R-benzoyl) thioureas towards trans-[Pt (pyridine) 2Cl₂], *Inorganica Chimica Acta*, 331, 1, 136-142.
- Koparı, P., Parlak, A. E., Karatepe, A. ve Omard, R. A., 2022. Elucidation of potential anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of some new triazole compounds bearing pyridine-4-yl moiety and cyclobutane ring, *Arabian Journal of Chemistry*, 15 7, 103957.
- Krehula, L. K., Papic, A., Krehula, S., Gilja, V., Foglar, L. ve Hrnjak-Murgic, Z., 2017. Properties of UV protective films of poly(vinylchloride)/TiO₂ nanocomposites for food packaging, *Polymer Bulletin*, 74, 1387–1404.
- Kurt, G., 2021. Mechanical, thermal and surface properties of a new kind of polybenzoylthiourea, *Düzce University Journal of Science & Technology*, 9, 1927 – 1935.
- Kurt, G., 2019. Synthesis of new poly-benzoylthiourea and thermal and surface properties, *Journal of Polymer Research*, 26, 232.
- Kurt, Ş., Küçüköner, E. ve Zorba, Ö., 2005, Kesim sonrası sığır etinde meydana gelen biyokimyasal değişimler, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 30, 3, 203.

- Kutz, M., 2011. Applied plastics engineering handbook: processing and materials, William Andrew.
- Lemire, J. A., Harrison, J. J. ve Turner, R. J., 2013. Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications, *Nature Reviews Microbiology*, 11, 371–384.
- Limban, C., Chifiriuc, M.C., Caproiu, M.T., Dumitrascu, F., Ferbinteanu, M., Pintilie, L., Stefaniu, A., Vlad, I. M. Bleotu, C., Marutescu, L.G. ve Nuta, D. C., 2020. New Substituted Benzoylthiourea Derivatives: From Design to Antimicrobial Applications, *Molecules*, 25, 7, 1478.
- Lorenzo, J. M. ve Gomez, M., 2012. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions, *Meat Science*, 92, 4, 610-618.
- Lu, Y., Chen, Z. ve Lu, Y., 2022. Synthesis, characterization and thermal behavior of plasticized poly (vinyl chloride) doped with folic acid-modified titanium dioxide, *Scientific Reports*, 12, 3379.
- Macchioni, A., 2005. Ion pairing in transition-metal organometallic chemistry. *Chem. Rev.* 105, 2039–2074.
- Manos, G., Garforth, A. ve Dwyer, J., 2000. Catalytic degradation of high-density polyethylene over different zeolitic structures, *Industrial & engineering chemistry research*, 39, 5, 1198-1202.
- McMillin, K.W., 2017. Advancements in meat packaging, *Meat Science*, 132, 153-162.
- Montero-Prado, P. ve Ruiz Morales, G. A., 2022. Recent advances to increase the shelf life and safety of packaged foods. *Agronomía Mesoamericana*, 33, 3.
- Muncke, J., 2009. Exposure to endocrine disrupting compounds via the food chain: Is packaging a relevant source?. *Science of the total environment*, 407, 16, 4549-4559.
- Navajas, A., Bernarte, A., Arzamendi, G. ve Gandía, L. M., 2014. Ecodesign of PVC packing tape using life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 218-230.
- Nilles, K. ve Theato, P., 2007. Synthesis and polymerization of active ester monomers based on 4-vinylbenzoic acid, *Europe an Polymer Journal*, 43, 2901–2912.
- Obradović, D., Nikolić, S., Milenković, I., Milenković, M., Jovanović, P., Savić, V., Roller, A., Crnogorac, M. D., Stanojković, T. ve Grgurić-Šipkaa, S., 2020 "Synthesis, characterization, antimicrobial and cytotoxic activity of novel half-sandwich Ru(II) arene complexes with benzoylthiourea derivatives, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 210, 111164.

- Ockerman, H. W., 1985. Quality Control of Post-Mortem Muscle Tissue, 13th ed. Columbus, The Ohio State University.
- Oussallah, M., Caillet, S., Salmieri, S., Saucier, L. ve Lacroix, M., 2004. Antimicrobial and antioxidant effects of milk proteinbased film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 5598-5605.
- Özgeriş, F. B., Yıldırım, M., Görmez, A. ve Özgeriş, B., 2021. A novel nicotinoyl thiourea manganese complex: synthesis, characterization, and biological activity studies, *International Journal of Chemistry and Technology*, 5, 2, 83-90.
- Krishnan, P. S. G. ve Kulkarni, S. T., 2008. 1 - polyester resins, in: B.L. Deopura, R. Alagirusamy, M. Joshi, B. Gupta (Eds.), *Polyesters and Polyamides*, Woodhead Publishing Series in Textiles, Woodhead Publishing, Cambridge (UK), , ISBN 9781845692988, 3–40.
- Pal, M., Devrani, M. ve Hadush, A., 2019. Recent developments in food packaging technologies. *Beverage Food World*, 46, 1, 21-25.
- Palomba, M., Carotenuto, G., Cristino, L., Di Grazia, M.A., Nicolais, F. ve De Nicola, S., 2012. Activity of Antimicrobial Silver Polystyrene Nanocomposites, *Journal of Nanomaterials*, 185029, 7.
- Patrick, S., 2005. Practical guide to polyvinyl chloride, iSmithers Rapra Publishing.
- Perez, M. Â. F., Padula, M., Moitinho, D. ve Bottoli, C. B. G., 2019. Primary aromatic amines in kitchenware: Determination by liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 1602, 217-227.
- Petrucci, R., Harwood, W. ve Herring, F., 2003. Koordinasyon bileşikleri, İlkeler ve Modern Uygulamalı Genel Kimya Kitabı, Palme Yayınları, İstanbul, 234-245.
- Pilevar, Z., Bahrami, A., Beikzadeh, S., Hosseini, H. ve Jafari, S. M., 2019. Migration of styrene monomer from polystyrene packaging materials into foods: Characterization and safety evaluation, *Trends in Food Science & Technology*, 91, 248-261.
- Pinheiro, L. C. S., Hoelz, L. V. B., Ferreira, M. L. G., Oliveira, L. G., Pereira, R. F. A., Do Valle, A. M. , Andre, L. S. P., Scaffo, J., Pinheiro, F. R., Ribeiro, T. A. N. Sachs, D., Pascoal, A. C. R. F., Boechat, N. ve Aguiar-Alves, F., 2020. Synthesis of benzoylthiourea derivatives and analysis of their antibacterial performance against planktonic *Staphylococcus aureus* and its biofilms, *Letters in Applied Microbiology* 71, 645-651.
- Plutín, A. M., Mocelo, R., Alvarez, A., Ramos, R., Castellano, E. E., Cominetti, M. R., Graminha, A. E. ve Ferreira, A. G., 2014. On the cytotoxic activity of Pd(II) complexes of N, N-disubstituted-N'-acyl thioureas, *Journal of Inorganic Biochemistry*, 134, 76-82.

- Popok, V. N., Jeppesen, C. M., Fojan, P., Kuzminova, A., Hanuš, J. ve Kylián. O. 2018. Comparative study of antibacterial properties of polystyrene films with TiO₂ and Cu nanoparticles fabricated using cluster beam technique, *Beilstein Journal Nano Technol.*, 9, 861–869.
- Rani, P.J. ve Thirumaran, S., 2013. Synthesis, characterization, cytotoxicity and antimicrobial studies on bis(N-furfuryl-N-(2-phenylethyl)dithiocarbamate-S,S0)zinc(II) and its nitrogen donor adducts, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 62, 139-147.
- Ren, H., Wei, Z., Wei, H., Yu, D., Li, H., Bi, F., Xu, B., Zhang, H., Hua, Z. ve Yang, G., 2022. Pyridine-containing block copolymeric nano-assemblies obtained through complementary hydrogen-bonding directed polymerization-induced self-assembly in water, *Polymer Chemistry*, 13, 25, 3800-3805
- Robertson, G. L., 2005. Food packaging: principles and practice, CRC press.
- Robertson, G. L., 2012. Food packaging and shelf life, Food packaging and shelf life, a practical guide, 1-16.
- Rooney, M. L. 1995. Active Packaging in Polymer Films, In: Rooney, M.L., Ed. Active food packaging. Blackie Academic and Professional, New York, 74-110
- Rudin, A. ve Choi, P., 2012. The elements of polymer science and engineering. Academic press.
- Fakirov, S., 2017. Fundamentals of Polymer Science for Engineers, Wiley-VCH GmbH & Co, KGaA, Weinheim (Germany), ISBN 9783527341313
- Saeed, S., Rashid, N., Jones, P. G., Ali, M. Ve Hussain, R., 2010. Synthesis, characterization and biological evaluation of some thiourea derivatives bearing benzothiazole moiety as potential antimicrobial and anticancer agents, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 45, 4, 1323-1331.
- Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J.A. ve Saura-Calixto, F., 1999. Free radical scavenging capacity of selected red, rose and white wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 79, 1301-1304
- Sarı, L., 2018. Metakrilat tabanlı suda çözünabilir polimer sentezi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Sax, L., 2010. Polyethylene terephthalate: sax responds, *Environmental Health Perspectives*, 118, 5, A197-A197.
- Sebastian, N., George, B., Mathew, B., 1998. Metal complexes of poly(acrylic acid): synthesis, characterization and thermogravimetric studies, *Polym Degrad Stab* 60, 371–375.
- Schuster, M. ve König, K. H., 1987. Zur Chromatographie von Metallchelaten, *Fresenius' Zeitschrift für analytische Chemie*, 327, 2, 102-104.

- Schuster, M. ve König, K. H., 1988. Zur Chromatographie von Metallchelaten. XVIII. Einfluss der Koordinationsstellen auf die chromatographischen Eigenschaften von N,N-dialkyl-N'-benzoylharnstoff-Chelaten. Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie, 331, 3-4, 383-386.
- Sekar, A., Dushyanthan, K., Radhakrishnan, K. T. ve Narendra Babu, R., 2006. Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat, Meat Sciences, 72, 211-215.
- Smith, J., Liras, J. L., Schneider, S. E. ve Anslyn, E. V., 1996. Solid and solution phase organic syntheses of oligomeric thioureas. The Journal of Organic Chemistry, 61, 25, 8811-8818.
- Snedecor, G. W. ve Cochran, W. G., 1980, Statistical methods, USA, The Iowa State University, Press, Amer, Iowa,, p.
- Sofos, J. N., 2008. Challenges to meat safety in the 21st century, Meat Sciences, 78, 3-13.
- Solmaz, U., Gumus, I., Binzet, G., Celik, O., Balci, G., Dogen, A. ve Arslan, H., 2018. Synthesis, characterization, crystal structure, and antimicrobial studies of novel thiourea derivative ligands and their platinum complexes, Journal of Coordination Chemistry, 71, 2, 200 - 21817
- Solmaz, U., Gümüş, İ., Yılmaz, M.K., İnce, S. ve Arslan, H., 2021. Palladium complexes derived from benzoylthiourea ligands: Synthesis, crystal structure, and catalytic application in Suzuki C–C coupling reactions, Appl Organomet Chemistry, 35, 6348, 1-16.
- Solov'ev, V. P., Stuklova, M. S., Koltunova, E. V. ve Kochanova, N. N., 2003. Coordination Numbers of Central Atoms in Coordination Compounds. Russ. Journal of Coordination Chemistry, 29, 660–668.
- Söğüt, E. ve Seydim, A. C., 2017. Biyobazlı nanokompozitler ve gıda ambalajlamadaki uygulamaları, The Journal of Food, 47, 6, 821-833.
- Summo, C., Caponio, F. ve Pasqualeno, A., 2006. Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages, Meat Science, 74, 2, 249-254.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., Bigger, S. W., 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications, The Journal of Food Science, 68, 2, 408-420.
- Takemoto, K., Ottenbrite, R. M., Kamachi, M., 1997. Functional Monomers And Polymers.
- Tashkanid, N. Y., Al-Amshany, Z. M., Hassan, N. A., 2022. Design, synthesis, molecular docking and antimicrobial activities of novel triazole-ferulic acid ester hybrid carbohydrates, Journal of Molecular Structure, 1269, 133832

- Taşkın, O. K., 2011. Yeni bir Schiff bazı ve geçiş metalleri ile oluşturdukları komplekslerin sentezi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale,
- Tawfik, M. S. ve Huyghebaert, A., 1998. Polystyrene cups and containers: styrene migration. *Food Additives & Contaminants*, 15, 5, 592-599.
- Thakur B. R. ve Singh R. K., 1994. Food irradiation- chemistry and application, *Food Research International*, 10, 437-473.
- TS, 2012. Gıda ve hayvan yemleri mikrobiyolojisi - Beta-Glucuronidase-Positive *Escherichia coli*'nin sayımı için yatay yöntem-Bölüm 2: 5-Bromo-4-Chloro-3-İndolyl beta-D-Glucuronide kullanılarak 44°C'da koloni sayım yöntemi, TS EN ISO 16649-2, Türk Standartları Enstitüsü, Bakanlıklar/Ankara.
- TS EN 1186, 2004. Gıda maddeleri ile temas eden madde ve malzemeler - Plastikler - Bölüm 14: İzoo-oktan ve %95 etanolü deney ortamı kullanılarak yağlı gıda maddeleriyle temas etmesi amaçlanan plastiklerden “yerine geçme deneyleri” için toplam migrasyon deney yöntemleri, ICS 67.250.
- Tunalı, N. K. ve Özkar, S., 1999. Anorganik Kimya, Gazi kitabevi, 4.baskı, Ankara.
- Tural, S., Türker Sarıcaoğlu, F. ve Turhan, S., 2017. Yenilebilir film ve kaplamalar: üretimleri, uygulama yöntemleri, fonksiyonları ve kashi gıdalarda kullanımları. *Akademik Gıda* 15, 1, 84-94.
- T.C. Resmi Gazete, Türk gıda kodeksi gıda ile temas eden plastik madde ve malzemeler tebliği. (30989 mükerrer), 25.12.2019, 8.
- Üçüncü, M., 2004. Etlerin ambalajlanması, *Akademik Gıda Dergisi*, 2, 6, 12-13.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F. ve Debevere. J., 2002. Effectiveness of some antimicrobial packaging concepts, *Food Additives & Contaminants*, 163-171.
- Videira-Quintela, D., Martin, O. ve Montalvo, G. 2021. Recent advances in polymer-metallic composites for food packaging applications, *Trends in Food Science & Technology*, 109, 230–244.
- Vilarinho, F., Sendón, R., Van der Kellen, A., Vaz, M. F. ve Silva, A. S., 2019. Bisphenol A in food as a result of its migration from food packaging, *Trends in Food Science & Technology*, 91, 33-65.
- Yao, Z., Seong, H. J. ve Jang, Y. S., 2022. Environmental toxicity and decomposition of polyethylene, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 242, 113933.
- Yaseen, S., Rauf, M. K., Zaib, S., Badshah, A., Tahir, M. N., Ali, M. I., Imtiaz-ud-Din, Shahid, M. ve Iqbal, J., 2016. Synthesis, characterization and urease inhibition, in vitro anticancer and antileishmanial studies of Co(III) complexes with N,N,N'-trisubstituted acylthioureas. *Inorganica Chimica Acta*, 443, 69–77.

- Yeşilkaynak, T., 2016. Synthesis and characterization of N-((6-methylpyridin-2-yl)carbamothioyl)thiophene-2-carboxamide and its Co(II), Ni(II) and Cu(II) Complexes: Calculation of the Molecular Orbitals and Antioxidant and Antitumor Activities " JOTCSA, 3, 3, 1-14.
- Yeşilkaynak, T., Demirdöğen, R. E., Muslu, H. ve Emen, F. M., 2021. Co(II), Ni(II), and Cu(II) metal complexes based on thiourea ligand: synthesis, characterization, thermal behaviors, anticancer, and antioxidant activities. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, 1–11.
- Yıldırım, Y., 1994, Et Endüstrisi, Bursa, Kozan Ofset, p.
- Yıldırım, S., Röcker, B., Pettersen, M. K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., Coma, V., 2018. Active packaging applications for food, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17,1, 165-199.
- Zandvakili, T., Fatemi, S.J., Ebrahimipour, S.Y., Ebrahimnejad, H., Castro, J., Dusek, M., Eigner, V., 2022. Deferasirox pyridine solvate and its Cu(II) complex: Synthesis, crystal structure, Hirshfeld surface analysis, antimicrobial assays and antioxidant activity, *Journal of Molecular Structure*, 1249, 131525.
- Zhang, J. F., Xu, J. Y., Wang, B. L., Li, Y. X., Xiong, L. X., Li, Y. Q. ve Li, Z. M., 2012. Synthesis and insecticidal activities of novel anthranilic diamides containing acylthiourea and acylurea, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 31, 7565-7572.
- Zhou, G. H., Xu, X. L., Liu, Y., 2010. Preservation Technologies for fresh meat, *Meat Science*, 86, 119-128.
- Quintavalla, S. ve Vicini, L., 200. Antimicrobial food packaging in meat industry, *Meat Science*, 62, 373-380.
- Wang, X., Zhang, X. ve Ding, S., 2021. 1,2,3-Triazole-based sequence-defined oligomers and polymers, *Polymer Chemistry*, 12, 18, 2668-2688
- Wollfs, P. ve Radstrom, P., 2006. Real-time PCR for the detection of pathogens in meat, in L. M. L. NOLLET and F. TOLDRA (eds), *Advanced technologies for meat processing*, London: CRC Press, 131-53.
- Wu, Y., Rhim, J. W., Weller, C. L., Hamouz, F., Cuppett, S. ve Schnepf, M., 2001. Moisture loss and lipid oxidation for precooked ground-beef patties packaged in edible starch-alginate-based composite films. *Sensory and Nutritive Qualities of Foods*, 66, 3, 486-493.
- Xu, Z., Liu, B., Dong, H. ve Wang, M., 2014. Synthesis, insecticidal activity of new benzoylthioureas and benzoylureas, *Chinese Journal of Organic Chemistry*, 34, 12, 2517-2522.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Burhan ÜNLÜ

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği
Bölümü, 2008-2013

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim
Dalı, 2022-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Gıda Mühendisi-Kontrol Görevlisi,
08.2017-09.2021
2. Aksaray İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Gıda Mühendisi-Kontrol Görevlisi,
09.2021-Halen

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Kongrelerde Yapılan Sunum

1. Ünlü, B. Kurt, G. Erdem, N., 2024. Yeni benzoiltiyöre bazlı polimerin Ag(I),
Zn(II) ve Cu(II) komplekslerinin sentezi ve karakterizasyonu ve sığır eti
paketleme özellikleri, 14. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi, 22/23
Ağustos, Online Sunum.