ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Selin KALKAN

FARKLI ANTİMİKROBİYEL MADDELER İÇEREN YENİLEBİLİR FİLM KAPLAMALARIN MACAR SALAMINDA KULLANIM OLANAKLARI VE *Listeria innocua* İNAKTİVASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2014

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ANTİMİKROBİYEL MADDELER İÇEREN YENİLEBİLİR FİLM KAPLAMALARIN MACAR SALAMINDA KULLANIM OLANAKLARI VE *Listeria innocua* İNAKTİVASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

Selin KALKAN

DOKTORA TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez …/…/2014 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	…….....	…….....
Prof. Dr. Zerrin ERGİNKAYA	Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU	Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

…….....	…….....
Prof. Dr. Hatice K. GÜVENMEZ	Doç. Dr. Bülent KABAK
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2011D24

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

FARKLI ANTİMİKROBİYEL MADDELER İÇEREN YENİLEBİLİR FİLM KAPLAMALARIN MACAR SALAMINDA KULLANIM OLANAKLARI VE *Listeria innocua* İNAKTİVASYONU ÜZERİNE ETKİLERİ

Selin KALKAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Zerrrin ERGİNKAYA
Yıl: 2014, Sayfa: 165
Jüri : Prof. Dr. Zerrrin ERGİNKAYA
: Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU
: Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN
: Prof. Dr. Hatice K. GÜVENMEZ
: Doç. Dr. Bülent KABAK

Bu araştırmada, farklı oranlarda kekik, fesleğen, biberiye, yenibahar, kişniş esansiyel yağları ile, potasyum sorbat, sodyum benzoat (% 1, 2, 3 ve 4) ve nisin (2500, 5000, 7500 ve 10.000 IU) içeren metil selüloz (MS) ve peynir altı suyu protein izolatı (PASP) filmler/ kaplamalar hazırlanmış ve hazırlanan bu antimikrobiyel filmlerin/ kaplamaların *Listeria innocua* üzerindeki antimikrobiyel etkileri ile dilimlenmiş Macar salamlarında kullanım olanakları araştırılmıştır. Ayrıca her bir antimikrobiyel filmin, ambalaj materyali olarak kullanım potansiyellerinin ve karakterizasyonlarının belirlenmesi amacıyla fiziksel ve mekaniksel analizleri yapılmıştır. Antimikrobiyel kaplamaların Macar salamı ile duyusal uyumlarının ve beğenirliklerinin tespiti amacıyla duyusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak hazırlanan tüm antimikrobiyel film ve kaplamalar, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki göstermiş ve potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren antimikrobiyel filmlerin karakterizasyonlarının ambalaj materyali olarak kullanıma daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Duyusal açıdan en beğenilen Macar salamı kaplama türlerinin ise, kekik esansiyel yağı içeren MS kaplamalar ile nisin içeren PASP kaplamalar olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyel, yenilebilir film ve kaplamalar, *L. innocua*

ABSTRACT

PhD THESIS

POSSIBILITY OF USING EDIBLE FILMS AND COATINGS CONTAINING DIFFERENT ANTIMICROBIAL AGENTS ON HUNGARIAN SALAMI AND INACTIVATION EFFECTS ON *Listeria innocua*

Selin KALKAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Zerrin ERGİNKAYA
Year: 2014, Pages: 165
Jury : Prof. Dr. Zerrin ERGİNKAYA
: Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU
: Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN
: Prof. Dr. Hatice K. GÜVENMEZ
:Assoc.Prof. Dr. Bülent KABAK

In this study, methyl cellulose and whey protein isolate films and coatings containing thyme, basil, rosemary, allspice, coriander essential oils, potassium sorbate, sodium benzoate (1, 2, 3 and 4 % w/v) and nisin (2500, 5000, 7500 and 10.000 IU) were prepared. The antimicrobial activities of these prepared antimicrobial films and coatings against *L. innocua* and possibility of using this films and coatings on Hungarian Salami were determined. Futhermore, each methyl cellulose and whey protein isolate antimicrobial films were performed physical and mechanical analysis to determine of the potential utility as packaging material and characterization. In order to determine sensory compliance with Hungarian Salami and methyl cellulose and whey protein isolate coatings containing different antimicrobial agents sensory analyzes were conducted.

As a conclusion, all the antimicrobial films and coatings showed antimicrobial effect against *L. innocua*. Characterization of films containing potassium sorbate and sodium benzoate have been found to be more suitable for use as the packaging material. The most acclaimed Hungarian Salami samples aspects sensory that methyl cellulose coatings containing thyme essential oil and containing nisin whey protein isolate coatings were determined.

Key Words: Antimicrobial, edible films and coatings, *L. innocua*

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve bana **"**Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Yenilebilir Film Kaplamaların Macar Salamında Kullanım Olanakları ve *Listeria innocua* İnaktivasyonu Üzerine Etkileri" konulu doktora tezini veren yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zerrin ERGİNKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezi jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Hasan FENERCİOĞLU ile Sayın Prof. Dr. A. Kadir HALKMAN'a, tez izleme komitesinde yer alarak, çalışmamın tüm aşamalarında yönlendirici ve olumlu katkı sağladıklarından dolayı çok teşekkür ederim. Sayın Prof. Dr. Hatice KORKMAZ GÜVENMEZ'e ve Doç. Dr. Bülent KABAK'a tez jüri üyesi olarak, yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

Tezim süresince bana destek veren, yardımcı olan, manevi desteğini ve emeklerini esirgemeyen sevgili arkadaşım Ar. Gör. Dr. Emel ÜNAL'a çok içten teşekkürlerimi sunarım. Ar. Gör. İbrahim Başar SAYDAM'a, Ar. Gör. Süleyman POLAT'a, Ar. Gör. Erdal AĞÇAM'a ve mikrobiyoloji laboratuvarı çalışma arkadaşlarıma yardım ve destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: ZF2011D24) teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, doktora çalışmam boyunca da maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her süreçte yanımda olan ve beni motive eden aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ..... I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR II
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ X
ŞEKİLLER DİZİNİ XIV
SİMGELER VE KISALTMALAR..... XVIII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR..... 5
2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar 5
2.2.1.Hidrokolloidal Yapıda Yenilebilir Film ve Kaplama Materyalleri 7
2.1.2. Yenilebilir Lipit Filmler ve Kaplamalar 10
2.1.3. Kompozit Filmler ve Kaplamalar..... 11
2.2. Plastikleştiriciler 11
2.3. Yenilebilir Kaplamaların Gıdalarda Uygulama Yöntemleri 12
2.3.1. Daldırma Yöntemi..... 13
2.3.2. Püskürtme (Sprey) Yöntemi..... 13
2.3.3. Damlatma Yöntemi 13
2.3.4. Dökme Yöntemi 13
2.3.5. Köpükleme Yöntemi 14
2.4. Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplamaların Özellikleri..... 14
2.4.1.Yenilebilir Film ve Kaplama Sistemlerinde Kullanılan Antimikrobiyel Maddeler 16
2.4.1.1.Antimikrobiyel Yenilebilir Film ve Kaplama Sistemlerinde Kullanılan Esansiyel Yağlar..... 16
2.4.1.1.(1). Kekik Esansiyel Yağı 18
2.4.1.1.(2). Biberiye Esansiyel Yağı 18

2.4.1.1.(3). Fesleğen Esansiyel Yağı 19
2.4.1.1.(4). Kişniş Esansiyel Yağı 20
2.4.1.1.(5). Yenibahar Esansiyel Yağı 20
2.4.1.2. Nisin 21
2.4.1.3. Sorbik Asit ve Tuzları 22
2.4.1.4. Benzoik Asit ve Tuzları 23
2.4.2.Antimikrobiyel Ambalajların Etkinliklerinin Belirlenmesinde Yararlanılan Yöntemler 24
2.4.3.Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplama Uygulamaları İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar 25
2.5. Yenilebilir Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri 29
2.6. Antimikrobiyel Maddelerin Film Yapısı Üzerine Etkileri 32
3. MATERYAL VE METOT 33
3.1. Materyal 33
3.1.1. Macar Salamı 33
3.1.2. Mikroorganizmalar 33
3.1.3.Yenilebilir Film ve Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Polimerler, Plastikleştiriciler ve Antimikrobiyel Maddeler 33
3.2. Metot 34
3.2.1. Standart Nisin Solüsyonunun Hazırlanması 34
3.2.2. Stok Bakteri Kültürü Hazırlanması 34
3.2.3.Antimikrobiyel Özellikte Yenilebilir Film/ Kaplamaların Hazırlanması 34
3.2.3.1.Nisin İlave Edilmiş Metil Selüloz Film/ Hazırlanması 34
3.2.3.2.Esansiyel Yağlar İlave Edilmiş Metil Selüloz Film/ Kaplamaların Hazırlanması 35
3.2.3.3.Potasyum Sorbat ve Sodyum Benzoat İlave Edilmiş Metil Selüloz Film/ Kaplamaların Hazırlanması 35
3.2.3.4.Nisin İlave Edilmiş Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Film/ Kaplamaların Hazırlanması 36

3.2.3.5.Esansiyel Yağlar İlave Edilmiş Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Film/ Kaplamaların Hazırlanması 36
3.2.3.6.Potasyum Sorbat Ve Sodyum Benzoat İlave Edilmiş Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Film/Kaplamaların Hazırlanması..... 37
3.2.4. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Yenilebilir Filmlerin *Listeria innocua*'ya Karşı Antimikrobiyel Etkilerinin Belirlenmesi..... 37
3.2.5. Ürüne Mikroorganizma İnokülasyonu, Kaplama Ve Depolama..... 38
3.2.6. *Listeria innocua* Sayımı 39
3.2.7. Antimkrobiyel Kaplama Solüsyonu İle Kaplanmış Macar Salamı Örneklerine Yapılan Kimyasal ve Fiziksel Analizler..... 40
3.2.7.1.pH Tayini..... 40
3.2.7.2. Su Aktivitesi Tayini 40
3.2.7.3.Antimikrobiyel Kaplama Uygulanmış Macar Salamı Örneklerinin Renk Ölçümleri..... 40
3.2.8.Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi 41
3.2.8.1. Filmlerin Kalınlık ve Ağırlık Ölçümleri 41
3.2.8.2. Filmlerin Nem İçeriğinin Belirlenmesi 41
3.2.8.3. Filmlerin Kuru Madde Yoğunluklarının Belirlenmesi..... 41
3.2.8.4. Filmlerin Su Buharı Geçirgenliğinin Belirlenmesi 42
3.2.8.5.Filmlerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Gözenek Yapılarının Belirlenmesi 42
3.2.8.6. Filmlerin Çekme Dayanımı, Uzama Katsayısı ve Elastik Modülün Belirlenmesi (TS, % E, YM) 43
3.2.8.7. Filmlerin Renk Ölçümleri 43
3.2.9. Duyusal Değerlendirme 44
3.2.10. İstatistiksel Analizler..... 46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 47

4.1. Nisin İçeren Metil Selüloz Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi 47
4.2. Esansiyel Yağlar İçeren Metil Selüloz Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi 50
4.3. Potasyum Sorbat ve Sodyum Benzoat İçeren Metil Selüloz Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi 54
4.4. Nisin İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi 57
4.5. Esansiyel Yağlar İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi 58
4.6. Potasyum Sorbat ve Sodyum Benzoat İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi 61
4.7. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Metil Selüloz Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkilerinin, Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi 62
4.7.1.Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Metil Selüloz Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkileri..... 63
4.7.2. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Metil Selüloz Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının pH Değerleri 68
4.7.3. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Metil Selüloz Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının Su Aktivitesi (Sa) Değerleri 71
4.7.4. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Metil Selüloz Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının Renk Özellikleri 73
4.8. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkilerinin, Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi 79
4.8.1. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkileri 79

4.8.2.Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Uygulanmış Macar Salamlarının pH Değerleri 84
4.8.3.Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının Su Aktivitesi (Sa) Değerler..... 87
4.8.4.Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplama Uygulanmış Macar Salamı Örneklerinin Renk Özellikleri..... 89
4.9. Antimikrobiyel Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri 94
4.9.1. Filmlerin Kalınlık ve Ağırlık Sonuçları 94
4.9.2. Filmlerin Nem İçeriği..... 96
4.9.3. Filmlerin Kuru Madde Yoğunlukları 97
4.9.4. Filmlerin Su Buharı Geçirgenliği..... 98
4.9.5. Filmlerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İle Gözenek Yapıları..... 100
4.9.6. Filmlerin Çekme Dayanımı (TS), Uzama Katsayısı (% E) ve Young Modülü (YM)..... 104
4.9.7. Filmlerin Renk Özellikleri 107
4.10. Duyusal Değerlendirme Sonuçları 110
4.10.1. Genel Görünüş 110
4.10.2. Renk 115
4.10.3. Koku 120
4.10.4. Tekstür..... 125
4.10.5. Tat..... 130
4.10.6. Genel Ürün Beğenisi 135
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 143
KAYNAKLAR..... 149
ÖZGEÇMİŞ..... 165

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Kimyasal ve doğal antimikrobiyel maddeler 16

Çizelge 4.1. Nisin ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri 48

Çizelge 4.2. Farklı esansiyel yağlar ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri 51

Çizelge 4.3. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocu'*ya karşı antimikrobiyel etkisi 55

Çizelge 4.4. Nisin içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin*Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri 57

Çizelge 4.5. Esansiyel yağlar ilave edilmiş peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri. 57

Çizelge 4.6. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri ..... .61

Çizelge 4.7. Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama çözeltisi ile kaplanmış Macar salamlarında depolama süresince *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g) ..... .61

Çizelge 4.8. Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyali ile kaplanmış inoküle Macar salamlarının depolama süresince pH değişimleri ..... .70

Çizelge 4.9. Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyali ile kaplanmış Macar salamlarının depolama süresince su aktivitesi (Sa) değişimleri ..... .72

Çizelge 4.10. Kaplama uygulanmamış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin depolama süresince renk özellikleri 73

Çizelge 4.11. Farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri 75

Çizelge 4.12. Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı kaplama çözeltisi ile kaplanmış Macar salamlarında depolama süresince *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g) 83
Çizelge 4.13. Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı kaplama materyali ile kaplanmış inoküle Macar salamlarının depolama süresince pH değişimleri 86
Çizelge 4.14. Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı kaplama materyali ile kaplanmış inoküle Macar salamlarının depolama süresince Sa değişimleri 88
Çizelge 4.15. Farklı antimikrobiyeller içeren PASP kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri 90
Çizelge 4.16. Farklı antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmlerin kalınlık (mm) ve ağırlık (g) ölçümleri 94
Çizelge 4.17. Farklı antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmlerin nem ölçümleri (%) 96
Çizelge 4.18. Yenilebilir film örneklerinin kuru madde yoğunlukları ($g.cm^{-3}$) 97
Çizelge 4.19. Yenilebilir film örneklerinin su buharı geçirgenlik değerleri ($g.mm/m^2$ sa kPa) 99
Çizelge 4.20. Farklı antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin çekme dayanımı (TS), uzama katsayısı (% E) ve Young Modülü (YM). ..... .106
Çizelge 4.21. Farklı antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin çekme dayanımı (TS), uzama katsayısı (% E) ve Young Modülü (YM)..... 106
Çizelge 4.22. Farklı antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin renk özellikleri 108
Çizelge 4.23. Farklı antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin renk özellikleri 109
Çizelge 4.24. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puan ortalamaları..... 111

Çizelge 4.25. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puan ortalamaları..... 113
Çizelge 4.26. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları 117
Çizelge 4.27. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları..... 119
Çizelge 4.28. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları..... 122
Çizelge 4.29. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları..... 124
Çizelge 4.30. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları..... 127
Çizelge 4.31. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları..... 129
Çizelge 4.32. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları..... 132
Çizelge 4.33. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları 134
Çizelge 4.34. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları..... 138

Çizelge 4.35. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları..... 140

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 2.1. Yenilebilir film ve kaplama sistemlerinde antimikrobiyel maddelerin gıdaya difüzyonu (Ayana, 2007) 15

Şekil 2.2. Antimikrobiyel plastik filmlerin agar difüzyon yöntemi ile *Aspergillus niger* üzerine etkisi (Appendini ve Hotchkiss, 2002) 25

Şekil 3.1. Salam dilimlerine *L. innocua* inokülasyonu ve depolama 39

Şekil 3.2. Duyusal değerlendirme formu 45

Şekil 4.1. 2500, 5000, 7500 ve 10000 IU/cm^2 nisin ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua* üzerine antimikrobiyel etkisi 49

Şekil 4.2. Kekik esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi 52

Şekil 4.3. Fesleğen esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi 53

Şekil 4.4. Kişniş esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi 53

Şekil 4.5. Yenibahar esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi 54

Şekil 4.6. Biberiye esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi 54

Şekil 4.7. Potasyum sorbat ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua* üzerindeki antimikrobiyel etkisi 56

Şekil 4.8. Sodyum benzoat ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi 56

Şekil 4.9. Nisin içeren (7500 ve 10000 IU/cm^2) peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri 58

Şekil 4.10. Kekik ve yenibahar esansiyel yağlarını (% 4 a/h) içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri 60

Şekil 4.11. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren (% 4 a/h) peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri..... 62
Şekil 4.12. Esansiyel yağlar içeren metil selüloz kaplama çözeltisi ile kaplanmış Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g) 66
Şekil 4.13. Nisin, potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren metil selüloz kaplama çözeltisi ile kaplanmış Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)..... 67
Şekil 4.14. Esansiyel yağlar içeren peynir altı suyu protein izolatı (PASP) kaplama çözeltisi ile kaplanmış, Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)..... 81
Şekil 4.15. Nisin, potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı (PASP) kaplama çözeltisi ile kaplanmış, Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)..... 82
Şekil 4.16. Farklı antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin SEM yüzey mikrografları..... 101
Şekil 4.17. Farklı antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin SEM yüzey mikrografları. 103
Şekil 4.18. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puan ortalamaları 112
Şekil 4.19. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puanları. 115
Şekil 4.20. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları 116
Şekil 4.21. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları 120

Şekil 4.22. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları 121
Şekil 4.23. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları 125
Şekil 4.24. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları. 126
Şekil 4.25. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları 130
Şekil 4.26. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları 131
Şekil 4.27. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları 135
Şekil 4.28. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları 135
Şekil 4.29. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları 141

SİMGELER VE KISALTMALAR

a/h : Ağırlık/hacim

Bi : Biberiye esansiyel yağı

E : Elastik modülü (uzama katsayısı %)

Fe : Fesleğen esansiyel yağı

IU : Uluslararası Ünite

K : Kontrol

Ke : Kekik esansiyel yağı

Ki : Kişniş esansiyel yağı

kPa : Kilo Pascal

kV : Kilo Volt

KOB : Koloni Oluşturma Birimi

MS : Metil selüloz film/kaplama

Ni : Nisin

PASP : Peynir altı suyu protein izolatı film/ kaplama

PS : Potasyum sorbat

RH : Oransal Nem

Sa : Su aktivitesi

SB : Sodyum benzoat

SEM : Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)

TS : Çekme dayanımı

Ye :Yenibahar esansiyel yağı

YM : Young Modulü

1. GİRİŞ

Son yıllarda tüketici taleplerinde, minimum işlem görmüş gıdalara olan ilginin artmasına bağlı olarak, ambalaj sektöründe de yeni teknolojilerin araştırılmasına ve kullanılmasına başlanmıştır. Bu teknolojilerden en fazla öne çıkan ise aktif ambalajlama tekniğidir. Aktif ambalajlama, ambalaj materyaline çeşitli aktif bileşenlerin katılımı yoluyla gerçekleşmektedir. Bu aktif bileşenler, antimikrobiyel özellikte olup, sentetik polimer ve yenilebilir film gibi farklı yapılar içinde etkinleşmektedirler. Antimikrobiyel ambalajlama olarak da tanımlanan bu yöntemde, aktif antimikrobiyel maddeler, ambalajlamada kullanılan film içerisine doğrudan katılabileceği gibi, küçük paketler halinde ambalaj materyali içerisine de yerleştirilmektedir (Ayana, 2007). Bu amaçla, ambalaj materyali olarak, polietilen esaslı, selüloz içerikli pek çok farklı bileşenden yararlanılmaktadır. Biyolojik olarak yıkıma uğrayan, protein, polisakkarit ve lipit gibi doğal polimerlerden elde edilen yenilebilir film ve kaplamalar, aktif ambalajlama materyali olarak kullanılmaktadır. Antimikrobiyel film ve kaplamaların üretiminde ise, hem kimyasal, hem de doğal antimikrobiyel maddelerden yararlanılmaktadır. Kimyasal antimikrobiyel maddelerin gıda ile birlikte tüketilmesi durumunda, kullanım miktarında belli bir sınırlama getirilmiştir. Doğal antimikrobiyel maddelerin gıdalarda kullanım miktarlarında çok fazla sınırlama getirilmemesine karşın, aşırı miktarda ve hatalı kullanımları, gıdada istemeyen tat ve aroma değişikliklerine neden olmakta ve gıdanın kendine özgü renk ve tadını baskılayabilmektedirler (Ayana ve Turhan, 2010).

Antimikrobiyel ambalajlama, özellikle, işlem sonrası kontaminasyon riskinin yüksek olduğu ve tüketime hazır gıdalarda ayrı bir önem taşımaktadır. Bilindiği üzere salam, haşlama tipi et ürünü olarak, fermente sucuk ve salamura et ürünlerine oranla düşük düzeyde tuz içermesi, pH (en çok 6,4) ve su aktivitesi (0,87 - 0,95) değerlerinin yüksek olması nedeniyle raf ömürleri kısıtlı olan ürünler arasında yer almaktadır. Bu tip ürünlerde, mikrofloranın gelişimi ve raf ömrü, öncelikle ham maddenin içerdiği mikroorganizma yüküne ve muhafaza sıcaklığına bağlı olmakla beraber, pH, personel hijyeni, pişirme sıcaklığı, dilimleme ve paketleme sırasındaki kontaminasyon düzeyi gibi faktörlere de bağlıdır (Özdemir, 1998).

Salam, sağlık kontrolünden geçirilmiş ve tüketime uygun olduğunu belirten sağlık damgasını taşıyan kasaplık, sığır gövde eti, manda gövde eti, koyun gövde eti, kuzu gövde eti, dana gövde eti, kıl keçi gövde eti, kıl keçi oğlağı gövde etinden sadece biri veya bir kaçı, kemik, tendo fasia, kıkırdak, lenf yumrusu; büyük sinir ve damarlardan ayıklandıktan sonra, kıyma makinesinden geçirilip kuşbaşı çekildikten sonra, çeşidine göre lezzet verici maddeler, çeşni maddeleri, aroma maddeleri, kıvam verici maddeler ve katkı maddeleri ile beyaz şeker, yemeklik tuz, ilave edilip, mikserde karıştırıldıktan sonra, delik çapı 3 mm olan ayna takılı bir kıyma makinesinden kıyma çekilip, gerektiğinde kuyruk yağı, iç yağı, gövde yağı katılıp emülsifiye hale getirilen salam hamurunun kılıflara doldurulması ve tütsülendikten sonra, sıcak su duşuna tabi tutulması ve daha sonra soğuk su duşu ile oda sıcaklığına kadar soğutulması ile elde edilen et ürünüdür (TSE 979). Macar salamı ise, kuşbaşı doğranmış etlerin, nitrit ve yemeklik tuz ile karıştırılmasından ve 24 saat bekletilmesinden sonra, içerisine baharat ve diğer katkı maddeleri ilave edilerek kuterden geçirilmesi, buna yüzeyleri en çok 0,5 cm^2 büyüklüğündeki koyun gövde yağını veya kuyruk yağı parçalarının karıştırılması ile hazırlanan hamurun sığır kalın ve düz bağırsaklarına veya aynı çaptaki yapay kılıflara doldurulması ile hazırlanan salam olarak tanımlanmaktadır (TSE 979).

Yapılan birçok araştırmalarda salamlarda en sık rastlanan patojen bakterilerin başında *Listeria* spp., *E.coli* O157:H7 ile *Salmonella* spp. olduğu belirlenmiştir. Konu ile ilgili çalışmalar, tüketime hazır et ürünlerinde işlem sonrası kontaminasyonların bu patojenlerin ana kaynağı olduğu ve dilimleme işlemi ile bu riskin arttığını göstermiştir (Çağrı ve ark, 2002; Zhu ve ark, 2005; Kaya ve Kaban, 2008; Mehmetoğlu ve Demirkol, 2008). Özellikle *L. monocytogenes*, sık görülen bir yüzey kontaminantı olarak, tüketime hazır et ürünleri kaynaklı gıda zehirlenmelerinin baş etmeni olarak görülmektedir. Ayrıca *Listeria* pozitif salam örneklerinde apatojen karakterdeki *Listeria innocua*, *Listeria welshimeri* ve *Listeria ivanovii* izole edilen diğer *Listeria* türleri olarak öne çıkmaktadır (Sancak ve ark, 2007).

Antimikrobiyel madde ilaveli yenilebilir film ve kaplamaların, sahip oldukları fonksiyonel (esneklik ve gerginlik) ve optik özelliklerinin (parlaklık ve opaklık) yanı

sıra, gaz akımına karşı bariyer etkisi, su ve mikroorganizmalara karşı yapısal direnç ve duyusal kabul edilebilirlik gibi fonksiyonellikleri nedeniyle, gıdalarda özellikle de çabuk bozulabilir ürünlerde tercih edilmektedirler (Falguera ve ark, 2011). Ayrıca antimikrobiyel madde ilaveli yenilebilir film ve kaplamalar, gıdaların raf ömrünü uzatmalarının yanı sıra, mevcut petrol türevi ambalaj materyallerine oranla, biyolojik olarak daha kolay parçalanmaktadırlar.

L. monocytogenes başta olmak üzere, salam gibi emülsifiye et ürünlerinde istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesini önlemek için geliştirilen metotların bazıları, koruyucu madde ilave edilmesi (sodyum laktat/sodyum asetat), dilimleme ve ambalajlama sonrası ürünün pastörize edilmesi ve koruyucu kültür kullanılmasıdır (Kaya ve Kaban, 2008). Film ve kaplamalarla birlikte antimikrobiyel ajanların kullanımını içeren yöntemler ise, gelişme aşamasındadır. Konu ile ilgili yapılan çalışmaların birçoğu, model sistemlerle sınırlıdır. Tüketime hazır işlenmiş et ürünlerinde teknolojik uygunluk, tüketici kabul edilirliği ve gıda güvenliği konuları dikkate alınarak geliştirilen antimikrobiyel ambalaj sistemlerinin kimyasal, mikrobiyolojik ve fizyolojik etkilerinin belirlendiği çalışmalara gereksinim duyulmaktadır (Karagöz ve Candoğan, 2007).

Listeria spp., Gram pozitif, katalaz pozitif, oksidaz negatif, spor oluşturmayan, kısa zincir formunda basillerdir. *Listeria innocua*, Listeria cinsine ait 6 türden biridir. Yüksek sıcaklık, pH ve tuz konsantrasyonlarında gelişme gösterebilir. Mezofilik karakter gösteren *Listeria innocua*'nın optimum gelişme sıcaklığı 30 - 37 $^{o}C^{'}$ dir. *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes* ile birlikte et yüzeylerinden en fazla izole edilen Listeria türüdür. Gıda kaynaklı tehlikeli bir patojen olan, *Listeria monocytogenes* ile çok benzerlik gösterir fakat *Listeria innocua* patojen olmayan bir bakteridir. Bir gıdadaki *Listeria innocua* varlığı muhtemel bir *Listeria monocytogenes* varlığını ifade edeceği için, *Listeria innocua* gıda mikrobiyolojisi açısından önemli bir yüzey kontaminantıdır (Blair ve ark, 1997; Buchrieser ve ark, 2005).

Bu araştırmada, çeşitli antimikrobiyel maddeler içeren metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı bazlı yenilebilir film ve kaplamalarının üretimi ile Macar salamı muhafazasında *Listeria innocua*'nın inaktivasyonu üzerine etkileri ve elde

edilen antimikrobiyel filmlerin karakteristik özellikleri ile antimikrobiyel kaplamaların Macar salamı ile duyusal uyumları araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Yenilebilir Film ve Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar, protein, lipit ve polisakkaritlerden hazırlanan sürekli matriksler olarak tanımlanmaktadır (Çağrı, 2002). Daha az maliyetli olmaları nedeniyle, gıda endüstrisinde popüler olmuşlardır (Cha ve Chinnan, 2004). Yenilebilir materyallerden elde edilen, gıdanın yüzeyinde kaplama olarak veya gıda bileşenleri arasında uygulanabilen ince katmanlardır. Yenilebilir film ve kaplamalar, gıda bileşenleri arasında veya gıdayı çevreleyen atmosferle gerçekleşebilecek oksijen, nem, karbondioksit, lezzet ve aroma geçişlerini kontrol ederler (Du ve ark, 2011). Ayrıca, antioksidantlar, aromalar, koruyucular ve antimikrobiyel ajanlar gibi birçok katkı maddesinin taşıyıcı olarak da kullanılabilirler. Uygun şekilde hazırlandıkları takdirde, bir paketleme materyalinin sağladığı tüm özellikleri yerine getirebilirler (Ko ve ark, 2001; Skurtys ve ark, 2010).

Yenilebilir film ve kaplamaların, 12. ve 13. yüzyıllarda, narenciye meyvelerinin su kaybının azaltılması amacıyla balmumuna daldırıldıkları bildirilmektedir (Yener, 2007). Yuba, 15. yüzyılda Japonya'da soya sütünden üretilen ilk bağımsız yenilebilir filmdir (Çağrı, 2002). 16. yüzyılda Avrupa'da et yüzeyleri, nem kaybını azaltmak için yağ ile kaplanmıştır. Yağın jelatin kaplamalara girişi, 19. yüzyılda gerçekleşmiştir (Kester ve Fennema, 1986). 19. yüzyılda, badem, ceviz ve fındıklar, depolama süresince ransidite ve oksidasyonun önlenmesi için sukroz ile kaplanmışlardır. Günümüzde, yenilebilir film ve kaplamaların, salam ve sosislerin kaplanması, fındık, ceviz ve bademlerin çikolata ile kaplanması gibi çeşitli uygulama alanları bulmaktadır (Çağrı, 2002).

Günümüzde yaygın kullanımı olan geleneksel ambalaj materyalleri, sentetik yapıdadır. Bu sentetik malzemeler güvenli, kullanışlı ve ekonomik olmalarına rağmen, biyolojik olarak bozunuma uğramadığından çevresel kirlilik etmenlerindendir. Bu nedenle, son yıllarda araştırmacılar biyolojik olarak kolaylıkla bozunuma uğrayabilen, gıda ile tüketilebilen, toplam katı atık miktarını azaltarak, daha çevresel alternatifler sunan protein, lipit ve polisakkarit polimerlerin ambalaj

materyali olarak kullanımı üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu kapsamda, antimikrobiyel madde içeren yenilebilir özellikte olan film ve kaplamaların kullanımı, giderek yaygınlaşmakta ve kullanımı benimsenmektedir (Ayana, 2007).

Et ve et ürünlerinde, antimikrobiyel yenilebilir biyopolimer film ve kaplamalar oldukça ilgi görmektedir. Bu ürünlerde, özellikle yüzeyde bozulma yapan mikroorganizmalar ile patojen mikroorganizma yükünü azaltması, aroma kaybını engellemesi ve istenmeyen koku kontaminasyonlarını sınırlandırması, antimikrobiyel yenilebilir film ve kaplamaların sağladığı faydalar arasındadır (Karagöz ve Candoğan, 2007).

Yenilebilir film ve kaplamalarla ambalajlanmış et ürünlerinde, yağların oksidasyonu engellenerek, etin kalitesi korunabilmektedir. Ayrıca, bu ambalajlar, su kaybının yanı sıra aroma ve renk bileşiklerinin, vitaminlerin ve kararma tepkimelerini durdurucu iyonların kayıplarını azaltmaktadırlar (Dursun ve Erkan, 2009). Yenilebilir kaplamalar, gıda yüzeylerine doğrudan uygulanırken, yenilebilir filmler, önce üretilmekte, daha sonra gıdaların yüzeyine ya da heterojen yapıdaki gıdalarda bulunan farklı yapıdaki bileşenler arasına uygulanabilmektedir. Uygulamada kullanılacak film ve kaplamanın seçimi, film ve kaplamadan arzu edilen fonksiyonun yanı sıra, gıdanın niteliğine göre değişkenlik göstermektedir (Ayana, 2007).

Yenilebilir film ve kaplamaların tüketimde olumsuz etki yaratmamak için mümkün olduğunca tatsız, kokusuz, renksiz ve saydam olmasına ve gıda ile uyum göstermesine dikkat edilmelidir. İyi özellikte yenilebilir bir film, aşağıdaki koşulları taşımalıdır.

(i) Kullanılan ham maddeler genellikle güvenilir kabul edilmiş (GRAS) olmalı,
(ii) Yavaş, fakat kontrollü olarak ürünün solunumuna izin vermeli,
(iii) Yapısal bütünlük sağlanmış olmalı ve mekanik işlenmeye uygun olmalı,
(iv) Gıda katkı maddeleri için taşıyıcı yüzey olmalı,

(v) Ürün yüzeyinde bozulma yapan ve/veya patojen mikroorganizma yükünü, raf ömrü süresince engellemeli veya azaltmalıdır (Quintavalla ve Vicini, 2002; Dursun ve Erkan, 2009).

Yenilebilir filmler, film formasyon kabiliyeti olan birçok materyalden üretilmektedir. Üretim süresince film materyalleri ve su, alkol gibi çözgenlerin içerisinde (su - alkol karışımlarında ya da diğer çözgen karışımlarında) çözünmüş ve dağılmış olmalıdır. Ayrıca, plastikleştiriciler, antimikrobiyel ajanlar, renk ve aroma maddeleri bu işlem esnasında ilave edilmekte ve özel polimerlerde dağılımı kolaylaştırma amacıyla, pH ayarlaması ve/ veya solüsyonu ısıtma gibi işlemler yapılmaktadır. Dökümü yapılan film solüsyonunu, kullanılabilir hale getirmek için, istenilen sıcaklık ve bağıl nemde kurutulmaktadır (Bourtoom, 2008). Yenilebilir film ve kaplamalar, doğal içerikleri göz önünde bulundurularak 3 kategoride sınıflandırılmakta olup bunlar hidrokolloidler (proteinler, polisakkaritler veya alginatlar), lipitler (yağ asitlerinden oluşanlar, asetogliseridler veya balmumu) ve bunların karışımları (her iki kategorinin kombinasyonu ile meydana getirilen yapılar)dır (Skurtys ve ark, 2010).

2.2.1. Hidrokolloidal Yapıda Yenilebilir Film ve Kaplama Materyalleri

Hidrokolloitler (protein ve polisakkaritler), bitki, hayvan, mikrobiyel veya sentetik orijinli, genellikle çoklu hidroksil grupları içeren ve yenilebilir film ve kaplamalar alanında, en fazla araştırma yapılmış hidrolik polimerlerdir (Skurtys ve ark, 2010, Fulguera ve ark, 2011). En çok bilinen hidrokolloidler; karboksimetil selüloz, kazein ve türevleri, keçiboynuzu zamkı, guar gam, etil selüloz, gliserol, sorbitol ve sakaroz gibi plastizerlerle desteklenmiş jelatin, transglutaminaz ile çapraz bağlı jelatin-kazein kompoze yenilebilir filmler, pektin, doğal antimikrobiyel bileşikli manyok nişastası ve buğday glutenidir (Fulguera ve ark, 2011). Tüm hidrokolloitler, tamamen veya kısmen suda çözünür özelliktedir. Kıvamlaştırıcı veya jelleştirici bir ajan gibi, devamlı fazın (sulu faz) viskozitesini artırmak ve meydana getirdikleri viskozite artışı ile emülsiyondaki dengeleyici etkiyi sağlamak için,

emülsifiyer olarak da kullanılmaktadırlar. Bu durum, yağ damlacıklarının kinetik hareketi azaltıp film içinde daha düşük oranda kümelenmesine ve daha net bir kaynaştırmaya sebep olmaktadır (Skurtys ve ark, 2010).

Alginat, selüloz, nişasta türevleri ve pektin türevleri, deniz yosunu ekstraktları, mikrobiyel fermentasyon ve salgı gamları, dekstranlar ile kitosan yenilebilir film ve kaplama yapımı için kullanılan polisakkaritlerden bir kaçıdır. Polisakkaritler, genellikle çok hidrofilik yapılardır ve bu durum düşük su buharı ve gaz bariyeri özelliklerine neden olmaktadır. Polisakkarit polimerlerden yapılan kaplamalar, iyi su buharı bariyeri sağlayamamasına rağmen, bu kaplamalar, gıdalardan nem kaybını geciktiren ajanlar rolünü oynamaktadır (Boutoom, 2008; Dursun ve Erkan, 2009).

Yenilebilir film ve kaplama üretiminde kullanılan en yaygın polisakkarit polimerler, selüloz türevleridir. Yenilebilir film ve kaplama yapımında, sadece 4 tane selüloz türevi kullanılmaktadır: Hidroksipropil selüloz (E463; HPC), hidroksipropil metilselüloz (E464; HPMC), karboksimetilselüloz (E466; CMC) ve metilselüloz (E461; MC) (Skurtys ve ark, 2010). Genel olarak değerlendirildiğinde, geniş yüzey alanı ve biyopolimerik yapılarıyla, üründeki suyun büyük çoğunluğunu içine alma yeteneğine sahip selüloz içerikli kaplamalar, acılaşmayı önleyici etkilere sahiptirler. Selüloz esterleri, yenilebilir filmlerin suda çözünen, yağa dirençli, sağlam ve esnek yapmak için kullanılmaktadır. Plastikleştirici olarak, bir yağ ile kombine edilmek suretiyle taze veya dondurulmuş etlerin kaplanmasında yararlanılmaktadır. Metil selüloz, metilklorit ile reaksiyonu sonrası alkali ile muamelesiyle elde edilen bir selülozun esteridir (Dursun ve Erkan, 2009). Metil selüloz, suya karşı, en dirençli ve en düşük hidrofilik özelliği gösteren selüloz türevidir (Skurtys ve ark, 2010). Termal jelasyon gösteren metil selüloz, ideal film oluşturucu özelliklere sahiptir ve yaygın bir şekilde yenilebilir film yapımında kullanılmaktadır. Metil selüloz veya hidroksimetil selüloz ile etlerin kaplanması, pişirme sırasında kayıpları minimize etmekte, yağ alımını azaltmakta, tavuk ve balık ürünlerinde glazing (ince buz ile kaplama) materyali olarak kullanıldığında ise, nem kayıplarını düşürmektedir (Dursun ve Erkan, 2009).

Protein bazlı yenilebilir film ve kaplamalar incelendiğinde, hayvansal (süt ve peynir altı suyu proteini) ve bitkisel (soya ve mısır proteini gibi) proteinler, polisakkarit filmlere oranla, daha iyi oksijen ve karbondioksit bariyeri olmakla beraber, daha iyi mekanik özelliklere sahiptir. Ancak, polisakkarit filmlere benzer olarak, doğal hidrofilik karakterlerinden ötürü, protein filmler, genellikle düşük su buharı bariyeri özelliğine sahiptirler. Konu ile ilgili çalışmalar, konsantrasyon, kompozisyon, büyüklük ve plastizerlerin şekli gibi tüm etkenlerin, protein filmlerin özelliklerini etkilediğini göstermiştir (Skurtys ve ark, 2010). Proteinlerin bir kısmı film oluşturabilme özelliklerinden dolayı, gıda sanayinde uzun yıllardır ambalaj materyali olarak kullanılmaktadır. Örneğin, kazein ve zein gibi proteinler şekerleme endüstrisinde, bir takım kuruyemişlerin işlenmesinde, et ve et ürünlerin kaplanmasında kullanılmaktadır (Sarıkuş, 2006). Proteinlerden üretilen yenilebilir film ve kaplamalar, kullanıldıkları gıdanın besin değerini de oldukça önemli ölçüde artırmaktadırlar (Dursun ve Erkan, 2009).

Bir süt proteini olan peynir altı suyu proteinleri, süt proteinlerinin %20'sini teşkil eder. Kazeinlerin aksine, fosfor içermezler ve kalsiyuma duyarlı değildirler. Tamamı, disülfit bağları içerir ve yapıyı stabilize eder (Sarıkuş, 2006). Peynir altı suyu protein filmleri, içerdikleri polar kısımlar nedeniyle, mükemmel oksijen bariyeri özelliklerine sahiptirler. Bu nedenle, özellikle et ve balık gibi gıdaların muhafazasında, meyve ve sebzelerdeki oksidatif renk değişiminin önlenmesinde, önemli etkiye sahiptirler. Peynir altı suyu proteinleri, düşük ve orta nispi nemlerde mükemmel aroma ve yağ bariyer özelliklerine sahip olmalarının yanı sıra, ürüne yüksek oranda parlaklık da kazandırmaktadırlar (Yılmaz ve ark, 2007). Peynir altı suyu proteinlerinden hazırlanan filmlerin, mükemmel oksijen bariyer özellikleri olmasına karşın, su buharı geçirgenlik özelliği hidrofilik yapısı nedeniyle, yeterince dirençli değildir. Peynir altı suyu proteinlerinde üretilen filmler de şeffaf, kokusuz ve yüksek esneme kabiliyetine sahiptir (Sarıkuş, 2006).

Peynir altı suyu proteinlerinden yapılan kaplamalar, dondurulmuş balıklarda, antioksidan özellikler sağlamaktadırlar. Peynir altı suyu proteinleri ve peynir altı suyu proteinleri-asetile edilmiş monogliserit karışımı kaplamalar, kahvaltılık

gevreklerde nem geçirgenliğini ve kuru üzümlerin yapışkanlığını azaltmak için önerilmektedir (Sarıkuş, 2006).

Süt protein polimerlerinin yanı sıra, mısır (zein), buğday (gluten) proteini, soya proteini, jelatin, kollajen, bezelye proteini, pamuk tohumu proteini, ayçiçeği proteini, yerfıstığı proteini, pirinç proteini, keratin, yumurta beyazı proteini ve balık proteinleri, yenilebilir film ve kaplama materyali üretmek için, kullanım potansiyeli bulunan hammaddelerdir.

2.1.2. Yenilebilir Lipit Filmler ve Kaplamalar

Koruyucu kaplama olarak kullanılan lipit bileşikleri, asitlendirilmiş monogliseritlerden, doğal balmumundan ve yüzey aktif maddelerden oluşur. En etkili lipit bileşikleri, parafin ve balmumudur. Lipit kaplamaların öncelikli fonksiyonu, bağıl düşük polarite nedeniyle nem transferini engellemektir (Bourtoom, 2008). Bu özellikten, daha çok beyaz ve kırmızı etleri korumak amacıyla yararlanılmaktadır. Lipitler, kullanıldıkları ürünün solunumunu azaltarak, ömrünün uzamasını sağlamaktadır. Lipitler, hidrofobik özelliklerinin yanı sıra, iyi bir nem bariyeri olarak hareket etmekte ve gıda ürünlerinin dış görünüşünü geliştirerek parlaklığı da sağlamaktadırlar. Ancak, film oluşumunda çözücü veya yüksek sıcaklık gerektirmekte ve zayıf mekanik özellikler sergilemektedir (Dursun ve Erkan, 2009). Lipitlerin hidrofobik karakteristiğinin aksine, filmler daha kırılgan ve daha kalındır. Dolayısıyla, lipitlerin, protein ve selüloz türevleri gibi film şekillendirici ajanlarla birlikte kullanılması gereklidir. Genellikle, ortamdaki hidrofob özellik içeren maddelerinin konsantrasyonunun artışıyla, su buharı geçirgenliği azalır. Lipit fazlı filmler, genellikle polisakkarit polimer yapı matriksinde, mekanik güç sağlamak için desteklenirler (Bourtoom, 2008).

Lipit kaplamalar, dış ortamla ürün arasındaki nem değişimini (alma veya kaybetme) geciktirmek için, hazır gıda ürünlerine, taze meyve ve sebzelere uygulanmaktadır. Ayrıca, ince lipit kaplama, taze meyve ve sebzelerin yüzeyine uygulandığında O_2 akışını sınırlandırır ve kurumayı geciktirir. Bu kaplamalar,

aerobik solunumun oranını baskılamakta ve bu baskı uygun dereceye geldiğinde son ürünün depolanma ömrü uzamaktadır (Dursun ve Erkan, 2009).

2.1.3. Kompozit Filmler ve Kaplamalar

Yenilebilir film ve kaplamalar, polisakkarit, protein ve/veya lipitlerin bir karışımından meydana gelen heterojen yapıda olabilmektedir. Kompozit filmler, her bir film formunun, farklı karakteristiklerini kullanmaya olanak sağlayan bir yaklaşımla tasarlanmıştır. Polimerler arasındaki kombinasyonla film oluşturmak için, protein ve karbonhidratlardan, protein ve lipitlerden, karbonhidrat ve lipitlerden veya sentetik polimerler ve doğal polimerlerden yararlanılmaktadır. Kompozit filmlerin üretilmesindeki ana hedef, spesifik uygulamanın gereksinimlerine göre, geçirgenlik veya mekanik özelliklerin geliştirilmesidir. Bu heterojen filmler, ya bir emülsiyon, süspansiyon veya karışmayan bileşiklerin dispersiyonu şeklinde, ya ardışık katmanlar şeklinde (çok katmanlı film veya kaplamalar), ya da bir genel çözücü içerisinde solüsyon formunda uygulanır. Uygulama metodu, oluşan filmin bariyer özelliklerini etkiler. Kamper ve Fenneman (1984), metil selüloz ve selüloz filmlerin su buharı bariyeri yeteneğini geliştirmek için, yağ asitlerinden oluşan emülsiyon filmleri önermişlerdir. Son zamanlarda pek çok araştırmacı, Kamper ve Fenneman'ın çalışmasına dayalı kompozit filmlerin geliştirilmesi yönünde yoğun araştırmalar yapmaktadır. Bu çalışmaların bazılarında, lipit ve hidroksipropil metil selüloz; metil selüloz ve lipit; metil selüloz ve yağ asitleri; mısır zeini, metil selüloz ve yağ asitleri; peynir altı suyu proteini ve lipitler; kazein ve lipitler; jelatin ve çözünür nişasta; hidroksipropil nişasta ve jelatin; mısır zeini ve mısır nişastası; jelatin ve yağ asitleri; soya protein izolatı ve jelatin; soya protein izolatı ve polilaktik asit kullanılmıştır (Bourtoom, 2008).

2.2. Plastikleştiriciler

Plastikleştiriciler, moleküller arası kuvvetlerden kaynaklanan kırılganlığı ortadan kaldırmak ve polimer yapısına esneklik kazandırmak amacıyla kullanılan

düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir (Ayana, 2007). Bu amaçla, gliserin, etilen glikol, sorbitol, mannitol ve polietilen glikol gibi çeşitli maddelerden yararlanılmaktadır (Sarıkuş, 2006). Plastikleştiricilerin etki mekanizmaları ile ilgili, üç farklı görüş bulunmaktadır. Bu görüşlerin birincisinde, plastikleştiricilerin yüksek miktarda kullanıldıklarında, polimer zincirdeki polar uçları çözdüğü, böylece, moleküller arasındaki çekim kuvvetini azalttığı ileri sürülmektedir. İkinci görüşe göre, plastikleştiricilerin, moleküller arası etkileşimi azaltarak, polimer zincirlerine hareket serbestliği kazandırdığı düşünülmektedir. Üçüncü görüşte ise, düşük molekül ağırlıklı plastikleştirici moleküllerinin, termal hareketlerinin polimerlerin serbest hacmini arttırdığı, böylece moleküllerin segmental hareket için daha geniş alanlar bulabildiği öne sürülmektedir (Ayana, 2007).

En çok kullanılan plastikleştiricilerin başında gelen gliserol; gliserin veya 1, 2, 3 propanetriol olarak da bilinen renksiz, kokusuz, hidrosKOBik, tatlı, viskoz bir sıvıdır. Yaygın olarak kullanılan bir diğer plastikleştirici ise, sorbitoldür (Sarıkuş, 2006).

2.3. Yenilebilir Kaplamaların Gıdalarda Uygulama Yöntemleri

Yenilebilir film ve kaplamalar, nem veya oksijen bariyeri oluşturmak, yüzeyde mikrobiyel bozulmayı geciktirmek, yüzey kurumasını sınırlamak, gıdaların yüzey görünümünü düzeltmek ve küçük porsiyonların yapışmasını önlemek amacıyla, uygulama alanı bulmaktadır. Yenilebilir kaplamanın içeriği, istenen özelliklere göre seçilmektedir. Yenilebilir kaplamalar, gıdalara, daldırma, püskürtme, köpükleme, damlatma ve dökme teknikleri kullanılarak uygulanmaktadır. Kaplama tekniği, ürünün zarar görmeyeceği şekilde seçilmektedir. Ayrıca, koruyucular, antioksidan içeren çözeltiler ve diğer sulu materyallerde daldırma veya püskürtme metodu ile uygulanabilmektedir (Işık ve ark, 2013).

2.3.1. Daldırma Yöntemi

Bu yöntemde ürünler, sıvı kaplama materyallerine daldırılmakta daha sonra kuruması ve katılaşması için materyalin fazlası üründen uzaklaştırılmaktadır. Ürünler, daldırma işleminden sonra, oda koşullarında bekletilerek, ya da çözücünün uzaklaştırıldığı bir kurutucuya taşınarak kurumaları sağlanmaktadır (Üçüncü, 2000; Altan, 2003).

2.3.2. Püskürtme (Sprey) Yöntemi

Püskürtme yöntemi, ürünün belli bir kısmı kaplanacaksa veya tekdüze ince bir tabaka elde edilecekse, yenilebilir nitelikteki kaplama, ürüne püskürtülerek uygulanır. Bu metot, özellikle yüksek basınç sprey uygulayıcılar veya hava üfleyen sistemlerin geliştirilmesiyle, meyve ve sebze kaplamada sıkça kullanılan bir yöntemdir (Krocthta ve Multer-Johston, 1997; Gökoğlu, 2002; Koyuncu ve Savran, 2002).

2.3.3. Damlatma Yöntemi

Bu yöntem, kaplama maddesinin, ürüne yukarıdan damlalar halinde uygulanması şeklinde yapılır. Daha sonra ürünün üniform bir şekilde kaplanması için, dönen fırça yatakları üzerine gönderilir ve kaplama fırçaların üzerindeki fanlarla kurutulur. Kaplama kalınlığı fırçalarla yayılarak kontrol edilebildiği gibi, kaplamalar kalıp halinde de oluşturulabilmektedir. Üründe depolama süresince problemlere (çatlama, kırılma, yapışma vs.) neden olmamak için, kaplama kalınlığına dikkat edilmelidir. (Koyuncu ve Savran, 2002).

2.3.4. Dökme Yöntemi

Bu yöntem, püskürtme ve daldırma yöntemlerine yardımcı olarak kullanılmaktadır. Kaplamaların yüzeyi fazla miktarda kaplama maddesi ile

kaplanırsa, ürünün gaz geçirgenliği çok az olacağı için bu yöntemin doğrudan uygulanışı, endüstride görülmemektedir (Gökalp ve ark, 1995).

2.3.5. Köpükleme Yöntemi

Bir başka emülsiyon kaplama yönteminde ise, köpük uygulayıcı ile veya uygulama tankına sıkıştırılmış hava verilmektedir. Silindir üzerinde hareket eden ürünlere, köpük uygulanarak, fırçalar yardımıyla emülsiyon, ürünün yüzeyine dağıtılmaktadır. Kaplama materyalinin fazlası, çeşitli şekillerde uzaklaştırılmakta ve bazen uzaklaştırılan kaplama tekrar kullanılmaktadır. Bu tip emülsiyon, az su içerdiğinden oldukça hızlı kurumasına karşın, yetersiz kaplama nedeniyle sık sık sorunlarla karşılaşılmaktadır. Bu nedenle, çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir (Üçüncü, 2000; Altan, 2003).

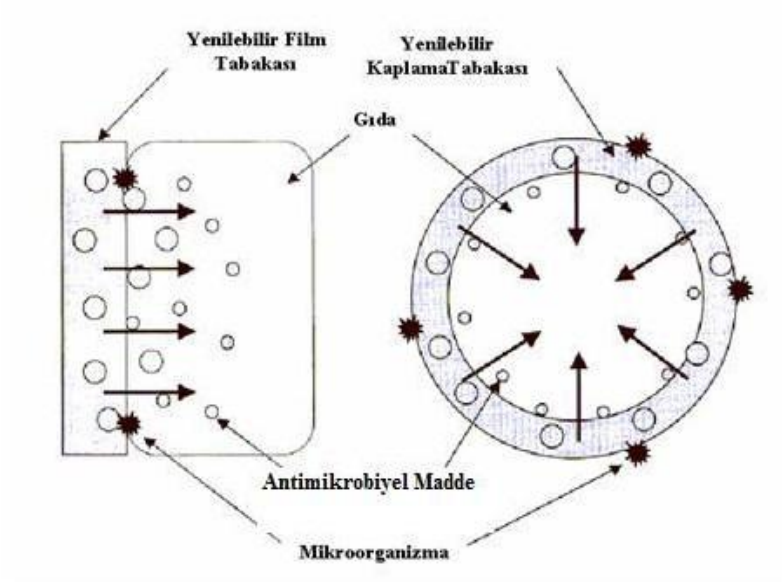
2.4. Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplamaların Özellikleri

Gıda yüzeyi ile etkileşim halinde bulunan antimikrobiyel ambalajlar, gıda güvenliğini, gıdalardaki spesifik mikroorganizmaların büyüme hızını azaltarak sağlamaktadır. Antimikrobiyel film ve kaplamalarda, hedef mikroorganizma ve gıda kompozisyonu dikkate alınarak üretimi gerçekleştirilmelidir. Burada en önemli nokta, difüzyon kinetiği ile ambalajdan gıdaya difüze olan, antimikrobiyel maddenin aktivitesinin belirlenmesidir (Ayana, 2007).

Yenilebilir film ile paketlenmiş gıdalar, paketlemeden hemen önce, ya da işlem sonrası paket açıldıktan sonra, mikroorganizmalarla kontamine olabilirler. Bu mikroorganizmaların, gıda yüzeyine, yani ambalaj ve gıda arasındaki alana yerleşme tehlikesi söz konusudur. Yenilebilir kaplama uygulamalarında ise, kaplama materyali ile kaplanmış gıda yüzeyinde, oksijenin azlığı ve antimikrobiyel maddelerle doğrudan etkileşim nedeniyle, mikroorganizmalar gelişemez ve mikrobiyel gelişim, kaplama yüzeyinde gerçekleşir. Başlangıçta, antimikrobiyel madde içermeyen gıda tabakasına, film ve kaplamadan antimikrobiyel madde geçişi olur, buna bağlı olarak film ve kaplamadaki antimikrobiyel madde miktarı azalır. Hızlı madde geçişine bağlı

olarak, film ve kaplamadaki antimikrobiyel madde kullanımını azaltmak için, antimikrobiyel madde geçiş hızının difüzyon kinetiği ile kontrol edilmesi gerekmektedir (Ayana, 2007).

Yenilebilir film sistemlerinde antimikrobiyel madde, yavaş bir şekilde film tabakasından gıdaya geçmektedir. Böylelikle, film içerisinde ve gıda yüzeyinde yüksek derişimde, antimikrobiyel madde kalmakta ve mikroorganizmalara karşı daha uzun süre etki göstermektedir. Yenilebilir kaplama sistemlerinde ise, gıdanın mikroorganizmalardan korunması için, antimikrobiyel maddelerin kaplama materyalinde kalması gerekmektedir. Bu nedenle, etkin antimikrobiyel aktivite için kaplamalardaki antimikrobiyel maddelerin difüzyon hızının, filmlerdekine kıyasla daha düşük olması gerekmektedir. Antimikrobiyel yenilebilir film ve kaplama sistemlerinin yapısı ve antimikrobiyel maddelerin gıdaya difüzyonu Şekil 1.'de verilmiştir (Ayana, 2007).



Şekil 2.1. Yenilebilir film ve kaplama sistemlerinde antimikrobiyel maddelerin gıdaya difüzyonu (Ayana, 2007)

2.4.1. Yenilebilir Film ve Kaplama Sistemlerinde Kullanılan Antimikrobiyel Maddeler

Nisin, gibi doğal antimikrobiyel bileşiğin yanı sıra, doğal baharat esansiyel yağları da, gıda koruyucusu olarak kullanılmaktadırlar. Baharat esansiyel yağları, içerdikleri bileşenler nedeniyle, geniş antimikrobiyel ve antioksidant özelliklere sahiptirler (Sarıkuş, 2006).

Yenilebilir film ve kaplama sistemlerinde, yenilebilme ve güvenlik önemli olduğundan, kullanılabilen antimikrobiyel madde miktarı ve çeşidi sınırlıdır (Ayana, 2007). Çizelge 2.1.'de yenilebilir film ve kaplama materyallerinde kullanım potansiyelleri bulunan kimyasal ve doğal antimikrobiyel maddeler gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kimyasal ve doğal antimikrobiyel maddeler (Ayana, 2007)

Kimyasal antimikrobiyel maddeler	**Doğal antimikrobiyel maddeler**
Tuz (sodyum klorür) Gaz (karbondioksit, ozon, sülfür dioksit) Kürleme kimyasalları (nitrat, nitrit) Sanitasyon ajanları (klor) Alkol (etanol) Organik asitler (formik asit, propiyonik asit, sorbik asit, benzoik asit ve tuzları) Esterler (dikarbonik asit esterleri, p-Hidroksibenzoik asit esterleri) fenolikler (bifenil, o-fenilfenol)	Lakto-antimikrobiyel maddeler (laktoferrin, laktoperoksidaz, laktoglobulin) Ovo-antimikrobiyel maddeler (lizozim, ovotransferin) Bakteriyosinler (nisin, pediosin) Organik asitler (laktik asit, malik asit, sitrik asit, asetik asit) Lipitler (orta zincirli yağ asitleri (12-18 karbonlu), polihidrik alkol esterleri)

2.4.1.1. Antimikrobiyel Yenilebilir Film ve Kaplama Sistemlerinde Kullanılan Esansiyel Yağlar

Karvakrol, eugenol ve timol gibi yüksek oranda fenolik bileşenler içeren esansiyel yağlar, gıda patojenlerine karşı daha güçlü antimikrobiyel etki göstermektedirler (Lambert ve ark, 2001). Bu bileşenler, Gram negatif bakterilerin dış membranını parçalayarak, lipopolisakkaritleri serbest bırakırlar ve sitoplazmik

membranın ATP geçirgenliğini arttırırlar (Sanchez-Gonzalez ve ark, 2011). Ultee ve ark (2000)'na göre, hücresel membranlar, karvakrol varlığında daha akışkan olabilmektedirler.

Esansiyel yağların varlığında, bakteriyel membranda morfolojik değişiklikler meydana gelmektedir. Örneğin, *Escherichia coli* ve *Salmonella* Typhimurium'un her ikisinin dış membranı, karvakrol ve timole maruz kalmasını takiben parçalanır. Bu durum, prokaryotik hücrelerde membran geçirgenliğinin azalmasıyla, protein pompasının çöküşü ve ATP havuzunun tükenmesiyle ilişkilendirilir. Dahası, esansiyel yağlar bakteriyel toksinlerin sentezinin baskılanmasına yol açmaktadır (Sanchez-Gonzalez ve ark, 2011).

Dorman ve Deans (2000), sitotoksik etkilerin mikroorganizmalar üzerine *in vitro* olarak incelendiği çalışmalarında, elde ettikleri bulgular ışığında, Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler üzerindeki antimikrobiyel etki farkının, esansiyel yağların kimyasal kompozisyonları, elde edildikleri bitkinin coğrafi kökenleri ve hasat dönemleri gibi farklı faktörlere göre değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir.

Smith-Palmer ve ark (2001) yaptıkları bir çalışmada, Gram pozitif bakterilerin, Gram negatif bakterilere göre, esansiyel yağlara karşı, daha duyarlı olduklarını belirtmişlerdir. Bu farklılık, Gram negatif bakterileri çevreleyen dış membranın, nispeten daha geçirimsiz olmasına bağlanmıştır. Fakat, esansiyel yağlar ile yapılan her çalışma aynı şekilde sonuçlanmamıştır. Gutierrez ve ark (2008) yaptıkları bir çalışmada esansiyel yağları ile gıda bileşenleri arasındaki ilişkiyi açıklamışlardır. Bu çalışmaya göre, kekiğin antimikrobiyel etkisi yüksek protein konsantrasyonunda artış göstermiştir. Aynı çalışmada nişastanın varlığının, esansiyel yağın antimikrobiyel etkisini modifiye ettiği ve nişastanın düşük konsantrasyonlarının esansiyel yağın antimikrobiyel etkisinde pozitif bir etki yarattığı ortaya konulmuştur.

Esansiyel yağların antimikrobiyel etkileri gıdanın cinsi ve pH'sı ile de yakından ilişkilidir. Bakterilerin esansiyel yağlara karşı gösterdikleri duyarlılık, hidrofobik koşulların artması nedeniyle düşük pH değerlerinde artar. Böylelikle, hedef bakterilerin hücre membranlarının lipitlerinde esansiyel yağların erimeleri daha da kolaylaşır (Sanchez-Gonzalez ve ark, 2011).

Gıdaların yağ içeriği de, esansiyel yağların antimikrobiyel etkilerini değiştirmektedir. Smith-Palmer ve ark (2001) farklı yağ içeriklerine sahip yumuşak peynirlerle yaptıkları bir çalışmada, nane yağının *L. monocytogenes* ve *S.* Enteritidis'e karşı, yüksek yağ içeriğine sahip ürünlerde daha az antimikrobiyel etkiye sahip olduklarını göstermişlerdir.

Mejlhom ve Dalgaard (2002)'a göre, esansiyel yağlar lipit faz içinde çözünmüş ise, sulu faz içinde mevcut olan mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyel olarak daha az etki gösterirler. Gıda bünyesinde bulunan yüksek oranda ayçiçek yağının, oreganum ve kekik esansiyel yağlarının antimikrobiyel etkileri için negatif bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

2.4.1.1.(1). Kekik Esansiyel Yağı

Kekik (*Thymus vulgaris*) eterli uçucu yağ; timol, karvakrol, borneol, kimol, pimen, tanen ve flavonlar içerir. Yapısındaki uçucu yağlardan dolayı, antimikrobiyel ve antioksidan özelliklere sahiptirler (Sarıkuş, 2006). Kekik uçucu yağının, en etkin maddesi timoldür. Güçlü bir antimikrobiyel özelliğe sahiptir. Uçucu yağda, % 5-60 oranında bulunabilmektedir. Yine, uçucu yağda, % 5-40 oranında bulunan karvakrolün de antimikrobiyel etkisi kuvvetlidir (Akgül, 1993). Kekik esansiyel yağları, *L. monocytogenes*'e karşı inhibitör etki gösterir. Nisinle birlikte kullanıldığında daha fazla antimikrobiyel etki göstermektedir. Kekik yağı gibi esansiyel yağlar, düşük konsantrasyonlardaki *L. monocytogenes*'in gelişimini inhibe eder. Bazı gıdalarda, *Listeria* kontaminasyonlarını önlemek için önerilmektedir (Çoşkun, 2006).

2.4.1.1.(2). Biberiye Esansiyel Yağı

Laminacae (*Labiatae*) familyasından olan biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.), önemli bir tıbbi ve aromatik bitki türüdür (Malayoğlu, 2010). Yapılan bilimsel çalışmalarla, biberiyenin antibakteriyel, antioksidan, antiviral, bağışıklık sistemini iyileştirici etkileri ortaya konmuştur (Gachkar ve ark, 2007). Biberiye bitkisinin esas

etken maddesi, uçucu yağlardır ve % 1-2,5 arasında bulunan uçucu yağların en önemli maddeleri, sineol (% 15-30), kafur (% 5-10) ve borneol (% 10-20) ile bornilasetat ve pimenttir (Sarıkuş, 2006). Etken maddelerinin, *E. coli*, *Brochotrix thermosphacta*, *Carnobacterium piscicola*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sake*, *Pseudomonas fluorescens*, *Serratia liquefaciens*, *Staphylococcus aureus*, *L. monocytogenes*, *S. epidermidis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*, *Trichophyton tonsurans*, *Trichophyton rubrum*, *Microsporum canis*, *Epidermophyton floccosum*, *S.* Typhi, *S.* Enteritidis ve *Shigella sonnei* gibi birçok mikroorganizma üzerinde antimikrobiyel etkisi olduğu kanıtlanmıştır (Evren ve Tekgüler, 2011).

2.4.1.1.(3). Fesleğen Esansiyel Yağı

Güney Asya ve Hindistan kökenli olan fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), tropik ve ılıman bölgelere yayılmıştır. Uçucu yağ oranı, % 0,3-1 arasında değişmektedir. Fesleğenin çiçekli dal ve yapraklarının damıtılması ile uçucu yağ (*Oleum Basilici*) elde edilmektedir (Ceylan, 1997).

Sajjadi (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, İran'da kültüre alınan, yeşil yapraklı *Ocimum basilicum* L. uçucu yağında, metil kavikol (% 40, 5), geraniol (% 27,6), neral (% 18,5) ve karyophyllene oksit (% 5,4) tespit edilmiştir.

Ekren ve ark (2009) fesleğen yaprak ekstraktının, majör bileşenleriyle ilgili bir çalışmada; linalol % 39,8, estragole % 20,5, metil cinnamate % 12,9, eugenol % 9,1 ve 1,8-cineole % 2,9 bulunmuştur

Wan ve ark (1998) yaptıkları bir çalışmada, agar difüzyon metodu kullanılarak fesleğen esansiyel yağlarının (tatlı linalol ve metil kavikol) Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler, maya ve küflere karşı antimikrobiyel aktivitesini araştırmışlardır. Her iki esansiyel yağda da, *Clostridium sporogenes*, *Pseudomonas oryzihabitans* ve *Pseudomonas*'ın üç türü hariç araştırılan mikroorganizmaların çoğuna karşı antimikrobiyel aktivite göstermiştir. TSYE sıvı besiyerinde *Aeromonas* ve *P. flourescens*'e karşı metil kavikolün minimum inhibitör konsantrasyonu % 0,125 ve 2 (h/h) olarak tespit edilmiştir. Esansiyel yağların *Aer. hydrophila* ve *P. flourescens*'e karşı bakteriosit etki gösterdiği görülmüştür.

Evren ve Tekgüler (2011), fesleğen etanol ekstratlarının *Acinetobacter* spp., *Bacillus* spp.**,** *Escherichia* spp. ve *Staphylococcus* spp. üzerine antimikrobiyel etkileri olduğu belirlenmişlerdir.

2.4.1.1.(4). Kişniş Esansiyel Yağı

Tek yıllık bir bitki olan kişniş (*Coriandrum sativum* L.), Akdeniz ülkelerinde doğal olarak yetişmektedir (Kızıl ve İpek, 2004). Meyvelerindeki uçucu yağ oranı, % 0.03 - 2.60 arasında değişir (Kaya ve ark, 2000). Kişniş uçucu yağında, 20'den fazla bileşen yer almakta, başta linalool (% 60-80) olmak üzere, geraniol (% 3-5), geranilasetat (1-5), borneol (1-5), p-cymol, oc-pinen, borenilasetat, desilaldehit, citronellol ve timol bulunmaktadır (Kızıl ve İpek, 2004).

İşcan ve ark (2004) yaptıkları bir çalışmada, kişniş bitkisine ait uçucu yağların *S. aureus* ve *P. aeruginosa*'ya karşı 62,5 µg/mL değerinde güçlü bir aktivite gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmada, standart antibakteriyel olan kloramfenikolle karşılaştırıldıklarında, kişniş uçucu yağının *P. aeruginosa*'ya karşı kloramfenikol ile aynı etkiye sahip oldukları belirlenmiştir.

Aydın (2008) tarafından yapılan benzer bir başka çalışmada, kişniş esansiyel yağının, *L. monocytogenes* üzerinde, sayısal redüksiyon oluşturduğu saptanmıştır.

2.4.1.1.(5). Yenibahar Esansiyel Yağı

Botanik adı, *Pimenta dioica* (L.) Merr olan yenibahar, *Myrtaceae* familyasına aittir. Tarçın, karanfil ve hindistan cevizi gibi baharatların bir karışımına benzeyen aromatik tat ve lezzeti nedeniyle yenibahar olarak isimlendirilmiştir. Limonen, 1, 8 cineol, terpinolen, β-caryophyllen, β-selinen ve metil eugenol gibi esansiyel yağ bileşenlerine sahiptirler (Rao ve ark, 2012). Oussalah ve ark (2006) tarafından yenibahar esansiyel yağlarının *P. putida*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *S.* Typhimurium ve *S. aureus*'u inhibe ettiği bildirilmiştir. *Pimenta dioica* ekstraktlarının, *S. aureus* ve *P. aeruginosa* üzerine inhibisyon etkisi vardır (Marzouk ve ark, 2007).

Rao ve ark (2001), yenibahar esansiyel yağlarının koagülaz negatif *Staphylococcus* spp. ve *Pseudomonas* spp. ile *Aspergillus niger*'e karşı güçlü bir antimikrobiyel aktivite gösterdiği bildirilmiştir.

Evren ve Tekgüler (2011), yenibahar esansiyel yağlarının *Brochotrix thermosphacta*, *Carnobacterium piscicola*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sake*, *P. fluorescens* ve *Serratia liquefaciens* türleri üzerinde de antimikrobiyel etkileri olduğunu belirtmişlerdir.

2.4.1.2. Nisin

Nisin, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*'in bazı suşları tarafından üretilen ve protein yapısında, antibakteriyel etkiye sahip bir maddedir (Aktürkoğlu ve Erol, 1999). Nisinin, *Lactococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Mycobacterium* spp., *Staphylococcus aureus, Corynebacterium ssp., Clostridium* spp., *Bacillus* spp., *Listeria* spp. türleri dahil olmak üzere oldukça geniş bir etki spektrumu bulunmaktadır (Kurt ve Zorba, 2005). Nisin, asidik özellik gösteren ve pH 3-7 arasında ısıya daha dayanıklı olan bir antimikrobiyeldir. Gram pozitif bakterilerin bir kısmına ve bazı spor yapan bakterilere etkili olmasına karşın, Gram negatif bakteriler ile küf ve mayalara etkili değildir (Serdaroğlu ve Özsümer, 2000). Ancak, Gram negatif bakterilerin hücre membranı, termal şoka maruz kaldığında veya EDTA gibi şelat yapıcı kimyasal maddelerle muamele edildiğinde nisin, bu bakterilere karşı da antimikrobiyel etki göstermektedir (Kaba ve Duyar, 2008).

Nisin, 1989'da Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA; Food and Drug Administration) tarafından , güvenilir kabul edilen [Generally Recognized As Safe (GRAS)] tek bakteriosindir (Aktürkoğlu ve Erol, 1998). Başta peynir ve jambon olmak üzere çeşitli gıda ambalajlarına, adsorpsiyon (yüze tutma), yenilebilir filmler üzerine immobilizasyon gibi, değişik yöntemlerle uygulanan nisin ile başarılı sonuçlar sağlanmıştır (Kaba ve Duyar, 2008).

Nisin, bakterisidal etkisini, duyarlı hücrelerin membranlarını etkileyerek gösterir. Nisin molekülünün, pozitif yüklü N- ve C- terminal uçları ile hücre

membranında bulunan negatif yüklü fosfolipitler reaksiyona girerek, membran fonksiyonlarını, porlar oluşturmak suretiyle bozar. Oluşturduğu bu porlardan, hücre içinde bulunan çeşitli aminoasitlerin, ATP'nin ve monovalent katyonların hızlı bir şekilde dışarı çıkmasına, bundan başka hücrelerde membran potansiyelinin hızlı bir şekilde azalmasına ve hücre lipozomlarında pH değerinin düşmesine neden olur. Nisinin bir diğer por oluşturma mekanizması ise, lipozomal membranların fosfolipit kompozisyonuna bağlıdır. Bazı araştırmalarla nisinin, fosfolipid komponentlerinden, hücre duvarı sentezinde bir haberci (prekursor) olan Lipit II molekülüne bağlanarak, etkisini gösterdiği belirlenmiştir. Nisin fosfatidilgliserol lipozomlarının anyonik yüzeyleriyle birleşerek ve fosfolipit gruplarında bulunan lipitlere olumsuz yönde etkiyerek, aktivitesini gösterir. Sonuç olarak, nisin iki önemli etki mekanizmasına sahip olup, birincisi, membranlarda porlar oluşturarak hücre içindeki organellerin ve diğer maddelerin dışarı akmasını sağlamak, ikincisi ise, membranlarda Lipid II molekülünün, peptidoglikan zincirine birleşmesini önleyerek hücre duvarı sentezini durdurmaktır (Hampikyan ve Çolak, 2007).

2.4.1.3. Sorbik Asit ve Tuzları

Gıdaların muhafazasında kullanılan koruyucu maddelerden birisi de, sorbik asit ve tuzlarıdır. Diğer koruyuculara göre, birçok üstünlüğü olan bu antimikrobiyel madde, gıda endüstrisinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Dinçoğlu, 2005). Sorbik asit, doğal olarak üvez meyvesinde, lakton formunda (a, b doymamış monokar-boksilik asit zinciridir ve $CH_3CH=CHCH= CHCOOH$ yapısında 6 karbona sahip organik bir asittir) bulunur. Beyaz renkte, kokusuz, kristal toz halinde ve hafif asidik tattadır. Suda çözünürlüğü çok az olması nedeniyle (20 ^oC'de 0, 16 g/100 mL), potasyum, sodyum ve kalsiyum tuzları kullanılmaktadır (Doğruer ve ark, 1996; Çakmakçı ve Çelik, 1998). Potasyum tuzunun suda oldukça yüksek çözünürlük oranına sahip olması nedeniyle, gıda maddelerine uygulamada, potasyum sorbat tercih sebebi olmaktadır. Potasyum sorbat, vücut üzerine toksik etkisi olmayan ve vücutta yağ asitlerinkine benzer yolla metabolize olabilen, gıdanın içerisine ilave edilerek, sudaki solüsyonuna daldırılarak, üzerine püskürtülerek uygulanabilmesinin

yanı sıra, ambalaj materyallerine de tatbik edilebilen bir maddedir (Nizamlıoğlu ve ark, 1996).

Sorbik asit ve potasyum tuzu antimikrobiyel bir koruyucu olarak, oldukça yaygın bir şekilde gıdalarda kullanılmaktadır (Dinçoğlu, 2005). Konu ile ilgili yapılan bazı araştırmalarda, sellülozdan yapılan yenilebilir filmlere potasyum sorbat ilave edilerek, antimikrobiyel etkileri araştırılmıştır. Örneğin, selüloz türevlerinden ve yağ asitlerinden yapılan filmler, potasyum sorbat ve sorbik asitin serbest kalmasını sağladığı belirlenmiştir. Bu tip filmlerin, sebze ve meyvelerin kaplanarak paketlenmesindeki en yaygın uygulama olduğu görülmektedir (Kaba ve Duyar, 2008). Potasyum sorbatın antimikrobiyel etkisi, daha çok küflerdeki dehidrogenaz enzim sisteminin inhibisyonundan ileri gelmektedir. Bakterilere karşı olan etkisinin, maya ve küf üzerine olan inhibitör etkisi kadar fazla olmadığı ileri sürülmüştür. Bakteriler üzerine etkisi ise, katalaz pozitif olanlara karşı daha yüksektir. Bunun yanında, laktik asit bakterileri üzerindeki etkisi çok düşük düzeydedir. % 0,075 oranında potasyum sorbatın, *S.* Typhimurium ve *E. coli*'ye karşı etkili olduğu belirtilmektedir. Sorbatların aynı zamanda, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas* türlerine karşı etkili olduğu çeşitli araştırıcılar tarafından ortaya konmuştur (Nizamlıoğlu ve ark, 1996).

Yapılan araştırmalar, sorbatların antimikrobiyel aktivitesinde, tek başına sorumlu tutulabilecek bir mekanizmanın olamayacağı ve muhtemelen inhibisyonun nonspesifik olduğunu göstermiştir. Bundan dolayı, sorbatın inhibisyon mekanizması ortam şartlarına bağlı olarak bakteri, maya ve küfler ile bunların türlerine göre farklı olabilmektedir (Dinçoğlu, 2005).

2.4.1.4. Benzoik Asit ve Tuzları

Benzoik asit, benzen halkası içeren bir bileşiktir. Koruyucu olarak kullanılan başlıca tuzları; sodyum, kalsiyum ve potasyum benzoatlardır (Çakmakçı ve Çelik, 1998). Benzoik asit, daha çok sodyum tuzu halinde kullanılan bir antimikrobiyeldir. Sodyum benzoatın, daha çok maya ve bakterilere karşı inhibitör etkisi vardır (Yentür ve ark, 1995). Sodyum benzoatın yaygın olarak kullanılmasının nedeni, suda

çözünme özelliğinin, benzoik aside göre daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. FDA, antimikrobiyel ve lezzet katkısı olarak kulllanılan sodyum benzoat, güvenilir kabul edilen [Generally Recognized As Safe (GRAS)] listeye dâhil etmiştir. Sodyum benzoatın, gıdalarda en yüksek kullanım miktarı % 0,1'dir (Çakmakçı ve Çelik, 1998).

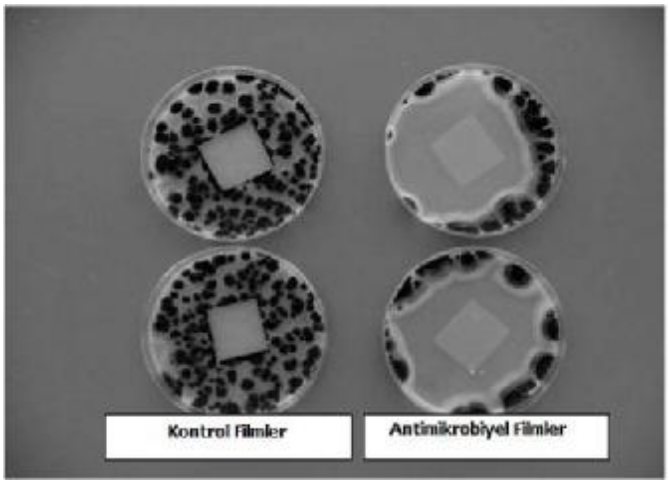
Stanojevic ve ark (2009), farklı oranlarda sodyum benzoat kullanılarak, *B. subtilis*, *B. mycoides*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*, *Candida albicans*, *Trichoderma harsianum* ve *Penicillium italicum* türlerine karşı antimikrobiyel etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

2.4.2. Antimikrobiyel Ambalajların Etkinliklerinin Belirlenmesinde Yararlanılan Yöntemler

Aktif ambalajlama çeşitlerinden biri olan antimikrobiyel ambalajların, etkilerinin belirlenmesinde çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en önemlileri, minimum inhibisyon konsantrasyonu testi (MİK), agar difüzyon testi ve sallanan erlen testidir (Ayana, 2007).

Bu yöntemlerden en fazla kullanılan ise, agar difüzyon yöntemidir. Bu yöntemde, test edilecek mikroorganizmayı içeren katı besiyerine, antimikrobiyel filmler yerleştirildikten sonra, besiyeri üzerinde mikrobiyel gelişim değerlendirilmektedir. Böylece, test edilecek mikroorganizmanın antimikrobiyel maddelere duyarlılığı veya herhangi bir ortamdaki antimikrobiyel maddenin varlığı belirlenebilmektedir. İnkübasyon süresince, filmdeki antimikrobiyel madde besiyerine difüzlenerek film çevresinde, mikroorganizma gelişiminin gözlenmediği bir inhibisyon zonu oluşturur (Şekil 2.2). Film etrafında oluşan zon çapı ölçülerek, antimikrobiyel maddenin etkisi, nicel olarak ifade edilir (Appendini ve Hotchkiss, 2002).

Şekil 2.2'de Antimikrobiyel plastik filmlerin, agar difüzyon yöntemi ile *Aspergillus niger* üzerine etkisi gösterilmiştir (Appendini ve Hotchkiss, 2002).



Şekil 2.2. Antimikrobiyel plastik filmlerin agar difüzyon yöntemi ile *Aspergillus niger* üzerine etkisi (Appendini ve Hotchkiss, 2002)

2.4.3. Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Film ve Kaplama Uygulamaları İle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Çeşitli kaynaklarda, doğal polimerlerden ya da kompozitlerden üretilen, antimikrobiyel madde ilavesi ile antimikrobiyel özellik kazandırılmış yenilebilir film ve kaplamalar üzerinde pek çok araştırma bulunmaktadır (Ayana ve Turhan, 2010).

Quattara ve ark (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, asetik asit, propiyonik asit, laurik asit ve sinnemaldehit içeren ve içermeyen şekilde kitosan matriks hazırlanarak, salam, jambon ve pastırma üzerinde uygulanmıştır. Çeşitli zaman aralıklarında, depolama süresince paketler açılmış ve antimikrobiyel ajanların kalıntıları, kitosan matriksde ölçülmüştür. Filmlerin, ürüne özgü laktik asit bakterileri ve *Enterobacteriaceae* ile *Lactobacillus sakei* ve *Serratia liquefaciens* üzerine, inhibisyon etkisinin test edildiği çalışmada, laktik asit bakterileri, antimikrobiyel filmlerden etkilenmezken, *Enterobacteriaceae* ve *Serratia liquefaciens*, gelişimleri inhibe edilmiştir. En güçlü inhibisyon, kurutulmuş salam yüzeylerinde olduğu saptanmıştır.

Fujimoto ve ark (2000), tam dayanımlı kitosan solüsyonların *Legionella pneumophila* serogrupları 1 (*L. pneumophila* SG1) ve 6 (*L. pneumophila* SG6), *E. coli* ve *S.aureus*'a karşı antibakteriyel etkisini araştırmışlardır. Sonuçta, *L. pneumophila* SG1 ve SG6 ile *E. coli* 37 ^{o}C'de 1 günde inhibisyon gerçekleşirken, *S.*

aureus sayısında, 1 günlük inkübasyon sonucunda 2, 46 log KOB/mL'den daha fazla azalma sağlanmıştır.

Çağrı ve ark (2002), peynir altı suyu proteinlerinden elde edilen film solüsyonlarına % 0,5 - 1 arasında değişen oranlarda p-aminobenzoik asit ve sorbik asit ilave ederek, filmlere antimikrobiyel özellik kazandırmışlar ve daha sonra, hazırlanan antimikrobiyel filmlere, *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *Salmonella* Typhimurium DT104 inoküle ederek, bu filmleri, dilimlenmiş bologna tipi salamlarda ve summer sosislerde kullanmışlardır. Her iki ürün grubunda da, 4 ^{o}C'de 21 gün depolama sonrasında, antimikrobiyel film uygulamalarıyla *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S.* Tpyhimurium üzerinde inhibisyon sağlanmıştır.

Pranoto ve ark (2005), farklı koruyucu maddeler kombine edilerek hazırlanan kitosan filmlerin, *E. coli, S. aureus, S.* Typhimurium, *L. monocytogenes* ve *B. cereus* üzerine antimikrobiyel etkisini araştırmışlardır. 100 mg/g sarımsak yağı, 100 mg/g potasyum sorbat ve 51.000 IU/g nisin ile karıştırılarak hazırlanan kitosan filmlerin antimikrobiyel etkisinin, filmlerin özelliklerinde bir değişme olmaksızın arttığını bildirmiş ve kitosanın bakteriler kadar, maya ve küfler üzerine inhibitör etkisi olduğunu belirlemişlerdir.

Zivanovic ve ark (2005), kitosan filmlerini hem tek başına, hem de kekik yağı ile birlikte *L. monocytogenes* ile kontamine edilmiş Bologna adı verilen salam benzeri et ürünlerinde denemişlerdir. Filmle kaplanan ürünler, 10 ^{o}C'de 5 gün muhafaza edilmiştir. Depolama sonucu, yapılan mikrobiyolojik analizlerde, kitosan filminin, *L. monocytogenes* sayısını 2 log KOB/mL kadar; % 1 ve % 2 kekik esansiyel yağı içeren kitosan filmlerin ise 3,6 ve 4 log KOB/mL kadar azalttığı tespit edilmiştir.

Sanjurjo ve ark (2006), gliserol içeren tapyoka nişastasından elde edilen ve nisin ilaveli film solüsyonlarının, *L. innocua* üzerine inhibitör etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Kanatt ve ark (2007), kitosan ve nane karışımlarının antimikrobiyel etkilerini, et ve et ürünlerinde araştırmışlar ve % 0,05'ten başlayan MİK değerinde, CM (kitosan-nane) filmlerin Gram pozitif bakterilere karşı, oldukça etkili olduğu tespit

etmişlerdir. Kokteyl domuz Salamındaki toplam bakteri yükün azaltılmasına yönelik bir çalışmada ise, ürünlerin 0 ile 3 ^{o}C' de yapılan depolamayla, CM filmlerin etkili olduğu belirlenmiştir.

Moreire de Oliveira ve ark (2007), Gorgonzola peynirlerinde, natamisin içeren selüloz polimeri bazlı film kaplama kullanmışlardır. % 2 ve 4 oranında natamisin içeren filmlerin, Gorgonzola peynirlerinin yüzeyinde, *Penicillium roqueforti*'ye karşı, inhibisyon etki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Ye ve ark (2008a), GRAS olarak kabul edilen 5 farklı antimikrobiyel maddenin (nisin, sodyum laktat, sodyum diasetat, potasyum sorbat ve sodyum benzoat), kitosan kaplı plastik filmlerde yer alması ve bu filmlerin dumanlanmış soğutulmuş somon balıklarında, *L. monocytogenes*'e karşı antibakteriyel etkisini araştırmışlardır. 10 günlük depolama süresince, sodyum laktat içeren filmlerin, en fazla anti-listerial etki gösterdiği ve *L. monocytogenes*'in gelişimini tamamen inhibe ettiği, diğer 4 antimikrobiyel filmde, *L. monocytogenes* geliştiği, ancak bu sayısal artış, kontrol grubuna göre çok daha az olduğu belirtilmiştir.

Ye ve ark (2008b), farklı bir çalışmada da, kitosan kaplı plastik filmleri, 5 farklı antimikrobiyel madde ilaveli olarak, jambon biftekleri üzerinde, anti-listerial aktiviteyi belirlemek üzere kullanmışlardır. Araştırma sonucunca, en etkili antimikrobiyel filmin, sodyum laktat içeren kitosan kaplı plastik film olduğu ve bu filmin etkisinin, *L. monocytogenes* üzerine, 12 hafta ve 4 ^{o}C'de depolama süresince, devam ettiği bulunmuştur.

Pires ve ark (2008), nisin, natamisin ve nisin-natamisin kombinasyonuyla, selüloz türevi polimer antimikrobiyel filmler hazırlayarak, filmlerin, *S. aureus* ATCC 6538, *L. monocytogenes* ATCC 15313, *Penicillium* sp. ve *Geotrichum* sp.'e karşı antimikrobiyel etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca, dilimlenmiş Mozeralla peynirlerinde, maya ve küflerin yanı sıra, *Staphylococcus* türleri ve psikrotrofik bakterilere karşı, filmlerin antimikrobiyel özellikleri de araştırılmıştır. Nisin içeren selüloz filmler, *in vitro* olarak, *S. aureus* ATCC 6538 ve *L. monocytogenes* ATCC 15313'e kaşı antimikrobiyel etki gösterirken, natamisin içeren selüloz filmler, *Penicillium* ve *Geotrichum* türlerine karşı atimikrobiyel etki gösterdiği belirlenmiştir. Natamisin içeren film kaplı mozeralla peynirleri, 12±2 ^{o}C'de 9 gün süresince

depolanmış ve sonuçta, maya ve küf sayısında, kontrol filmlerine kıyasla, 2 log KOB/g azalma olduğu belirlenmiştir. Nisin içeren filmler, *Staphylococcus* türlerine karşı antimikrobiyel etki göstermemiştir. Ancak, peynirin 6 günlük depolama süresince, psikrotrofik bakteri yükünde azalma görülmüştür.

Sivarooban ve ark (2008), soya proteinden elde edilen yenilebilir filmlere, üzüm çekirdeği ekstratı, nisin ve EDTA ilave ederek, antimikrobiyel özellik kazandırmışlardır. Hazırlanan filmlerin, *L. monocytogenes*'e karşı çok güçlü inhibitör aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

Ayana ve Turhan (2009), zeytin yaprağı ekstratını, antimikrobiyel ajan olarak metil selüloz filmlerde kullanmışlardır. Metil selüloz filmlerde, % 0,5 - 3 oranında zeytin yaprağı ekstraktı ve % 1,6 gilserol kullanılmış ve filmlerin, *Staphylococcus aureus* üzerine antimikrobiyel etkisi, kaşar peyniri dilimleri üzerinde test edilmiştir. *S. aureus* sayısında, depolamanın 7. ve 14. gününde, 0,68 ile 1,22 log azalma belirlenmiştir.

Torlak ve Nizamoğlu (2009), anti-listerial etkisi olan ve doğal antimikrobiyel olarak bilinen, kekik ve karanfil uçucu yağlarını, yenilebilir film solüsyonuna %0,5 ve % 1 oranında ilave etmişlerdir. Depolama süresi sonunda, tüm filmlerin *L. monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etkisi, kontrol grubuna nazaran önemli düzeyde bulunmuştur. Genel olarak, kekik uçucu yağı içeren filmlerin, karanfil uçucu yağı içeren filmlere göre, daha güçlü antimkirobiyel etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Fernandez-Saiz ve ark (2010), kitosaniyum asetat filmlerin, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. ve *S. aureus* gelişimi üzerine, antimikrobiyel etkilerini incelenmişlerdir. Örnekler, hem Tripton Soy Broth kullanılarak, hem de balık çorbası kullanılarak, test edilmiştir. Çalışma sonuçları, bakteriyel gelişmedeki büyük oranda azalmanın, bakteri tipine, inkübasyon sıcaklığına ve gıda cinsine bağlı olduğunu göstermiştir.

Imran ve ark (2010), nisin ve plastikleştiricilerin kullanımının, hidroksipropil metil selüloz filmlerin fiziko-kimyasal ve antimikrobiyel özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Filmlerin, *Listeria* spp.'ye karşı daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Filmlerin antimikrobiyel etkileri karşılaştırıldığında, *Listeria* > *Enterococcus* > *Staphylococcus* > *Bacillus* spp. olarak belirlenmiştir.

Emiroğlu ve ark (2010), soya proteininden elde edilen yenilebilir filmlere, % 1; 2; 3; 4 ve 5 oranlarında, kekik ve keklikotu (yabani mercanköşk) esansiyel yağlarını ilave etmek suretiyle, antimikrobiyel özellik kazandırmışlardır. Hazırlanan filmlerin antimikrobiyel özellikleri, *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *P. aeruginosa* ve *L. plantarum'*a karşı inhibisyon zon testi ile belirlenmiştir. Ayrıca, % 5 oranında kekik, keklikotu ve bunlarının karışımı esansiyel yağlarını içeren soya proteini izolatı filmler, taze sığır kıymasına uygulanmış ve buzdolabı koşullarında depolanmıştır. Kekik ve keklikotu içeren filmler, test edilen tüm bakterilere karşı inhibisyon etki göstermişlerdir. Kekik, keklikotu ve bu iki esansiyel yağın karışımını içeren soya proteini filmlerin, yine aynı şekilde taze kıymada da, toplam canlı sayısı, laktik asit bakterileri ve *Staphylococcus* spp. üzerinde önemli düzeyde inhibisyon etki göstermiştir.

Valencia-Chamorro ve ark (2011), hidroksipropil metil selüloz polimerlerle, hidrofobik komponenetler (balmumu ve şelak) ve antifungal gıda koruyucuları ile kombine bir film yapısı oluşturulmuşlar ve bu film solüsyonunu, clamentin cinsi mandalinalar üzerine uygulanmışlardır. Kullanılan koruyucular ise, potasyum sorbat, sodyum benzoat, sodyum propiyonat ve bunların karışımıdır. *Penicillium digitatum* ve *Penicillium italicum* ile inoküle edilen mandalinalar, 5 ^{o}C' de 30 gün ve 20 ^{o}C' de 7 gün süreyle depolanmıştır. Soğuk depolama süresince, gıda koruyucusu içeren HPMC-lipit kaplamalar, önemli oranda küf gelişmesini baskılamıştır. Kaplanmış meyveler, 20 ^{o}C' ye transfer edilince kaplama materyalinin etkinliği azalmıştır. Çalışmadaki en etkili kombinasyonun, sodyum benzoat + potasyum sorbat bazlı olan kombine kaplama materyali olduğu bulunmuştur.

2.5. Yenilebilir Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri

Yenilebilir filmlerin veya kaplamaların, gıda yüzeyine ya da ambalaj malzemesi olarak kullanıma uygunluğunu, o filmin veya kaplamanın mekanik, fiziksel ve duyusal özellikleri belirler (Mehmetoğlu, 2010). Genel olarak, polimerik

materyallerin mekanik özellikleri, dış kuvvetlerin etkisiyle ortaya çıkan, uzama, akma, kopma gibi deformasyonlarla tanımlanır. Bu malzemelerin en önemli özellikleri ise, deformasyonların sıcaklık ve zamana bağımlı olarak ortaya çıkmasıdır (Ayana, 2007). Protein ve karbonhidratlar gibi hidrokarbonlardan yapılan filmlerin esneklik katsayıları, elastikiyet özellikleri yok denecek kadar düşüktür. Bu filmler, kırılgan özelliktedir. Bunun nedeni, protein ve polisakkarit zincirleri arasındaki güçlü bağların molekülerin hareketini kısıtlamasıdır. Bu bağları daha zayıf ve harekete izin veren bir bağ olan hidrojen bağına çevirmek için, film çözeltisine, plastikleştirici etki yapan gliserol, sorbitol, mannitol, sakkaroz gibi maddeler eklenir. Plastikleştiriciler, hidrojen bağlarıyla protein polimer zincirleri arasındaki mesafeyi artırarak, esneklik sağlarlar (Mehmetoğlu, 2010). Polimer filmlerin, mekanik özelliklerinin belirlemesinde, yaygın olarak, gerilim direnci ve uzama miktarları ölçülür. Gerilim direnci, uygulanan dış kuvvete karşı malzemenin gösterdiği tepki, uzama ise, dış kuvvetlerin etkisiyle malzemenin geometrik durumundaki değişim olarak ifade edilir. Polimerlerin, gerilim-uzama eğrilerinden hesaplanan mekanik özellikleri, polimerden polimere farklılık gösterir. Bu farklılıklara, polimerlerin molekül ağırlığı, kohezyon, camsı geçiş, polarite, kristalinite, yönlenme ve plastikleştiricinin etkisi neden olabilmektedir (Ayana, 2007; Skurtys ve ark, 2010). Kullanılan plastikleştirici maddenin miktarı ve cinsi doğru seçilmelidir, çünkü plastikleştirici maddenin miktarı artıkça ve molekül ağırlığı yükseldikçe, filmin bariyer özelliği ve çekme gerilimi de düşer. Bazı farklı plastikleştiriciler ise, aynı etkiyi gösterebilirler. Örneğin, peynir altı suyundan yapılmış yenilebilir filmlerde, sorbitol ve gliserol gibi iki farklı plastikleştirici kullanımının, filmin mekaniksel özelliklerine bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Mehmetoğlu, 2010).

Filmin fiziksel özelliğini ise, filmin oksijen, karbondioksit ve su buharı geçirgenliği belirler (Mehmetoğlu, 2010). Yenilebilir filmlerin önemli işlevlerinden biri, gaz veya daha da sık olarak su buharı için bariyer olarak kullanılabilmeleridir. Su buharı geçirgenliği, yenilebilir filmlerin en önemli ve en çok çalışılan bariyer özelliğidir. Gıdalardaki nem seviyeleri, tazeliği korumak, mikrobiyolojik gelişimi kontrol altında tutmak ve ağız dolgunluğu ve görünüm sağlamak için önemlidir (Sarıkuş, 2006). Filmler bileşen özelliklerine göre ve yapılma tekniğine göre, farklı

bariyer özelliğine sahiptirler. Protein ve karbonhidrat gibi polar polimerler, düşük gaz geçirgenliği ve yüksek su buharı geçirgenliği değerleri gösterirler. Bunun aksine, lipit gibi apolar hidrokarbon içeren materyaller, su buharı geçişine mükemmel bariyer teşkil etmelerinin yanı sıra gaz geçişi için etkili bir bariyer değillerdir. Filmden geçiş yapan gazın, ya da film matriksinde ilerleyen maddenin kimyasal yapısı ve şekli de difüzyonun ve transferinin hızına etkilidir. Örneğin, küçük moleküller, daha büyük moleküllere göre daha hızlı difüze olur ya da, polar filmlerde polar moleküller apolarlara göre daha hızlı difüze olurlar (Mehmetoğlu, 2010).

Hidrofilik maddelerden oluşan yenilebilir filmlerin, su buharı geçirgenliği yüksektir. Hidrofilik filmlerde, düşük su aktivitelerinde suyun çözünürlük katsayısı ve nem difüzyonu düşüktür, dolayısıyla filmlerin geçirgenlikleri minimum düzeydedir. Filmlerin su aktivitesinin artması, filmlerin nem içeriğinin, dolayısıyla su buharı geçirgenliğinin artmasına neden olur. Yüksek su aktivitelerinde, matriksin su ile şişmesi, su moleküllerinin difüzyonunu artırır. Dolayısıyla, hidrofilik filmlerin su buharı geçirgenlikleri yüksektir. Bu nedenle, bu tip filmler düşük ve orta nemli gıdalarda kısa dönemli uygulamalar için uygundur (Ayana, 2007).

Yenilebilen polimerlerin hidrofilik yapısı, istenilen film fonksiyonlarını sağlamasını kısıtlamaktadır. Konu ile ilgili araştırma sonuçları da dikkate alındığında, nispi nemin, yenilebilir polimer özelliklerini büyük oranda etkilediği ve bu nedenle de, yenilebilir film ve kaplamaların nem bariyerleri olarak kullanımında, yenilebilir yağlı asit ve mum gibi hidrofobik malzemeler içeren kompozit filmlerin seçimi önem kazanmaktadır (Sarıkuş, 2006).

Hidrofilik polimerlere, lipit ve türevlerinin ilavesi, gıdalardaki nem göçüne iyi bariyer oluştursalar da, uygulamada mekanik ve kimyasal stabilitenin sağlanmasında ve organoleptik özelliklerde bazı sorunlarla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle de, lipitler, genellikle hidrokolloit karma filmlerin elde edilmesinde kullanılırlar (Ayana, 2007).

2.6. Antimikrobiyel Maddelerin Film Yapısı Üzerine Etkileri

Plastikleştirici maddelerin yanı sıra, antioksidan, antimikrobiyel veya besin değerlerini artırıcı maddeler, film solüsyonuna eklenebilmektedir. Eklenen maddelerin, polar veya apolar olmasının yanı sıra, molekül ağırlıkları ve kimyasal yapıları filmin özelliklerini etkileme derecesini belirler. Düşük molekül ağırlığı olan katkı maddeleri, polimerlere eklendiğinde, bariyer ve mekaniksel özelliklerini kimyasal yapılarına göre düzeltirler ya da bozabilirler. Eklenen maddelerin etkisi, hidrofilik karakterdeki filmlerde, artan nem oranıyla artar. Filmin su buharı geçiş özelliğindeki artış ise, eklenen maddenin camsılık geçişi sıcaklığını düşürmesi ile ilgilidir. Bu sıcaklık, amorf yapıdaki polimerin yapısındaki viskoz camsı formdan, daha sıvı-lastiksi forma geçiş için gerekli sıcaklıktır. Bir durumdan diğerine geçiş, ortamda bulunan su miktarı ve diğer plastikleştirici maddelerle çok yakından ilgilidir. Camsı-lastiksi geçişin, sistemin kıvamlılığı, elastikiyeti, moleküler hareketliliği ya da madde dağılım özeliğini değiştirdiği gözlenilebilir (Mehmetoğlu, 2010).

Antimikrobiyel maddelerin, yenilebilir film ve kaplamalara ilavesi sonucunda, film ve kaplama yapılarındaki heterojenliğin artışına bağlı olarak film özelliğinde değişiklikler meydana gelmekte, fiziksel ve optik özellikleri değişmektedir (Quintavala ve Vicini, 2002).

Antimikrobiyel maddelerin plastik filmlere ilave edilmesi, filmlerin fiziksel dirençlerini değiştirmezken, optik özelliklerinde değişikliklere neden olabilmektedir. Örneğin, peynir altı suyu proteininden hazırlanan film solüsyonuna lizozim gibi antimikrobiyel maddeler ilave edildiğinde, protein ve lizozim birbirleriyle uyumlu ve suda çözünürlükleri yüksek olduğundan, filmlerin şeffaflığı ve gerilimi etkilenmemektedir. Ancak, mısır zein proteini gibi alkolde çözünebilen protein içeren film solüsyonlarına, suda çözünebilen antimikrobiyel maddelerin ilavesi, filmlerin fiziksel direncini azaltmaktadır. Bu nedenle, antimikrobiyel filmlerde, film oluşturan maddeyle uyumlu antimikrobiyel maddelerin kullanılması gerekmektedir (Gennadious ve ark, 1994).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Macar Salamı

Denemelerde, Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş. tarafından 2011-2013 tarihlerinde üretilmiş, baton tip Macar Salamı örnekleri kullanılmıştır. Salam örnekleri, piyasadan temin edilerek uygun şartlar altında laboratuvara getirilmiştir. Denemelerde kullanılan Macar salamı örnekleri, dana eti ve yağı, patates nişastası, süt proteini, tuz, baharat karışımı, sarımsak, sodyum laktat, sodyum nitrit, sodyum poliposfat, askorbik asit, renklendirici madde (karmin) ve doğal tütsü aroması içermektedir.

3.1.2. Mikroorganizmalar

Araştırmada bakteri kültürü olarak, *Listeria innocua* (ATCC 33090) kullanılmıştır.

3.1.3. Yenilebilir Film ve Kaplamaların Üretiminde Kullanılan Polimerler, Plastikleştiriciler ve Antimikrobiyel Maddeler

Peynir altı suyu protein izolatı (BIPRO Whey Protein Isolate) Davisco Foods International. Inc.-USA) Hardline Nutrition, Türkiye'den temin edilmiştir. Kullanılan antimikrobiyel özellikteki kekik, fesleğen, kişniş, biberiye ve yenibahar esansiyel yağları, nisin, potasyum sorbat, sodyum benzoat ile metil selüloz polimerleri, balmumu ve köpük önleyici madde (silicon antifoam) Sigma Chemical (St. Louis, MO, USA)'dan temin edilmiştir. Plastikleştirici olarak, Merck (Darmstadt, Germany) marka gliserol kullanılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Standart Nisin Solüsyonunun Hazırlanması

Nisin, 0,1 g tartılarak 2 mL 0,01 M HCl solüsyonu (pH 2) içerisinde çözündürülerek, 0,2 µm gözenek çaplı Millipore filtreden (Nalgene, Rochester, New York, USA) geçirilmiş ve 4 ^{o}C'de saklanmıştır (Cao-Hoang ve ark, 2010).

3.2.2. Stok Bakteri Kültürü Hazırlanması

Oxford Listeria Selektif Agar (Merck) besiyerinde gelişen kolonilerden öze yardımıyla alınarak, her bir koloni 10 mL'lik % 0,6 yeast ekstrakt ilaveli, Triptik Soy Broth besiyerine inoküle edilmiştir. Daha sonra bakteri kolonileri 35 ^{o}C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası gelişen bakteri kolonileri 5000 d/d'da 10 d santrifüj edilerek, üst faz dökülmüştür. 5 mL'lik eppendorf tüpleri içerisinde, % 40 oranında gliserol içeren Tryptic Soy Yeast Extract Broth (TSYB) besiyerlerinde kültürler, stok kültür olarak -18 ^{o}C'de muhafaza edilmişlerdir (Koçan, 2007; Tatlı, 2009).

3.2.3. Antimikrobiyel Özellikte Yenilebilir Film/ Kaplamaların Hazırlanması

3.2.3.1. Nisin İlave Edilmiş Metil Selüloz Film/ Kaplamaların Hazırlanması

Film solüsyonu hazırlanırken 4 g metil selüloz, 50 mL saf su içerisinde çözündürüldükten sonra, 90 ^{o}C'ye ısıtılmıştır. Çözelti içerisine, metil selüloz miktarının yaklaşık yarısı kadar gliserol (1,6 mL) ilave edilmiştir. Karıştırma sırasında 0,1 mL köpük önleyici madde (Silicon Antifoam-Sigma) ilavesi yapılmıştır. Film solüsyonu içerisine, 2500, 5000, 7500 ve 10.000 IU nisin/cm^2 olacak şekilde ilave edilmiştir. Nisin ilavesinden sonra, film solüsyonunun hacmi 100 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan film solüsyonları, 10'ar mL olarak, steril cam Petri

kutularına aktarılmış ve 25 ^{o}C'de 24 saat süreyle kurumaya bırakılarak, film elde edilmiştir (Sanjurjo ve ark, 2006; Ayana, 2007; Cao-Hoang ve ark, 2010).

3.2.3.2. Esansiyel Yağlar İlave Edilmiş Metil Selüloz Film/ Kaplamaların Hazırlanması

Film solüsyonu hazırlanırken, 4 g metil selüloz, 50 mL saf su içerisinde çözündürüldükten sonra, 90 ^{o}C'ye ısıtılmıştır. Çözelti içerisine, metil selüloz miktarının yaklaşık yarısı kadar gliserol (1,6 mL) ilave edilmiştir. Karıştırma sırasında 0,1 mL köpük önleyici madde ilavesi yapılmıştır. Kekik, biberiye, fesleğen, yenibahar ve kişniş esansiyel yağları, çözelti içerisine % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında ilave edilmiştir. Uçucu yağ asitlerinin, çözeltide daha homojen dağılması için, uçucu yağların öncelikle Tween 80 (0,250 g Tween 80/ g esansiyel yağ) (Merck) içerisinde iyice çözünmesi sağlanmıştır. Tween 80 (Merck) ile karıştırılan uçucu yağların ilavesinden sonra, film solüsyonunun hacmi, 100 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan film solüsyonları, 10'ar mL olarak, steril cam Petri kutularına aktarılmış ve 25 ^{o}C'de 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır (Seydim ve Sarıkuş, 2006; Ayana, 2007; Benavides ve ark, 2011).

3.2.3.3. Potasyum Sorbat ve Sodyum Benzoat İlave Edilmiş Metil Selüloz Film/ Kaplamaların Hazırlanması

Film solüsyonu hazırlanırken 4 g metil selüloz, 50 mL saf su içerisinde çözündürüldükten sonra, 90 ^{o}C'ye ısıtılmıştır. Çözelti içerisine, metil selüloz miktarının yaklaşık yarısı kadar gliserol (1,6 mL) ilave edilmiştir. Karıştırma sırasında 0,1 mL köpük önleyici madde ilavesi yapılmıştır. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat film solüyonu içerisine, % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında ilave edilmiştir. Antimikrobiyellerin ilavesinde sonra, film solüsyonunun hacmi, 100 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan film solüsyonları, 10'ar mL olarak, steril cam Petri kutularına aktarılmış ve 25 ^{o}C'de 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır

(Ayana, 2007; Ye ve ark, 2008a; Valnecia-Chamorro ve ark, 2011; Campos ve ark, 2011).

3.2.3.4. Nisin İlave Edilmiş Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Film/ Kaplamaların Hazırlanması

Peynir altı suyu proteinleri izolatı (% 5 a/h) ve gliserol (% 2 a/h), % 0,04 $CaCl_2$ a/h içeren 100 mL distile su içerisinde çözündürülmüştür. Çözeltinin pH'sı, 1 M NaOH kullanılarak 8'e ayarlanmış ve daha sonra, 90 ^oC'de 30 dakika süresince, karıştırılarak, ısıtılmıştır. Karıştırma sırasında 0,1 mL köpük önleyici madde ilavesi yapılmıştır. Isıtmanın son 5 dakikası süresince, yavaş bir şekilde bal mumu (% 0,4 a/h) ilavesi gerçekleştirilmiştir. Homojenizatör yardımıyla, solüsyonun 22.000 d/d'da 2 dakika süresince homojenizasyonu sağlanmıştır. Tülbent (cendere bezi) yardımıyla, solüsyonun süzülmesi işlemi gerçekleştirildikten sonra, 23±2 ^oC'ye kadar soğutulmuştur. Soğutulmuş solüsyon içerisine, nisin 2500, 5000, 7500 ve 10.000 IU/ cm^2 oranlarında ilave edilmiştir. Hazırlanan film solüsyonları, 50'şer mL olarak, teflon tepsilere aktarılmış ve 25 ^oC'de 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır (Çağrı ve ark, 2002; Sarıkuş, 2006; Cao-Hoang ve ark, 2010).

3.2.3.5. Esansiyel Yağlar İlave Edilmiş Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Film/ Kaplamaların Hazırlanması

Peynir altı suyu proteinleri izolatı (% 5 a/h) ve gliserol (% 2 a/h), % 0,04 $CaCl_2$ a/h içeren 100 mL distile su içerisinde çözündürülmüştür. Çözeltinin pH'sı, 1 M NaOH kullanılarak 8'e ayarlanmış ve daha sonra, 90 ^oC'de 30 dakika süresince karıştırılarak ısıtılmıştır. Karıştırma sırasında, 0,1 mL köpük önleyici madde ilavesi yapılmıştır. Isıtmanın son 5 dakikası süresince, yavaş bir şekilde bal mumu (% 0,4 a/h) ilavesi gerçekleştirilmiştir. Homojenizatör yardımıyla, solüsyonun 22.000 d/d'da 2 dakika süresince homojenizasyonu sağlanmıştır. Tülbent (cendere bezi) yardımıyla solüsyonun süzülmesi işlemi gerçekleştirildikten sonra, 23±2 ^oC'ye kadar soğutulmuştur. Kekik, biberiye, fesleğen, yenibahar ve kişniş esansiyel yağları,

çözelti içerisine % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında ilave edilmiştir. Uçucu yağların çözelti içerisinde daha homojen dağılması için uçucu yağların öncelikle Tween 80 (0,250 g Tween 80/ g esansiyel yağ) içerisinde iyice çözünmesi sağlanmıştır. Hazırlanan film solüsyonları, 50'şer mL olarak, teflon tepsilere aktarılmış ve 25 ^{o}C'de 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır (Çağrı ve ark, 2002; Seydim ve Sarıkuş, 2006; Sarıkuş, 2006; Cao-Hoang ve ark, 2010; Benavides ve ark, 2011).

3.2.3.6. Potasyum Sorbat Ve Sodyum Benzoat İlave Edilmiş Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Film/ Kaplamaların Hazırlanması

Peynir altı suyu proteinleri izolatı (% 5 a/h) ve gliserol (% 2 a/h), % 0,04 $CaCl_2$ a/h içeren 100 mL distile su içerisinde çözündürülmüştür. Çözeltinin pH'sı, 1 M NaOH kullanılarak 8'e ayarlanmış ve 90 ^{o}C'de 30 dakika süresince karıştırılarak ısıtılmıştır. Karıştırma sırasında, 0,1 mL köpük önleyici madde (Silicon Antifoam-Sigma) ilavesi yapılmıştır. Isıtmanın son 5 dakikası süresince yavaş bir şekilde Bal mumu (% 0,4 a/h) ilavesi gerçekleştirilmiştir. Homojenizatör yardımıyla solüsyonun 22.000 d/d'da 2 dakika süresince homojenizasyonu sağlanmıştır. Tülbent (cendere bezi) yardımıyla, solüsyonun süzülmesi işlemi gerçekleştirildikten sonra, 23±2 ^{o}C'ye kadar soğutulmuştur. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat film solüyonu içerisine, % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında ilave edilmiştir. Hazırlanan film solüsyonları, 50'şer mL olarak, teflon tepsilere aktarılmış ve 25 ^{o}C'de 24 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır (Çağrı ve ark, 2002; Sarıkuş, 2006; Ye ve ark, 2008a; Cao-Hoang ve ark, 2010; Valnecia-Chamorro ve ark, 2011; Campos ve ark, 2011).

3.2.4. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Yenilebilir Filmlerin *Listeria innocua*'ya Karşı Antimikrobiyel Etkilerinin Belirlenmesi

Farklı antimikrobiyel madde içeriği ile hazırlanan yenilebilir filmlerin antimikrobiyel etkisi, agar difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Stok kültürlerden, öze ile *Listeria innocua*'ya ait koloniler, % 0,6 yeast ekstrakt ilaveli, Triptik Soy Broth besiyerine inoküle edilmiştir. Duyarlılık testi için inokülüm

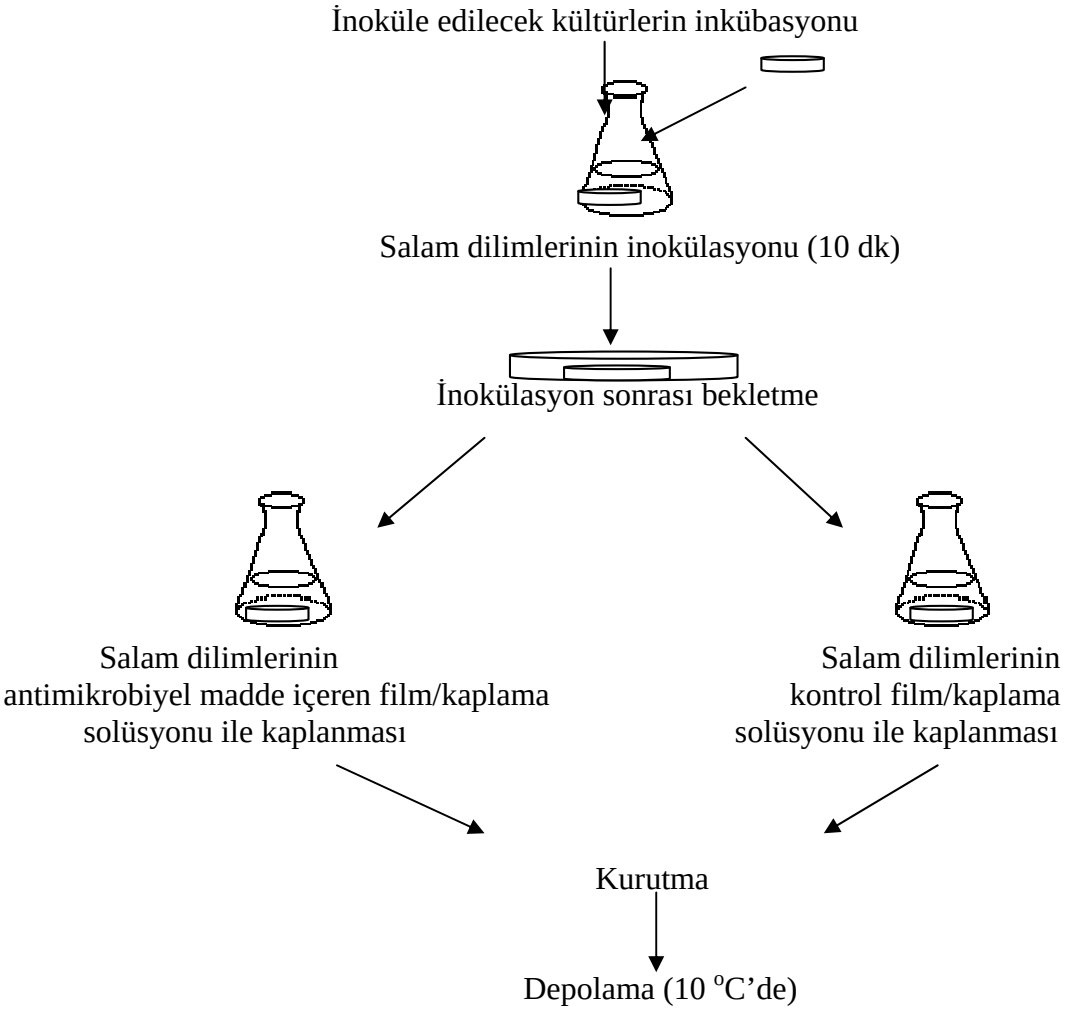
miktarı, McFarland 0,5 standart değerine ulaşıncaya kadar, 35 ^{o}C' de inkübasyona bırakılmışlardır. Yoğunluğu ayarlanmış kültürlerden (10^{6} KOB/mL), 0,1 mL alınarak steril swab yardımıyla Petrilerdeki steril Nutrient Agar (Merck) besiyerine ekimler yapılmıştır. Antimikrobiyel etkisini belirlemek için hazırlanmış film ve kaplamalardan, 1 cm çaplı steril delgeç yardımıyla kesilen disk şeklindeki filmler, yüzey ekimi yapılmış ve agar plağı üzerine yerleştirilmişlerdir. Petriler, 35 ^{o}C' de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda, film disklerin etrafında oluşan berrak zon çapı ölçülerek, değerlendirme yapılmıştır (Emiroğlu ve ark, 2010).

3.2.5. Ürüne Mikroorganizma İnokülasyonu, Kaplama ve Depolama

Macar salam örnekleri, yaklaşık olarak 10'ar gramlık (çap 8 cm; kalınlık 4 mm) dilimler halinde bıçakla kesildikten sonra, UV ışık altında 30 dakika süresince sterilize edilmiştir. Salam dilimlerine inoküle edilecek olan *Listeria innocua* sayısı, Nutrient Broth besiyerinde 35 ^{o}C'de inkübe edilerek, 10^{10} KOB/mL olarak ayarlanmıştır. İnkübasyon sonrası ise, aseptik koşullarda santrifüj tüpüne aktarılmıştır. 5000 d/d'da 30 dakika santrifüjleme sonrası, elde edilen süpernatant, uzaklaştırılmıştır. Daha sonra, hücre peleti, 5 mL peptonlu su (% 0,1 a/h) ile iki defa yıkanmıştır. 5 mL peptonlu su ile süspanse edilen kültürden hazırlanan dilüsyonlardan alınan 100 µL bakteri süspansiyonu ile 500 mL'lik solüsyonlar hazırlanmıştır. Salam dilimleri, bu solüsyonlarda 10'ar dakika süresince bekletilmiştir. Bu süre sonunda, steril petri kutularına alınan salam dilimlerinin yaklaşık 30 dakika süresince solüsyonu çekmesi beklenmiştir. Her bir salam diliminde, son inokülum düzeyi 10^{6} KOB/g olacak şekilde ayarlanmıştır (Ku ve ark, 2008; Tiryaki, 2008; Ye ve ark, 2008a).

Daha sonraki aşamada, salam dilimleri, hazırlanan beher içerisindeki farklı içeriklerdeki film/kaplama solüsyonlarına daldırılarak, 1 dakika süre ile solüsyon içerisinde bekletme suretiyle kaplanmıştır. Kaplama işlemi, 1 kez daha tekrarlanmıştır. Kaplama sonrası kurutma işlemi, 25 ^{o}C' de % 50 RH değerinde, salam örnekleri çengel tutacaklara asılarak gerçekleştirilmiştir. Kaplama işleminin ardından salam örneklerinin, 10 ^{o}C' de (buzdolabı koşullarında) depolama işlemi

gerçekleştirilmiştir (Cansız, 2006). Şekil 3.1.'de salam dilimlerine uygulanmış olan inokülasyon yöntemi ve depolama gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Salam dilimlerine *L. innocua* inokülasyonu ve depolama

3.2.6. *Listeria innocua* Sayımı

Salam örnekleri, soğukta depolanmalarını takip eden 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. günlerinde *L. innocua* inokülasyon düzeylerinin tespiti için analizler yapılmıştır. Bu amaçla, 10 gramlık (çap 8 cm; kalınlık 4 mm) salam dilimlerinin her biri, 90 mL'lik % 0,1'lik steril peptonlu su (pH 7,2) içerisine ilave edilmiştir. Örnekler, Stomacher ile homojenize edilmiştir. Sayımlar, 2 paralel ve 3 tekerrürlü olarak, FDA

Bacteriological Analytical Manual'a (FDA 1998) uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Özdemir, 1998; Mahan, 2007; Moreira ve ark, 2010).

Homojenize edilmiş örneklerden seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan, Oxford Listeria Selektif Agar (Merck) besiyerine ekim yapılmıştır. 35 ^{o}C'de 24 saat süren inkübasyon sonucunda, etrafında haresi (parlaklık) bulunan siyah renkli tüm kolonilerin sayımları gerçekleştirmiştir (Tome ve ark, 2008).

3.2.7. Antimikrobiyel Kaplama Solüsyonu İle Kaplanmış Macar Salamı Örneklerine Yapılan Kimyasal ve Fiziksel Analizler

3.2.7.1. pH Tayini

10 g (çap 8 cm; kalınlık 4 mm) örnekler alınarak, depolamanın 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. günlerinde, 90 mL suda parçalanıp, homojen hale getirildikten sonra, pH ölçümleri yapılmıştır (Anon, 1978).

3.2.7.2. Su Aktivitesi Tayini

Örneklerin su aktiviteleri, depolamanın 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. günlerinde 25 ^{o}C sıcaklıkta, su aktivitesi tayin cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Hecer, 2010).

3.2.7.3. Antimikrobiyel Kaplama Uygulanmış Macar Salamı Örneklerinin Renk Ölçümleri

35 günlük depolama süresince antimikrobiyel kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, beyaz standart yüzey üzerinde, CR-410 kolorimetresi (Minolta Chroma, Osaka, Japon) ile L^* (açıklık) , a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) renk parametreleri ölçülmüştür. Antimikrobiyel kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin renk değişimleri (ΔE^*), aşağıda verilen eşitlikten (3.1) yararlanılarak hesaplanmıştır (Zinoviadou ve ark, 2009; Pires ve ark, 2011; Bahram ve ark, 2013).

$$\Delta E^{*} = [(L_o^{*} - L^{*})^2 + (a_o^{*} - a^{*})^2 + (b_o^{*} - b^{*})^2]^{1/2} \quad (3.1)$$

Eşitlikte yer alan L_o , a_o ve b_o standart yüzeyin renk parametreleri iken, L, a ve b değerleri, örneklerin renk parametreleridir.

3.2.8. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.8.1. Filmlerin Kalınlık ve Ağırlık Ölçümleri

Filmlerin kalınlık ölçümünde, 0,001 mm hassasiyetli dijital mikrometreden yararlanılmıştır. Ölçümler, 6 farklı bölgeden yapılmış ve ortalama değer su buharı geçirgenliği ve diğer mekanik özelliklerin belirlenmesinde hesaplamalarda kullanılmıştır (Atares ve ark, 2010).

3.2.8.2. Filmlerin Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Her bir film örneği ±0,0001'e duyarlı hassas terazi kullanılarak, 0,2 g olarak tartılmış ve 105 ^{o}C'lik fırında 24 saat süresince kurumaya bırakılmıştır. Nem içeriği değerleri, kurutma sonrası her bir filmin ağırlık kaybının yüzdesi alınarak hesaplanmıştır (Gounga ve ark, 2007; Kowalcyzk ve ark, 2011).

3.2.8.3. Filmlerin Kuru Madde Yoğunluklarının Belirlenmesi

Film yoğunluklarının hesaplanmasında, doğrudan film ağırlıkları ve boyutlarından yararlanılmıştır. Hesaplamada, aşağıda gösterilen formül (3.2) kullanılmıştır (Ramos ve ark, 2012).

$$\rho^{s} = m / (A \times \gamma) \quad (3.2.)$$

ρ^{s} : Kuru madde yoğunluğu (g.cm^{-3}) m: Kuru kütle ağırlığı (g)

A: Film yüzey alanı (cm^2) γ: Film kalınlığı (cm)

3.2.8.4. Filmlerin Su Buharı Geçirgenliğinin Belirlenmesi

Filmlerin su buharı geçirgenliği, (SBG) ASTM E96-92 yöntemi kullanılarak, 25 °C'de gravimetrik olarak tespit edilmiştir. SBG ölçülmesinde, korozif olmayan özellikte Delrin (fleksi glass) kaplar kullanılmıştır. Kaplar, ASTM E96-92 standardında belirtilen ölçülerde yaptırılmıştır. Deney kaplarına, susuz kalsiyum klorür konulmuş ve filmler kap içine yerleştirilmiştir. Hazırlanan deney kapları, doygun magnezyum nitrat çözeltisi (25 °C, % 53±2 bağıl nem, BN) içeren desikatöre konulmuştur. Desikatör, 25 °C tutulmuş ve deney kaplarının ağırlığındaki değişim zamana karşı ölçülmüştür. Ağırlık kaybı, 72 saat süresince, 4'er saatlik aralıklarla belirlenmiştir. Tartımlar, ± 0.0001 g duyarlılığa sahip terazi kullanılarak yapılmıştır. Ağırlık-zaman ilişkinin doğrusal olduğu bilindiğinden, doğruların eğimleri bulunarak, aşağıdaki eşitlikte (3.3) yerine konulmuş ve filmlerin/kaplamaların su buharı geçirgenlikleri hesaplanmıştır. İç ve dış nispi rutubet farkından kaynaklanan basınç farkı ise, 1.750 KPa itici güce karşılık gelmektedir. Analizler, 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. (Ayana, 2007; De Moura ve ark, 2011; Ramos ve ark, 2012).

$$\text{Eğim} = P * A * \Delta p / x \qquad (3.3)$$

P : Geçirgenlik ($g.mm/m^2 sa\ kPa$) Δp : Gazların kısmi basınç fark

x : Film kalınlığı (mm) A : Yüzey alanı (m^2)

3.2.8.5. Filmlerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İle Gözenek Yapılarının Belirlenmesi

Film materyallerinin film homojenliği, katman yapısı, yüzey yumuşaklığı ve gözenek yapısı analizleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir.

SEM analizleri, Nova NanoSEM 200 cihazı ile 10 ile 15 kV arasında değişen voltajlarda gerçekleştirilmiştir (Garcia ve ark, 2009; Souza ve ark, 2010).

3.2.8.6. Filmlerin Çekme Dayanımı, Uzama Katsayısı ve Elastik Modülün Belirlenmesi (TS, E, YM)

Filmlerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde, ASTM D638 yöntemi esas alınmıştır. Filmlerden standartta belirtilen şekilde hazırlanmış, kalıp yardımıyla 80x25 mm boyutlarında kesilen örnekler, 25ºC ve % 53±2 BN'de 48 saat bekletilmiştir. Örneklerin, çekme dayanımı ve % uzamaları TA-XT2 model mekanik test cihazı (Stable Micro Systems, Surrey, England) kullanılarak belirlenmiştir. Cihazın iki çenesi arasına yerleştirilen örnekler, 1 mm/s çekme hızı ile test edilmişlerdir (Ayana, 2007; Atares ve ark, 2010).

Kopma anında örneğe uygulanan maksimum kuvvet ve kopma anındaki uzama miktarı, mekanik test cihazına bağlı bilgisayar programı (Texture Expert Exceed 2.3, Stable Micro System, Survey, England) yardımıyla hesaplanmıştır. Kopma anında örneğe uygulanan kuvvetin, örneğin başlangıçtaki kesit alanına bölünmesiyle, gerilim (N/mm^2), örneğin boyundaki değişimin başlangıçtaki boyuna oranlanmasıyla da uzama yüzdesi (3.4) hesaplanmıştır (Ayana, 2007; Kibar, 2010).

$$\% \text{ uzama} = \frac{L - Lo}{Lo} \times 100 \qquad (3.4)$$

L_o : Filmlerin ilk uzunluğu L: Filmlerin son uzunluğu

3.2.8.7. Filmlerin Renk Ölçümleri

Her bir film örneğinin, beyaz standart yüzey üzerinde, CR-410 kolorimetresi ile L^* (açıklık) , a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) renk parametreleri ölçülmüştür. Filmlerin renk değişimleri (ΔE^*), aşağıda verilen eşitlikten (3.5) yararlanılarak hesaplanmıştır (Zinoviadou ve ark, 2009; Pires ve ark, 2011; Bahram ve ark, 2013).

$$\Delta E^{*} = [(L_o^{*} - L^{*})^2 + (a_o^{*} - a^{*})^2 + (b_o^{*} - b^{*})^2]^{1/2} \quad (3.5)$$

Eşitlikte yer alan L_o , a_o ve b_o standart yüzeyin renk parametreleri iken, L, a ve b değerleri ise örneklerin renk parametreleridir.

3.2.9. Duyusal Değerlendirme

Duyusal analiz, sadece farklı antimikrobiyel madde içeren yenilebilir kaplama uygulaması yapılan, *Listeria innocua* inoküle edilmemiş Macar salamı örneklerinde yapılmıştır. Duyusal analizler, 5 kişilik gıda mühendislerinden oluşan uzman bir jüri tarafından gerçekleştirilmiştir.

Duyusal değerlendirme formunda, salam örneklerinin duyusal özelliklerine göre 9 puanlık skala üzerinde değerlendirilmesi istenmiştir (Candoğan, 2009).

Analizlerde kullanılan değerlendirme formu Şekil 3.2.'de verilmiştir.

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Adı/Soyadı :…… **Tarih :……**

Sayın katılımcı,

Size 9 ayrı kodlu salam örneği sunulmaktadır. Bu örneklerin genel görünüş, renk, koku, tekstür, tat ve genel ürün beğeni derecesini 9 noktalı skalayı dikkate alarak değerlendirmeniz istenmektedir. Önce size verilen 9 örneği sırasını dikkate alarak (soldan sağa doğru) genel görünüş açısından, 9 noktalı skaladaki açıklamaları dikkate alarak, 1-9 arasında bir rakamla değerlendiriniz ve her bir ürün kodu altında bulunan boşlukta beğeni derecenizi temsil eden rakamı yazınız. Daha sonra sırasıyla renk, koku, tekstür ve tat özelliklerini 1-9 arasında bir rakamla ayrı ayrı değerlendiriniz. Genel görünüş ve renk beğenisini gözle, tekstür özelliğini ise ısırarak yapınız. Genel ürün beğeni dereceniz ürünün bütün özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

Panelimize katılımınızdan dolayı teşekkür ederiz.

GENEL GÖRÜNÜŞ	**1 2 3 4 5 6 7 8 9** Yapışkan kabul edilebilir taze	321	543	687	499	205	161	873	957	715
RENK	**1 2 3 4 5 6 7 8 9** Soluk kabul edilebilir pembe/kırmızı	321	543	687	499	205	161	873	957	715
KOKU	**1 2 3 4 5 6 7 8 9** Güçlü kötü koku kabul edilebilir/ hafif kötü koku kendine has koku	321	543	687	499	205	161	873	957	715
TEKSTÜR	**1 2 3 4 5 6 7 8 9** Sert Kuru kabuledilebilir normal/tipik doku	321	543	687	499	205	161	873	957	715
TAT	**1 2 3 4 5 6 7 8 9** Ransit/bozuk tat kabul edilebilir tat normal/tipik	321	543	687	499	205	161	873	957	715
GENEL ÜRÜN BEĞENİSİ	**1 2 3 4 5 6 7 8 9** Hiç beğenmedim **L** çok beğendim **J**	321	543	687	499	205	161	873	957	715

Yorum ve Düşünceler :

Şekil 3.2. Duyusal değerlendirme formu

3.2.10. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler, “Windows SPPS 15.0 software” istatistik paket programı (SPSS Inc., Chiago, IL, USA) kullanılarak yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA), denemeler arasında önem farklılıklarının karşılaştırılmasında, Duncan çoklu karşılaştırma testi, gruplar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında kullanılmıştır ($P<0,01$; $P<0,05$) (Bozdoğan, 2010; Royo ve ark, 2010).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırmada, farklı antimikrobiyel maddeler içeren (kekik, fesleğen, biberiye, yenibahar, kişniş esansiyel yağları, nisin, potasyum sorbat ve sodyum benzoat) metil selüloz ve PASP solüsyonları hazırlanarak dilimlenmiş ve *Listeria innocua* inoküle edilmiş, Macar salamlarının kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Buzdolabı koşullarında, 35 günlük depolama periyodu süresince, antimikrobiyel kaplamaların, *Listeria innocua* inaktivasyonu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, antimikrobiyel kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, pH, su aktivitesi (Sa) ve renk değerlerinin ölçümleri ile inokülasyon yapılmamış Macar salamı örneklerinin duyusal analizleri (genel görünüş, renk, koku, tat, tekstür, genel ürün beğenisi) gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın diğer bir kısmında, hazırlanan antimikrobiyel kaplama solüsyonlarının, belli bir rutubet ve nem değerinde (% 50 RH, 25 ^{o}C) kurutulmaları sonucunda, yenilebilir metil selüloz ve PASP filmlerin üretimleri gerçekleştirilmiştir. Antimikrobiyel özellikteki her bir film örneğinin, *in vitro* koşullarda *Listeria innocua* üzerindeki antimikrobiyel etkisi belirlenmiştir. Antimikrobiyel filmlerin, ambalaj materyali olarak kullanım potansiyellerinin değerlendirilmesi için, fiziksel ve mekaniksel özellikleri (kalınlık, ağırlık, nem içeriği, kuru madde yoğunluğu, su buharı geçirgenliği, gözenek yapısı, uzama katsayısı, çekme dayanımları, young modulü, renk özellikleri) tespit edilmiş ve elde edilen bulgular değerlendirilerek, tartışılmıştır.

4.1. Nisin İçeren Metil Selüloz Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi

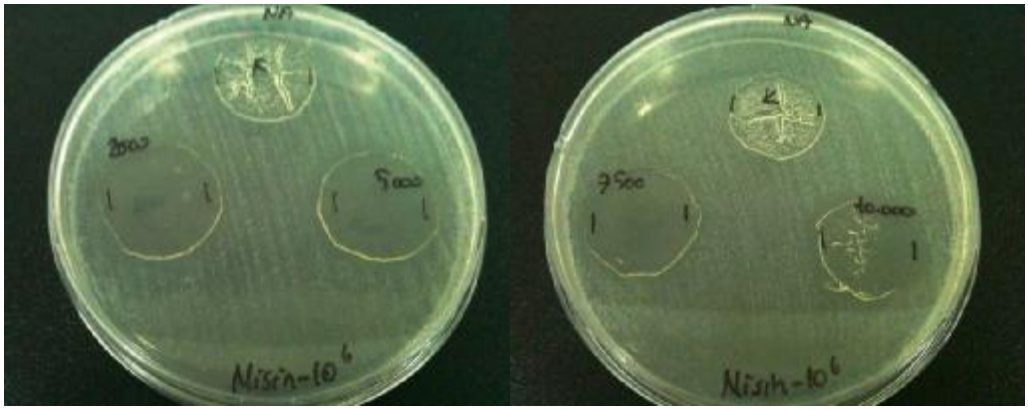
Nisin içeren metil selüloz filmlerin *Listeria innocua'*ya karşı antimikrobiyel etkisi, inkübasyon sonrasında, Nutrient Agar (Merck) plaklarında oluşan inhibisyon zon çaplarının ölçümüyle belirlenmiştir. Kontrol (nisin içermeyen), 2500, 5000, 7500 ve 10.000 IU/cm^2 oranlarında nisin içeren metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı gösterdiği antimikrobiyel etki, Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Nisin ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

	Zon çapları (mm)	
Nisin (IU/cm^2)	***Listeria innocua***	**Film altında üreme***
K	0^{A}	+
2500	$20,66\pm0,57^{B}$	-
5000	$22,66\pm0,57^{BC}$	-
7500	$26,33\pm1,52^{C}$	-
10.000	$27,66\pm2,51^{CD}$	-

*(+) Film altında üreme pozitif; (-) Film altında üreme negatif ; A- D : aynı sütunda faklı harfleri taşıyan zon çapı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Agar difüzyon testi sonucunda, nisin içermeyen kontrol metil selüloz filmlerin, inhibisyon zonu oluşturmadığı, dolayısıyla *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel bir etki göstermedikleri görülmüştür. Çizelge 4.1. incelendiğinde, metil selüloz film içerisindeki nisin konsantrasyon düzeyi yükseldikçe, antimikrobiyel etkinin arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (P<0,01). 2500 ve 5000 IU nisin konsantrasyonlarıyla elde edilen zon çapları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli değil iken, diğer tüm grupların zon çapı arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Bu bulgular ışığında, en düşük inaktivasyon 2500 IU nisin konsantrasyonunda elde edilmiştir. Bu değeri 5000 IU ve 7500 IU nisin konsantrasyonları takip etmiştir. En fazla inaktivasyon ise, 10.000 IU nisin içeren metil selüloz film ile sağlanmıştır. Şekil 1.'de farklı oranlarda nisin ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua* üzerine antimikrobiyel etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. 2500, 5000, 7500 ve 10.000 IU/cm^2 nisin ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua* üzerine antimikrobiyel etkisi

Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Coma ve ark (2001) ve Cha ve ark (2003) nisin içeren metil selüloz ve hidroksimetilselüloz filmlerin, *L. innocua*, *S. aureus* ve *Micrococcus ruteus* üzerine inhibisyon etkilerini belirlemişlerdir. Bilindiği üzere nisin, Gram pozitif bakterilere karşı güçlü bir antimikrobiyel özellik göstermektedir (Dawson ve ark, 2005; Campos ve ark, 2011). *Listeria innocua*, Gram pozitif bir apatojen olarak, nisin içeren metil selüloz filmlerden etkilenen bir bakteri kültürü olmuştur. Chi-Zhang ve ark (2004), yaptıkları bir çalışmada, nisin ile kombine edilmiş paketleme materyallerinin, *Listeria monocytogenes* gelişmesini önlemede önemli bir yöntem olabileceğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, zon çapının, mikroorganizmanın gelişme oranı ile antimikrobiyel maddenin besiyerine difüzyon oranına bağlı olarak değişiklik göstermesinden kaynaklanabilmektedir. Nitekim araştırmamızda da elde edilen sonuçlar bu hipotezi destekler niteliktedir. Imran ve ark (2010), yaptıkları bir çalışmada 10.000 IU nisin içeren hidroksimetilselüloz filmler ile *L. monocytogenes* ve *L. innocua* üzerinde antibakteriyel etki sağlanmış 15±0,05 ve 13±0,22 mm çaplarında zon oluşumu elde etmişlerdir.

Mikroorganizmanın gelişme oranıyla, antimikrobiyel maddenin besiyerine difüzyon oranı, agar kompozisyonundan, filmin kimyasal yapısı ile film içerisindeki çapraz bağların oranından etkilenmektedir. Nisinin, antimikrobiyel etkisi ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda antimikrobiyel etki sonuçlarının farklılık gösterdiği ve bu farklılığın da, nisinin kültür ortamlarına eşit bir şekilde difüze olmaması, mikroorganizma konsantrasyon farklılığı ile mikroorganizmaların antimikrobiyel

bileşiğe karşı farklı hassaslıklar göstermelerinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Pires ve ark, 2008)

4.2. Esansiyel Yağlar İçeren Metil Selüloz Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi

Esansiyel yağlar içeren metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua'*ya karşı antimikrobiyel etkisi, Nutrient Agar (Merck) plaklarında oluşan inhibisyon zon çaplarının ölçümüyle belirlenmiştir. % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında kekik, biberiye, fesleğen, yenibahar ve kişniş esansiyel yağlarını içeren metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı gösterdikleri antimikrobiyel etki, Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, esansiyel yağlar içeren tüm metil selüloz filmler *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki göstermiştir. İnhibisyon etki, metil selüloz film içindeki esansiyel yağ konsantrasyonu artışına bağlı olarak yükselmiştir (P<0,01). *Listeria innocua*'ya karşı belirlenen en yüksek antimikrobiyel etki, kişniş esansiyel yağı içeren metil selüloz filmlerde gözlenmiştir. Bu sonucu, kekik, fesleğen ve yenibahar esansiyel yağı içeren metil selüloz filmler takip etmiştir. Biberiye esansiyel yağı içeren metil selüloz filmler ise, *Listeria innocua*'ya karşı en düşük antimikrobiyel etkiyi göstermiştir (P<0,01).

Çizelge 4.2. Farklı esansiyel yağlar ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

	Zon çapları (mm)					
Esansiyel yağlar (%a/h)	**Yenibahar**	**Kişniş**	**Biberiye**	**Fesleğen**	**Kekik**	**Film altında üreme***
K	0^{eA}	0^{eA}	0^{eA}	0^{eA}	0^{eA}	+
1	$21,66\pm0,57^{B}$	$41,33\pm0,57^{B}$	$20,66\pm1,04^{B}$	$30,33\pm0,57^{B}$	$33,33\pm0,57^{B}$	-
2	$24,66\pm0,57^{C}$	$42,33\pm1,15^{BC}$	$22,33\pm0,51^{B}$	$31,66\pm0,57^{B}$	$36,66\pm0,57^{C}$	-
3	$26,33\pm0,57^{C}$	$44,33\pm0,57^{C}$	$22,33\pm1,21^{B}$	$34,66\pm0,57^{C}$	$41,33\pm0,57^{D}$	-
4	$30,33\pm0,57^{D}$	$47,33\pm0,57^{D}$	$24,33\pm0,57^{C}$	$37,66\pm0,57^{D}$	$44,66\pm0,57^{E}$	-

*(+) Film altında üreme pozitif; (-) Film altında üreme negatif ; A- D : aynı sütunda faklı harfleri taşıyan zon çapı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 4.2'de de belirtildiği gibi esansiyel yağ içermeyen kontrol metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı herhangi bir antimikrobiyel etkisi bulunmamıştır.

Araştırmada elde edilen sonuca benzer olarak, Ruiz-Navajos ve ark (2013) farklı oranlarda, *Tymus moroderri* ve *Tymus piperella* içeren kitosan filmlerin, *Listeria innocua* inaktivasyonunu sağladığını belirlemişlerdir. Yine, Zivanovic ve ark (2005), fesleğen esansiyel yağı içeren kitosan filmlere kıyasla, kişniş esansiyel yağı içeren kitosan filmlerin, *Listeria monocytogenes*'e karşı daha güçlü antibakteriyel etki sağladıklarını belirtmişlerdir. Yenibahar esansiyel yağının, *Listeria monocytogenes* de dahil olmak üzere, bir çok patojen ve bozulma etkeni mikroorganizma üzerine antimikrobiyel etkisi olduğu bilinmektedir (Oussalah ve ark, 2006). Du ve ark (2009), esansiyel yağlar içeren diğer filmlerle birlikte yenibahar esansiyel yağı içeren filmlerin de *Listeria monocytogenes*'e karşı antimikrobiyel etkisi olduğu bildirilmiştir. Benzer olarak çalışmamızda da yenibahar esansiyel yağı içeren metil selüloz filmler *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki göstermiştir.

Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6'da farklı esansiyel yağları içeren metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri gösterilmiştir.



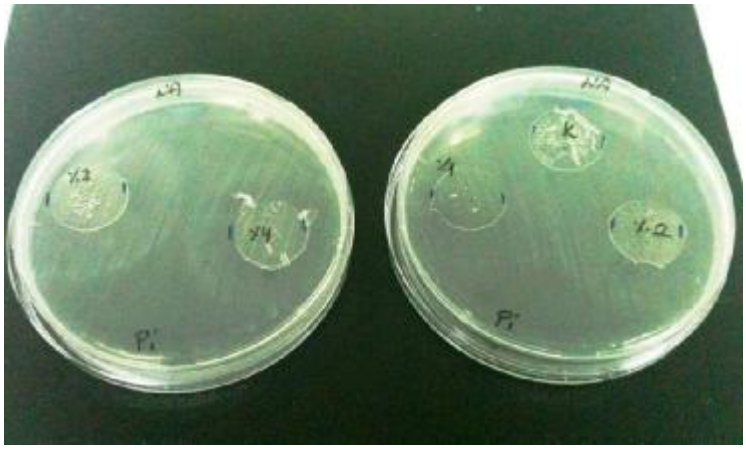
Şekil 4.2. Kekik esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi



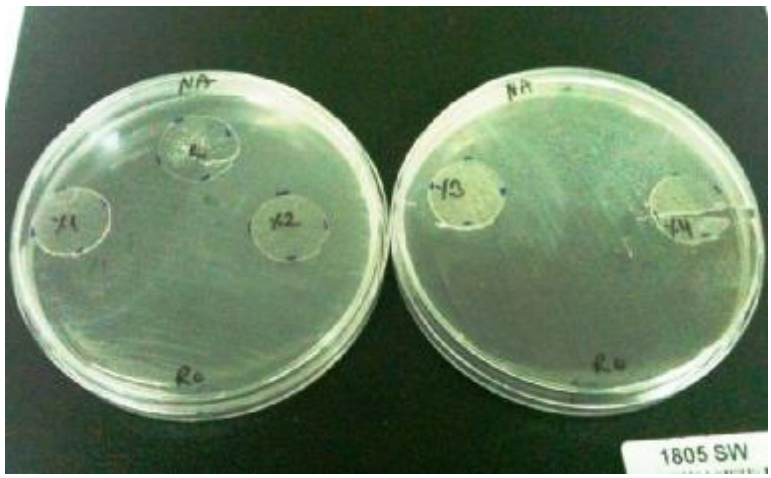
Şekil 4.3. Fesleğen esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi



Şekil 4.4. Kişniş esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi



Şekil 4.5. Yenibahar esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi



Şekil 4.6. Biberiye esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi

4.3. Potasyum Sorbat ve Sodyum Benzoat İçeren Metil Selüloz Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi

Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua'*ya karşı antimikrobiyel etkisi, Nutrient Agar (Merck) plaklarında oluşan inhibisyon zon çaplarının ölçümüyle belirlenmiştir. % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren metil selüloz filmlerin *Listeria innocua'*ya karşı gösterdikleri antimikrobiyel etki Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, % 1; 2 ve 3 a/h konsantrasyonlarında potasyum sorbat içeren metil selüloz filmler, *Listeria innocua*'ya karşı herhangi bir antimikrobiyel etki göstermezken, % 4 a/h konsantrasyonlarında potasyum sorbat içeren metil selüloz filmler, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki göstermiştir. % 4 a/h konsantrasyonlarında potasyum sorbat içeren metil selüloz filmlerle elde edilen inhibisyon zonu ile diğer konsantrasyonlarda elde edilen zon arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Çizelge 4.3. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, *Listeria innocu'*ya karşı antimikrobiyel etkisi

	Zon çapları (mm)		
PS ve SB (%a/h)	**PS**	**SB**	**Film altında üreme**
K	0^{A}	0^{A}	+
1	0^{A}	0^{A}	+
2	0^{A}	$21,33\pm0,57^{B}$	-
3	0^{A}	$22,66\pm0,57^{B}$	-
4	$21,66\pm0,57^{B}$	$28,00\pm1,00^{C}$	-

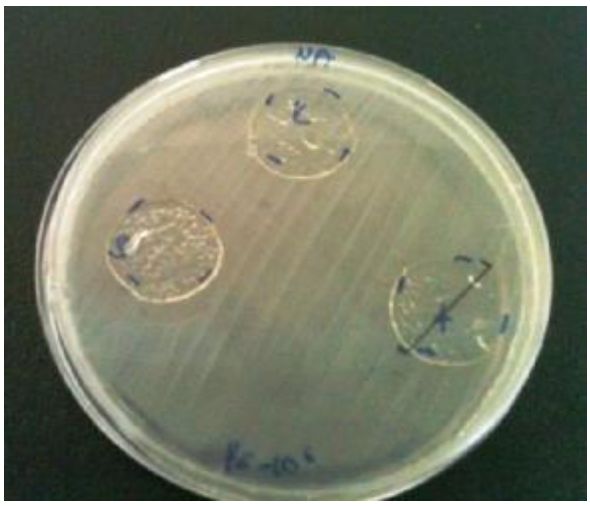
*(+) Film altında üreme pozitif; (-) Film altında üreme negatif ; A- C : aynı sütunda faklı harfleri taşıyan zon çapı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0, 01).

Çizelge 4.3 incelendiğinde, % 1 a/h konsantrasyonunda sodyum benzoat içeren metil selüloz filmlerin, *Listeria innocu'*ya karşı herhangi bir antimikrobiyel etki göstermezken, %2; 3 ve 4 a/h konsantrasyonlarında, *Listeria innocua*'ın inaktivasyonu sağlanmıştır. Sodyum benzoat konsantrasyonu artışına paralel olarak, antimikrobiyel etki de artmıştır. Tüm konsantrasyonlarda, elde edilen zonlar arasındaki farklılık, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Beklenildiği gibi, en fazla antimikrobiyel etki, en yüksek sodyum benzoat konsantrasyonunda (% 4 a/h) görülmüştür (P<0,01). Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içermeyen kontrol metil selüloz filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı herhangi bir antimikrobiyel etki göstermediği saptanmıştır.

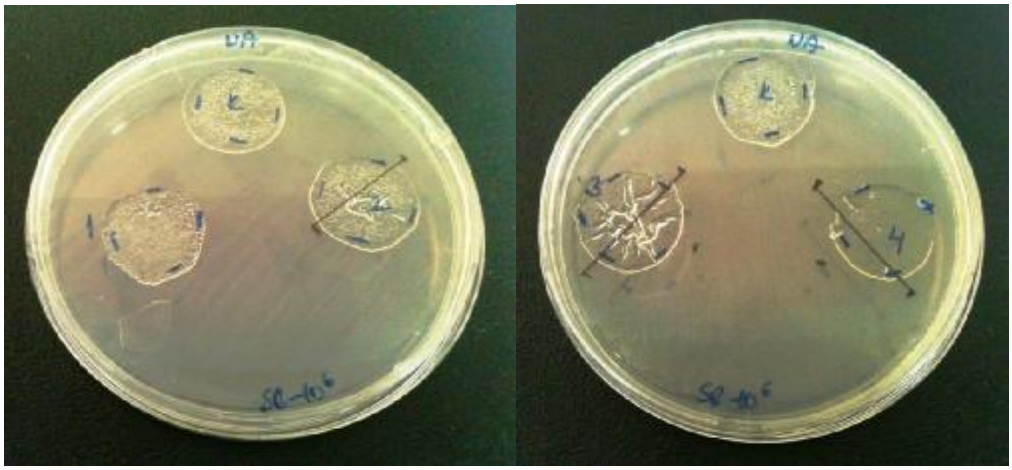
Benzoik asit, sodyum benzoat, sorbik asit ve potasyum sorbat biyopolimer bazlı antimikrobiyel ambalaj sistemlerinde, yaygın olarak kullanılan antimikrobiyel maddelerdir. Ancak, bu antimikrobiyel ambalajlama sistemi çalışmalarının büyük bir çoğunluğu, maya-küf inhibisyonuna yöneliktir (Krasniewska ve Gniewosz, 2012).

Yapılan çalışmaların çok azı bakteriyel patojenlerin inhibisyonu ile ilgilidir. Bu çalışmalardan biri, sorbik asit ile zenginleştirilen mısır zein filmleri ile *L. monocytogenes* inhibisyonunun sağlandığı Carlin ve ark (2001) tarafından yapılan çalışmadır. Shen ve ark (2010), tarafından yapılan farklı bir çalışma ile % 15 oranında potasyum sorbat içeren nişasta filmlerin, *E. coli* üzerinde önemli bir sayısal azalışa neden olduğu bildirilmişlerdir.

Şekil 4.7. ve 4.8.'de potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri sonucu oluşturdukları zon çapları gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Potasyum sorbat ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua* üzerindeki antimikrobiyel etkisi



Şekil 4.8. Sodyum benzoat ilave edilmiş metil selüloz filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkisi

4.4. Nisin İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi

Yapılan denemeler sonucunda, 2500, 5000, 7500 ve 10.000 IU/cm^2 oranlarında nisin içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin tümünün, *Listeria innocua* üzerinde *in vitro* koşullarda inhibisyon etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.4'de nisin içeren (2500, 5000, 7500 ve 10.000 IU/cm^2) peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri görülmektedir.

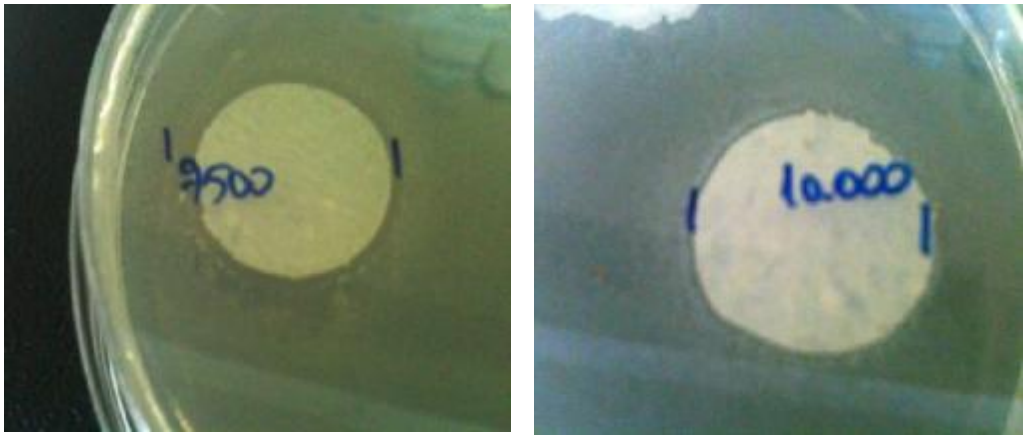
Çizelge 4.4. Nisin içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

	Zon çapları (mm)*	
Nisin (IU/cm^2)	***Listeria innocua***	**Film altında üreme***
K	0^A	+
2500	20,33±0,57^B	-
5000	21,66±0,57^{BC}	-
7500	22,66±0,57^C	-
10.000	26,66±0,57^D	-

*(+) Film altında üreme pozitif; (-) Film altında üreme negatif ; A- D : aynı sütunda faklı harfleri taşıyan zon çapı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0, 01).

Çizelge 4.4 incelendiğinde, nisin ilaveli peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, içerdiği nisin konsantrasyonlarına bağlı olarak, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkide artış olduğu görülmektedir. Bu sonuç, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). *Listeria innocua*'ya karşı en düşük antimikrobiyel etki, 2500 IU/cm^2 nisin içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerde görülürken, en yüksek antimikrobiyel etki, 10.000 IU/cm^2 nisin içeren peynir altı suyu protein izolatı filmler ile sağlanmıştır. *L. innocua* inaktivasyonunda, nisin içeren peynir altı suyu protein filmler ile alınan sonuçlar, nisin içeren metil selüloz filmler ile benzerlik taşımaktadır. Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Ko ve ark (2001) ile Reyes-Garcia ve ark (2004), nisin içeren peynir altı suyu protein filmler ile yaptıkları çalışmalarda, *L. monocytogenes* inaktivasyonunda başarılı sonuçlar elde etmişlerdir.

Şekil 4.9'da 7500 ve 10.000 IU/cm^2 nisin içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri görülmektedir.



Şekil 4.9. Nisin içeren (7500 ve 10.000 IU/cm^2) peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

4.5. Esansiyel Yağlar İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi

Esansiyel yağları içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua'*ya karşı antimikrobiyel etkisi, Nutrient Agar (Merck) plaklarında oluşan inhibisyon zon çaplarının ölçümüyle belirlenmiştir. % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında kekik, biberiye, fesleğen, yenibahar ve kişniş esansiyel yağlarını içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı gösterdikleri antimikrobiyel etki, Çizelge 4.5.'te gösterilmiştir. *Listeria innocua*'ya karşı en güçlü antimikrobiyel etkiyi, biberiye esansiyel yağlarını içeren filmler göstermiştir. Bu etkiyi, yenibahar, fesleğen ve kekik esansiyel yağlarını içeren peynir altı suyu protein izolatı filmleri takip etmiştir. *Listeria innocua*'ya karşı en düşük antimikrobiyel etki ise, kişniş esansiyel yağı içeren filmlerle sağlanmıştır (P<0,01).

Çizelge 4.5. Esansiyel yağlar ilave edilmiş peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

Esansiyel yağlar (%a/h)	Zon çapları (mm)					Film altında üreme*
	Yenibahar	Kişniş	Biberiye	Fesleğen	Kekik	
K	0^{A}	0^{A}	0^{A}	0^{A}	0^{A}	+
1	0^{A}	0^{A}	0^{A}	0^{A}	0^{A}	+
2	0^{A}	0^{A}	0^{A}	0^{A}	22,33±0,57^{B}	-
3	26,00±1,00^{B}	0^{A}	26,33±0,57^{B}	24,66±2,08^{B}	24,33±0,57^{BC}	-
4	26,33±2,30^{B}	22,33±0,57^{B}	27,00±0,00^{B}	25,33±1,15^{B}	24,66±1,15^{C}	-

*(+) Film altında üreme pozitif; (-) Film altında üreme negatif ; A- C : aynı sütunda faklı harfleri taşıyan zon çapı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Araştırma sonuçlarına göre, *Listeria innocua*'ya karşı en güçlü antimikrobiyel etki, biberiye esansiyel yağı içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerde belirlenmiştir. Ancak, Seydim ve Sarıkuş (2006), % 4 oranında biberiye içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria monocytogenes*'e karşı herhangi bir antimikrobiyel etki göstermediğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, yenilebilir filmlerin antimikrobiyel etki farklılıkları, esansiyel yağların aktif maddelerinin çeşitliliğinden, film birim alanına düşen esansiyel yağ miktar farklılığından ve esansiyel yağlar ile film polimeri (soya, alginat, selüloz türevleri, peynir altı suyu protein izolatı vb.) arasındaki etkileşimlerden kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, esansiyel yağların kimyasal kompozisyonu, coğrafi kökeni ve hasat dönemleri gibi faktörlere de bağlı olarak, filmlerin gösterdiği antimikrobiyel etkiler değişebilmektedir. (Sanchez-Gonzalez ve ark, 2011; Pires ve ark, 2013).

Şekil 4.10'da, kekik ve yenibahar esansiyel yağlarını (% 4 a/h) içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Kekik ve yenibahar esansiyel yağlarını (% 4 a/h) içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

4.6. Potasyum Sorbat ve Sodyum Benzoat İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı Filmlerin *Listeria innocua* Üzerine Antimikrobiyel Etkisi

Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua'*ya karşı antimikrobiyel etkisi, Nutrient Agar (Merck) plaklarında oluşan inhibisyon zon çaplarının ölçümüyle belirlenmiştir. % 1; 2; 3 ve 4 a/h oranlarında potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı gösterdikleri antimikrobiyel etki, Çizelge 4.6.'de gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, % 1, 2 ve 3 a/h konsantrasyonlarında potasyum sorbat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmler, *Listeria innocua*'ya karşı herhangi bir antimikrobiyel etki göstermezken, % 4 a/h konsantrasyonlarında potasyum sorbat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmler, *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki göstermiştir. % 4 a/h konsantrasyonlarında potasyum sorbat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerle elde edilen inhibisyon zon çapı ortalamalar ile diğer konsantrasyonlarda elde edilen zon çapı ortalamaları arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Çizelge 4.6. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

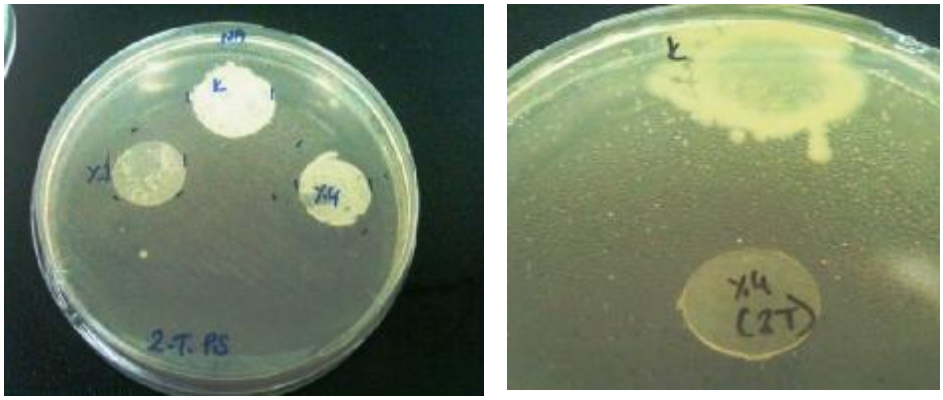
	Zon çapları (mm)*		
PS ve SB (%a/h)	**PS**	**SB**	**Film altında üreme***
K	0^{A}	0^{A}	+
1	0^{A}	0^{A}	+
2	0^{A}	0^{A}	+
3	0^{A}	$18,33\pm0,57^{B}$	-
4	$21,66\pm0,57^{B}$	$21,66\pm0,57^{C}$	-

*(+) Film altında üreme pozitif; (-) Film altında üreme negatif ; A- C : aynı sütunda faklı harfleri taşıyan zon çapı ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0, 01).

Çizelge 4.6 incelendiğinde, % 1 ve 2 a/h konsantrasyonunda sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmler, *Listeria innocua'*ya karşı herhangi bir antimikrobiyel etki göstermezken, % 3 ve 4 konsantrasyonlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu sağlanmıştır. Zon çapı ortalamalarına göre, sodyum benzoat

konsantrasyonu artışıyla paralel olarak, sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua'*ya karşı inaktivasyon etkisi artış göstermiştir. Tüm konsantrasyonlarda, elde edilen zon çapı ortalamaları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir. Beklenildiği gibi en yüksek inaktivasyon etkisi en yüksek sodyum benzoat konsantrasyonunda (% 4 a/h) elde edilmiştir (P<0,01). Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içermeyen kontrol peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, *Listeria innocua*'ya karşı herhangi bir antimikrobiyel etki göstermediği görülmüştür. Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Çağrı ve ark (2001; 2002), sorbik asit içeren peynir altı suyu protein izolatı içeren filmlerin, *L. monocytogenes*, *E. coli*, *S.* Typhimurium'u inaktive ettiklerini belirlemişlerdir.

Şekil 4.11'de potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren (% 4 a/h) peynir altı suyu protein izolatı filmlerin *Listeria innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkileri

4.7. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Metil Selüloz Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkilerinin, Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Farklı antimikrobiyel maddeler içeren metil selüloz kaplamaların, Macar salamında 35 günlük depolama süresince *L. innocua*'ya karşı gösterdiği

antimikrobiyel etkileri ile kaplama uygulanmış Macar salamlarının pH, su aktivitesi (Sa) ve renk değer değişimleri tespit edilmiştir.

4.7.1. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Metil Selüloz Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkileri

Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyallerinin, buzdolabı koşullarında depolanan Macar salamlarında, 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. gündeki, *Listeria innocua* gelişimi üzerine etkileri, Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, depolama süresi artıkça, *Listeria innocua* sayısında azalma görülmektedir. Bu sonuç kekik, fesleğen, yenibahar ve kişniş esansiyel yağlarını içeren metil selüloz kaplamalar için istatistiksel olarak önemli iken, biberiye esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplamalar için istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P<0,01).

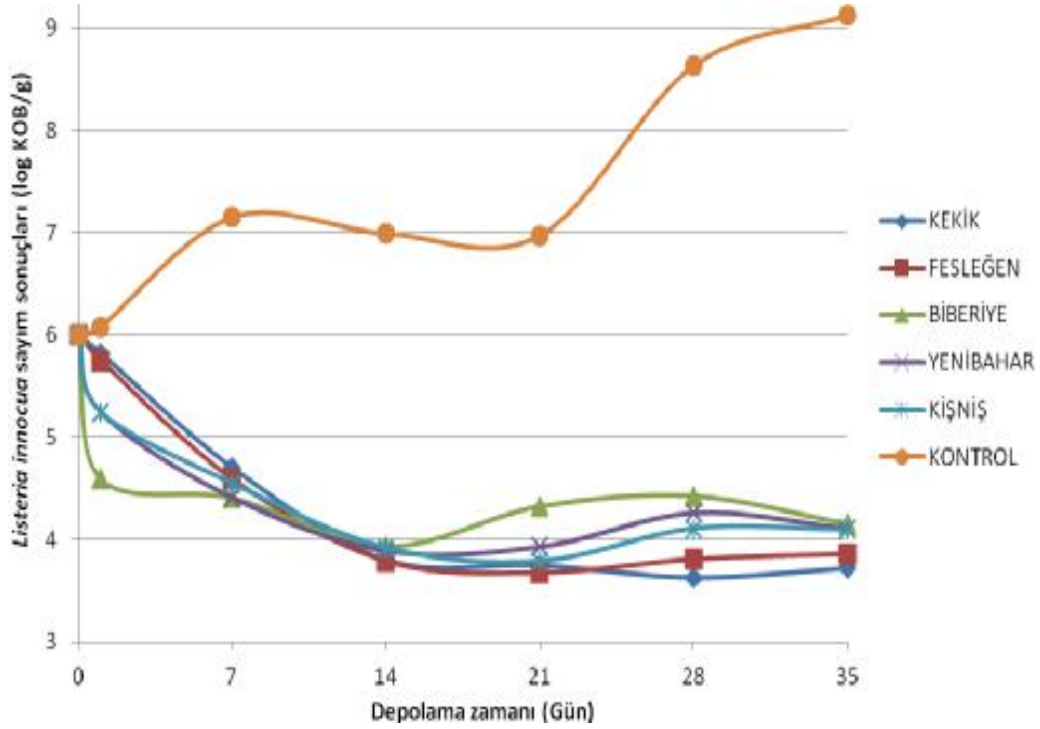
Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, kullanılan kaplama türü, depolama zamanı ve depolama zamanı ile kaplama türü interaksiyonu, *Listeria innocua* sayısı üzerinde önemli bulunmuştur. *Listeria innocua* sayısı üzerine, en fazla inhibisyon sağlayan kaplama materyalleri, % 4 a/h oranında sodyum benzoat ve potasyum sorbat içeren metil selüloz kaplamalardır. Bu kaplamaları, hepsi aynı önem düzeyinde olmak üzere, nisin (10.000 IU) ile % 4 oranında a/h kekik, fesleğen, kişniş, yenibahar ve biberiye esansiyel yağlarını içeren metil selüloz kaplamalar takip etmiştir. Beklenildiği gibi, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen metil selüloz kaplama uygulaması, *Listeria innocua* sayısal azalışına neden olmamış, hatta depolamanın ilerleyen günlerinde *Listeria innocua* sayısı giderek artış göstererek, başlangıç değerinin logaritmik olarak yaklaşık 1,5 katına ulaşmıştır (P<0,01). *Listeria innocua* sayısı üzerine depolama zamanının etkisi incelendiğinde ise, en etkin *Listeria innocua* sayısal azalmasının, depolamanın 14. ve 21. günlerinde elde edildiği görülmektedir. Bu günleri 28. ve 35. günler takip etmektedir. 7. ve 1. günler istatistiksel açıdan *Listeria innocua* sayısı üzerinde en az logaritmik azalmanın görüldüğü günlerdir (P<0, 01).

Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyallerinin, Macar salamlarında, depolama süresince, *Listeria innocua* gelişimini üzerindeki etkileri, Şekil 4.12. ve Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

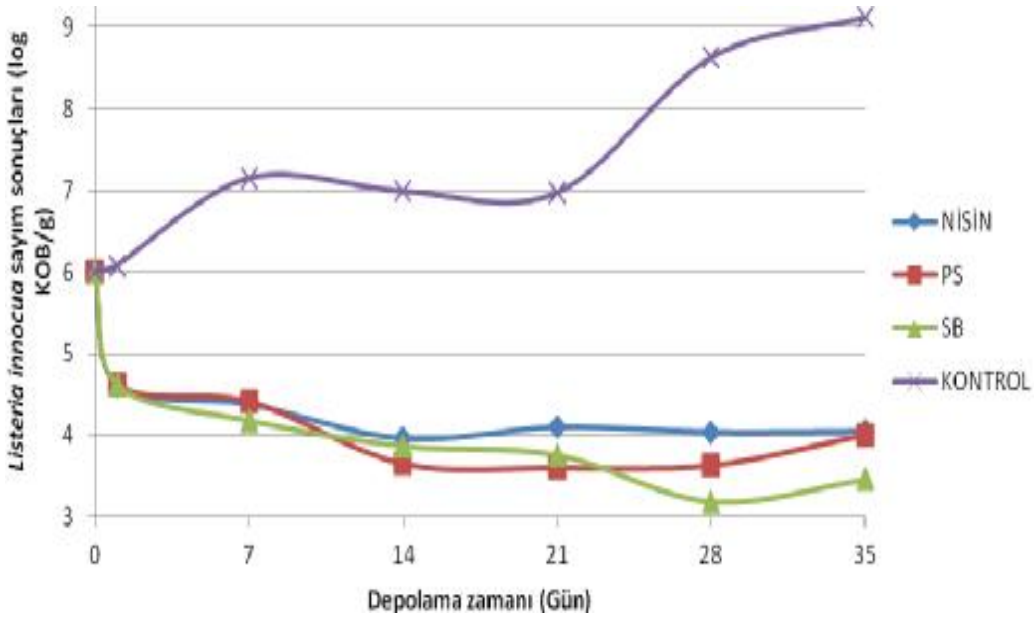
Çizelge 4.7. Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama çözeltisi ile kaplanmış macar salamlarında depolama süresince *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14. GÜN**	**21. GÜN**	**28. GÜN**	**35. GÜN**
KEKİK	5,82±0,31^{B}	4,70±0,18^{A}	3,80±0,11^{A}	3,75±0,03^{A}	3,63±0,04^{A}	3,72±0,00^{A}
FESLEĞEN	5,75±0,37^{C}	4,59±0,36^{B}	3,79±0,04^{B}	3,68±0,07^{A}	3,81±0,08^{B}	3,86±0,02^{B}
BİBERİYE	4,60±0,40^{A}	4,41±0,10^{A}	3,94±0,40^{A}	4,33±0,29^{A}	4,43±0,04^{A}	4,16±0,02^{A}
YENİBAHAR	5,25±0,24^{C}	4,41±0,10^{B}	3,89±0,19^{A}	3,93±0,05^{B}	4,26±0,01^{B}	4,11±0,14^{B}
KİŞNİŞ	5,25±0,24^{B}	4,55±0,12^{B}	3,92±0,39^{A}	3,79±0,25^{A}	4,11±0,08^{A}	4,10±0,08^{A}
NİSİN	4,61±0,07^{C}	4,38±0,23^{C}	3,96±0,07^{A}	4,10±0,12^{B}	4,04±0,03^{B}	4,05±0,04^{B}
PS	4,63±0,30^{B}	4,42±0,48^{B}	3,66±0,10^{A}	3,61±0,09^{A}	3,64±0,19^{A}	4,01±0,06^{B}
SB	4,62±0,05^{A}	4,18±0,88^{A}	3,87±0,07^{A}	3,76±0,28^{A}	3,19±0,37^{A}	3,46±0,17^{A}
KONTROL	6,08±0,05^{A}	7,15±0,08^{B}	6,99±0,02^{B}	6,97±0,08^{B}	8,63±0,02^{C}	9,12±0,05^{D}

*Ortalama ± standart hata; A -D : Aynı satır içerisinde farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).



Şekil 4.12**.** Esansiyel yağlar içeren metil selüloz kaplama çözeltisi ile kaplanmış Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)



Şekil 4.13. Nisin, potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren metil selüloz kaplama çözeltisi ile kaplanmış Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)

Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Sivarooban ve ark (2008), nisin (10.000 IU) ile üzüm çekirdeği ekstraktları ve EDTA kombinasyonu ile hazırladıkları antimikrobiyel kaplama uygulamalarıyla, *L. monocytogenes'*in 2,9 log KOB/g düzeyinde inaktivasyonunda başarı sağlamışlardır. Ming ve ark (1997), nisin eklenmiş selüloz bazlı kaplamalarla, hamburger, tavuk göğsü ve sığır etlerinde *L. monocytogenes*'i tamamıyla inhibe ettiklerini belirtmişlerdir. Rojas-Graü ve ark (2007), taze elmalar üzerinde kekik, limon otu ve vanilya ekstraktları içeren alginat kaplama uygulamasıyla, *L. innocua* sayısında 4 log KOB/g üzerinde bir azalma sağlamışlardır. Takala ve ark (2011), biberiye ekstraktı, baharat karışımı ekstraktı, narenciye ekstraktı ve organik asitler ihtiva eden metil selüloz kaplama uygulamalarıyla taze brokolilerde *L. monocytogenes* sayısında 1,31'den 1,45 log KOB/g'a kadar bir azalma sağladıklarını belirtmişlerdir.

4.7.2. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Metil Selüloz Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının pH Değerleri

Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyali ile kaplanmış *Listeria innocua* inoküle edilmiş Macar salamlarının depolama süresince, pH değerleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Genel olarak, tüm metil selüloz kaplama uygulanmış ürünler için depolama süresi artıkça, inoküle Macar salamlarının pH değerinin düştüğü görülmektedir. Herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol filmler ile potasyum sorbat (% 4 a/h) ilave edilmiş ve metil selüloz kaplamalar uygulanmış inoküle Macar salamlarının, pH değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Buna karşın, kekik, fesleğen, biberiye, kişniş ve yenibahar esansiyel yağları (% 4 a/h) ilave edilmiş metil selüloz kaplamalar ile nisin (10.000 IU) ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış, Macar salamlarındaki pH değişimleri depolama süresince istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda, kullanılan kaplama türü, depolama zamanı ve depolama zamanı kaplama türü interaksiyonu, inoküle edilmiş Macar salamı pH değişimleri üzerinde önemli bulunmuştur. Bu kapsamda, en fazla pH düşüşü, nisin (10.000 IU) ve fesleğen esansiyel yağı (% 4 a/h) içeren metil selüloz kaplamalar sağlamıştır. Bu etkiyi, yenibahar, kişniş, biberiye esansiyel yağlarını içeren (% 4 a/h) metil selüloz kaplamalar ile potasyum sorbat ve sodyum benzoat (% 4 a/h) ilave edilmiş, metil selüloz kaplamalar takip etmiştir. Herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen metil selüloz kaplamalar ile kekik esansiyel yağı (% 4 a/h) içeren metil selüloz kaplamalar, depolama süresince, pH değişimi üzerine en az etkili olan kaplama türleri olarak saptanmıştır (P<0,01). Depolama zamanı ile pH değişimi arasındaki ilişki incelendiğinde ise, pH değerindeki değişimlerin en düşük olduğu zamanların sırasıyla depolamanın 1, 14, 21, 28 ve 35. günleri olduğu görülmektedir. pH değişimin en fazla görüldüğü gün ise depolamanın 7. günüdür (P<0,01).

TSE 979'a göre salam pH'sı en çok 6,4 olmalıdır. Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamlarının depolamanın ilk günlerinde pH değerlerinin bu sınır değerini aşmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.8. Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyali ile kaplanmış inoküle macar salamlarının depolama süresince pH değişimleri

pH	DEPOLAMA SÜRESİ					
	1. GÜN	7. GÜN	14. GÜN	21. GÜN	28. GÜN	35. GÜN
KEKİK	6,47±0,04^{A}	6,20±0,02^{B}	6,12±0,04^{B}	6,21±0,01^{B}	6,11±0,16^{B}	6,03±0,13^{B}
FESLEĞEN	6,28±0,07^{A}	6,15±0,13^{A}	6,06±0,09^{A}	5,81±0,07^{B}	6,06±0,13^{A}	6,02±0,14^{A}
BİBERİYE	6,42±0,00^{A}	6,43±0,06^{A}	6,00±0,09^{B}	6,08±0,03^{B}	6,04±0,08^{B}	6,07±0,12^{B}
KİŞNİŞ	6,46±0,06^{A}	6,24±0,01^{B}	6,09±0,01^{B}	6,01±0,07^{BC}	6,09±0,09^{BC}	6,04±0,02^{BC}
YENİBAHAR	6,42±0,00^{A}	6,22±0,05^{B}	6,06±0,09^{B}	6,11±0,01^{B}	6,01±0,12^{B}	5,97±0,09^{C}
NİSİN	6,37±0,05^{A}	5,96±0,04^{B}	5,96±0,02^{B}	5,93±0,03^{B}	5,93±0,03^{B}	6,01±0,06^{B}
PS	6,43±0,01^{A}	6,23±0,01^{A}	6,27±0,01^{A}	6,04±0,01^{A}	6,02±0,05^{A}	6,03±0,11^{A}
SB	6,48±0,04^{A}	6,27±0,03^{AB}	6,14±0,01^{AB}	6,14±0,04^{AB}	6,00±0,04^{B}	6,02±0,08^{B}
KONTROL	6,31±0,04^{A}	6,21±0,08^{A}	6,19±0,03^{A}	6,16±0,19^{A}	6,02±0,01^{A}	6,06±0,02^{A}

*Ortalama ± standart hata; A - C: Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

4.7.3. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Metil Selüloz Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının Su Aktivitesi (Sa) Değerleri

Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyali ile kaplanmış *Listeria innocua* inoküle edilmiş Macar salamlarının depolama süresince, su aktivitesi (Sa) değerleri ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar, Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 incelendiğinde, tüm metil selüloz kaplamalar için, depolama zamanı, depolama zamanı ile kaplama türü interaksiyonlarının inoküle edilmiş Macar salamı Sa değişimleri üzerindeki etkilerinin, istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, inoküle Macar salamlarına uygulanan kaplama türlerinin, depolama süresince, su aktivitesi değişimleri üzerindeki etkileri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,01). Buna göre, depolama süresince, en düşük su aktivitesi değerleri, sodyum benzoat (% 4 a/h) ilave edilmiş metil selüloz kaplama ile sağlanmıştır. Bu değerleri, eşit önem düzeyinde yenibahar, kekik, biberiye, fesleğen esansiyel yağları (% 4 a/h), potasyum sorbat (% 4 a/h) içeren metil selüloz kaplamalar takip etmiştir. En yüksek su aktivitesi değerleri ise, nisin (10.000 IU), kişniş esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplamalar ile herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen, kontrol metil selüloz kaplamalar sağlamıştır (P<0,01).

Çizelge 4.9. Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz kaplama materyali ile kaplanmış macar salamlarının depolama süresince su aktivitesi (Sa) değişimleri

Sa	DEPOLAMA SÜRESİ					
	1. GÜN	7. GÜN	14. GÜN	21. GÜN	28. GÜN	35. GÜN
KEKİK	0,927±0,005^{A}	0,939±0,004^{A}	0,923±0,018^{A}	0,921±0,002^{A}	0,931±0,005^{A}	0,938±0,001^{A}
FESLEĞEN	0,934±0,013^{A}	0,940±0,005^{A}	0,939±0,006^{A}	0,942±0,003^{A}	0,940±0,002^{A}	0,947±0,006^{A}
BİBERİYE	0,944±0,003^{A}	0,947±0,002^{A}	0,943±0,002^{A}	0,912±0,002^{A}	0,927±0,008^{A}	0,934±0,001^{A}
KİŞNİŞ	0,944±0,007^{A}	0,940±0,007^{A}	0,941±0,009^{A}	0,946±0,003^{A}	0,946±0,004^{A}	0,949±0,007^{A}
YENİBAHAR	0,926±0,007^{A}	0,936±0,002^{A}	0,918±0,004^{A}	0,917±0,006^{A}	0,921±0,004^{A}	0,934±0,005^{A}
NİSİN	0,938±0,023^{A}	0,946±0,001^{A}	0,946±0,008^{A}	0,939±0,006^{A}	0,942±0,004^{A}	0,944±0,002^{A}
PS	0,925±0,011^{A}	0,925±0,004^{A}	0,932±0,006^{A}	0,936±0,009^{A}	0,937±0,005^{A}	0,938±0,006^{A}
SB	0,915±0,004^{A}	0,910±0,005^{A}	0,915±0,004^{A}	0,925±0,003^{A}	0,924±0,001^{A}	0,934±0,003^{A}
KONTROL	0,916±0,006^{A}	0,924±0,004^{A}	0,935±0,002^{A}	0,945±0,004^{A}	0,948±0,005^{A}	0,950±0,004^{A}

*Ortalama ± standart hata; A : Aynı satır içerisinde aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir (P<0,01).

Bilindiği üzere et ve et ürünlerinde Sa, kalite, dayanıklılık ve mikrobiyel güvence ile ilgili olarak; mikrobiyolojik, enzimatik, kimyasal ve fiziksel reaksiyonları etkilemektedir. Sa değeri 0,95'den yüksek olan ürünler, kolay bozulan et özelliği taşımakta ve 5 ^{o}C'nin altındaki sıcaklıklarda tüketime kadar depolanmaları gerekmektedir. Salam ve sosislerin Sa değerleri, 0,857 - 0,993 arasındadır (Özay ve ark, 1993). Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulamaları ile inoküle Macar salam örneklerinde su aktivitesi değer değişimleri kontrol altına alınmıştır.

4.7.4. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Metil Selüloz Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının Renk Özellikleri

Her bir antimikrobiyel kaplama uygulanmış Macar salamı örneğinin, beyaz standart yüzey üzerinde, CR-410 kolorimetresi ile L^* (açıklık) , a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) renk parametreleri ölçülmüştür. Kaplama uygulanmamış ve farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan metil selüloz polimerleriyle kaplanan, dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin 35 günlük depolama süresince renk özellikleri, Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Kaplama uygulanmamış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin depolama süresince renk özellikleri

	Renk özellikleri			
Depolama günleri	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
1	53,09±1,07^{B}	23,99±0,73^{B}	12,12±0,19^{B}	51,59±1,16^{AB}
7	53,36±0,42^{B}	24,98±0,03^{B}	11,71±0,23^{B}	51,75±0,39^{AB}
14	53,21±0,46^{B}	24,15±0,12^{B}	11,89±0,05^{B}	51,52±0,35^{A}
21	46,38±0,45^{A}	19,97±0,20^{A}	8,78±0,19^{A}	55,39±0,43^{B}
28	46,83±0,67^{A}	18,84±0,56^{A}	8,51±0,22^{A}	54,68±0,35^{AB}
35	46,30±0,33^{A}	17,77±0,30^{A}	8,57±0,14^{A}	54,54±0,62^{AB}

*Ortalama ± standart hata; A -B : Aynı sutün içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0, 01).

Çizelge 4.10 incelendiğinde herhangi bir kaplama uygulanmamış Macar salamında depolama süresince meydana gelen renk değişimleri, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Bu kapsamda, en yüksek L değeri ortalaması

depolamanın 7. gününde elde edilmiştir. Bu değeri sırasıyla, 14, 1, 28 ve 21. günler takip etmektedir. En düşük L değeri ortalaması ise depolamanın 35. gününde elde edilmiştir. En yükse a değeri ortalaması ise, aynı şekilde depolamanın 7. gününde ölçülmüştür. Bu değeri yine 14, 1, 2. ve 21. günler takip etmektedir. En düşük a değeri ortalaması ise depolamanın 35. gününde elde edilmiştir. En yüksek b değeri ortalaması ise depolamanın 1. gününde ölçülmüştür. Bu değeri sırasıyla, depolamanın 14, 7, 21 ve 35. günleri takip etmektedir. En düşük b değeri ortalaması ise depolamanın 28. gününde ölçülmüştür. Herhangi bir kaplama uygulanmamış Macar salamı örneklerinin ΔE değerleri incelendiğinde ise, en yüksek ΔE değeri ortalaması, depolamanın 21. gününde hesaplanmıştır. Bunu sırasıyla depolamanın 35, 28, 7, ve 1. günlerinde hesaplanan değerler takip etmektedir. En düşük ΔE değer ortalaması ise depolamanın 14. gününde hesaplanmıştır (P<0,01).

Delloglio ve ark (1996), tarafından yapılan bir çalışmada, Felino salamlarında L değerleri 39,10 - 47,27 ; a değerleri 22,13 - 30,08; b değerleri ise 5,80 - 8,90 olduğu belirtilmiştir. Bu değerler baz alındığında, Çizelge 4.10'da belirtilen herhangi bir kaplama uygulanmamış Macar salamı renk değerlerinin, belirtilen sınırlar içerisinde yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.11. Farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri

	DEPOLAMA SÜRESİ			
	1. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	50,94±0,75^{A}	24,09±0,51^{A}	11,52±0,31^{A}	53,38±0,86^{A}
Kişniş	56,62±0,42^{A}	24,00±0,35^{A}	11,09±0,08^{B}	48,38±0,50^{C}
Biberiye	47,34±0,30^{BC}	24,38±0,48^{A}	12,70±0,34^{A}	56,89±0,50^{AB}
Yenibahar	54,47±0,40^{A}	23,70±0,31^{A}	11,52±0,29^{A}	50,14±0,52^{C}
Fesleğen	53,68±0,10^{A}	23,06±0,26^{A}	12,09±0,22^{A}	50,64±0,08^{BC}
PS	53,68±0,14^{A}	25,10±0,17^{A}	11,84±0,12^{A}	51,56±0,22^{C}
SB	52,32±0,39^{A}	25,26±0,28^{A}	12,42±0,11^{A}	52,91±0,49^{BC}
Nisin	53,76±0,34^{A}	24,31±0,30^{A}	11,46±0,30^{A}	51,04±0,15^{C}
Kontrol	52,73±0,38^{A}	24,34±0,10^{A}	12,51±0,13^{A}	52,13±0,36^{BC}
	7. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	50,11±0,50^{A}	24,72±0,28^{A}	11,75±0,21^{A}	54,44±0,34^{A}
Kişniş	54,04±0,63^{A}	23,95±0,38^{A}	12,47±0,29^{A}	50,83±0,78^{BC}
Biberiye	51,49±1,42^{A}	21,96±0,48^{B}	11,54±0,16^{B}	51,98±1,24^{C}
Yenibahar	50,23±0,37^{A}	23,42±0,23^{A}	11,14±0,26^{A}	53,64±0,47^{BC}
Fesleğen	54,69±1,07^{A}	23,03±0,80^{A}	12,06±0,15^{A}	49,75±1,31^{C}
PS	51,60±0,66^{AB}	24,39±0,72^{A}	11,94±0,35^{A}	53,03±0,97^{CB}
SB	53,19±0,56^{A}	24,46±0,26^{A}	11,48±0,19^{A}	51,60±0,63^{C}
Nisin	53,11±0,18^{A}	24,29±0,12^{A}	11,58±0,12^{A}	51,60±0,10^{BC}
Kontrol	52,62±0,21^{A}	24,14±0,64^{A}	11,76±0,43^{A}	52,00±0,54^{BC}

*Ortalama ± standart hata; A - C : Aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan renk değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 4.11. Farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri (Devam)

	DEPOLAMA SÜRESİ			
	14. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	50,28±0,90^{A}	21,60±0,19^{B}	11,49±0,21^{A}	52,89±0,79^{A}
Kişniş	53,64±0,69^{A}	23,19±0,44^{A}	13,15±0,16^{A}	50,96±0,45^{CB}
Biberiye	49,76±0,28^{AB}	22,50±0,12^{AB}	11,58±0,10^{AB}	53,73±0,27^{BC}
Yenibahar	54,69±1,07^{A}	23,03±0,80^{AB}	12,06±0,15^{A}	54,99±0,21^{BC}
Fesleğen	53,87±0,83^{A}	21,42±0,19^{A}	12,73±0,14^{A}	49,88±0,74^{C}
PS	50,14±0,25^{B}	24,77±0,18^{A}	12,14±0,22^{A}	54,50±0,29^{AB}
SB	49,19±0,50^{B}	24,74±0,12^{A}	12,30±0,16^{A}	55,35±0,48^{AB}
Nisin	53,61±0,15^{A}	22,85±0,38^{A}	11,63±0,04^{A}	50,52±0,28^{C}
Kontrol	51,95±0,25^{A}	22,26±0,24^{B}	11,40±0,22^{A}	51,66±0,35^{C}
	21. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	45,90±0,74^{B}	18,44±0,44^{C}	8,74±0,17^{B}	55,29±0,76^{A}
Kişniş	48,30±0,73^{A}	19,13±0,27^{B}	8,72±0,14^{C}	53,30±0,72^{AB}
Biberiye	41,41±0,62^{D}	18,32±0,40^{C}	8,24±0,20^{C}	59,41±0,45^{A}
Yenibahar	42,46±0,66^{B}	20,21±0,22^{BC}	8,32±0,11^{B}	59,03±0,57^{A}
Fesleğen	46,25±0,71^{B}	18,13±0,49^{B}	8,84±0,06^{B}	54,88±0,83^{AB}
PS	46,33±0,17^{C}	20,75±0,09^{B}	8,89±0,04^{B}	55,73±0,13^{AB}
SB	45,79±0,56^{C}	20,54±0,22^{B}	8,72±0,12^{B}	56,14±0,44^{A}
Nisin	46,89±1,17^{A}	19,94±0,58^{B}	8,62±0,06^{B}	54,88±1,29^{AB}
Kontrol	44,63±0,87^{B}	19,23±0,03^{C}	8,91±0,14^{B}	56,77±0,79^{A}

*Ortalama ± standart hata; A - C : Aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan renk değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 4.11. Farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri (Devam)

	DEPOLAMA SÜRESİ			
	28. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	48,47±0,26^{AB}	18,01±0,18^{C}	8,70±0,11^{B}	52,74±019^{A}
Kişniş	47,29±0,84^{A}	18,16±0,35^{fB}	9,19±0,09^{C}	53,96±0,86^{AB}
Biberiye	44,60±0,22^{CD}	17,14±0,24^{C}	8,41±0,04^{C}	56,05±0,17^{AB}
Yenibahar	41,74±0,89^{B}	19,13±0,37^{C}	8,37±0,20^{B}	59,37±0,98^{A}
Fesleğen	47,87±0,46^{B}	17,59±0,37^{B}	8,97±0,02^{B}	53,20±0,52^{BC}
PS	44,60±0,14^{C}	20,61±0,09^{BC}	8,56±0,03^{B}	57,24±0,09^{A}
SB	45,05±0,38^{C}	19,28±0,12^{BC}	8,50±0,14^{B}	56,34±0,31^{A}
Nisin	43,78±0,29^{A}	19,62±0,28^{B}	8,58±0,10^{B}	57,65±0,20^{A}
Kontrol	46,30±0,09^{B}	17,66±0,08^{C}	8,72±0,14^{B}	54,66±0,07^{AB}
	35. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	48,11±0,65^{AB}	16,78±0,32^{C}	8,97±0,06^{B}	52,71±0,50^{A}
Kişniş	44,48±0,78^{A}	18,65±0,94^{B}	8,26±0,04^{C}	56,64±1,03^{A}
Biberiye	44,12±0,13^{CD}	17,35±0,05^{C}	8,99±0,11^{C}	56,64±0,10^{AB}
Yenibahar	42,79±1,51^{B}	17,72±0,54^{C}	8,34±0,13^{B}	57,93±1,59^{AB}
Fesleğen	45,55±0,25^{B}	17,57±0,15^{B}	8,91±0,04^{B}	55,36±0,19^{A}
PS	44,36±0,42^{C}	18,64±0,14^{BC}	8,58±0,04^{B}	56,77±0,45^{A}
SB	43,83±0,32^{C}	18,77±0,17^{C}	8,57±0,18^{B}	57,32±0,23^{A}
Nisin	45,98±0,47^{A}	18,64±0,21^{B}	8,91±0,12^{B}	55,30±0,35^{A}
Kontrol	45,68±0,19^{B}	17,52±0,16^{C}	8,63±0,10^{B}	55,18±0,12^{A}

*Ortalama ± standart hata; A - C : Aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan renk değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 4.11'deki veriler, istatistiksel olarak incelendiğinde kişniş, biberiye, fesleğen, yenibahar esansiyel yağları ile, sodyum benzoat, potasyum sorbat ve nisin içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, depolama zamanına bağlı olarak *L*, *a*, *b* ve Δ*E* renk parametreleri değer değişimleri, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Kekik esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin ise depolama zamanına bağlı olarak, *L*, *a*, *b* değer değişimleri, istatistiksel olarak önemli iken, Δ*E* değer değişimleri önemli bulunmamıştır (*P*<0,01).

L değer değişimleri üzerine, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemlidir (*P*<0,01). Buna göre en yüksek *L* değerleri, kişniş ve fesleğen esansiyel yağları içeren metil selüloz kaplamalarla (50,73 ve 50,32) sağlanmış iken, en düşük ortalama *L* değeri ile biberiye esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplamalarla (46,45) elde edilmiştir. Yine en yüksek *L* değer ortalaması depolamanın 1. gününde 52,84 ile sağlanırken, en düşük *L* değeri, depolamanın 35. gününde elde edilen 44,99 değeridir (*P*<0,01).

a değerleri üzerine, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (*P*<0,01). Buna göre en yüksek *a* değerleri 22,38 ve 22,17 ile potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren metil selüloz kaplamalar ile sağlanmış iken, en düşük *a* değerleri sırasıyla 20,60; 20,28 ve 20,13 olarak, kekik, biberiye ve fesleğen esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplamalarda bulunmuştur. Depolama günleri incelendiğinde, en yüksek *a* değeri 24,25 ile depolamanın 1. günü ve en düşük *a* değeri ise depolamanın 35. gününde 17,96 olarak tespit edilmiştir (*P*<0,01).

b değerleri üzerine, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (*P*<0,01). Buna göre, en yüksek *b* değeri, 10,60 ile fesleğen esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinde ve en düşük *b* değeri ise 9,96 ile yenibahar esansiyel yağ içeren metil selüloz kaplama uygulanmış örneklerde saptanmıştır. Yine depolamanın 14. günü, en yüksek (12,05), 21. günü ise en düşük (8,67) değerlerin elde edildiği tespit edilmiştir (*P*<0,01).

ΔE değerleri üzerine, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01). Buna göre, en yüksek ΔE değerleri 55,85 ve 55,79 ile yenibahar ve biberiye esansiyel yağlarını içeren metil selüloz kaplamalar ile sağlanırken, en düşük ΔE değerleri ise 52,28 ve 52,34 ile fesleğen ve kişniş içeren metil selüloz kaplamalar ile elde edilmiştir. En yüksek ΔE değerleri, sırasıyla 56,16; 55,98 ve 55,69 ile depolamanın 21,35 ve 28. günlerinde tespit edilmiştir. En düşük ΔE değerleri ise depolamanın 1. ve 7. günlerinde, 51,90 ve 52 10 olarak belirlenmiştir (P<0,01).

Genel olarak, antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin renk parametre değerleri, herhangi bir kaplama uygulanmamış Macar salamı örnekleri renk parametreleri ile kıyaslandığında, parametre değerleri arasındaki farklılık görülmediği tespit edilmiştir. Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulaması, Macar salamı örneklerinin renklerinde önemli değişimlere neden olmamıştır (P<0,01).

4.8. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkilerinin, Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Farklı antimikrobiyel maddeler içeren PASP kaplamaların, Macar salamında 35 günlük depolama süresince *L. innocua*'ya karşı gösterdiği antimikrobiyel etkileri ile kaplama uygulanmış Macar salamlarının pH, su aktivitesi (Sa) ve renk değer değişimleri tespit edilmiştir.

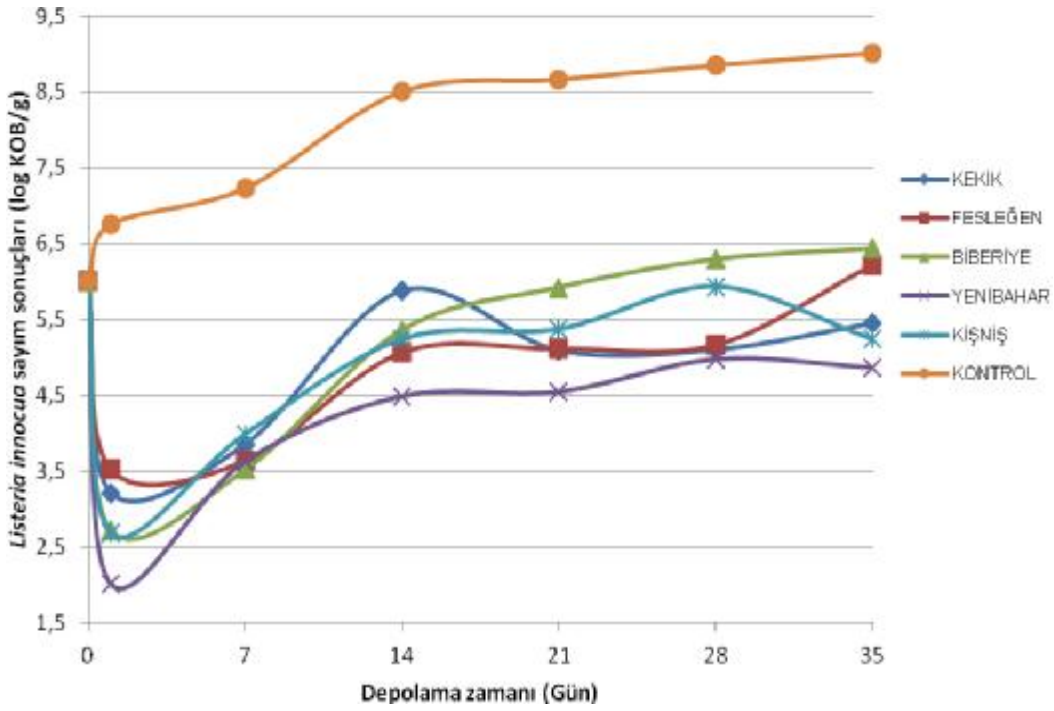
4.8.1. Farklı Antimikrobiyel Madde İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplamaların Macar Salamında Antimikrobiyel Etkileri

Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı materyallerinin, buzdolabı koşullarında depolanan Macar salamlarında, 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. gündeki, *Listeria innocua* gelişimini üzerindeki etkileri, Çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

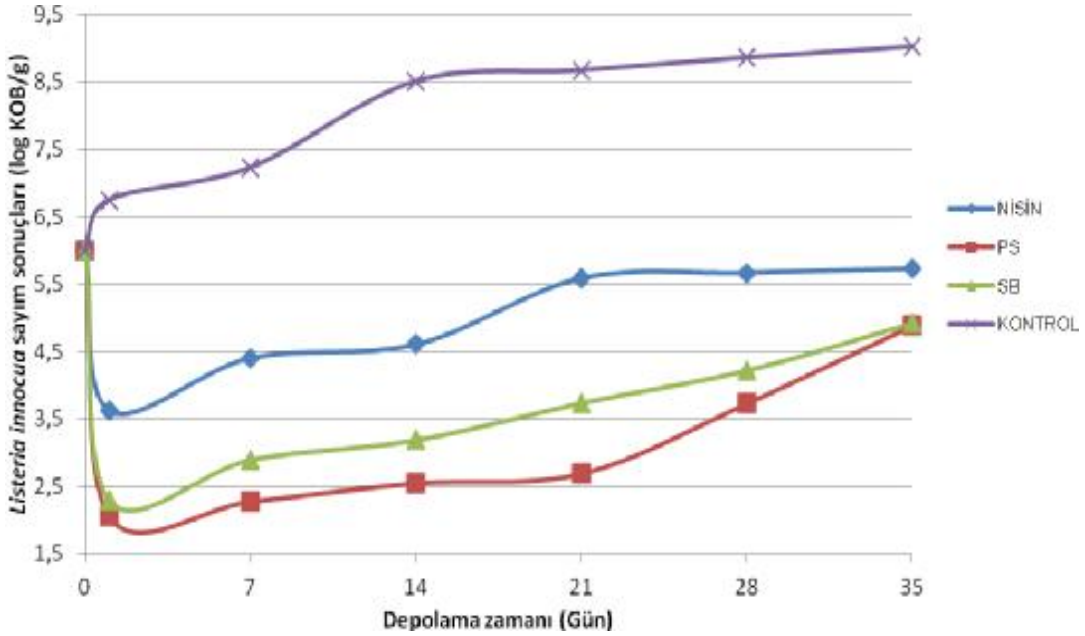
Sonuçlar incelendiğinde, artan depolama günlerine göre *Listeria innocua* sayım sonuçlarında bir azalma görülmektedir. Bu sonuç, antimikrobiyel madde içeren tüm peynir altı suyu protein izolatı filmler için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda kullanılan kaplama türü, depolama zamanı ve depolama zamanı kaplama türü interaksiyonu, *Listeria innocua* sayısı üzerine önemli bulunmuştur. *Listeria innocua* sayısı üzerine en etkin inhibisyonu sağlayan kaplama materyalleri, potasyum sorbat ve sodyum benzoat (% 4 a/h) ve yenibahar esansiyel yağı (% 4 a/h) içeren PASP kaplamalar olarak belirlenmiştir. Bu kaplamaları, aynı önem düzeyinde olmak üzere, nisin (10.000 IU) ile kekik, fesleğen, kişniş ve biberiye esansiyel yağları (% 4 a/h) içeren PASP kaplamalar takip etmiştir. Beklenildiği gibi, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen PASP kaplama uygulaması sonucu, depolamanın ilerleyen günlerinde *Listeria innocua* sayısında artış olmuş ve başlangıç değerinin logaritmik olarak yaklaşık 1,5 katına ulaşmıştır (P<0,01). *Listeria innocua* sayısı üzerine, depolama zamanının etkisi incelendiğinde, en fazla azalmanın, depolamanın 1, 7, 14 ve 21. günlerinde elde edildiği görülmektedir. 28 ve 35. günler istatistiksel açıdan *Listeria innocua* sayısında artış görülen depolama günleri olarak saptanmıştır (P<0,01).

Şekil 4.14 ve 4.15'de antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı kaplama materyali ile kaplanmış Macar salamlarının, depolamanın 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. günlerinde, buzdolabı koşullarında, *Listeria innocua* gelişimini üzerindeki etkileri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Esansiyel yağlar içeren peynir altı suyu protein izolatı (PASP) kaplama çözeltisi ile kaplanmış, Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)



Şekil 4.15. Nisin, potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı (PASP) kaplama çözeltisi ile kaplanmış, Macar salamlarında *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)

Çizelge 4.12. Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı kaplama çözeltisi ile kaplanmış macar salamlarında depolama süresince *Listeria innocua* inaktivasyonu (log KOB/g)

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14. GÜN**	**21. GÜN**	**28. GÜN**	**35. GÜN**
KEKİK	3,21±0,47^{A}	3,85±0,77^{AB}	5,88±0,10^{B}	5,09±0,17^{BC}	5,10±0,07^{BC}	5,45±0,05^{BC}
FESLEĞEN	3,53±1,07^{A}	3,64±0,33^{A}	5,07±0,93^{B}	5,12±0,10^{B}	5,17±0,25^{B}	6,22±0,17^{C}
BİBERİYE	2,72±0,17^{A}	3,52±0,34^{B}	5,36±0,26^{C}	5,92±0,31^{CD}	6,29±0,18^{D}	6,43±0,00^{D}
YENİBAHAR	2,01±0,00^{A}	3,63±0,14^{B}	4,48±0,29^{BC}	4,54±0,56^{BC}	4,97±0,10^{C}	4,86±0,02^{C}
KİŞNİŞ	2,69±0,38^{A}	3,99±0,30^{B}	5,24±0,24^{C}	5,37±0,58^{C}	5,93±0,57^{C}	5,24±0,18^{C}
NİSİN	3,63±0,53^{A}	4,41±0,17^{A}	4,61±0,24^{A}	5,59±0,68^{B}	5,67±0,13^{B}	5,73±0,00^{B}
PS	2,06±0,82^{A}	2,28±0,40^{A}	2,55±0,49^{A}	2,69±0,00^{AB}	3,73±0,05^{B}	4,88±0,52^{C}
SB	2,30±0,42^{A}	2,90±0,42^{AB}	3,19±0,21^{BC}	3,74±0,02^{CD}	4,22±0,00^{DE}	4,92±0,11^{E}
KONTROL	6,75±0,60^{A}	7,23±0,61^{A}	8,51±0,33^{B}	8,67±0,16^{B}	8,86±0,79^{B}	9,02±0,25^{B}

*Ortalama ± standart hata; A - E: Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Theivendran ve ark (2006), yaptıkları bir çalışmada, nisin içeren PASP izolatı kaplamaları hindi sosislerine uygulamışlar ve 4 ^{o}C'de 28 günlük bir depolama sonucunda, *L. monocytogenes* sayısında 2,3 log KOB/g'lık bir azalma elde etmişlerdir. Çağrı ve ark (2002), buzdolabı sıcaklığında depolanan salam dilimlerine, p-aminobenzoik asit ve sorbik asit içeren PASP izolatı film kaplamalarını uygulamışlar ve *L. monocytogenes* inaktivasyonunu sağladıklarını belirtmişlerdir. Benzer olarak, Ramos ve ark (2012), kitooligosakkarit ve laktik asit içeren PASP kaplamaların *L. innocua* inaktivasyonunda en etkili kaplama olduklarını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda biberiye ekstraktı içeren kaplamalar dışında bakteriyostatik etki sağlanmış, depolamanın 5. ve 7. günlerinde yaklaşık 2,5 logaritmik bir azalma tespit edilmiştir. Çalışmamızda da benzer olarak *L. innocua* üzerinde en az etkili olduğu tespit edilen esansiyel yağ içeren PASP kaplamaların, biberiye esansiyel yağı içeren PASP kaplamalar olduğu tespit edilmiştir.

4.8.2. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının pH Değerleri

Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı materyallerinin, buzdolabı koşullarında depolanan Macar salamlarında, 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. gündeki, pH değerlerindeki değişimler, Çizelge 4.13'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 incelendiğinde, artan depolama günlerine göre PASP kaplama uygulanmış Macar salamlarının, pH değerlerinde azalma görülmektedir. Bu sonuç, potasyum sorbat, sodyum benzoat (% 4 a/h), nisin (10.000 IU) içeren peynir altı suyu protein izolatı kaplamalar ile herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol PASP kaplamalar için, istatistiksel olarak önemsiz, diğer antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamları için önemli bulunmuştur (P<0,01).

Yapılan istatistiksel analizlere göre, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış, Macar salamlarının pH değerleri üzerine, depolama zamanı, kaplama türü ve depolama zamanı kaplama türü interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Depolama süresince, pH değişimi üzerine, en etkin olan kaplama türü, nisin (10.000 IU) içeren PASP kaplamalar bulunurken, bu kaplamaları

fesleğen, yenibahar, kişniş ve fesleğen esansiyel yağları (% 4 a/h) içeren PASP kaplamalar takip etmiştir. Potasyum sorbat, sodyum benzoat içeren (% 4 a/h) PASP kaplamalar ile herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol PASP kaplamaların, pH değeri üzerine önemli etkisi bulunmamıştır (P<0,01). Depolama süresi incelediğinde ise, en yüksek pH değerine (pH 6,47), depolamanın 7. gününde ulaşıldığı görülmektedir. Bunu sırasıyla, 1, 14, 28 ve 21. günlerdeki pH değerleri takip etmektedir. En düşük pH değeri (pH 6,24) ise depolamanın 35. gününde elde edilmiştir (P<0,01).

Antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri pH değerlerine kıyasla, daha yüksek olduğu ve TSE 979'da belirtilen 6,4 pH değerini, özellikle kekik esansiyel yağı ve sodyum benzoat içeren PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin aştığı görülmektedir. Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerine benzer olarak, depolamanın son günlerine doğru, pH değerlerinde, tüm antimikrobiyel PASP uygulanmış Macar salamı örneklerinde düşüş görülmektedir. Bu durum, özellikle depolamanın 14. ve 21. günlerinden itibaren gerçekleşen *L. innocua* sayısal artışı ile ilişkilendirilebilir.

Çizelge 4.13. Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı kaplama materyali ile kaplanmış inoküle macar salamlarının depolama süresince pH değişimleri

pH	DEPOLAMA SÜRESİ					
	1. GÜN	7. GÜN	14. GÜN	21. GÜN	28. GÜN	35. GÜN
KEKİK	6,54±0,02^{B}	6,50±0,03^{B}	6,32±0,04^{A}	6,26±0,03^{A}	6,30±0,03^{A}	6,30±0,01^{A}
FESLEĞEN	6,48±0,02^{B}	6,44±0,02^{B}	6,12±0,03^{A}	6,10±0,05^{A}	6,18±0,01^{A}	6,02±0,12^{A}
BİBERİYE	6,51±0,01^{B}	6,55±0,01^{B}	6,24±0,03^{A}	6,31±0,03^{A}	6,31±0,04^{A}	6,28±0,01^{A}
KİŞNİŞ	6,48±0,02^{C}	6,46±0,02^{C}	6,33±0,03^{B}	6,28±0,00^{AB}	6,24±0,03^{A}	6,29±0,04^{AB}
YENİBAHAR	6,41±0,03^{CD}	6,50±0,03^{D}	6,31±0,03^{BC}	6,27±0,03^{AB}	6,19±0,05^{A}	6,16±0,03^{A}
NİSİN	5,94±0,09^{A}	6,04±0,00^{A}	5,95±0,04^{A}	5,91±0,05^{A}	5,90±0,02^{A}	5,93±0,03^{A}
PS	6,40±0,02^{A}	6,49±0,07^{A}	6,42±0,02^{A}	6,40±0,02^{A}	6,52±0,03^{A}	6,40±0,04^{A}
SB	6,53±0,04^{A}	6,53±0,05^{A}	6,57±0,02^{A}	6,57±0,06^{A}	6,50±0,07^{A}	6,42±0,04^{A}
KONTROL	6,55±0,01^{A}	6,64±0,02^{A}	6,28±0,03^{B}	6,27±0,08^{B}	6,31±0,10^{B}	6,32±0,06^{B}

*Ortalama ± standart hata; A -D : Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

4.8.3. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Peynir Altı Suyu Protein İzolatı (PASP) Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının Su Aktivitesi (Sa) Değerleri

Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı materyallerinin, buzdolabı koşullarında depolanan Macar salamlarında, 1, 7, 14, 21, 28 ve 35. gündeki, Sa değerlerindeki değişimler Çizelge 4.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 incelendiğinde, depolama süresince, PASP kaplama uygulanmış Macar salamlarının Sa değerlerinde artış görülmektedir. Bu sonuç, nisin (10.000 IU) içeren peynir altı suyu protein izolatı kaplamalar için istatistiksel olarak önemli bulunmazken, diğer antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış inoküle Macar salamı örnekleri için önemli bulunmuştur (P<0,01).

Yapılan istatistiksel analizlere göre, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış inoküle Macar salamlarının Sa değerleri üzerine, depolama zamanı, kaplama türü ve depolama zamanı kaplama türü interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Depolama süresince, en düşük Sa değeri (0,945), kekik esansiyel yağı içeren PASP filmler ile elde edilmiştir. Bu değeri, eşit önem düzeyinde kişniş, yenibahar, fesleğen, biberiye esansiyel yağları (% 4 a/h) ile sodyum benzoat, potasyum sorbat (% 4 a/h) ve nisin (10.000 IU) içeren PASP kaplama türleri takip etmiştir. Depolama süresince, en yüksek Sa değeri (0,952) ise herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen, kontrol PASP kaplamalarda belirlenmiştir (P<0,01). Depolama süresinin, Sa değerleri üzerine etkisi incelendiğinde, 1, 7. ve 14. günlerdeki değerlerin istatistiksel olarak önemli olduğu söylenebilir. Depolamanın diğer günlerindeki Sa değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Buna göre, en düşük Sa değeri (0,941), depolamanın 1. gününde, en yüksek Sa değeri (0,954) ise depolamanın 35. gününde gözlenmiştir (P<0,01).

Çizelge 4.14. Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı kaplama materyali ile kaplanmış inoküle Macar salamlarının depolama süresince Sa değişimleri

Sa	DEPOLAMA SÜRESİ					
	1. GÜN	7. GÜN	14. GÜN	21. GÜN	28. GÜN	35. GÜN
KEKİK	0,930±0,007^{A}	0,946±0,008^{B}	0,947±0,002^{B}	0,943±0,005^{AB}	0,947±0,000^{B}	0,953±0,002^{B}
FESLEĞEN	0,940±0,001^{A}	0,947±0,001^{B}	0,941±0,001^{A}	0,952±0,001^{BC}	0,949±0,000^{B}	0,955±0,003^{C}
BİBERİYE	0,945±0,004^{AB}	0,953±0,005^{C}	0,942±0,002^{A}	0,950±0,001^{AB}	0,950±0,001^{AB}	0,951±0,001^{C}
KİŞNİŞ	0,939±0,002^{A}	0,946±0,001^{B}	0,940±0,001^{A}	0,952±0,002^{C}	0,950±0,001^{BC}	0,951±0,001^{C}
YENİBAHAR	0,941±0,002^{A}	0,945±0,004^{AB}	0,941±0,001^{A}	0,952±0,001^{BC}	0,951±0,001^{BC}	0,954±0,002^{C}
NİSİN	0,942±0,002^{A}	0,952±0,010^{A}	0,941±0,001^{A}	0,951±0,002^{A}	0,953±0,003^{A}	0,952±0,002^{A}
PS	0,945±0,003^{AB}	0,945±0,003^{AB}	0,941±0,001^{A}	0,951±0,001^{BC}	0,951±0,002^{BC}	0,954±0,002^{C}
SB	0,941±0,002^{A}	0,945±0,004^{AB}	0,942±0,002^{A}	0,952±0,001^{BC}	0,951±0,002^{BC}	0,954±0,002^{C}
KONTROL	0,942±0,006^{AB}	0,942±0,007^{A}	0,953±0,002^{AB}	0,953±0,001^{AB}	0,957±0,001^{AB}	0,959±0,007^{B}

*Ortalama ± standart hata; ; A - D: Aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 4.14'te görüldüğü üzere, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış inoküle Macar salamı örneklerinin Sa değerleri (ortalama 0,948), antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış inoküle Macar salamı örneklerine göre (ortalama 0,934) daha yüksek değerdedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, hem MS hem de PASP antimikrobiyel kaplamalarla elde edilen Sa değerleri Özay ve ark (1993), tarafından da belirtilen 0,857 - 0,993 değerleri arasındadır.

4.8.4. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren PASP Kaplama Uygulanmış Macar Salamlarının Renk Özellikleri

Her bir antimikrobiyel kaplama uygulanmış Macar salamı örneğinin, beyaz standart yüzey üzerinde, CR-410 kolorimetresi ile L^* (açıklık) , a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) renk parametreleri ölçülmüştür. Kaplama uygulanmamış ve farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan peynir altı suyu protein izolatı polimerleriyle kaplanan, dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin, 35 günlük depolama süresince, renk özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.15)

Çizelge 4.15'teki veriler istatistiksel olarak incelendiğinde, kişniş ve kekik esansiyel yağları ile, sodyum benzoat ve nisin içeren PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, depolama süresine bağlı olarak, L, a, b ve ΔE renk parametreleri değer değişimleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Yenibahar ve fesleğen esansiyel yağları ile, potasyum sorbat ilave PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin ve herhangi bir antimikrobiyel içermeyen kontrol PASP kaplama uygulanmış örneklerin ise depolama zamanına bağlı olarak, a ve b değerleri istatistiksel olarak önemli iken, L ve ΔE değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P<0,01). Biberiye içeren PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin ise depolama süresine bağlı olarak, a ve ΔE değer değişimleri istatistiksel olarak önemli iken, L ve b değerleri, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P<0,01).

Çizelge 4.15. Farklı antimikrobiyeller içeren PASP kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri

	DEPOLAMA SÜRESİ			
	1. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	54,54±0,29^{A}	22,13±0,15^{AB}	10,02±0,08^{B}	49,09±0,31^{AB}
Kişniş	52,40±0,35^{A}	22,18±0,17^{D}	10,29±0,17^{B}	50,83±0,43^{AB}
Biberiye	57,37±0,31^{A}	21,71±0,19^{A}	11,93±0,04^{A}	49,09±0,31^{B}
Yenibahar	57,27±0,63^{A}	20,40±0,24^{A}	10,50±0,21^{AB}	46,01±0,63^{A}
Fesleğen	58,91±0,07^{A}	20,87±0,56^{A}	11,87±0,05^{B}	45,09±0,24^{A}
PS	58,92±0,11^{A}	21,88±0,22^{A}	10,19±0,14^{A}	45,21±0,13^{A}
SB	55,16±0,51^{A}	22,44±0,18^{A}	11,49±0,27^{A}	48,96±0,53^{A}
Nisin	53,90±0,12^{AB}	22,57±0,23^{AB}	11,21±0,14^{B}	50,06±0,20^{AB}
Kontrol	52,02±0,07^{A}	22,56±0,34^{A}	10,59±0,31^{A}	50,06±0,20^{A}
	7. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	55,42±0,39^{A}	22,41±0,11^{A}	10,17±0,12^{B}	48,48±0,39^{AB}
Kişniş	52,59±0,14^{A}	22,27±0,34^{A}	10,38±0,12^{B}	50,92±0,09^{AB}
Biberiye	57,77±0,33^{A}	21,05±0,17^{AB}	11,82±0,13^{A}	50,92±0,09^{AB}
Yenibahar	57,88±0,32^{A}	21,08±0,44^{A}	10,65±0,30^{AB}	45,82±0,42^{A}
Fesleğen	57,04±1,55^{A}	20,50±0,39^{A}	11,80±0,09^{B}	46,51±1,54^{A}
PS	58,09±0,24^{A}	21,82±0,16^{A}	10,74±0,09^{A}	45,99±0,20^{A}
SB	55,09±0,30^{A}	21,95±0,17^{A}	11,32±0,11^{A}	48,76±0,36^{A}
Nisin	54,55±0,56^{A}	22,80±0,10^{A}	10,99±0,02^{B}	49,55±0,49^{ABC}
Kontrol	52,68±0,28^{A}	23,82±0,24^{A}	10,70±0,21^{A}	51,60±0,38^{A}

*Ortalama ± standart hata; A - E : Aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan renk değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 4.15. Farklı antimikrobiyeller içeren PASP kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri (Devam)

	DEPOLAMA SÜRESİ			
	14. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	54,40±1,23^{A}	21,27±0,55^{AB}	9,76±0,32^{B}	48,79±1,26^{AB}
Kişniş	52,85±0,77^{A}	20,86±0,16^{B}	10,30±0,23^{B}	50,08±0,71^{AB}
Biberiye	57,09±0,92^{A}	20,37±0,16^{B}	11,89±0,18^{A}	50,08±0,71^{AB}
Yenibahar	56,39±0,42^{A}	19,91±0,28^{AB}	10,41±0,17^{AB}	46,55±0,21^{A}
Fesleğen	58,00±0,13^{A}	20,40±0,15^{A}	11,64±0,11^{B}	45,60±0,01^{A}
PS	56,93±0,42^{A}	21,59±0,28^{A}	10,83±0,14^{A}	46,90±0,52^{A}
SB	55,97±0,46^{A}	21,96±0,22^{A}	11,21±0,19^{A}	47,98±0,53^{AB}
Nisin	53,83±0,71^{AB}	21,38±0,14^{C}	11,09±0,11^{B}	49,57±0,67^{ABC}
Kontrol	53,30±1,51^{A}	22,01±0,95^{A}	11,72±0,57^{A}	50,45±1,62^{A}
	21. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	52,93±0,80^{AB}	20,63±0,14^{B}	10,36±0,20^{B}	49,92±0,69^{AB}
Kişniş	53,54±0,25^{A}	20,72±0,21^{B}	10,78±0,11^{B}	49,48±0,27^{B}
Biberiye	57,70±0,11^{A}	19,06±0,17^{C}	12,33±0,10^{A}	49,48±0,27^{AB}
Yenibahar	55,94±0,79^{A}	19,76±0,10^{AB}	11,49±0,19^{A}	47,09±0,66^{A}
Fesleğen	58,00±0,23^{A}	19,26±0,12^{AB}	12,23±0,10^{AB}	45,23±0,16^{A}
PS	57,09±0,97^{A}	21,04±0,38^{A}	11,21±0,33^{A}	46,58±1,07^{A}
SB	56,79±0,05^{A}	19,69±0,15^{B}	11,43±0,12^{A}	46,30±0,11^{B}
Nisin	54,61±0,86^{A}	20,18±0,12^{D}	11,36±0,10^{B}	48,42±0,78^{BC}
Kontrol	53,18±0,88^{A}	22,15±0,11^{A}	11,77±0,24^{A}	50,61±0,80^{A}

*Ortalama ± standart hata; A - E : Aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan renk değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

Çizelge 4.15. Farklı antimikrobiyeller içeren PASP kaplama uygulanmış dilimlenmiş Macar salamı örneklerinin renk özellikleri (Devam)

	DEPOLAMA SÜRESİ			
	28. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	55,74±0,48^{A}	18,81±0,33^{C}	11,78±0,16^{A}	46,94±0,36^{B}
Kişniş	51,01±0,29^{A}	21,76±0,13^{AB}	12,21±0,10^{A}	52,43±0,33^{B}
Biberiye	58,33±0,41^{A}	18,10±0,20^{CD}	12,03±0,10^{A}	44,40±0,39^{C}
Yenibahar	57,23±0,32^{A}	20,53±0,19^{A}	9,86±0,07^{B}	45,98±0,35^{A}
Fesleğen	57,05±1,38^{A}	17,10±0,68^{B}	11,76±0,16^{B}	45,09±1,44^{A}
PS	57,74±0,50^{A}	20,87±0,29^{A}	11,11±0,17^{A}	45,93±0,50^{A}
SB	55,74±0,48^{A}	18,81±0,33^{B}	11,78±0,16^{A}	46,94±0,36^{AB}
Nisin	51,01±0,29^{B}	21,76±0,13^{BC}	12,21±0,10^{A}	52,43±0,33^{A}
Kontrol	52,02±0,23^{A}	20,78±0,37^{AB}	11,20±0,25^{A}	50,94±0,27^{A}
	35. GÜN			
	Renk özellikleri			
Antimikrobiyel madde	***L****	***a****	***b****	***ΔE****
Kekik	49,88±0,55^{B}	18,85±0,15^{C}	10,33±0,21^{B}	51,98±0,45^{A}
Kişniş	52,21±0,48^{A}	18,61±0,03^{C}	10,65±0,13^{B}	49,74±0,42^{B}
Biberiye	56,18±0,86^{A}	17,56±0,25^{D}	12,11±0,38^{A}	51,98±0,45^{A}
Yenibahar	56,96±0,26^{A}	18,45±0,03^{B}	11,37±0,07^{A}	45,61±0,20^{A}
Fesleğen	57,79±0,31^{A}	17,07±0,10^{B}	12,77±0,13^{A}	44,65±0,33^{A}
PS	57,21±0,24^{A}	19,03±0,19^{B}	10,97±0,11^{A}	45,55±0,28^{A}
SB	56,49±0,13^{A}	19,08±0,27^{B}	10,70±0,16^{A}	46,16±0,14^{B}
Nisin	55,60±0,39^{A}	17,63±0,18^{E}	11,02±0,12^{B}	46,44±0,43^{C}
Kontrol	54,78±1,97^{A}	17,71±0,85^{B}	9,59±1,02^{A}	46,97±2,27^{A}

*Ortalama ± standart hata; A - E : Aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan renk değerleri ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,01).

L değerleri üzerine, kaplama türü ve depolama zamanı istatistiksel olarak önemli, kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (*P*<0,01). Buna göre, en yüksek *L* değeri, fesleğen esansiyel yağları içeren PASP kaplamalarla (57,80), en düşük ortalama *L* değeri (52,43), kişniş esansiyel yağı içeren PASP kaplamalarla elde edilmiştir. Yine, en yüksek *L* değeri, depolamanın 7. gününde (55,68), en düşük *L* değeri, depolamanın 28. gününde (55,09) bulunmuştur (*P*<0,01).

a değerleri üzerine, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (*P*<0,01). Buna göre, en yüksek *a* değeri (21,50) kontrol PASP kaplamalar ile sağlanmış iken, en düşük *a* değeri (19,08 ve 19,20) kişniş ve fesleğen esansiyel yağı içeren PASP kaplamalarda belirlenmiştir. Depolama süresince, *a* değerleri incelendiğinde, depolamanın 7. günü en yüksek değer (21,97) ve 35. günde (18,22) en düşük değerler tespit edilmiştir (*P*<0,01).

b değerleri üzerine, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (*P*<0,01). Buna göre, en yüksek *b* değeri (12,02) biberiye esansiyel yağı içeren PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinde belirlenmiştir. En düşük *b* değeri ise (10,40) kekik esansiyel yağ içeren metil selüloz kaplama uygulanmış örneklerde bulunmuştur. Yine, depolamanın 28. günü 11,55 değeri ile en yüksek, depolanın 1. günü 10,90 ile en düşük *b* değerleri tespit edilmiştir (*P*<0,01).

Δ*E* değerleri üzerine, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü*depolama zamanı interaksiyonu istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (*P*<0,01). Buna göre, en yüksek Δ*E* değerleri (50,59 ve 50,10) kontrol ve kişniş esansiyel yağlarını içeren PASP kaplamalar ile sağlanırken, en düşük Δ*E* parametresi değeri, (45,36) fesleğen esansiyel yağı ilave edilmiş PASP kaplamalar ile elde edilmiştir. En yüksek Δ*E* değeri, (48,73) depolamanın 7. gününde tespit edilmiştir. En düşük Δ*E* değeri ise, depolamanın 35. gününde (47,68) belirlenmiştir (*P*<0,01).

Genel olarak, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin renk parametre değerleri, herhangi bir kaplama uygulanmamış Macar salamı örnekleri renk parametreleri ile kıyaslandığında, farklılık görülmediği tespit

edilmiştir. Ancak, tespit edilen *L*, *a*, *b* renk parametreleri, antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerin renk değerlerine kıyasla, daha yüksektir. Antimikrobiyel PASP kaplama uygulaması, Macar salamı örneklerinin renklerinde önemli değişimlere neden olmamıştır (P<0,01).

4.9. Antimikrobiyel Filmlerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri

4.9.1. Filmlerin Kalınlık ve Ağırlık Sonuçları

Farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı polimerlerinden elde edilen yenilebilir film örneklerinin, ortalama kalınlık (mm) ve ağırlık (g) sonuçları Çizelge 4.16.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Farklı antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmlerin kalınlık (mm) ve ağırlık (g) ölçümleri

Antimikrobiyel Madde	Metil Selüloz Film		P.A.S.P. Film	
	Kalınlık (mm)*	Ağırlık (g)*	Kalınlık (mm)*	Ağırlık (g) *
Kontrol	0,166±0,009	5,211±0,046	0,333±0,029	5,093±0,003
Kekik	0,187±0,012	3,585±0,157	0,448±0,042	5,073±0,032
Kişniş	0,193±0,023	3,034±0,109	0,450±0,031	4,706±0,217
Biberiye	0,194±0,006	3,252±0,126	0,405±0,047	4,490±0,145
Yenibahar	0,195±0,010	3,985±0,106	0,517±0,051	4,163±0,037
Fesleğen	0,195±0,010	4,239±0,087	0,388±0,037	4,686±0,021
Potasyum sorbat	0,250±0,006	11,027±0,184	0,575±0,041	7,386±0,204
Sodyum benzoat	0,257±0,020	6,040±0,045	0,388±0,013	6,310±0,098
Nisin	0,164±0,012	6,224±0,058	0,167±0,024	3,686±0,352

*Ortalama ve standart hata

Antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin kalınlık ölçümleri incelendiğinde, film kalınlıklarının 0,164±0,012 - 0,257±0,020 mm değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre, en kalın metil selüloz filmlerin, % 4 a/h oranında sodyum benzoat içeren metil selüloz filmler olduğu, en ince metil selüloz filmlerin ise 10.000 IU nisin içeren metil selüloz filmler olduğu görülmektedir (P<0,01). Antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı

filmlerin, film kalınlık değerlerinin ise 0, 167±0,024 - 0, 575±0,041 mm değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre, en kalın peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, % 4 a/h oranında potasyum sorbat içeren filmler olduğu, en ince filmlerin ise 10.000 IU nisin içeren peynir altı suyu protein izolatı filmler olduğu görülmektedir (P<0,01). Genel olarak, antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin kalınlıkları, önemli ölçüde metil selüloz filmlere kıyasla daha kalın bulunmuştur (P<0,05). Bu sonuçlar, Sivaroban ve ark (2008), tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar, 10.000 IU nisin, EDTA ve üzüm çekirdeği ekstraktları ile zenginleştirilen soya protein izolatı filmlerin kalınlıklarının 0,609±2,93 - 0,625±5,55 mm arasında olduğunu belirtmişlerdir. Ko ve ark (2001), tarafından yapılan bir başka çalışmada, nisin ilave edilmiş peynir altı suyu protein izolatı filmlerin kalınlıklarının ortalama 0, 244±8, 5 mm olduğu bildirilmiştir.

Antimikrobiyel madde içeren metil selüloz film ağırlıkları incelendiğinde, ağırlık değerlerinin, 3,034±0,109 - 11,027±0,184 g arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre, en ağır metil selüloz filmlerin, % 4 a/h oranında, potasyum sorbat içeren filmler iken, en hafif metil selüloz filmler ise % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı içeren metil selüloz filmlerdir (P<0,01). Antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin ağırlık değerleri incelendiğinde ise, ağırlık değerlerinin, 3,686±0,352 - 7,386±0,204 g arasında olduğu görülmektedir (P<0,01). Genel olarak, antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin ağırlıkları, antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlere kıyasla daha ağır bulunmuştur (P<0,05). Konu ile ilgili yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde, filmlerin ağırlık değerlerinin ölçüm parametreleri arasında yer almadığı görülmektedir. Candoğan (2005), tarafından yapılan bir araştırmada ise, sadece antimikrobiyel aktivite testinde kullanılan film disklerin ağırlık değerleri ölçülmüş ve bu değerlerin 0,056±0,001 - 0,134±0,005 mg değerleri arasında değiştiği belirtilmiştir.

4.9.2. Filmlerin Nem İçeriği

Farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı polimerlerinden elde edilen yenilebilir film örneklerinin, nem içeriği sonuçları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.

Antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin % nem içerikleri incelendiğinde, nem içeriklerinin, 8,10±0,288 - 11,63±0,088 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre, en düşük nem içeriğine % 4 a/h oranında potasyum sorbat içeren metil selüloz filmler sahip iken, en yüksek nem içeriği ise yine % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı içeren metil selüloz filmler olduğu tespit edilmiştir (P<0,01). Antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin % nem içeriği incelendiğinde ise değerlerin, 5,73±0,317 - 9,06±0,881 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre, en düşük % nem içeriğine sahip olan peynir altı suyu protein izolatı filmler % 4 a/h oranında sodyum benzoat içerenler iken, en yüksek % nem içeriğine sahip olanların ise, 10.000 IU nisin ile zenginleştirilmiş filmler olduğu görülmektedir (P<0,01).

Çizelge 4.17. Farklı antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmlerin nem ölçümleri (%)

Antimikrobiyel madde	Metil Selüloz Film*	P.A.S.P Film*
Kontrol	9,36±1,047	7,93±1,105
Kekik	10,70±0,152	7,06±0,185
Kişniş	11,63±0,088	8,06±0,375
Biberiye	11,20±0,202	9,20±1,212
Yenibahar	11,26±0,145	8,50±0,680
Fesleğen	9,36±0,470	8,13±0,920
Potasyum sorbat	8,10±0,288	6,60±0,200
Sodyum benzoat	8,40±0,152	5,73±0,317
Nisin	8,13±0,288	9,06±0,881

*Ortalama ve standart hata

Genel olarak, antimikrobiyel metil selüloz filmlerin, antimikrobiyel PASP filmlere kıyasla % nem içeriklerinin, daha yüksek olduğu görülmektedir (P<0,05). Metil selüloz içeren film örneklerinin, daha yüksek nem değerlerine sahip

olunmasının, bu polimerlerdeki eterik gruplardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu grupların, selüloz zincirlerini aralayarak zincirler arasındaki boşluğu arttırdığı ve böylece suyun adsorpsiyonu kolaylaştırıcı etki gösterdiği düşünülmektedir (Kibar, 2010). Karbonhidrat ve protein polimerlerinden elde edilen filmler hidrofilik karakterdedirler ve filmlerin bu karakteristikleri artan nem oranı ile paralel olarak artış gösterir. Dolayısıyla, % nem içeriği yüksek olan filmlerin su buharı geçirgenliklerinin de yüksek olması beklenmektedir (Mehmetoğlu, 2010). Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Pastor ve ark (2013), tarafından resveratrol ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, % nem içerikleri 5,9 - 7 olarak bulunmuştur. Martins ve ark (2012), tarafından karregenan ve keçiboynuzu zamkı kullanılarak elde edilen filmlerin % nem içeriklerinin 13,69 -26,77 değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Rubilar ve ark (2013), tarafından yapılan farklı bir çalışmada ise kitosan filmlerin nem içeriklerinin 8,87 – 14,87 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

4.9.3. Filmlerin Kuru Madde Yoğunlukları

Farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı polimerlerinden elde edilen yenilebilir film örneklerinin, kuru madde yoğunlukları Çizelge 4.18'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Yenilebilir film örneklerinin kuru madde yoğunlukları ($g.cm^{-3}$)

Antimikrobiyel madde	Metil Selüloz Film*	P.A.S.P. Film*
Kontrol	1,34±0,432	0,98±0,129
Kekik	1,20±0,044	0,83±0,918
Kişniş	1,14±0,107	0,93±0,098
Biberiye	1,17±0,115	0,69±0,067
Yenibahar	1,18±0,550	0,53±0,085
Fesleğen	1,29±0,570	0,66±0,012
Potasyum sorbat	1,67±0,148	1,14±0,041
Sodyum benzoat	1,63±0,248	1,86±0,243
Nisin	1,43±0,117	0,56±0,049

*Ortalama ve standart hata

Antimikrobiyel özellikteki metil selüloz filmlerin, kuru madde yoğunluk değerleri incelendiğinde, 1,14±0,107 - 1,67±0,148 g.cm^{-3} arasında değiştiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre, en yüksek kuru madde yoğunluk değerinin, % 4 a/h oranında potasyum sorbat içeren metil selüloz filmlere ait olduğu, en düşük kuru madde yoğunluk değerinin ise, % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı içeren filmlere ait olduğu görülmektedir (P<0,01). Antimikrobiyel özellikteki peynir altı suyu protein izolatı filmlerin kuru madde yoğunluk değerlerinin ise, 0, 53±0, 085 - 1,86±0,243 arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre, en düşük kuru madde yoğunluk değerinin, % 4 a/h oranında yenibahar esansiyel yağı içeren filmlere ait olduğu, en yüksek değerin ise, % 4 a/h oranında sodyum benzoat içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlere ait olduğu görülmektedir (P<0,01). Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Wang ve ark (2013), çay fenolikleri ile zenginleştirilen kitosan filmlerle yaptıkları bir çalışmada film yoğunluklarının, 1,102±0,078 - 1,231±0,120 değerleri arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

4.9.4. Filmlerin Su Buharı Geçirgenliği

Filmlerin su buharı geçirgenliğinin değerlendirilmesinde, dikkate alınması gereken faktörler, polimerin yapısı ile antimikrobiyel maddenin polimer ile etkileşimidir. Çalışılan filmler, yapılarındaki hidroksil grupları nedeniyle hidrofil özelliktedir. Farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan, metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı polimerlerinden elde edilen yenilebilir film örneklerinin, su buharı geçirgenlik değerleri Çizelge 4. 17.'de gösterilmiştir.

Antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin, su buharı geçirgenlikleri incelendiğinde 0,145±0, 068 - 0,314±0,001 g.mm/m^2 sa kPa değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre, en yüksek su buharı geçirgenlik değerine sahip filmlerin, 10.000 IU nisin içeren metil selüloz filmler olduğu, en düşük su buharı geçirgenlik değerine ise, % 4 a/h oranında potasyum sorbat içeren metil selüloz filmlerin sahip olduğu görülmektedir (P<0,01).

Çizelge 4.19. Yenilebilir film örneklerinin su buharı geçirgenlik değerleri (g.mm/m^2.sa.kPa)

Antimikrobiyel madde	Metil Selüloz Film*	P.A.S.P. Film*
Kontrol	0,239±0,026	2,614±0,016
Kekik	0,215±0,001	6,801±0,040
Kişniş	0,201±0,000	8,759±0,078
Biberiye	0,260±0,002	7,641±0,013
Yenibahar	0,246±0,001	5,521±0,052
Fesleğen	0,267±0,002	5,593±0,015
Potasyum sorbat	0,145±0,068	3,655±0,015
Sodyum benzoat	0,187±0,002	3,443±0,017
Nisin	0,314±0,001	6,857±0,045

*Ortalama ve standart hata

Antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, su buharı geçirgenlik değerlerinin ise, 2,614±0,016 - 8,759±0,078 g.mm/m^2.sa.kPa değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Buna göre, en düşük su buharı geçirgenlik değerine, herhangi bir antimikrobiyel madde içeremeyen kontrol filmler sahip iken, en yüksek su buharı geçirgenlik değerine ise % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı içeren peynir altı suyu protein izolatı filmler sahiptir (P<0,01). Su buharının, polimer süresince aktarımı suyun, önce yapıda çözünmesi ve daha sonra difüzyonu ile olmaktadır. Bu nedenle, polimer zincirleri arasındaki kuvvetli etkileşim, suyun difüzyonunu zorlaştırmakta ve su buharı geçirgenlik değerleri düşmektedir.

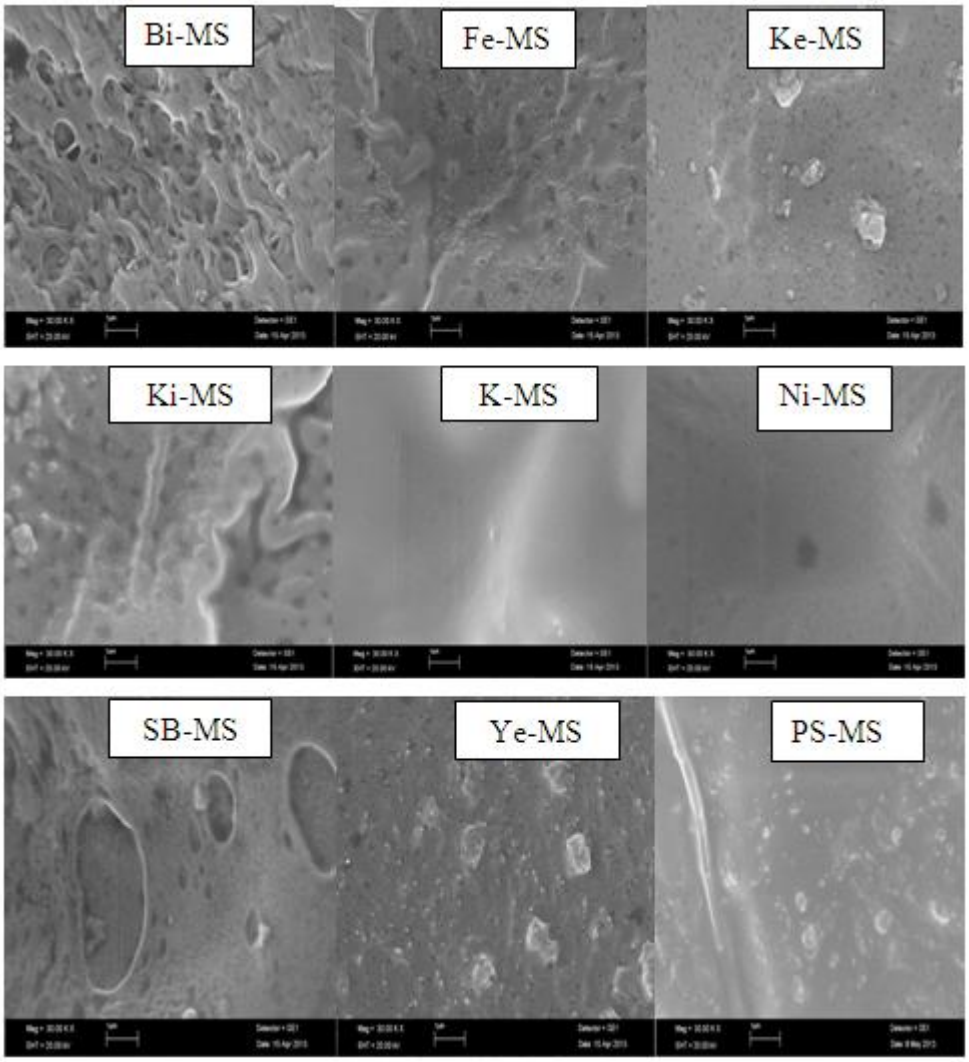
Antimikrobiyel metil selüloz filmler ile antimikrobiyel peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, su buharı geçirgenlik değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Sonuçlar değerlendirildiğinde, beklenildiği gibi % nem içeriği yüksek olan filmlerin, su buharı geçirgenlik değerleri de yüksektir. Protein ve karbonhidrat gibi polar polimerler, düşük gaz geçirgenliği ve yüksek su buharı geçirgenliği değerleri gösterirler. Araştırma sonuçlarına benzer olarak, Mehmetoğlu (2010) tarafından yapılan bir derlemede, peynir altı suyu protein izolatı filmlerin su buharı geçirgenliklerinin, 3,720 - 4,121 g.mm/m^2.sa.kPa değerleri arasında olduğu belirtilmiştir. Metil selüloz filmlerin ise, ortalama 0,462 g.mm/m^2.sa.kPa değerinde bir su buharı basıncına sahip olduğu belirtilmiştir. Araştırma sonuçlarında da, peynir altı suyu protein izolatı filmlerin su buharı

geçirgenlik değerleri, metil selüloz filmlere kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Yine, benzer bir çalışmada, metil selüloz filmlerin su buharı geçirgenlikleri, 0,494±0,152 - 0,598±0,369 g.mm/m^2.sa.kPa değerleri arasında bulunmuştur (Turhan ve Şahbaz, 2004). Pires ve ark (2013), tarafından yapılan bir başka çalışma da ise kekik ve fesleğen esansiyel yağları ile zenginleştirilmiş hake (barlam balığı) protein filmlerinin su buharı geçirgenlik değerleri, 3,57±0,11 - 3,77±0,00 g.mm/m^2.sa.kPa arasında bulunmuştur.

Ayrıca, su buharı geçirgenliği değerlerini, yüzey mikrograflarından elde edilen sonuçlarla ilişkilendirmek mümkün olmaktadır. Yüzey mikrograflarında, esansiyel yağlar içeren film örneklerinde, faz ayrımıyla birlikte heterojen yüzey oluşumu gözlenmiştir. Ayrıca, tüm esansiyel yağların ilavesi, yüzey pürüzlülüğünü arttırmıştır (Şekil 4.16 ve 4.17). Heterojen yüzey oluşumuyla kendini gösteren yapısal bütünlükteki kayıp, gözenekli bir yapı oluşumuna ve dolayısıyla daha yüksek su buharı geçirgenliği değerleri değerlerine yol açmaktadır. Nitekim, esansiyel yağlar içeren filmlerde daha yüksek su buharı geçirgenliği değerlerinin gözlenmesi, yapısal bütünlükteki kayıptan kaynaklanmaktadır.

4.9.5. Filmlerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İle Gözenek Yapıları

Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (SEM), filmlerin yüzey homojenitesi hakkında bilgi vermektedir. Homojen bir film yüzeyi, yapısal bütünlüğün göstergesi olarak kabul edilmektedir ve böyle filmlerin mekanik özelliklerinin de iyi olması beklenmektedir (Mali ve ark, 2005). Farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı polimerlerinden elde edilen yenilebilir film örneklerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenen yüzey yapıları, Şekil 4.16. ve Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.

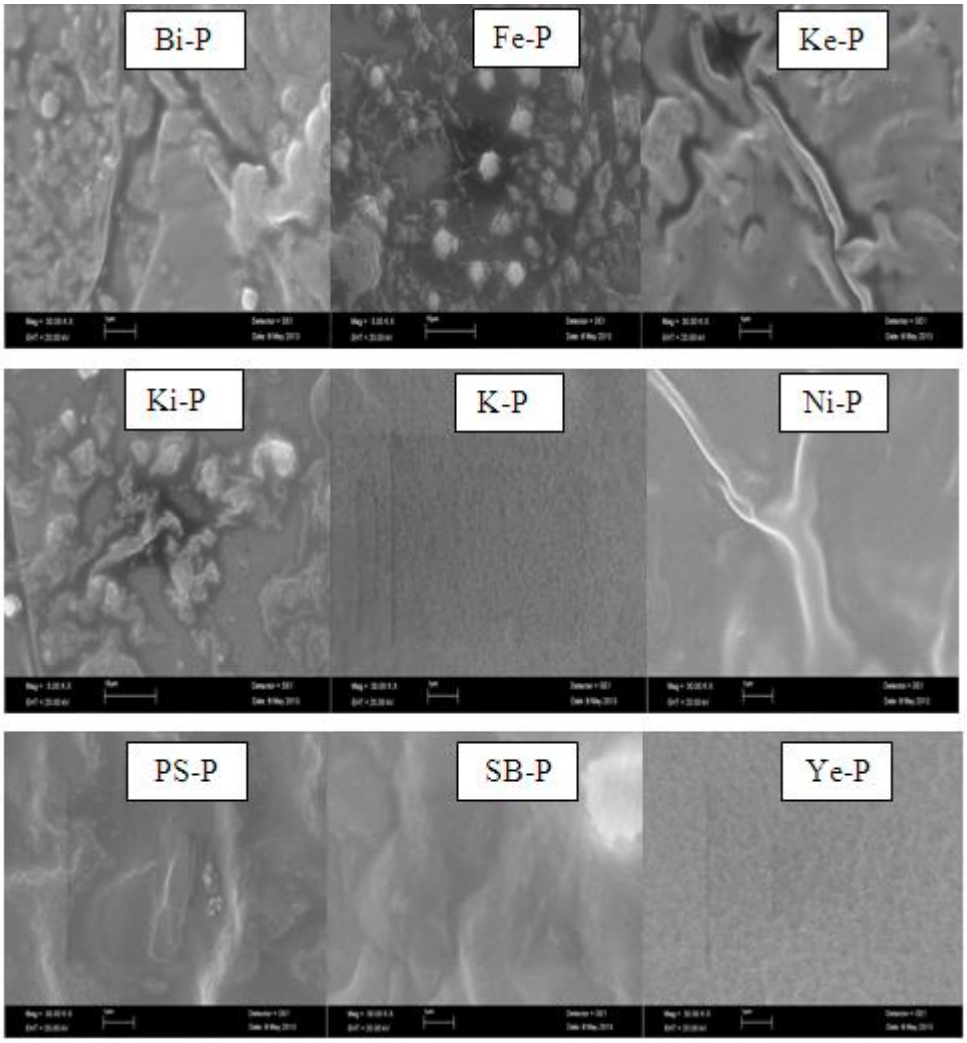


Şekil 4.16. Farklı antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin SEM yüzey mikrografları

Şekil 4.16'daki mikrograflar incelendiğinde, antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmler içinde, en homojen yüzeye sahip örnek grubunun, herhangi bir antimikrobiyel içermeyen, kontrol metil selüloz filmlerle, % 4 a/h oranında potasyum sorbat, % 4 a/h oranında yenibahar esansiyel yağı ile 10.000 IU nisin içeren metil selüloz filmler olduğunu söylemek mümkündür. Kontrol metil selüloz filmler ile nisin (10.000 IU) ilave edilmiş metil selüloz filmlerin, hiç birinde iğne deliği ya da hava kabarcığına rastlanmamıştır. Yenibahar esansiyel yağı (% 4 a/h), ve potasyum sorbat (% 4 a/h) içeren filmlerdeki antimikrobiyel maddeler, yüzey pürüzsüzlüğünü bir miktar artırmışsa da, homojenite bozulmamıştır. Yüzey mikrograflarındaki

yapısal bütünlük, aynı zamanda bileşenlerin birbiri ile uyumlarının da bir göstergesi olduğu göz önünde bulundurulursa (Kibar, 2010), potasyum sorbat, nisin ve yenibahar esansiyel yağları ile metil selüloz polimerinin, gliserol varlığında birbirleri ile uyumlu olduklarını söylemek mümkündür. % 4 a/h oranında kekik, kişniş biberiye, fesleğen esansiyel yağları ve sodyum benzoat içeren metil selüloz filmlere ait mikrograflar incelendiğinde ise, antimikrobiyel maddelerin varlığında yüzey pürüzsüzlüğünün önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Özellikle, esansiyel yağlar ilave edilmiş metil selüloz film örneklerinde, süngerimsi yapıyla birlikte gözenekler oluşmuştur. Yapısal homojenlik ve bütünlükte meydana gelen bu kayıp, bileşenler arasında faz ayrımının olduğunun bir göstergesidir. Diğer filmlerdeki homojen yapı bütünlüğü göz önünde bulundurulduğunda, bu faz ayrımının, polimerik matriks ile plastikleştirici (gliserol) arasında oluştuğu söylenebilir.

Şekil 4.17'deki yüzey mikrografları incelendiğinde ise, antimikrobiyel madde içeren PASP filmler içerisinde, en homojen yüzeye sahip film örnek grubunun, herhangi bir antimikrobiyel madde içeremeyen kontrol PASP filmlerle, % 4 a/h oranında potasyum sorbat, sodyum benzoat, yenibahar esansiyel yağı ile 10.000 IU nisin içeren PASP filmler olduğunu söylemek mümkündür. Kontrol filmler ile yenibahar esansiyel yağı içeren filmlerin, hiç birinde iğne deliği ya da hava kabarcığına rastlanmamıştır. Sodyum benzoat, potasyum sorbat ve nisin filmlerdeki antimikrobiyel madde varlığı yüzey pürüzsüzlüğünü bir miktar arttırmışsa da, film homojenliği bozulmamıştır. Bu film örnekleri için, yenibahar esansiyel yağı, potasyum sorbat, sodyum benzoat ve nisinin gliserol varlığında, PASP polimerleri ile uyumlu olduğunu söylemek mümkündür. % 4 a/h oranında kişniş, biberiye, kekik ve fesleğen esansiyel yağları içeren PASP filmler incelendiğinde, metil selüloz filmlere benzer olarak, antimikrobiyel madde varlığında, yüzey pürüzlüğünün önemli ölçüde arttığı ve faz ayrılmasının meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.17. Farklı antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin SEM yüzey mikrografları.

Sonuç olarak, film örneklerinin mikrograflarına göre, gliserol içeren filmlerin antimikrobiyel madde içermediğinde, ya da potasyum sorbat, sodyum benzoat ve nisin ile zenginleştirildiklerinde yapısal bütünlüğünü koruduğu ancak, yapıya esansiyel yağların ilavesi ile film örneklerinin tamamına yakınında, faz ayrılmasının meydana geldiği görülmektedir. Bu olay, esansiyel yağların yapısal özellikleri sebebiyle, polimer zincirleri arasına kolaylıkla girememesi ve polimerik matriks içerisine dahil olamamasının bir göstergesidir. Ancak, bu durum, yenibahar esansiyel yağı ile zenginleştirilen, metil selüloz ve PASP polimerlerinden elde edilen film örnekleri için geçerli değildir. Yenibahar esansiyel yağı polimerik matriks ile gliserol

arasında faz ayrımı oluşturmamış, gliserol varlığında film polimerleri ile uyumlu davranış sergilemiştir.

4.9.6. Filmlerin Çekme Dayanımı (TS), Uzama Katsayısı (E) ve Young Modülü (YM)

Farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı polimerlerinden elde edilen yenilebilir film örneklerinin çekme dayanımı (TS), uzama katsayısı (E) ve Young Modülü (YM) Çizelge 4.20. ve Çizelge 4.21.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20 incelendiğinde, uzama katsayısı (% E) değerlerinin 13,129±0,315 - 59,304±0,615 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre, en düşük uzama katsayısı (% E), antimikrobiyel metil selüloz filmin % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı içeren filmler olduğu, en yüksek uzama katsayısı (% E), ise herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol filmlerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.20. Farklı antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin çekme dayanımı (TS), uzama katsayısı (% E) ve Young Modülü (YM)

Antimikrobiyel madde	Uzama Katsayısı (% E)	Young Modülü (YM, KPa)	Çekme Dayanımı (TS, KPa)
Kişniş	13,129±0,315	104,353±8,218	6,009±0,347
Fesleğen	41,420±1,674	82,801±8,616	16,534±2,285
Kekik	32,806±1,242	85,218±19,916	13,789±2,833
Yenibahar	24,226±1,742	97,744±4,198	10,826±0,582
Biberiye	37,892±1,794	128,097±18,231	23,070±2,520
Potasyum sorbat	21,706±1,288	239,132±13,786	19,246±0,039
Sodyum benzoat	19,325±1,439	234,623±17,301	16,594±2,164
Nisin	38,319±2,279	159,959±20,525	21,343±1,676
Kontrol	59,304±0,615	131,405±2,341	43,800±0,349

*Ortalama ve standart hata

Antimikrobiyel metil selüloz filmlerin çekme dayanımları incelendiğinde ise, 6,009±0,347 - 43,800±0,349 MPa değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Benzer

olarak, en düşük çekme dayanımı değerine sahip antimikrobiyel metil selüloz filmin, % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı içeren metil selüloz içeren filmler olduğu, en yüksek çekme dayanımı değerine sahip filmlerin ise, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol filmler olduğu görülmektedir. Çekme dayanımı (gerilme direnci), filmlerin kopmadan taşıyabileceği yük miktarını, başka bir ifadeyle filmlerin mekanik dayanıklılığını göstermektedir. % uzama ise, elastikiyetin bir ölçüsüdür (Kibar, 2010). Bu noktadan hareketle, herhangi bir madde içermeyen metil selüloz filmlerin, diğer film örneklerine kıyasla daha dayanıklı ve elastik olduğunu söylemek mümkündür. Antimikrobiyel madde ilavesi, özellikle de esansiyel yağların ilavesi, film kırılganlıklarını artırarak, filmlerin uzama katsayısı (% E) ve çekme dayanım değerlerini düşürmüş, film dayanıklılığı ve elastikiyeti azalmıştır.

Çizelge 4.21 incelendiğinde, uzama katsayısı (% E) değerlerinin 4,626±0,187 - 52,901±0,666 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre, en düşük uzama katsayısı (% E) filmler, % 4 a/h oranında kekik esansiyel yağı içeren PASP filmler iken, en yüksek uzama katsayısı değerine sahip filmler ise, % 4 a/h oranında potasyum sorbat içeren PASP filmlerdir. PASP filmlerin çekme dayanımları incelendiğinde ise, değerlerin 0,421±0,089 - 2,720±0,212 MPa arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlere göre, en düşük çekme dayanıma sahip filmlerin, % 4 a/h oranında fesleğen esansiyel yağı içeren PASP filmler olduğu, en yüksek çekme dayanıma sahip filmlerin ise, % 4 a/h oranında sodyum benzoat içeren PASP filmler olduğu görülmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, film yapısal bütünlüğü ve homojenliği yüksek olan sodyum benzoat içeren PASP filmlerin daha dayanıklı ve daha esnek özellikler sergilediğini söylemek mümkündür. Ayrıca, araştırmada, sorbat içeren filmlerin benzoat içeren filmlere göre daha yüksek bir uzama katsayısına ve daha az çekme dayanımına sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Çağrı ve ark (2001), tarafından yapılan çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Araştırmacılar bu sonuçların nedenini, düz zincir yapılı sorbatın, halka yapısında olan benzoata göre, protein zincirleri arasında kolay difüze olarak, protein zincirlerinin birbirleri ile olan etkileşiminde daha etkili olması şeklinde açıklanmıştır.

Çizelge 4.21. Farklı antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin çekme dayanımı (TS), uzama katsayısı (% E) ve Young Modülü (YM)

Antimikrobiyel madde	Uzama Katsayısı* (% E)	Young Modülü* (YM, KPa)	Çekme Dayanımı* (TS, KPa)
Kişniş	6,347±0,177	101,883±13,245	0,573±0,734
Fesleğen	5,547±1,100	73,368±2,023	0,421±0,089
Kekik	4,626±0,187	125,253±22,633	0,522±0,105
Yenibahar	42,010±3,379	24,443±1,581	2,004±0,248
Biberiye	6,418±0,652	88,348±27,716	0,524±0,120
Potasyum sorbat	52,901±0,666	8,334±0,551	0,918±0,052
Sodyum benzoat	48,196±3,458	18,257±0,680	2,720±0,212
Nisin	48,302±0,311	3,531±0,662	0,955±0,182
Kontrol	38,438±0,556	13,757±3,038	0,823±0,114

*Ortalama ve standart hata

Molekül ağırlığının artmasıyla, polimer zincirlerinin griftliği ve moleküller arası çekim kuvvetleri artmaktadır. Bunun sonucu olarak, Young Modülü artmakta, malzeme sertleşmektedir. Molekül ağırlığının artmasıyla, kopma gerilimi ve kopmada uzama da, aynı şekilde önce artmakta, daha sonra fazla değişmemektedir (Kibar, 2010). Sonuç olarak, molekül ağırlığının artmasıyla, malzeme daha sert ve dayanıklı olmaktadır. Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21 incelendiğinde, molekül ağırlığı yüksek olan metil selüloz filmlerin Young Modülü değerlerinin, PASP filmlere kıyasla yüksek olduğu görülmektedir (P<0,05).

Araştırmamız sonuçlarına benzer olarak, Ko ve ark (2001), tarafından yapılan bir çalışmada, nisin ilave edilmiş peynir altı suyu protein izolatı filmlerin, çekme dayanımları ortalaması 3,50±0,34 MPa, soya proteini izolatı filmlerin çekme dayanımları ise, 10,43±2,53 MPa olarak bulunmuştur. Sivarooban ve ark (2008), tarafından yapılan farklı bir çalışmada ise, 10.000 IU nisin ilave edilerek hazırlanmış soya protein izolatı filmlerin, çekme dayanımı değerleri 4,72±0,40 -9,78±0,12 MPa olarak tespit edilmiştir. Turhan ve Şahbaz (2004), tarafından metil selüloz filmler üzerinde yapılan bir çalışmada ise filmlerin çekme dayanımları 8±1 - 33±3 MPa,

uzama katsayıları (% E) ise 6±2 - 14±1 olarak belirlenmiştir. Ayana ve Turhan (2009), zeytin yaprağı özütü ile metil selüloz filmlerin çekme dayanımlarını 17,3±1,78 - 24,0±1,20 MPa, uzama katsayılarını ise 27,0±1,09 - 46,5±1,56 olarak belirtmişlerdir. Rojas-Graü ve ark (2007), tarafından yapılan farklı bir çalışmada ise keklik otu, karvakrol, limon otu, tarçın esansiyel yağları ve sitral ilave edilmiş alginat-elma püresi filmlerin uzama katsayıları (% E) değerleri 55,50±7,40 - 58,33±4,66, çekme dayanımı değerleri 2,47±0,37 - 2,84±0,48 MPa, Young Modülü değerleri ise 5,75±0,96 - 6,86±1,16 MPa arasında bulunmuştur. Araştırma sonuçlarımızın aksine literatürdeki bazı çalışmalarda film yapıları içerisine esansiyel yağ ekstraksiyonlarının ilave edilmesi filmlerin uzama katsayılarının artmasına dolayısıyla da çekme dayanımlarının da artışına neden olduğunu belirtmişlerdir. Örneğin Pires ve ark (2013), tarafından yapılan bir çalışmada kekik esansiyel yağı ilave edilmiş hake protein filmlerin uzama katsayıları ortalama 129,8±51,2, kişniş esansiyel yağı içeren filmlerin uzama katsayıları ise 178,2±25,5 olarak belirtilmiştir. Bu durum hake protein polimeri ile esansiyel yağların uyum göstermesi, herhangi bir faz ayrımının ve gözenekli yapının oluşmaması ile açıklanabilir.

4.9.7. Filmlerin Renk Özellikleri

Her bir film örneğinin, beyaz standart yüzey üzerinde, CR-410 kolorimetresi (Minolta Chroma, Osaka, Japon) ile L^* (açıklık) , a^* (kırmızı-yeşil) ve b^* (sarı-mavi) renk parametreleri ölçülmüştür Buna göre, farklı antimikrobiyel madde içeriklerine sahip olan metil selüloz ve peynir altı suyu protein izolatı polimerlerinden elde edilen yenilebilir film örneklerinin renk özellikleri, Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.22 incelendiğinde, metil selüloz filmlere antimikrobiyel madde ilave edilmesinin, filmlerin *L* değeri (parlaklık) üzerinde, kontrol filmlere kıyasla istatistiksel olarak önemli bir farklılık yaratmadığı görülmüştür (P<0,01). Filmlerin, *a* değeri incelendiğinde ise, özellikle esansiyel yağlar ilave edilmiş olanların, kontrol filmlere kıyasla, meydana gelen değişikliklerin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. *a* değerindeki en önemli farklılık, yenibahar esansiyel yağı ilave

edilmiş (% 4 a/h) metil selüloz filmlerde meydana gelmiştir (P<0,01). Filmlerin, *b* değeri incelendiğinde, antimikrobiyel madde ilave edilmesinin, kekik esansiyel yağı ilave edilmiş (% 4 a/h) metil selüloz filmler dışında, diğer tüm filmler türleri için istatistiksel olarak önemli değişiklikler yaptığı görülmektedir (P<0,01). Özellikle, yenibahar esansiyel yağı içeren metil selüloz filmlerin, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol filmler ile diğer filmlere kıyasla, oldukça yüksek bir *b* değerinin olması film renginin sarılaşmasına yol açmıştır.

Çizelge 4.22. Farklı antimikrobiyel madde içeren metil selüloz filmlerin renk özellikleri

	L*	***a****	***b****	***ΔE****
Kontrol	95,79±0,068	-0,18±0,031	3,06±0,080	2,08±0,076
Kekik	96,29±0,044	-0,32±0,011	3,02±0,020	1,68±0,042
Yenibahar	95,02±0,336	-0,95±0,030	6,12±0,154	4,98±0,290
Kişniş	95,60±0,669	-0,42±0,037	3,36±0,298	2,41±0,681
Fesleğen	95,50±0,751	-0,48±0,007	3,53±0,265	2,93±0,741
Biberiye	95,91±0,006	-0,41±0,006	3,30±0,070	2,16±0,045
Nisin	96,03±0,132	-0,29±0,010	3,56±0,088	2,24±0,155
SB	94,45±0,255	-0,44±0,024	3,48±0,158	3,48±0,288
PS	95,26±0,312	-0,53±0,031	3,75±0,124	2,95±0,308

*Ortalama ve standart hata

Çizelge 4.23 incelendiğinde, antimikrobiyel madde ilave edilmiş PASP filmlerin hepsinde, tüm renk parametrelerinin değişim gösterdiği ve bu değişimlerin, istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (P<0,01). *L* değerlerinin, 100 değerinden uzaklaştığı ve filmlerin şeffaflık özelliklerini yitirdiği görülmektedir. Antimikrobiyel madde ilave edilmiş PASP filmlerin, antimikrobiyel madde ilave edilmiş metil selüloz filmlere kıyasla, *L* değerlerindeki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Antimikrobiyel madde ilave edilmiş PASP filmlerin *a* değerleri incelendiğinde, en önemli farklılığın, yenibahar esansiyel yağ içeren filmlerde olduğu görülmektedir ve bu durum filmlerin, kırmızı renk değerlerinin artmasına neden olmuştur. Tüm filmler için *a* değerindeki değişimler, istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,01). Filmlerin *b* değerleri incelendiğinde ise, tüm filmler için *b* değeri değişimleri, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

En etkin *b* değeri değişimleri, yenibahar, kişniş, fesleğen ve biberiye esansiyel yağları ilave edilmiş, PASP filmlerde tespit edilmiştir (P<0,01). Bu filmlerde, sarılık değerleri diğer filmlere kıyasla artış göstermiştir.

Çizelge 4.23. Farklı antimikrobiyel madde içeren peynir altı suyu protein izolatı filmlerin renk özellikleri

	L*	***a****	***b****	***ΔE****
Kontrol	91,57±0,305	-1,59±0,037	8,06±0,186	8,70±0,345
Kekik	90,32±0,567	-2,18±0,077	9,94±0,380	11,01±0,627
Yenibahar	71,58±1,664	9,15±0,872	45,18±1,126	51,55±0,780
Kişniş	82,08±0,298	-4,55±0,142	30,86±0,575	33,13±0,525
Fesleğen	92,11±0,349	-2,72±0,930	11,73±0,369	11,52±0,481
Biberiye	88,30±0,290	-2,19±0,054	10,91±0,255	13,06±0,384
Nisin	92,10±0,290	-1,65±0,022	8,94±0,271	9,02±0,371
SB	91,46±0,126	-1,59±0,071	6,83±0,163	7,96±0,114
PS	86,06±0,666	-2,32±0,017	9,92±0,327	14,21±0,514

*Ortalama ve standart hata

Filmlerin renk özellikleri genel olarak değerlendirildiğinde, benzer bazı çalışmalarda da (Du ve ark, 2009; Sanchez-Gonzales ve ark, 2009) aynı şekilde, esansiyel yağların kullanımı, filmlerin şeffaflık, parlaklık ve renk özelliklerinde modifikasyonlara neden olmuştur. Esansiyel yağların ilave edilmesi filmin doğal rengini değiştirmiştir. Bu durum, filmlerin içerisine esansiyel yağ ilave edilmesinin, damlacık migrasyonu veya filmlerin kuruması süresince esansiyel yağın yüzeyde topaklaşma oluşturması gibi yüzey düzensizliğine yol açan etmenlerle film yüzey pürüzsüzlüğünün artması ile açıklanabilir. Yüzeyde pürüzlülüğe neden olan ögelerin, yüzeye gönderilen ışığın farklı açılarla yansımasına, dolayısıyla daha opak ve bulanık görünmesine neden olması mümkündür. Ancak, renkte meydana gelen değişimler, biyoaktif filmlerde düşük konsantrasyonlarda esansiyel yağ kullanıldığında önemli değildir (Du ve ark, 2009; Kibar, 2010; Sanchez-Gonzales ve ark, 2009). Sivarooban ve ark (2008), % 1 oranında üzüm çekirdeği ekstraktların, soya protein filmlerin *L*, *a* ve *b* değerlerini, önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Yine Du ve ark (2009), tarçın, yenibahar ve karanfil esansiyel yağları ilave edilmiş elma püresinden elde edilen filmlerin, daha koyu renkte olduğunu belirtmişlerdir.

4.10. Duyusal Değerlendirme Sonuçları

5 kişilik, gıda mühendislerinden oluşan, uzman jüri tarafından gerçekleştirilen duyusal değerlendirme sonucunda, antimikrobiyel kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, genel görünüş, renk, koku, tekstür, tat ve genel ürün beğenisi ile ilgili puanlar, Çizelge 4.24 - 4.35 ve Şekil 4.18 - 4.29'da gösterilmiştir. Duyusal analizlerde, 9 puanlık bir skala kullanılarak, değerlendirme yapılmıştır.

4.10.1. Genel Görünüş

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, genel görünüş puan ortalamaları Çizelge 4.24'de gösterilmiştir.

Farklı antimikrobiyel kaplama içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, genel görünüş puanları, depolama zamanı ile birlikte bir azalma göstermektedir ki bu durum, istatistiksel olarak tüm kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri için önemli bulunmuştur (P<0,05). Genel görünüş puanlarındaki ortalama farklılıkları genel olarak değerlendirildiğinde, kaplama türünün, depolama zamanının ve kaplama türü depolama zamanı interaksiyonun, genel görünüş puan ortalama farklılıkları üzerinde, istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Kaplama türünün genel görünüş puan ortalaması üzerindeki etkisi incelendiğinde, genel görünüş puan ortalaması en yüksek olan Macar salamı örneğinin, % 4 a/h oranında sodyum benzoat içeren metil selüloz kaplama uygulanmış salam örnekleri (7,8) olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla, % 4 a/h oranında kekik, biberiye, fesleğen esansiyel yağları ile 10.000 IU nisin, % 4 a/h potasyum sorbat ve % 4 a/h oranında yenibahar esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmektedir. Genel görünüş puan ortalamaları en düşük olan Macar salamı örnekleri ise, % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplama uygulanmış (7,04) ve herhangi bir antimikrobiyel madde ilave edilmeyen, kontrol metil selüloz kaplama uygulanmış, Macar salamı örnekleri (6,53) olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

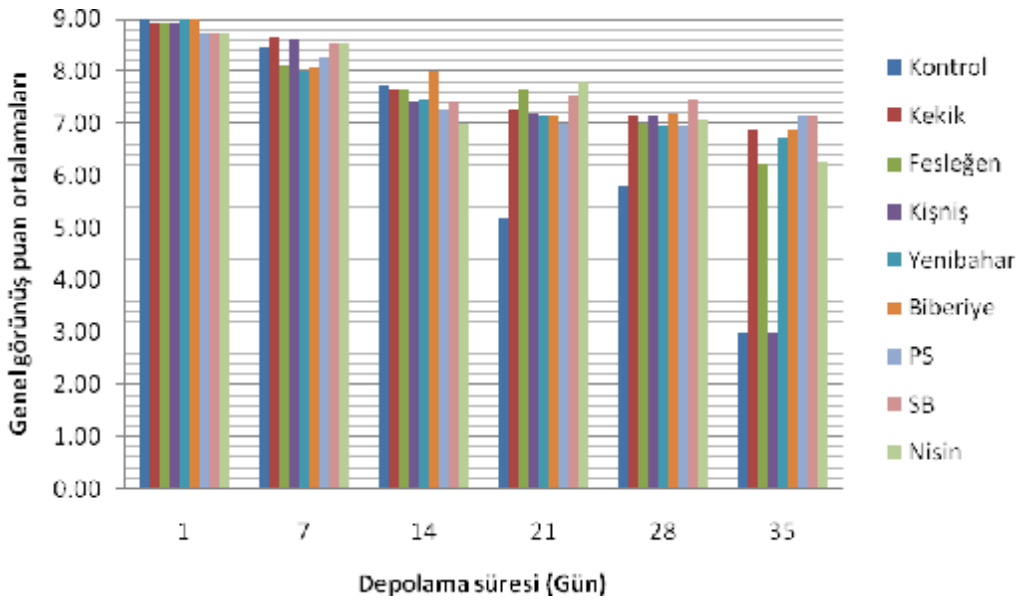
Çizelge 4.24. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	9,00±0,00^{C}	8,46±0,69^{C}	7,73±0,24^{C}	5,20±0,45^{B}	5,80±0,11^{B}	3,00±0,00^{A}
KEKİK	9,00±0,00^{C}	8,66±0,21^{C}	7,60±0,19^{B}	7,26±0,12^{AB}	7,13±0,08^{AB}	6,73±0,23^{A}
KİŞNİŞ	8,93±0,06^{C}	8,60±0,26^{C}	7,40±0,19^{B}	7,20±0,81^{B}	7,13±0,16^{B}	3,00±0,00^{A}
FESLEĞEN	9,00±0,00^{C}	8,06±0,38^{BC}	7,80±0,27^{BC}	7,53±0,20^{B}	7,20±0,08^{B}	5,86±0,42^{A}
BİBERİYE	9,00±0,00^{C}	8,06±0,33^{BC}	8,00±0,10^{B}	7,13±0,13^{AB}	7,20±0,38^{AB}	6,86±0,13^{A}
YENİBAHAR	9,00±0,00^{C}	8,00±0,36^{B}	7,46±0,16^{AB}	7,13±0,24^{AB}	6,93±0,19^{A}	6,73±0,12^{A}
PS	8,73±0,12^{C}	8,26±0,38^{BC}	7,26±0,76^{AB}	7,00±0,10^{A}	6,93±0,26^{A}	7,13±0,22^{AB}
SB	8,73±0,12^{C}	8,53±0,32^{BC}	7,40±0,35^{AB}	7,53±0,44^{ABC}	7,46±0,24^{AB}	7,13±0,32^{A}
NİSİN	8,73±0,12^{C}	8,53±0,32^{C}	7,00±0,23^{AB}	7,80±0,08^{BC}	7,06±0,54^{AB}	6,20±0,37^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A -C : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Depolama süresinin genel görünüş puan ortalamaları üzerindeki etkisi incelendiğinde ise en yüksek genel görünüş puan ortalamasının, antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, depolamanın 1. gününde (8,89) sahip oldukları görülmektedir. Bunu sırasıyla, 7, 14, 21 ve 28. günler takip etmektedir. Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, en düşük genel görünüş puan ortalaması ise, depolamanın 35. gününde (5,91) olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, genel görünüş puan ortalamaları Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puan ortalamaları

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren peynir altı suyu protein izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, genel görünüş puan ortalamaları Çizelge 4.25'de gösterilmiştir.

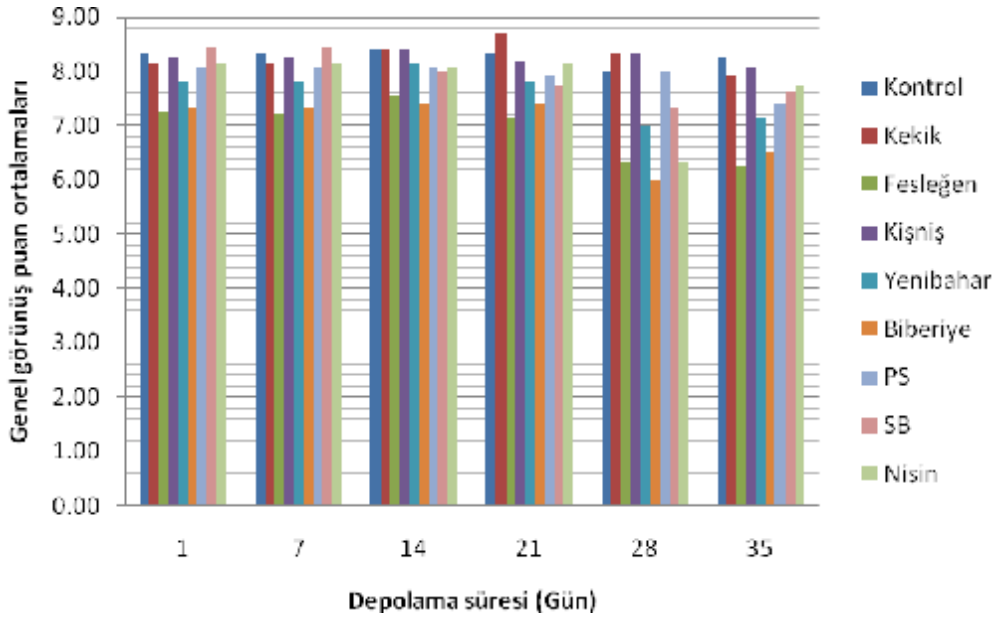
Çizelge 4.25. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	8,83±0,18^{A}	8,33±0,18^{A}	8,40±0,19^{A}	8,33±0,34^{A}	8,00±0,00^{A}	8,20±0,19^{A}
KEKİK	8,13±0,22^{AB}	8,13±0,22^{AB}	8,40±0,19^{AB}	8,73±0,19^{B}	8,33±0,00^{AB}	7,93±0,06^{AB}
KİŞNİŞ	8,26±0,19^{A}	8,26±0,19^{A}	8,40±0,19^{A}	8,20±0,58^{A}	8,33±0,00^{A}	8,06±0,06^{A}
FESLEĞEN	7,26±0,26^{A}	7,20±0,27^{A}	7,53±0,22^{A}	7,13±0,34^{A}	6,33±0,00^{A}	6,26±0,45^{A}
BİBERİYE	7,33±0,27^{B}	7,33±0,27^{B}	7,40±0,19^{B}	7,40±0,32^{B}	6,00±0,00^{A}	6,53±0,29^{AB}
YENİBAHAR	7,80±0,20^{A}	7,80±0,20^{A}	8,13±0,13^{A}	7,80±0,47^{A}	7,00±0,00^{A}	7,13±0,32^{A}
PS	8,06±0,06^{A}	8,06±0,06^{A}	8,06±0,06^{A}	7,93±0,33^{A}	8,00±0,00^{A}	7,40±0,26^{A}
SB	8,46±0,16^{B}	8,46±0,16^{B}	8,00±0,10^{AB}	7,73±0,35^{AB}	7,33±0,00^{A}	7,60±0,41^{AB}
NİSİN	8,13±0,22^{B}	8,13±0,22^{B}	8,06±0,22^{B}	8,13±0,34^{B}	6,33±0,00^{A}	7,73±0,19^{B}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; ; A - B : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.25 incelendiğinde, PASP kaplamalar uygulanmış Macar salamı genel görünüş puan ortalamalarının, depolama zamanına göre dalgalı bir değişim gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlar, herhangi bir antimikrobiyel madde içeremeyen kontrol PASP kaplamalar ile % 4 a/h oranında kişniş, yenibahar, fesleğen esansiyel yağları ve % 4 a/h oranında potasyum sorbat içeren PASP kaplamalar uygulanmış Macar salamı örnekleri için, istatistiksel olarak önemsiz iken, % 4 a/h oranında kekik, biberiye esansiyel yağları, sodyum benzoat ve 10.000 IU nisin içeren PASP kaplamalar uygulanmış Macar salamı örnekleri için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Antimikrobiyel madde ilave edilmiş, PASP kaplamalı Macar salamı örneklerinin, genel görünüş puanları değerlendirildiğinde, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü ve depolama zamanı interaksiyonu genel görünüş puan ortalamaları üzerindeki etkileri önemli bulunmuştur (P<0,05). Bu kapsamda, en yüksek genel görünüş puan ortalamasını, kekik esansiyel yağı ilave edilmiş, PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri (8,28) almıştır. Bu değerleri, sırasıyla, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol kaplama, kişniş esansiyel yağı, sodyum benzoat, potasyum sorbat, nisin, yenibahar ve biberiye esansiyel yağları ilave edilmiş PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmiştir. En düşük genel görünüş puan ortalamasına sahip Macar salamı örnekleri ise, fesleğen esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş PASP kaplamalar uygulanmış Macar salamı örnekleridir (6,95). Depolama zamanının genel görünüş puan ortalamaları üzerindeki etkileri incelendiğinde ise, en yüksek genel görünüş ortalamasına sahip antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri depolamanın 14. gününde (8,04) elde edilmiştir. Bu değerleri sırasıyla, 1, 7, 21 ve 35. günler takip etmiştir. En düşük genel görünüş puan ortalaması ise, depolamanın 28. gününde (7,30) elde edilmiştir (P<0,05).

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, genel görünüş puan ortalamaları Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel görünüş puanları.

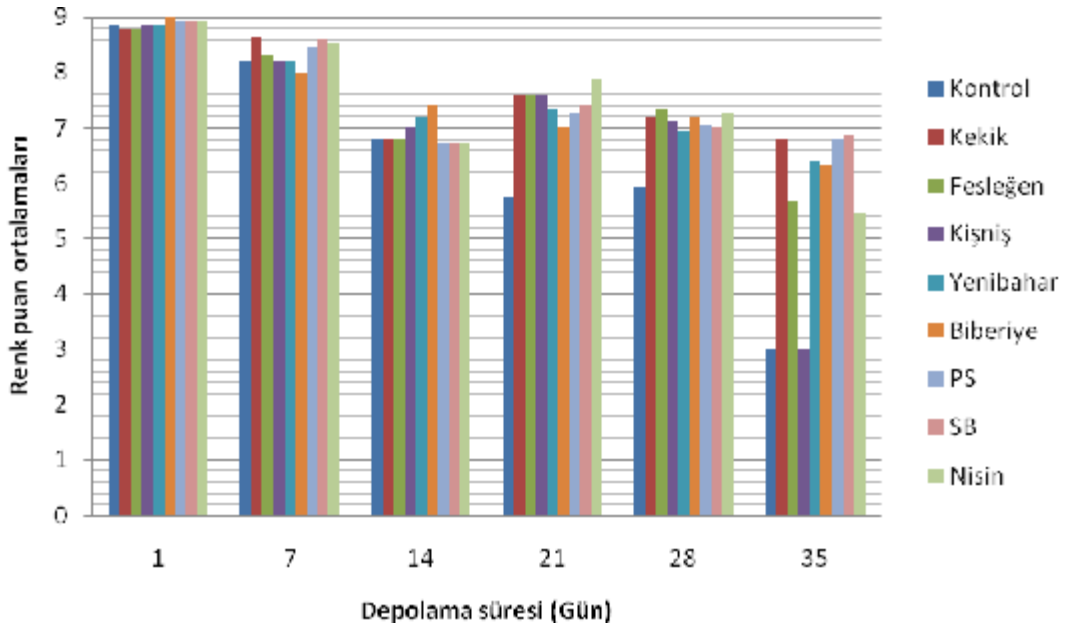
4.10.2. Renk

35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları, Çizelge 4.26'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.26 incelendiğinde, depolama zamanına bağlı olarak antimikrobiyel madde içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, renk değeri ortalamalarında istatistiksel olarak önemli olan bir azalma görülmektedir (P<0,05). Renk puan ortalamalarındaki değişim, genel olarak incelendiğinde kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü ile depolama zamanı interaksiyonun renk puan ortalamaları değişimi üzerinde etkili olduğu ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (P<0,05). Bu kapsamda, en yüksek renk puan ortalamasına sahip örneklerin, % 4 a/h oranında, kekik esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri (7,64) olduğu söylenebilir. Bu değerleri, sırasıyla, % 4 a/h oranında sodyum benzoat, potasyum sorbat, yenibahar, nisin, biberiye, fesleğen ve kişniş esansiyel yağları ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmektedir.

En düşük renk puan ortalamasına sahip olan örnekler ise, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı (6,42) örnekleridir (P<0,05). Depolama süresinin, renk puan ortalaması üzerindeki etkisi incelendiğinde ise, depolamanın 1. gününde antimikrobiyel madde içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin en yüksek değeri (8,89) aldığı söylenebilmektedir. Bunu sırasıyla, depolamanın 7, 21, 28. ve 14. günleri takip etmektedir. En düşük renk puan ortalaması ise depolamanın son günü olan 35. günde (5,59) elde edilmiştir (P<0,05).

Şekil 4.20'de 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, renk puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.20. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları

Çizelge 4.26. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	8,86±0,08^{C}	8,20±0,37^{C}	6,80±0,08^{B}	5,86±0,32^{B}	5,93±0,41^{B}	3,00±0,00^{A}
KEKİK	8,86±0,08^{B}	8,66±0,21^{B}	6,73±0,33^{A}	7,46±0,22^{A}	7,20±0,08^{A}	6,73±0,16^{A}
KİŞNİŞ	8,86±0,08^{C}	8,20±0,27^{C}	7,00±0,14^{B}	7,46±0,13^{B}	7,13±0,16^{B}	3,00±0,00^{A}
FESLEĞEN	8,86±0,08^{D}	8,26±0,28^{CD}	6,73±0,33^{AB}	7,40±0,06^{BC}	7,26±0,12^{BC}	5,60±0,45^{A}
BİBERİYE	8,66±0,19^{D}	8,00±0,33^{CD}	7,40±0,24^{BC}	7,00±0,18^{AB}	7,20±0,22^{ABC}	6,33±0,10^{A}
YENİBAHAR	8,86±0,08^{B}	8,20±0,30^{B}	7,20±0,27^{A}	7,20±0,24^{A}	6,93±0,12^{A}	6,40±0,16^{A}
PS	8,93±0,06^{B}	8,46±0,34^{B}	6,73±0,26^{A}	7,26±0,16^{A}	7,06±0,24^{A}	6,80±0,22^{A}
SB	8,93±0,06^{B}	8,60±0,26^{B}	6,73±0,26^{B}	7,40±0,12^{B}	7,00±0,14^{B}	6,86±0,30^{B}
NİSİN	8,93±0,06^{D}	8,53±0,32^{CD}	6,73±0,22^{B}	7,73±0,19^{BC}	7,26±0,16^{B}	5,46±0,30^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A -D : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, renk puan ortalamaları, Çizelge 4.27'de gösterilmiştir.

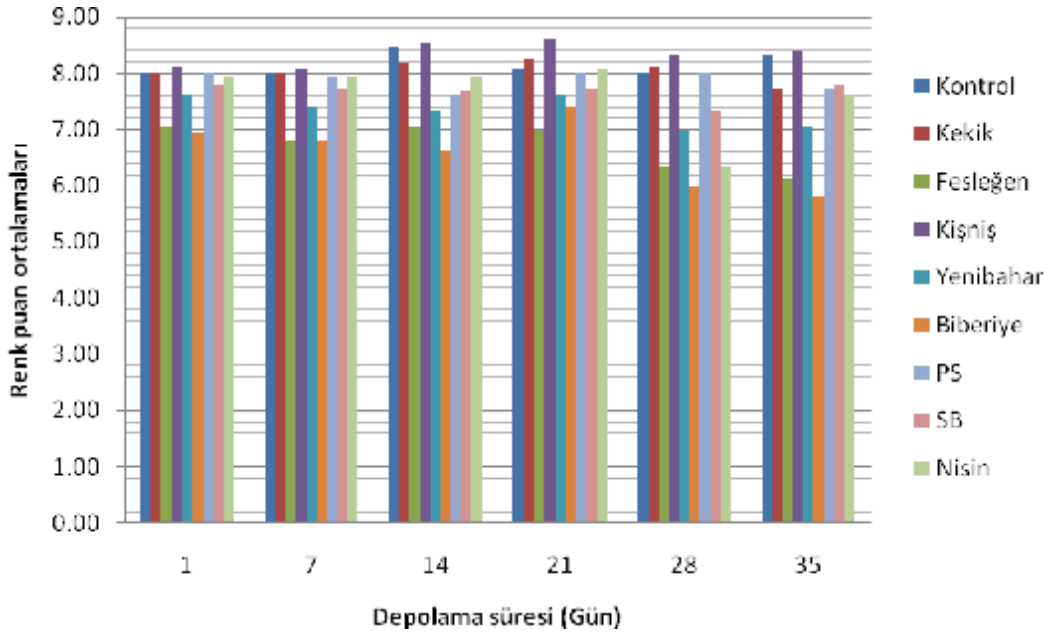
Çizelge 4.27 incelendiğinde, depolama zamanına bağlı olarak antimikrobiyel madde ilave edilmiş, PASP kaplamalı Macar salamı örneklerinin renk puan ortalamaları, dalgalı bir değişim göstermektedir. Bu sonuçlar, yalnızca 10.000 IU nisin ilave edilmiş PASP kaplamalı Macar salamı örnekleri için istatistiksel olarak önemli iken, diğer tüm kaplamalar için önemli bulunmamıştır (P<0,05). Renk puan ortalamaları sonuçları incelendiğinde, kaplama türünün ve depolama zamanının renk puan ortalama sonuçları üzerine, istatistiksel olarak önemli olduğu, ancak, kaplama türü ve depolama süresi interaksiyonun, istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir (P<0,05). Bu kapsamda, en yüksek renk puanı ortalaması değerine sahip, PASP kaplamalı Macar salamı örneklerinin, % 4 a/h oranında kişniş esansiyel yağı ilave edilmiş PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri (8,34) görülmektedir. Bunu sırasıyla, herhangi bir antimikrobiyel madde ilave edilmemiş kontrol filmler ile % 4 a/h oranında kekik esansiyel yağı, potasyum sorbat, sodyum benzoat, nisin (10.000 IU), yenibahar ve fesleğen esansiyel yağları ilave edilmiş, PASP kaplamalar uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmektedir. En düşük renk puan ortalaması ise, % 4 a/h oranında biberiye esansiyel yağı ilave edilmiş, PASP kaplama uygulanmış Macar salamlarına (6,59) ait değerlerdir.

Şekil 4.21'de 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	8,00±0,33^{A}	8,00±0,33^{A}	8,46±0,44^{A}	8,06±0,52^{A}	8,00±0,00^{A}	8,33±0,18^{A}
KEKİK	7,80±0,29^{A}	7,80±0,29^{A}	8,20±0,24^{A}	8,60±0,40^{A}	8,33±0,00^{A}	7,73±0,24^{A}
KİŞNİŞ	8,13±0,32^{A}	8,06±0,32^{A}	8,53±0,16^{A}	8,60±0,40^{A}	8,33±0,00^{A}	8,40±0,19^{A}
FESLEĞEN	7,06±0,49^{A}	6,80±0,58^{A}	6,93±0,12^{A}	6,80±0,48^{A}	6,33±0,00^{A}	6,00±0,61^{A}
BİBERİYE	6,93±0,45^{A}	6,80±0,50^{A}	6,60±0,19^{A}	7,40±0,50^{A}	6,00±0,00^{A}	5,80±0,29^{A}
YENİBAHAR	7,60±0,33^{A}	7,40±0,41^{A}	7,33±0,34^{A}	7,60±0,40^{A}	7,00±0,00^{A}	7,06±0,32^{A}
PS	8,00±0,55^{A}	7,93±0,53^{A}	7,60±0,24^{A}	8,00±0,36^{A}	8,00±0,00^{A}	7,73±0,32^{A}
SB	7,80±0,46^{A}	7,73±0,46^{A}	7,66±0,25^{A}	7,73±0,32^{A}	7,33±0,00^{A}	7,80±0,29^{A}
NİSİN	7,93±0,52^{B}	7,93±0,52^{B}	7,93±0,06^{B}	8,06±0,30^{B}	6,33±0,00^{A}	7,60±0,12^{AB}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - B : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 4.21. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin renk puan ortalamaları

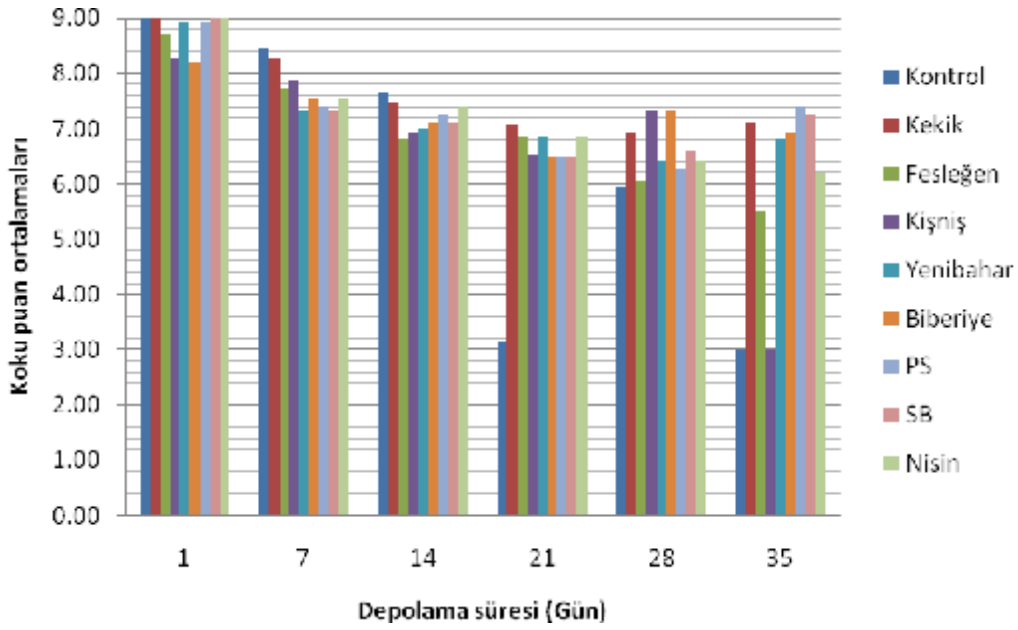
4.10.3. Koku

Çizelge 4.28'de 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları gösterilmiştir.

Çizelge 4.28 incelendiğinde, depolama zamanına bağlı olarak, tüm metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, koku puan ortalamalarında bir azalma görülmektedir ve bu durum istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Koku puan ortalamaları genel olarak değerlendirildiğinde, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü ile depolama zamanı interaksiyonun antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, koku puan ortalamaları değerleri üzerine etkili olduğu söylenebilmektedir (P<0,05). Bu kapsamda, en yüksek koku puan ortalamasına sahip Macar salamı örnekleri, % 4 a/h oranında kekik esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış örneklerdir (7,64). Bu değerleri sırasıyla, % 4 a/h oranında sodyum benzoat, potasyum sorbat, biberiye esansiyel yağı, nisin (10.000 IU), yenibahar, fesleğen ve kişniş esansiyel yağları içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmiştir. En düşük koku

puanı ortalamasına ise herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri (6,20) sahip oldukları belirlenmiştir (P<0,05). Depolama süresi ve koku puan ortalaması arasındaki ilişki incelenecek olursa, en yüksek koku puan ortalaması, depolamanın 1. gününde (8,79) elde edilmiştir. Bunu sırasıyla, 7, 14, 28. ve 21. günler takip etmektedir. En düşük koku puan ortalaması ise depolamanın 35. gününde (5,92) elde edilmiştir (P<0,05).

Şekil 4.22'de 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.22. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları

Çizelge 4.28. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	9,00±0,00^{D}	8,46±0,22^{CD}	7,66±0,27^{C}	3,13±0,35^{A}	5,93±0,35^{B}	3,00±0,00^{A}
KEKİK	9,00±0,00^{C}	8,53±0,16^{BC}	7,80±0,08^{AB}	7,13±0,34^{A}	7,00±0,00^{A}	7,06±0,26^{A}
KİŞNİŞ	8,26±0,12^{D}	7,86±0,35^{CD}	6,93±0,35^{BC}	6,53±0,42^{B}	7,33±0,14^{BCD}	3,00±0,00^{A}
FESLEĞEN	8,66±0,10^{D}	7,73±0,38^{CD}	7,00±0,38^{BC}	6,60±0,45^{ABC}	5,86±0,29^{AB}	5,40±0,19^{A}
BİBERİYE	8,20±0,13^{B}	7,53±0,53^{AB}	7,13±0,45^{AB}	6,46±0,51^{A}	7,33±0,21^{AB}	6,93±0,16^{AB}
YENİBAHAR	8,93±0,06^{B}	7,33±0,54^{A}	7,00±0,29^{A}	6,86±0,34^{A}	6,40±0,28^{A}	6,80±0,16^{A}
PS	8,93±0,06^{C}	7,40±0,42^{B}	7,26±0,16^{AB}	6,46±0,16^{AB}	6,26±0,22^{A}	7,40±0,28^{B}
SB	9,00±0,00^{B}	7,33±0,47^{A}	7,13±0,22^{A}	6,46±0,16^{A}	6,60±0,12^{A}	7,26±0,76^{A}
NİSİN	9,00±0,00^{C}	7,53±0,42^{B}	7,40±0,19^{AB}	6,86±0,16^{AB}	6,40±0,19^{AB}	6,20±0,42^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - C : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0, 05).

Çizelge 4.29'da 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, koku puan ortalamaları gösterilmiştir.

Çizelge 4.29 incelendiğinde, depolama zamanına bağlı olarak, antimikrobiyel PASP kaplamalı Macar salamı örneklerinin, koku puan ortalamaları dalgalı bir değişim göstermektedir. Bu sonuçlar, yalnızca % 4 a/h oranında potasyum sorbat içeren PASP ile kaplanmış Macar salamı koku değeri ortalamaları için istatistiksel olarak önemli iken, diğer kaplamalar için önemli değildir (P<0,05). Koku puan ortalamalarının değişimleri, kaplama türü ve depolama zamanının antimikrobiyel madde ilaveli PASP kaplamalı Macar salamı örnekleri için önemli olduğu, fakat kaplama türü ve depolama zamanı interaksiyonun ise önemsizdir (P<0,05).

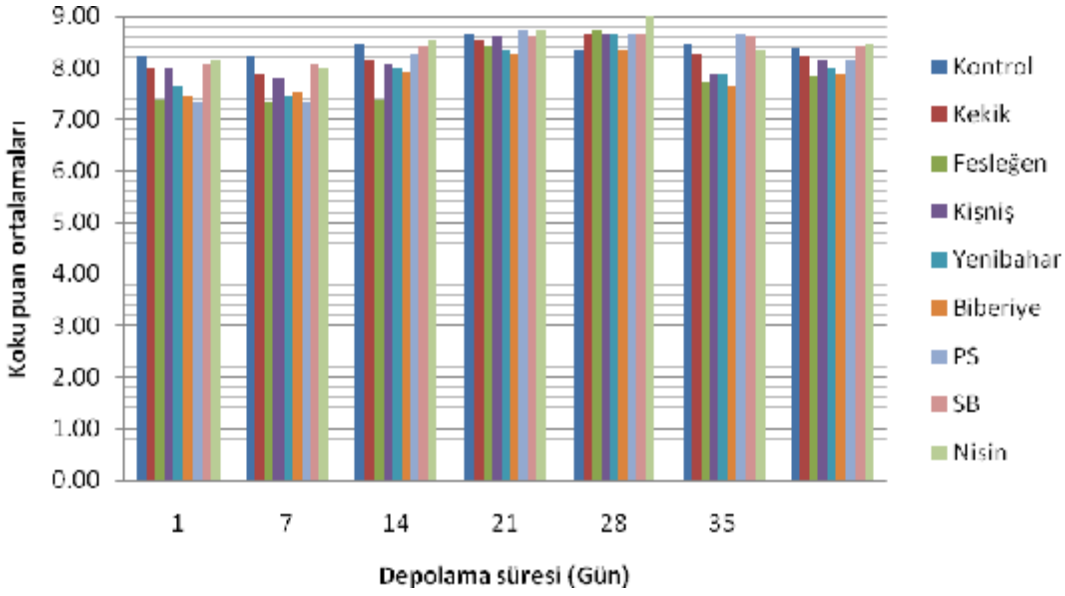
Bu kapsamda, en yüksek koku puan ortalaması değerlerine, nisin ilave edilmiş PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri (8,46) sahiptir. Bu değerleri sırasıyla, % 4 a/h oranında sodyum benzoat, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol kaplamalar, % 4 a/h oranında kekik esansiyel yağı, potasyum sorbat, kişniş, yenibahar ve biberiye esansiyel yağları ilave edilmiş PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmektedir. En düşük koku puan ortalamasının ise, % 4 a/h oranında fesleğen esansiyel yağı ilave edilmiş PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri (7,83) olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Depolama zamanının, koku puan ortalamaları üzerindeki etkileri incelenecek olursa, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, en yüksek koku puan ortalaması değerlerine, depolamanın 28. gününde (8,64) sahip olduğu söylenebilmektedir. Bunu sırasıyla, 21, 35, 14 ve 1. günde elde edilen koku puan ortalamaları takip etmektedir. Antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri en düşük koku puanı ortalamasına ise, depolamanın 7. gününde (7,73) sahip olduğu belirlenmiştir (P<0, 05).

Çizelge 4.29. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	8,20±0,22^{A}	8,20±0,22^{A}	8,46±0,53^{A}	8,66±0,33^{A}	8,33±0,00^{A}	8,46±0,13^{A}
KEKİK	8,00±0,23^{A}	7,86±0,34^{A}	8,06±0,46^{A}	8,53±0,38^{A}	8,66±0,00^{A}	8,20±0,81^{A}
KİŞNİŞ	8,00±0,14^{A}	7,80±0,13^{A}	8,06±0,46^{A}	8,60±0,26^{A}	8,66±0,00^{A}	7,86±0,24^{A}
FESLEĞEN	7,13±0,22^{A}	7,13±0,22^{A}	7,26±0,81^{A}	8,40±0,40^{A}	8,66±0,00^{A}	7,73±0,60^{A}
BİBERİYE	7,46±0,22^{A}	7,53±0,20^{A}	7,93±0,60^{A}	8,26±0,52^{A}	8,33±0,00^{A}	7,66±0,44^{A}
YENİBAHAR	7,66±0,18^{A}	7,46±0,22^{A}	8,00±0,45^{A}	8,33±0,45^{A}	8,66±0,00^{A}	7,86±0,32^{A}
PS	7,33±0,27^{A}	7,33±0,27^{A}	8,26±0,48^{AB}	8,73±0,26^{B}	8,66±0,00^{B}	8,66±0,10^{B}
SB	8,06±0,16^{A}	8,06±0,16^{A}	8,40±0,22^{A}	8,60±0,40^{A}	8,66±0,00^{A}	8,60±0,16^{A}
NİSİN	8,13±0,08^{A}	8,00±0,10^{A}	8,53±0,38^{A}	8,73±0,26^{A}	9,00±0,00^{A}	8,33±0,27^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - B : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Şekil 4.23'te 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.23. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin koku puan ortalamaları

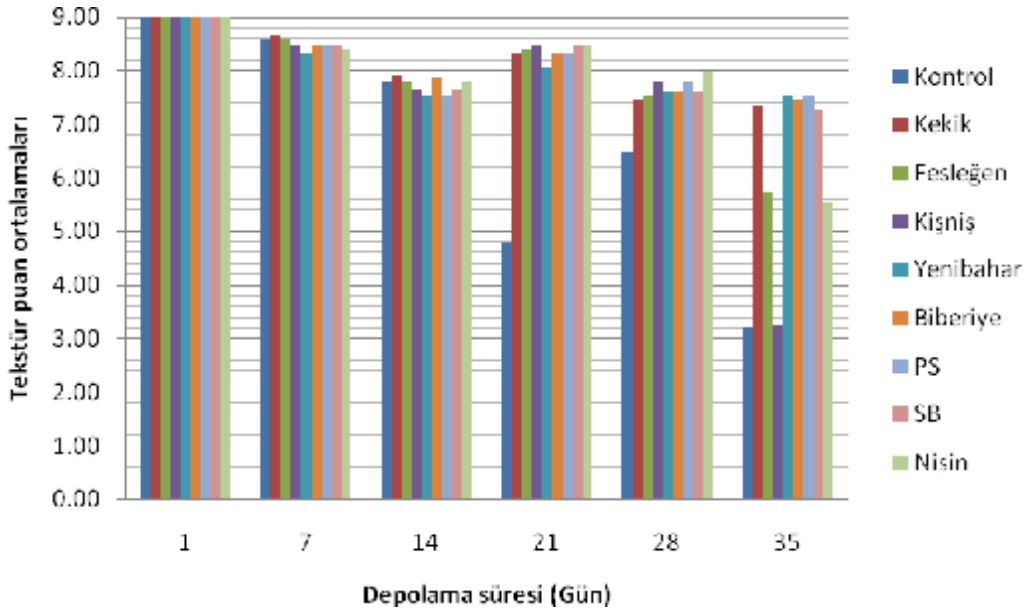
4.10.4. Tekstür

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları Çizelge 4.30'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.30 incelendiğinde, depolama zamanına bağlı olarak, antimikrobiyel madde içeren metil selüloz uygulanmış Macar salamı örneklerinin, tekstür değer ortalamalarında bir azalma olduğu görülmektedir ve bu sonuç istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (P<0,05). Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, tekstür değer ortalamaları değerlendirildiğinde, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü ile depolama zamanı interaksiyonun tüm örnekler için önemli olduğu söylenebilir (P<0,05). Bu kapsamda, % 4 a/h oranında kekik esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri, en yüksek tekstür puanına (8,12) sahip

örneklerdir. Bunu sırasıyla, % 4 a/h oranında biberiye esansiyel yağı, potasyum sorbat, sodyum benzoat, yenibahar esansiyel yağı, nisin (10.000 IU), fesleğen ve kişniş esansiyel yağları ile zenginleştirilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmektedir. Herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol metil selüloz ile kaplanmış Macar salamı örnekleri ise, en düşük tekstür puan ortalamalarına (6,64) sahip örneklerdir (P<0,05). Depolama süresi ile tekstür puan ortalamaları arasındaki ilişki incelendiğinde ise, antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, en yüksek tekstür puanı ortalamalarına, depolamanın 1. gününde (9,00) sahip olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla, depolamanın 7, 21, 14. ve 28. günlerinde alınan veriler takip etmektedir. Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin en düşük tekstür puan ortalamasına ise, depolanın 35. gününde (6,10) sahip oldukları tespit edilmiştir (P<0,05).

Şekil 4.24'de 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, tekstür puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.24. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları

Çizelge 4.30. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	9,00±0,00^{D}	8,60±0,26^{D}	7,80±0,16^{CD}	4,80±0,65^{B}	6,46±0,45^{C}	3,20±0,20^{A}
KEKİK	9,00±0,00^{D}	8,46±0,22^{CD}	7,66±0,21^{ABC}	8,46±0,18^{BCD}	7,80±0,13^{AB}	3,20±0,26^{A}
KİŞNİŞ	9,00±0,00^{D}	8,60±0,26^{CD}	7,73±0,06^{B}	8,33±0,10^{CD}	7,40±0,19^{BC}	6,00±0,43^{A}
FESLEĞEN	9,00±0,00^{D}	8,60±0,00^{CD}	7,66±0,11^{BC}	8,33±0,11^{BCD}	7,40±0,19^{B}	6,26±0,80^{A}
BİBERİYE	9,00±0,00^{D}	8,33±0,29^{CD}	7,53±0,16^{ABC}	8,06±0,19^{BCD}	7,60±0,12^{AB}	7,53±0,22^{A}
YENİBAHAR	9,00±0,00^{B}	8,33±0,11^{AB}	7,60±1,09^{A}	8,06±0,11^{A}	7,60±1,09^{A}	7,53±0,23^{A}
PS	9,00±0,00^{C}	8,46±0,34^{BC}	7,53±0,16^{A}	8,33±0,10^{ABC}	7,80±0,13^{AB}	7,53±0,22^{A}
SB	9,00±0,00^{B}	8,46±0,30^{B}	7,66±0,10^{A}	8,46±0,08^{B}	7,60±0,12^{A}	7,26±0,16^{A}
NİSİN	9,00±0,00^{C}	8,40±0,40^{BC}	7,80±0,13^{B}	8,46±0,08^{BC}	8,00±0,00^{B}	5,53±0,32^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - D : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.31'de 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları gösterilmiştir.

Çizelge 4.31 incelendiğinde, depolama zamanına bağlı olarak, antimikrobiyel madde içeren PASP kaplaması uygulanmış Macar salamı örneklerinin, tekstür puan ortalamaları dalgalı bir değişim göstermektedir. Bu sonuçlar yalnızca, kekik ve biberiye esansiyel yağları içeren PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri tekstür değeri ortalamaları için istatistiksel olarak önemlidir. Diğer tüm antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri için, önemli değildir (P<0,05). Antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri tekstür değeri ortalamaları için, genel bir değerlendirme yapıldığında, bu değerler üzerinde depolama zamanının önemli olduğu, kaplama türü ve kaplama türü ile depolama zamanı interaksiyonun ise önemli olmadığı tespit edilmiştir (P<0,05). Bu kapsamda, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri, en yüksek tekstür puan ortalaması değerine, depolamanın 14. gününde (8,82) ulaşmıştır.

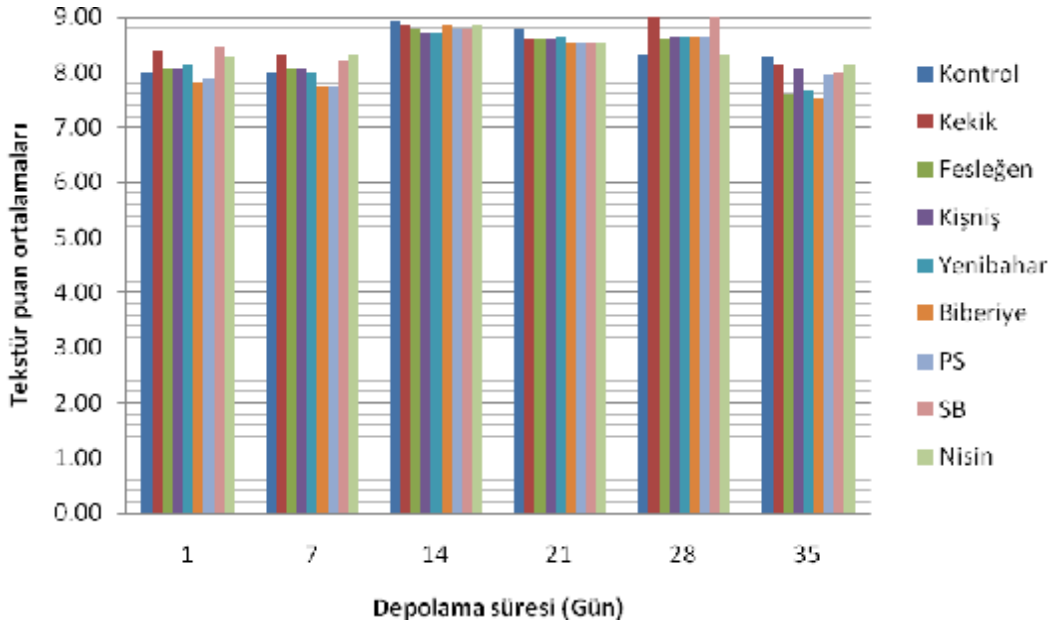
Bu değeri sırasıyla, 28, 21, 1. ve 7. günler takip etmiştir. Antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri en düşük tekstür puan ortalaması değeri ise depolamanın 35. gününde (7,93) elde edilmiştir.

Şekil 4.25'de 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, tekstür puan ortalamaları gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları*

ANTİMİKROBİYEL MADDE	DEPOLAMA SÜRESİ					
	1. GÜN	7. GÜN	14.GÜN	21.GÜN	28.GÜN	35.GÜN
KONTROL	8,00±0,49^{A}	8,00±0,49^{A}	8,93±0,06^{A}	8,80±0,20^{A}	8,33±0,00^{A}	8,26±0,24^{A}
KEKİK	8,33±0,29^{AB}	8,26±0,28^{AB}	8,86±0,08^{AB}	8,53±0,30^{AB}	9,00±0,00^{B}	8,00±0,00^{A}
KİŞNİŞ	8,06±0,26^{A}	8,06±0,26^{A}	8,73±0,19^{A}	8,60±0,24^{A}	8,66±0,00^{A}	8,06±0,06^{A}
FESLEĞEN	7,73±0,38^{A}	7,73±0,38^{A}	8,80±0,20^{A}	8,60±0,32^{A}	8,66±0,00^{A}	7,60±0,32^{A}
BİBERİYE	7,80±0,32^{AB}	7,73±0,35^{AB}	8,86±0,08^{B}	8,53±0,46^{AB}	8,66±0,00^{AB}	7,53±0,29^{A}
YENİBAHAR	8,13±0,22^{A}	8,00±0,27^{A}	8,73±0,19^{A}	8,66±0,33^{A}	8,66±0,00^{A}	7,66±0,33^{A}
PS	7,86±0,34^{A}	7,73±0,35^{A}	8,80±0,13^{A}	8,53±0,30^{A}	8,66±0,00^{A}	7,93±0,19^{A}
SB	8,46±0,22^{A}	8,20±0,34^{A}	8,80±0,13^{A}	8,53±0,46^{A}	9,00±0,00^{A}	8,00±0,51^{A}
NİSİN	8,26±0,22^{A}	8,33±0,21^{A}	8,86±0,13^{A}	8,53±0,46^{A}	8,33±0,00^{A}	8,13±0,22^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - B : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).



Şekil 4.25. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tekstür puan ortalamaları

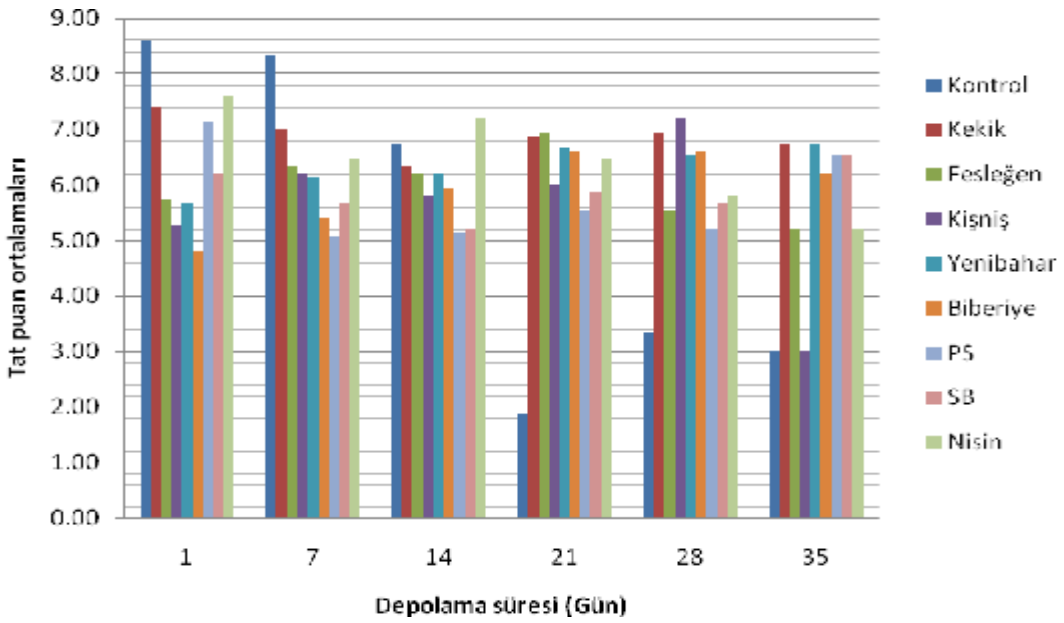
4.10.5. Tat

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları Çizelge 4.32'de gösterilmiştir.

Antimikrobiyel madde ilaveli metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamlarının tat puan ortalamaları, depolama zamanına göre, diğer duyusal değerlerden farklı olarak dalgalı bir değişim göstermiştir. Bu sonuçlar, % 4 a/h oranında kekik ve yenibahar esansiyel yağları, sodyum benzoat ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamları için istatistiksel açıdan önemli değildir. Ancak, diğer tüm metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri için istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05). Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, tat puan ortalamaları üzerine genel bir değerlendirme yapıldığında, kaplama türünün, depolama zamanının ve kaplama türü ile depolama zamanı interaksiyonun önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Bu kapsamda, % 4 a/h oranında kekik esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri, en yüksek tat puan ortalamalarına

(6,88) sahiptir. Bunu sırasıyla, nisin (10.000), % 4 a/h oranında yenibahar ve biberiye esansiyel yağları, sodyum benzoat, fesleğen esansiyel yağı, potasyum sorbat ve kişniş esansiyel yağı ilave edilmiş metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmektedir. Herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri ise, en düşük tat puan ortalamalarına (5,31) sahiptirler (P<0,05). Depolama zamanı ve antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, tat puan ortalamaları arasındaki ilişki incelendiğinde, en yüksek tat puan ortalamasının, depolamanın 1. gününde (6,49) sağlandığı tespit edilmiştir. Bu değerleri sırasıyla, 7, 14, 21 ve 28. günlerde alınan sonuçlar takip etmiştir. Antimikrobiyel metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri en düşük tat puan ortalamalarına ise, depolamanın 35. gününde (5,46) sahip olduğu belirlenmiştir (P<0,05).

Şekil 4.26'da, 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, tat puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.26. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları

Çizelge 4.32. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	8,60±0,12^{D}	8,33±0,23^{D}	6,73±0,19^{C}	2,86±0,13^{A}	3,33±0,42^{B}	3,00±0,00^{B}
KEKİK	7,93±0,22^{A}	7,40±0,12^{A}	7,00±0,43^{A}	7,06±0,35^{A}	7,13±022^{A}	6,73±0,16^{A}
KİŞNİŞ	5,26±0,12^{B}	6,20±0,22^{B}	5,80±0,22^{B}	6,00±0,38^{B}	7,20±0,16^{C}	3,00±0,00^{A}
FESLEĞEN	5,20±0,22^{A}	6,20±0,08^{AB}	6,20±0,29^{AB}	6,73±0,46^{B}	5,53±0,31^{AB}	5,13±0,41^{A}
BİBERİYE	4,80±0,08^{A}	5,40±0,22^{AB}	5,93±0,26^{AB}	6,60±0,49^{B}	6,60±0,28^{B}	6,20±0,29^{B}
YENİBAHAR	5,66±0,27^{A}	6,13±0,32^{A}	6,20±0,34^{A}	6,66±0,47^{A}	6,53±0,45^{A}	6,73±0,22^{A}
PS	7,13±0,20^{C}	5,06±0,12^{A}	5,13±0,24^{A}	5,53±0,30^{AB}	5,20±0,16^{A}	6,53±0,32^{bC}
SB	6,20±0,40^{AB}	5,66±0,18^{AB}	5,20±0,24^{A}	5,86±0,16^{AB}	5,66±0,43^{AB}	6,53±0,22^{B}
NİSİN	7,60±0,19^{B}	6,46±0,30^{AB}	7,20±0,24^{B}	6,46±0,29^{AB}	5,80±0,24^{A}	5,20±0,40^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - D : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, tat puan ortalamaları, Çizelge 4.33'te gösterilmiştir.

Depolama süresince, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, tat puanları, dalgalı bir değişim göstermiştir. Bu sonuçlar, yalnızca yenibahar esansiyel yağı içeren PASP kaplamalı Macar salamı örneklerinin tat puan ortalamaları için istatistiksel olarak önemli iken, diğer tüm kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri için önemsiz bulunmuştur (P<0,05). Antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı, tat puan ortalamaları, genel olarak değerlendirildiğinde, kaplama türü ve depolama zamanının tat puan ortalamalarındaki etkisi önemli iken, kaplama türü ile depolama zamanının interaksiyonu önemli bulunmamıştır (P<0,05). Bu kapsamda, antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinden, en yüksek tat puan ortalamasına sahip olan örnek grubu, nisin ilave edilmiş kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleridir (8,03).

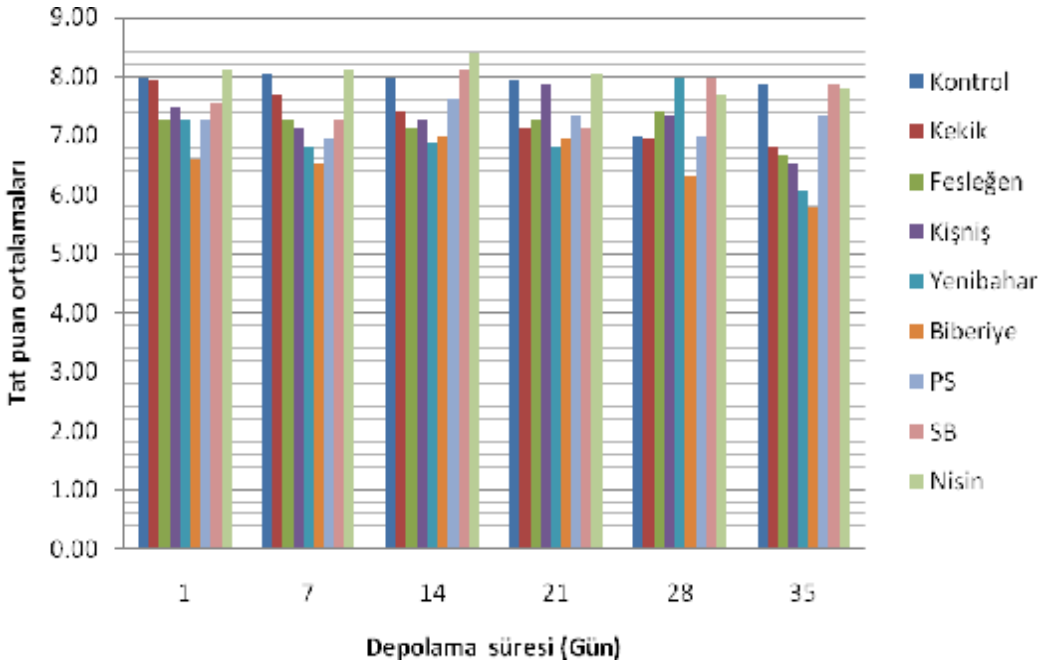
Bunu sırasıyla, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol kaplama, % 4 a/h oranında sodyum benzoat, kişniş esansiyel yağı, potasyum sorbat, kekik, yenibahar ve fesleğen yağları ilave edilmiş, PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin tat puan ortalamaları takip etmiştir. En düşük tat puan ortalaması ise biberiye esansiyel yağı ilave edilmiş, PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri (6,53) olarak saptanmıştır (P<0,05). Depolama süresi ile antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, tat puan ortalamaları arasındaki ilişki incelenecek olursa, en yüksek tat puan ortalama değerlerine, depolamanın 14. gününde (7,53) erişilmiştir. Bu değerleri sırasıyla, 21, 1, 28 ve 7. günlerde elde edilen tat puan ortalamaları takip etmiştir. En düşük tat puan ortalaması ise depolamanın 35. gününde (6,97) elde edilmiştir (P<0,05).

Çizelge 4.33. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	8,00±0,49^{A}	8,06±0,48^{A}	8,00±0,42^{A}	7,93±0,38^{A}	7,00±0,00^{A}	7,80±0,13^{A}
KEKİK	7,33±0,45^{A}	7,00±0,44^{A}	7,20±0,37^{A}	7,26±0,32^{A}	6,66±0,00^{A}	6,53±0,48^{A}
KİŞNİŞ	7,46±0,30^{A}	7,13±0,48^{A}	7,26±0,22^{A}	7,80±0,30^{A}	7,33±0,00^{A}	6,53±0,48^{A}
FESLEĞEN	6,53±0,38^{A}	6,53±0,38^{A}	6,86±0,71^{A}	7,06±0,37^{A}	7,33±0,00^{A}	6,60±0,74^{A}
BİBERİYE	6,60±0,19^{A}	6,53±0,16^{A}	7,00±0,38^{A}	6,93±0,47^{A}	6,33±0,00^{A}	5,80±0,57^{A}
YENİBAHAR	7,26±0,38^{AB}	6,80±0,20^{AB}	6,86±0,24^{AB}	6,80±0,44^{AB}	8,00±0,00^{B}	6,06±0,63^{A}
PS	7,26±0,12^{A}	6,90±0,24^{A}	7,60±0,50^{A}	7,33±0,48^{A}	7,00±0,00^{A}	7,33±0,31^{A}
SB	7,53±0,40^{A}	7,26±0,48^{A}	8,13±0,24^{A}	7,13±0,40^{A}	8,00±0,00^{A}	7,86±0,22^{A}
NİSİN	8,13±0,22^{A}	8,13±0,22^{A}	8,40±0,37^{A}	8,06±0,43^{A}	7,66±0,00^{A}	7,80±0,08^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - B ; aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Şekil 4.27'de, 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren, P.A.S.P. izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, tat puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.27. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin tat puan ortalamaları

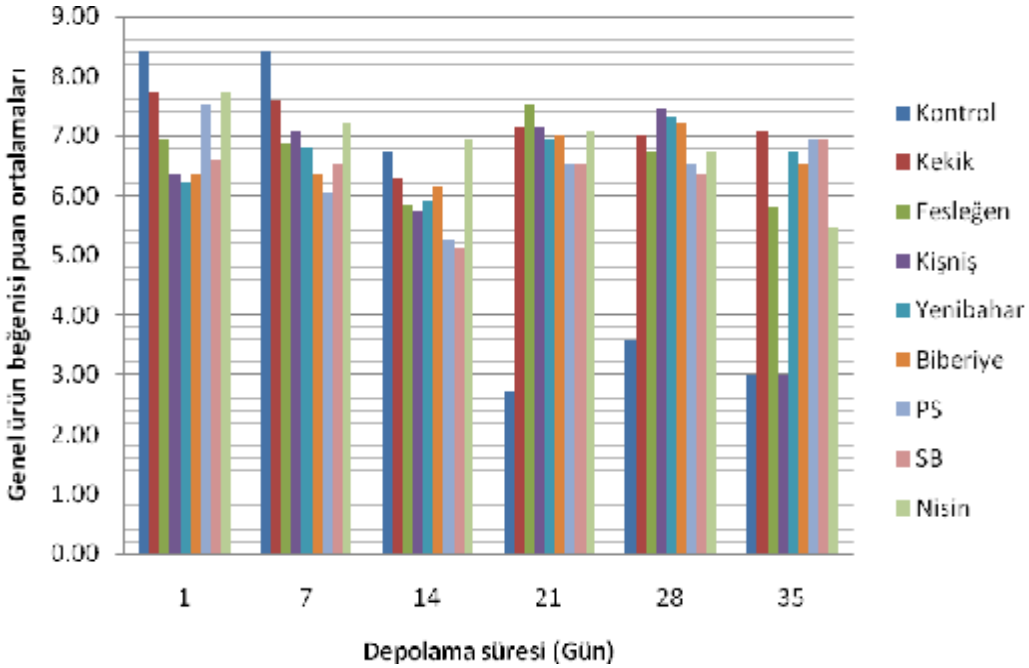
4.10.6. Genel Ürün Beğenisi

35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, genel ürün beğenisi puan ortalamaları, Çizelge 4.34'te gösterilmiştir.

Antimikrobiyel madde ilave edilmiş, metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, genel ürün beğenisi puan ortalamaları, depolama zamanına göre dalgalı bir değişim göstermiştir. Bu sonuçlar, % 4 a/h oranında fesleğen, yenibahar ve biberiye esansiyel yağları içeren metil selüloz kaplama uygulanmış, Macar salamı genel ürün beğenisi puan ortalamaları için istatistiksel olarak önemli değil iken, diğer metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri için önemli bulunmuştur (P<0,05). Antimikrobiyel metil selüloz kaplama

uygulanmış Macar salamlarının, genel ürün beğenisi puanları değerlendirildiğinde, kaplama türü, depolama zamanı ve kaplama türü ile depolama zamanı interaksiyonu önemli bulunmuştur (P<0,05). Bu kapsamda, % 4 a/h oranında kekik esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri, en yüksek genel ürün beğenisi puan ortalamalarına (7,13) sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla, nisin (10.000 IU), % 4 a/h oranında yenibahar ve biberiye esansiyel yağları, potasyum sorbat, fesleğen, sodyum benzoat ve kişniş esansiyel yağı içeren metil selüloz kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmiştir. En düşük genel ürün beğenisi puan ortalamalarına sahip Macar salamı örnekleri ise, herhangi bir antimikrobiyel içeremeyen metil selüloz kaplama uygulanmış örneklerdir (5,48) (P<0,05). Depolama zamanının genel ürün puan ortalamaları üzerindeki etkisi incelendiğinde ise, en yüksek genel ürün beğenisi puan ortalamalarının, depolamanın 1. günü (7,09) elde edildiği görülmektedir. Bunu sırasıyla, 7, 28, 21 ve 14. günler takip etmektedir. En düşük genel ürün beğenisi puanlarının ise, depolamanın 35. gününde (5,72) olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Şekil 4.28’de, 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.28. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları

Çizelge 4.34. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren metil selüloz bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları*

ANTİMİKROBİYEL MADDE	DEPOLAMA SÜRESİ					
	1. GÜN	7. GÜN	14.GÜN	21.GÜN	28.GÜN	35.GÜN
KONTROL	9,00±0,00^{C}	8,40±0,22^{C}	6,73±0,45^{B}	2,73±0,40^{A}	3,60±0,61^{A}	3,00±0,00^{A}
KEKİK	8,60±0,40^{B}	7,86±0,13^{AB}	6,66±0,47^{A}	7,20±0,27^{A}	7,06±0,12^{A}	7,06±0,16^{A}
KİŞNİŞ	6,60±0,50^{AB}	7,06±0,24^{AB}	5,73±0,46^{A}	7,13±0,16^{B}	7,46±0,16^{B}	3,00±0,00^{A}
FESLEĞEN	6,60±1,02^{A}	6,60±0,12^{A}	5,80±0,42^{A}	7,33±0,27^{A}	6,53±0,13^{A}	5,66±0,36^{A}
BİBERİYE	6,60±0,74^{A}	6,33±0,27^{A}	6,13±0,58^{A}	7,00±0,31^{A}	7,20±0,22^{A}	6,53±0,22^{A}
YENİBAHAR	6,40±1,07^{A}	6,80±0,34^{A}	5,93±0,41^{A}	6,93±0,37^{A}	7,33±0,21^{A}	6,73±0,12^{A}
PS	8,00±0,44^{C}	6,06±0,32^{AB}	5,26±0,50^{A}	6,53±0,27^{ABC}	6,53±0,29^{ABC}	6,93±0,28^{BC}
SB	7,00±0,44^{B}	6,53±0,20^{AB}	5,13±0,50^{A}	6,53±0,22^{AB}	6,33±0,43^{AB}	6,93±0,19^{B}
NİSİN	8,20±0,37^{B}	7,20±0,40^{B}	6,93±0,59^{AB}	7,06±0,19^{AB}	6,73±0,37^{AB}	5,46±0,30^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - B : aynı kaplama örneği için depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları, Çizelge 4.35'te gösterilmiştir.

Depolama süresince, PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin, genel ürün beğenisi puan ortalamaları dalgalı bir değişim göstermiş ve bu değişim, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P<0,05). Antimikrobiyel PASP kaplamalı Macar salamı örneklerinin genel ürün beğenisi puanları, genel olarak değerlendirildiğinde, yalnızca kaplama türünün önemli olduğu görülmektedir. Depolama zamanı ve kaplama türü ile depolama zamanının interaksiyonu ise, istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (P<0,05). Bu kapsamda, kaplama türünün genel ürün beğenisi üzerindeki etkisi incelendiğinde, en yüksek puan ortalamasını herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinin (7,99) aldığı görülmektedir.

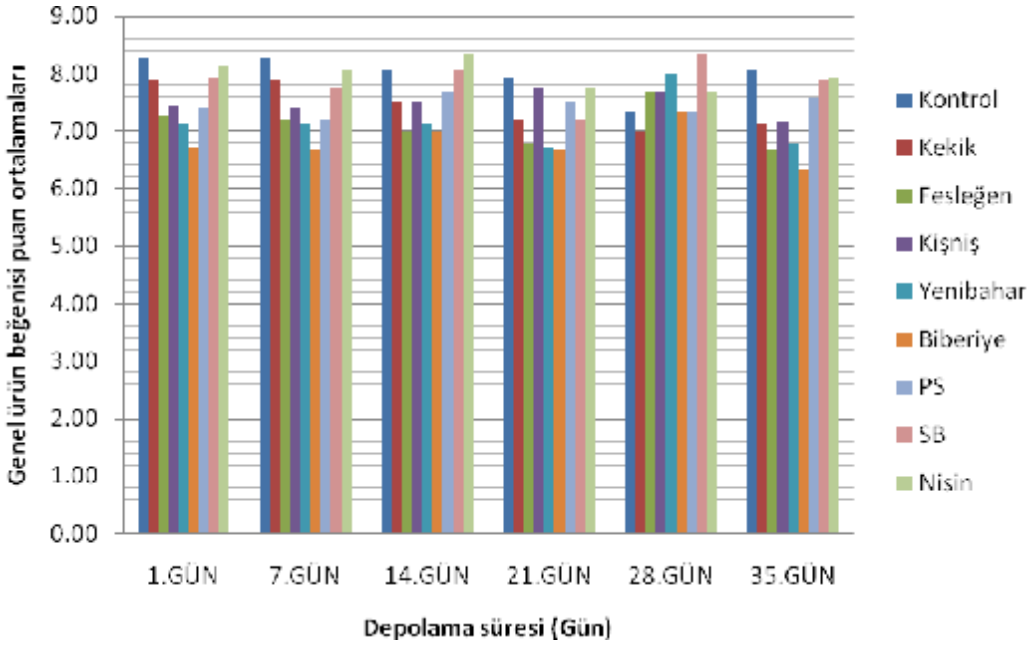
Bu değerleri sırasıyla, nisin, sodyum benzoat, kişniş esansiyel yağı, potasyum sorbat, yenibahar, kekik ve fesleğen esansiyel yağları içeren PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri takip etmektedir. En düşük genel ürün beğenisi ortalama değeri ise, biberiye esansiyel yağı içeren PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerine (6,79) aittir.

Çizelge 4.35. 35 günlük depolama süresince farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları*

	DEPOLAMA SÜRESİ					
ANTİMİKROBİYEL MADDE	**1. GÜN**	**7. GÜN**	**14.GÜN**	**21.GÜN**	**28.GÜN**	**35.GÜN**
KONTROL	8,26±0,43^{A}	8,26±0,43^{A}	8,06±0,33^{A}	7,93±0,33^{A}	7,33±0,00^{A}	8,06±0,32^{A}
KEKİK	7,20±0,47^{A}	7,20±0,44^{A}	7,46±0,11^{A}	7,26±0,50^{A}	6,66±0,00^{A}	7,06±0,60^{A}
KİŞNİŞ	7,46±0,38^{A}	7,40±0,45^{A}	7,53±0,22^{A}	7,73±0,60^{A}	7,66±0,00^{A}	7,16±0,57^{A}
FESLEĞEN	6,80±0,27^{A}	6,73±0,24^{A}	6,80±0,78^{A}	6,80±0,50^{A}	7,66±0,00^{aA}	6,66±0,76^{A}
BİBERİYE	6,73±0,26^{A}	6,66±0,23^{A}	7,00±0,48^{A}	6,66±0,54^{A}	7,33±0,00^{A}	6,33±0,69^{A}
YENİBAHAR	7,13±0,30^{A}	7,13±0,30^{A}	7,13±0,30^{A}	6,73±0,56^{A}	8,00±0,00^{A}	6,80±0,47^{A}
PS	7,70±0,33^{A}	7,20±0,35^{A}	7,66±0,36^{A}	7,53±0,53^{A}	7,33±0,00^{A}	7,56±0,34^{A}
SB	7,93±0,37^{A}	7,73±0,55^{A}	8,06±0,33^{A}	7,20±0,45^{A}	8,33±0,00^{A}	7,86±0,13^{A}
NİSİN	8,13±0,13^{A}	8,06±0,16^{A}	8,33±0,50^{A}	7,73±0,32^{A}	7,66±0,00^{A}	7,93±0,06^{A}

*9 tam puan üzerinden ortalama ± standart hata; A - D : aynı kaplama örneği içindeki depolama günleri arasında farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Şekil 4.29.'da, 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin, genel ürün beğenisi puan ortalamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.29. 35 günlük depolama süresince, farklı antimikrobiyeller içeren PASP izolatı bazlı kaplama uygulanmış örneklerin genel ürün beğenisi puan ortalamaları

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Farklı oranlarda kekik, biberiye, fesleğen, kişniş, yenibahar esansiyel yağları ve sodyum benzoat, potasyum sorbat, nisin ile zenginleştirilen metil selüloz (MS) ve peynir altı suyu protein izolatı (PASP) filmlerin/kaplamaların *Listeria innocua* üzerindeki antimikrobiyel etkilerinin, karakteristik özelliklerinin ve Macar salamında kullanım olanaklarının belirlenmesinin amaçlandığı araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Antimikrobiyel MS filmler incelendiğinde, nisin ile zenginleştirilen MS filmlerin tüm nisin konsantrasyonlarında *L. innocua* üzerinde antimikrobiyel etki gösterdiği görülmektedir. Benzer şekilde esansiyel yağlar ile zenginleştirilen MS filmler tüm konsantrasyonlarda *L. innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki göstermiştir. Potasyum sorbat % 4 oranında, sodyum benzoat ise %2, 3 ve 4 oranlarında MS filmlere ilave edildiklerinde *L. innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki gösterebilmişlerdir.
- Esansiyel yağ içeren MS filmlerde *L. innocua*'ya karşı en güçlü etki kişniş esansiyel yağı içeren filmlerle, en düşük antimikrobiyel etki ise biberiye esansiyel yağı içeren filmlerle sağlanmıştır.
- Antimikrobiyel PASP filmler incelendiğinde ise, MS filmlere benzer olarak, tüm nisin konsantrasyonlarında PASP filmler ile *L. innocua* inaktivasyonu sağlanmıştır. Esansiyel yağlar ise genel olarak ancak %3 ve 4 oranlarında PASP filmlere ilave edildiklerinde, *L. innocua* inaktivasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Antimikrobiyel MS filmlerle olan bu farklılığın, esansiyel yağların film polimeri ile uyum farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat ile zenginleştirilen PASP filmler, MS filmlere benzer olarak, %3 ve 4 oranında film içerisine ilave edildiklerinde *L. innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki sağlamışlardır.

- Esansiyel yağ içeren PASP filmlerde *L. innocua*'ya karşı en güçlü etki biberiye esansiyel yağı içeren filmlerle, en düşük antimikrobiyel etki ise kişniş esansiyel yağı içeren filmlerle sağlanmıştır.
- Her iki polimerde de, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol filmlerin *L. innocua*'ya karşı antimikrobiyel etkilerinin bulunmadığı tespit edilmiştir.
- Depolama süresince yapılan *L. innocua* sayım sonuçlarına göre, antimikrobiyel madde içeren MS kaplamalardan *L. innocua* inaktivasyonunda en etkili olan kaplama türünün % 4 oranında potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren MS kaplamalar olduğu tespit edilmiştir. En az antimikrobiyel etki sağlayan MS kaplama türü ise % 4 biberiye esansiyel yağı içeren MS kaplamadır.
- Depolama süresince yapılan *L. innocua* sayım sonuçlarına göre, antimikrobiyel PASP kaplamalar değerlendirildiğinde, *L. innocua* inaktivasyonun en etkili olan antimikrobiyel PASP kaplama türünün % 4 oranında potasyum sorbat, sodyum benzoat ve yenibahar esansiyel yağı içeren kaplamalar olduğu görülmektedir. Antimikrobiyel MS kaplamalara benzer olarak, *L. innocua*'ya karşı en az etkili olan PASP kaplama türü % 4 oranında biberiye esansiyel yağı içeren PASP kaplama olduğu tespit edilmiştir.
- Beklenildiği gibi, herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol MS ve PASP kaplamalar, *L. innocua*'ya karşı antimikrobiyel etki göstermemiş, aksine depolamanın son günlerinde *L. innocua*'nın sayısal artışına neden olmuştur.

Antimikrobiyel kaplama türlerinin depolama süresince Macar salamı dilimlerindeki kimyasal etkileri de incelenmiştir.

- Bu kapsamda yapılan pH analizleri sonucunda, antimikrobiyel MS kaplamaların depolama süresince Macar salamı dilimlerinde pH düşmesine neden oldukları tespit edilmiştir. En etkili pH düşüşüne nisin ve

fesleğen esansiyel yağlarını içeren MS kaplamaların neden olduğu belirlenmiştir. Macar salamı dilimlerim pH değerlerinde en az etkili olan MS kaplamalar ise kekik esansiyel yağı içeren MS kaplamalar ile herhangi bir antimikrobiyel madde içermeyen kontrol kaplamalar olduğu belirlenmiştir.

- Antimikrobiyel PASP kaplamaların dilimlenmiş inoküle Macar salamı pH değerleri üzerindeki etkileri incelendiğinde ise, depolama süresince pH değerleri üzerinde en etkili olan kaplama türünün nisin içeren PASP kaplamalar olduğu görülmektedir. pH değerleri üzerinde en az etkili olan antimikrobiyel PASP kaplamalar ise sodyum benzoat, potasyum sorbat içeren PASP kaplamalar ile kontrol PASP kaplamalardır.
- Antimikrobiyel MS kaplamaların inoküle Macar salamı dilimlerinde su aktivitesi değerleri üzerinde yaptığı etkiler incelendiğinde, en düşük su aktivitesi değerinin sodyum benzoat içeren MS kaplamalarla sağlandığı görülmektedir. En yüksek su aktivitesi değerleri ise kişniş esansiyel yağları ile nisin içeren MS kaplamalar ile kontrol MS kaplamalar ile sağlanmıştır.
- Antimikrobiyel PASP kaplamaların dilimlenmiş inoküle Macar salamı su aktivitesi değerleri incelendiğinde ise en düşük su aktivitesi değerlerinin kekik esansiyel yağı içeren PASP kaplamalarla sağlandığı, en yüksek su aktivitesi değerlerinin ise, MS kaplamalara benzer olarak, kontrol PASP kaplamaların sağladığı tespit edilmiştir.

Araştırmada, ayrıca antimikrobiyel madde içeren MS ve PASP filmlerin, ambalaj materyali olarak kullanım potansiyellerinin değerlendirilmesi amacıyla karakterizasyon analizleri yapılmış, antimikrobiyel filmlerin fiziksel ve mekaniksel özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, her bir antimikrobiyel filmin, kalınlık, ağırlık, nem içeriği, kuru madde yoğunlukları, su buharı geçirgenlik değerleri, gözenek yapıları, çekme dayanımı, uzama katsayıları, young modülleri ve renk parametre değerleri belirlenmiştir. Antimikrobiyel filmlerin ambalajlama malzemesi olarak kullanımları için genel olarak filmlerin, kalınlıklarının ince

olması, hafif olarak üretilmeleri, nem içeriklerinin düşük dolayısıyla su baharı geçirgenlik değerlerinin düşük olması, kuru madde yoğunluklarının yüksek olması, uzama değerleri ile çekme dayanım değerlerinin yüksek olması, gözenek yapılarının homojen olması, iğne deliği ve hava kabarcığı içermemesi, renklerinin mümkün olduğu kadar şeffaf ve kokusuz olmaları istenmektedir. Bu özellikler kapsamında çalışmamızda üretimi yapılan antimikrobiyel filmler değerlendirildiğinde;

- Potasyum sorbat, sodyum benzoat ve nisin içeren MS filmlerin istenilen karakteristik özelliklere genel olarak sahip oldukları söylenebilmektedir. Esansiyel yağlar ile zenginleştirilen MS filmlerin *L. innocua* üzerinde güçlü antimikrobiyel etki göstermelerine karşın, bu çalışma kapsamında belirlenen karakteristik özelliklerinin zayıf olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
- Benzer olarak, antimikrobiyel madde içeren PASP filmler içerisinde potasyum sorbat, sodyum benzoat ve kontrol filmler karakteristik özelliklerinin uygunlukları ile dikkat çekmektedir. Antimikrobiyel MS filmlerde de olduğu gibi, genel olarak esansiyel yağlar ile zenginleştirilen PASP filmler bu çalışma kapsamında belirtilen karakteristik özellikleri ile ambalaj materyali olarak kullanıma uygun bulunmamışlardır.
- Ancak, yenibahar esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş PASP filmler bu noktada ayrım göstermektedir. Yenibahar esansiyel yağı içeren PASP filmlerin yüksek uzama oranları ve çekme dayanımları değerleri ile dayanıklı ambalaj materyallerinden biri olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu PASP filmler de elde edilen renk katsayı değerlerinin farklılığı ve film renklerinin sarılık göstermesi nedeniyle genel tercih kriterlerine uygunluk göstermemektedirler.

Farklı antimikrobiyel madde içeren yenilebilir kaplama uygulaması yapılan, *Listeria innocua* inoküle edilmemiş Macar salamı örneklerinde duyusal analizler yapılmıştır. 5 kişiden oluşan bir jüriden, duyusal değerlendirme

formunda, salam örneklerinin duyusal özelliklerini 9 puanlık skala üzerinde değerlendirilmesi istenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre;

- En yüksek genel görünüş puan ortalamasının sodyum benzoat içeren MS kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri olduğu tespit edilmiştir. En düşük genel görünüş puan ortalamasına ise kişniş esansiyel yağı içeren MS kaplama uygulanmış örnekler sahiptir.
- En yüksek koku, tekstür, tat ve genel ürün beğenisi ve renk puan ortalamasına kekik esansiyel yağı içeren MS kaplama uygulanmış Macar salamı örnekleri almıştır. En düşük renk puan ortalaması ise kontrol MS kaplama uygulanmış örneklere aittir. Bu bakımından duyusal açıdan en çok beğenilen MS kaplama türünün kekik esansiyel yağları içerenler olduğunu söylemek mümkündür.
- Antimikrobiyel PASP kaplama uygulanmış Macar salamı örneklerinde ise duyusal değerlendirme sonuçları farklılık göstermektedir. Antimikrobiyel PASP kaplamaların duyusal açıdan genel değerlendirmesi yapıldığında esansiyel yağlar içeren PASP kaplamaların Macar salamında kullanımının çok beğenilmediği, nisin içeren PASP kaplamaların uygulandığı örneklerin ise en çok beğenilen kaplama türü olduğunu söylemek mümkün olacaktır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, *Listeria innocua* üzerine en etkin antimikrobiyel özellik gösteren kaplamaların potasyum sorbat ve sodyum benzoat içeren kaplamalar olduğu, duyusal açıdan en beğenilen kaplama türlerinin ise kekik içeren kaplamalar olduğu tespit edilmiştir. Ancak potasyum sorbat ve sodyum benzoat kaplamalarla ile elde edilen inaktivayon, etken antimikrobiyellerin kaplama içerisine % 4 gibi oldukça yüksek bir değerde ilavesi suretiyle gerçekleşmiştir. Türk Gıda Kodeksinde, potasyum sorbat ve sodyum benzoatın gıdalara % 0,1 düzeyinde katılmasına izin verildiği belirtilmektedir. Bu nedenle, bu antimikrobiyel maddelerin kaplama solüsyonları içerisindeki miktarlarının azaltılabilmesi için, sonraki yapılacak çalışmalarda, engeller teknolojisinden yararlanarak, *Listeria innocua* üzerine antimikrobiyel

etkisi olduğu tespit edilmiş esansiyel yağlar ve nisin ile potasyum sorbat ve sodyum benzoatın kombine olarak kullanılması daha doğru olacaktır. Kullanılacak antimikrobiyel maddelerin miktar tespitlerinde, ortam şartları da göz önünde bulundurularak, mikrobiyel modelleme sistemlerinden yararlanılabilir.

Sonuç olarak, yenilebilir film ve kaplamalarda, yasal olarak kullanıma izin verilmiş diğer koruyucuların antimikrobiyel etkinliğinin ölçülmesinde, bu çalışmanın yararlı olacağına ve çalışma sonuçlarının daha sonra yapılacak çalışmalara öncülük edeceğine inanılmaktadır. Çalışmada kullanılan her bir antimikrobiyel madde gibi, antimikrobiyel koruyucuları içeren ambalajlar, raf ömrünü doldurmamış Macar salamı örneklerinde depolama boyunca meydana gelen, mikrobiyolojik bozulmaların önlenmesinde, gıda güvenliğinin sağlanmasında ve ürün raf ömrünün uzatılmasında yararlı olacaktır. Bu kapsamda antimikrobiyel yenilebilir film ve kaplamalar, ürün kalitesinin korunması ve geliştirilmesinde gelecek için oldukça ümit vericidir. Fakat, yenilebilir film ve kaplamalarla ile ilgili çalışmalar henüz araştırma düzeyinde ve model sistemler bazındadır. Macar salamı ve benzeri ürünlerin, antimikrobiyel yenilebilir film ve kaplama uygulanarak ambalajlanması, teknolojik yeniliklerle kombine edildiğinde gelecek vaat eden bir uygulama olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, dış yüzeyde bulunan plastik ambalaj materyal kalınlığı azalacağından dolayı ambalaj atıkları miktarı azalacak ve çevre kirliliği bir ölçüde azaltılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

AKGÜL, A., 1993. Baharat Bilimi ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 15. Ankara.

AKTÜRKOĞLU, E., EROL, İ., 1999. Beyaz Peynir Üretiminde Nisin Kullanımı ile *Listeria monocytogenes*'in İnhibisyonu. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 23 (4): 784-792.

ALTAN, A., 2003, Özel Gıdalar Teknolojisi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset Matbaası, Adana, 5-9 s.

ANONYMOUS, 1978. Et ve Et Ürünlerinde pH Tayini (Referans Metot). TS 3136.

APPENDINI, P., HOTCHKISS, J.H., 2002. Review of Antimicrobial Food Packaging. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3: 113-126.

ATARES, L., DE JESUS, C., TALENS, P., CHIRALT, A., 2010. Characterization of SPI-Based Edible Films Incorporated with Cinnamon or Ginger Essential Oils. J. of Food Engineering, 99: 384-391.

AYANA, B., 2007. Antimikrobiyel Yenilebilir Filmlerin Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 60s.

AYANA, B., TURHAN, N., 2009. Use of Antimicrobial Methylcellose Films to Control *Staphylococcus aureus* During Storage of Kasar Cheese. Packaging Technology and Science, 22: 461-469.

AYANA, B., TURHAN, N., 2010. Gıda ambalajlamasında Antimikrobiyel Madde İçeren Yenilebilir Filmler/Kaplamalar ve Uygulamaları. Gıda, 2: 151-158.

AYDIN, B.D., 2008. Bazı Tıbbi Bitki ve Baharatların Gıda Patojenleri Üzerine Antibakteriyel Etkisinin Araştırılması. Kafkas Üniv Vet Fak Derg, 14 (1): 83-87.

BAHRAM, S., REZAEI, M., SOLTANI, M., KAMALI, A., OJAGH, S.M., ABDOLLAHI, M., 2013. Whey Protein Concentrate Edible Film Activated with Cinnamon Essential Oil. J. of Food Processing and Preservation, 1- 8.

BENAVIDES, S, VILLALOBOS-CARVAJAL, R, REYES, J.E., 2011. Physical, Mechanical and Antibacterial Properties of Alginate Films: Effect of The Cross Linking Degree and Oregano Essential Oil Concentration. J. of Food Engineering. 110(2): 232-239.

BLAIR, I., DUFFY, G., MCDOWELL, D., SHERIDAN, J., 1997. Development of A Surface Adhesion Immunofluorescent Technique For The Rapid Isolation of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua* From Meat. J. of Applied Microbiology. 82: 225-232.

BOURTOOM, T., 2008. Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties. Int. Food Research Journal, 15(3): 1-12.

BOZDOĞAN, A., 2010. Nevşehir-Ürgüp Çevresi Emir-Dimrit Üzümlerinden Doğal Köpüren Şarap Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 170 s.

BUCHRIESER, C., COSSART, P., KUNST, F. GLASER, P. AND RUSNIOK, C., 2003. Comparison of The Genome Sequences of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua*: Clues For Evolution and Pathogenicity. FEMS Immunology and Medical Microbiology. 35: 207-213.

CAMPOS, C.A., GERSCHENSON, L.N., FLORES, S.K., 2011. Development Of Edible Films And Coatings With Antimicrobial Activity. Food Bioprocess Technol, 4: 849-875.

CANDOĞAN, K., 2009. Antimikrobiyel ve Antioksidan Özellikteki Yenilebilir Filmlerin Taze Etlerin Raf Ömrüne Etkisi. A.Ü. Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) Kesin Raporu. 92 s.

CANSIZ, Ö., 2006. Farklı Organik Asitlerle Üretilen Kitosan Kaplama Materyalinin Yumurta Raf Ömrü ve Kabuk Mukavemetini Geliştirmede Etkinliğinin Araştırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 87s.

CAO-HOANG, L., CHAINE, A., GREGOIRE, L., WACHE, Y., 2010. Potential of Nisin-Incorporated Sodium Caseinate Films To Control *Listeria* in Artificially Contaminated Cheese. Food Microbiology, 27:940-944.

CARLIN, E., GONTARD, N., REICH, M., NGUYEN, C., 2001. Utilization of Zein Coating and Sorbic Acid To Reduce *Listeria monocytogenes* Growth On Cooked Sweet Corn. J. Food Sci, 66: 1385–1389.

CEYLAN, A., 1997. Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu Yağ Bitkileri) E.Ü.Z.F. Yayınları No:481, Bornova, İzmir, s.306.

CHA, D.S., CHINNAN, M. S., 2004. Biopolymer-Based Antimicrobial Packaging: A Review. Food Science and Nutrition, 44: 223-237.

CHA, D.S., COOKSEY, K., CHINNAN, M.S., PARK, H.J., 2003. Release of Nisin From Various Heat-Pressed and Cast Films. Lebensm. Wiss. Techn., 36: 209–213.

CHI-ZHANG, Y., YAM, K.L., CHIKINDAS, M.L., 2004. Effective Control of *Listeria monocytogenes* by Combination of Nisin Formulated And Slowly Released into A Broth System. Int. J. of Food Microbiology, 90: 15– 22.

COMA, V., SEBTI, I., PARDON, P., DESCHAMPS, A., PICHAVANT, F. H., 2001. Antimicrobial Edible Packaging Based On Cellulosic Ethers, Fatty Acids, and Nisin Incorporation to Inhibit *Listeria innocua* and *Staphylococcus aureus*. J. of Food Protection, 64(4), 470–475.

ÇAĞRI, A., 2002. Antimicrobial Whey Protein Isolate-Based Edible Casings. Michigan State University, Department of Food Science and Human Nutrition, Doctor of Philosophy, 241 p.

ÇAĞRI, A., USTUNOL, Z., RYSER, E.T., 2001. Antimicrobial, Mechanical and Moisture Barrier Properties of Low pH Whey Protein-based Edible Films Containing p-Aminobenzoic or Sorbic Acids. J. of Food Science, 66(6): 865-870.

ÇAĞRI, A., USTUNOL, Z., RYSER, E.T., 2002. Inhibition of Three Pathogens on Bologna and Summer Sausage using Antimicrobial Edible Films. J. of Food Science, 67(6): 2317-2324.

ÇAKMAKÇI, S., ÇELİK, İ., 1998. Gıda Katkı Maddeleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu No: 164, Erzurum.

ÇOŞKUN, F., 2006. Gıdalarda Bulunan Doğal Koruyucular. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2: 27-33.

DAWSON, P.L., HARMON, L., SOTTHIBANDHU, A., HAN, I.Y., 2005. Antimicrobial Activity Of Nisin-Adsorbed Silica And Corn Starch Powders. Food Microbiology, 22: 93–99.

DE MOURA, M.R., AVENA-BUSTILLOS, R.J., McHUGH, T.H., WOOD, D.F., OTONI, G.C., MATTOSO, L.H.C., 2011. Miniaturization of Cellulose Fibers and Effect of Addition on The Mechanical and Barrier Properties of Hydroxypropyly Methylcellulose Films. J. of Food Engineering, 104: 154-160.

DELLAGLIO, S., CASIRAGHI, E., POMPEI, C., 1996. Chemical, Physical and Sensory Attributes for The Characterization of an Italian Dry Cured Sausage. Meat Sci, 42: 25-35.

DİNÇOĞLU, A.H., 2005. Sorbik Asit ve Tuzlarının Süt ve Süt Ürünlerinde Kullanımı. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları. 77-83 s.

DOĞRUER, Y., GÜRBÜZ, Ü., NİZAMLIOĞLU, M., 1996. Potasyum Sorbatın Beyaz Peynirin Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesine Etkisi. Vet. Bil. Derg, 12(1): 109-116.

DORMAN, H.J.D., DEANS, S.G., 2000. Antimicrobial Agents from Plants: Antibacterial Activity of Plant Volatile Oils. J. Appl. Microbiol, 88: 308-316.

DU, W.X., OLSEN, C.W., AVENA-BUSTILLOS, R.J., MCHUGH, T.H., LEVIN, C.E., MANDRELL, R., FRIEDMAN, M., 2009. Antibacterial Effects of Allspice, Garlic and Oregano Essential Oils in Tomato Films Determined by Overlay and Vapor-Phase Methods. J. Food Science, 74(7): 390-397.

DURSUN, S., ERKAN., N., 2009. Yenilebilir Protein Filmler ve Su Ürünlerinde Kullanımı. J. of Fisheries Science.com, 3(4): 352-373.

EKREN, S., SÖNMEZ, Ç., SANCAKTAROĞLU, S., BAYRAM, E., 2009. Farklı Dikim Sıklıklarının Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Bitkisinin Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg, 46 (3): 165-173.

EMİROĞLU KARAGÖZ, Z., YEMİŞ POLAT, G., ÇOŞKUN KODAL, B., CANDOĞAN K., 2010. Antimicrobial Activity of Soy Edible Films

Incorporated with Thyme and Oregano Essential Oils on Fresh Ground Beef Patties. Meat Science, 86: 283-288.

EVREN, M., TEKGÜLER, B. 2011. Uçucu Yağların Antimikrobiyel Özellikleri. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, 9 (3): 28-40.

FALGUERA, V., QUINTERO, J.P., JIMENEZ, A., MUNOZ, J.A., IBARZ, A., 2011. Edible Films and Coatings: Structures, Active Functions and Trends in Their Use. Trends in Food Science & Technology, 1-12.

FERNANDEZ-SAIZ, P., SOLER, C., LAGARON, J.M., OCİO, M.J., 2010. Effects of Chitosan Films on The Growth of *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp. in Laboratory Media and Fish Soup. Int. J. of Food Microbiology, 137: 287-294.

FUJIMOTO, T., TSUCHİYA, Y., TERAO, M., NAKAMURA, K., YAMAMOTO, M., 2000. Antibacterial Effects of Chitosan Solution Against *Legionella pneumophila*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Int. J. of Food Microbiology, 112: 96-101.

GACHKAR, L., YADEGARI, D., REZAEI, M.B., TAGHIZADEH, M., ASTANEH, S.A., RASOOLI, I., 2007. Chemical and Biological Characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* Essential Oils. Food Chemistry, 102:898-904.

GARCIA, M.A., PINOTTI, A., MARTINO, M.N., ZARITZKY, N.E., 2009. Edible Films and Coatings for Food Applications. Chapter 6; Characterization of Starch and Composite Edible Films and Coatings, 179-219 .

GENNADIOUS, A., McHUGH, T. H., WELLER, C. L., KROCHTA, J. M., 1994. Edible Coatings and Films Based on Proteins. Technomic Publishing Company. USA, 201-277.

GOUNGA, M.E., XU, S.Y., WANG, Z., 2007. Whey Protein Isolate-Based Films as Affected by Protein Concentration, Glycerol Ratio and Pullulan Addition in Film Formation. J. of Food Engineering, 83: 521-530.

GÖKALP, H.Y., KAYA, M., TÜLEK, Y., ZORBA, Ö., 1995. Et ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu (2. Baskı). Atatürk

Üniv. Yayın No: 751, Zir. Fak. Yay. No :318, Ders Kitapları Serisi No: 69, Erzurum.

GÖKOGLU, N., 2002. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

GUTIERREZ, J., BARRY-RYAN, C., BOURKE, P. 2008. The Antimicrobial Efficacy of Plant Essential Oil Combinations and Interactions with Food Ingredients. Int. J. Food Microbiology, 124: 91-97.

HAMPİKYAN, H., ÇOLAK, H., 2007. Nisin ve Gıdalardaki Antimikrobiyel Etkisi. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6(2): 142-147.

HECER (DOKUZLU), H., 2010. Gıda Analizleri. Marmara Kitapevi, Bursa, 299s.

IMRAN, M., EL-FAHMY, S., REVOL-JUNELLES, A.M., DESORBY, S., 2010. Cellulose Derivative Based Active Coatings: Effects of Nisin and Plastizer on Physico-Chemical and Antimicrobial Properties of Hidroxypropil Methylcellulose Films. Carbohydrate Polymers, 81: 219-225.

IŞIK, H., DAĞHAN, Ş., GÖKMEN, S., 2013. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Yenilebilir Kaplamalar Üzerine Bir Araştırma. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8 (1): 26-35.

İŞCAN, G., DEMİRCİ, F., KIRIMER, N., KÜRKÇÜOĞLU, M., BAŞER, K.H.C., KIVANÇ, M., 2004. Bazı Umbelliferae Türlerinden Elde Edilen Uçucu Yağların Antimikrobiyel Etkileri. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.

KABA, N., DUYAR, H.A., 2008. Antimikrobiyel Paketleme. E. Ü. Su Ürünleri Dergisi, 25(2): 181-185.

KANATT, S.R., CHANDER, R., SHARMA, A., 2007. Chitosan and Mint Mixture: A new Preservative for Meat and Meat Products. Food Chemistry, 107: 845-852.

KARAGÖZ, Z., CANDOĞAN, K., 2007. Et Teknolojisinde Antimikrobiyel Ambalajlama. Gıda, 32(3): 113-122.

KAYA, M., KABAN, G., 2008. Emülsiyon Tipi Et Ürünlerinde *Listeria monocytogenes* ve Kontrolü. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 837-838 s.

KAYA, N., YILMAZ, G., TELCİ, İ., 2000. Farklı Zamanlarda Ekilen Kişniş (*Coriandrum sativum* L.) Populasyonlarının Agronomik ve Teknolojik Özellikleri. Tr. J. Agric For, 4: 355-364.

KESTER, J.J., FENNEMA, O.R., 1986. Edible Films and Coatings: A Review. Food Technol, 40: 47-59.

KIZIL, S., İPEK, A., 2004. Bazı Kişniş (*Coriandrum sativum* L.) Hatlarında Farklı Sıra Arası Mesafelerinin Verim, Verim Özellikleri ve Uçucu Yağ Oranı Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 10 (3): 237-244.

KİBAR, E.A.A., 2010. Biyobozunur Metil Selüloz-Mısır Nişastası ve Karboksimetil Selüloz- Mısır Nişastası Esaslı Filmlerin Üretimi ile Geçirgenlik, Mekaniksel ve Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi. H.Ü. Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi. Ankara. s: 160.

KO, S., JANES, M.E., HETTIARACHCHY, N.S., JOHNSON, M.G., 2001. Physical And Chemical Properties Of Edible Films Containing Nisin and Their Action Against *Listeria monocytogenes*. J. Food Sci, 66: 1006–1011.

KOÇAN, D., 2007. *Listeria monocytogenes*'in Belirlenmesinde Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 177 s.

KOWALCZYK, D., BARANIAK, B., 2011. Effects of Plasticizers, pH and Heating of Film-Forming Solution on The Properties of Pea Protein Isolate Films. J. of Food Engineering, 105: 295-305.

KOYUNCU, M.A., SAVRAN, H.E., 2002. Yenilebilir Kaplamalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (3): 73-83.

KRASNIEWSKA, K., GNIEWOSZ, M., 2012. Substances with Antibacterial Activity in Edible Films – A Review. Pol. J. Food Nutr. Sci, 62 (4): 199-206.

KROCHTA, J.M., MULDER-JOHSTON, C., 1997. Food Technology: Edible and Biodegradable Polymer Films Challenges and Opportunities. Scientific Status Summary, 51(2): 61-74.

KU, K.J., HONG, Y.H., SONG, K.B., 2008. Mechanical Properties of A *Gelidium corneum* Edible Films Containing Catechin and Its Application in Sausages. J. of Food Science, 73(3): 217- 221.

KURT, Ş., ZORBA, Ö., 2005. Bakteriyosinler ve Gıdalarda Kullanım Olanakları. YYÜ Vet Fak Derg, 16 (1):77-83.

LAMBERT, R.J.W., SKANDEMIS, P.N., COOTE, P., NYCHAS, G.J.E., 2001. A Study of The Minimum Inhibitory Concentration and Mode of Action of Oregano Essential Oil, Thymol and Carvacrol. J. Appl. Microbiol, 91: 453-462.

MAHAN, F.I., 2007. Kitosanla Kaplanmış Soyulmuş Sosislerin Mikrobiyolojik Kalitesi ve Raf Ömürlerinin Araştırılması. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 70 s.

MALI S., GROSSMANN M.E., GARCIA M.A., MARTINO M.N., ZARITZKY N.E. 2005. Mechanical and Thermal Properties of Yam Starch Films. *Food Hydrocolloids*. 19 (1): 157–164.

MARTİNS, J.T., CERQUEIRA, M.A., BOURBONA, A.I., PINHEIROA, A.C., SOUZA, B.W.S., VICENTE, A.A., 2012. Synergistic Effects Between K-Carrageenan and Locust Bean Gum on Physicochemical Properties Of Edible Films Made Thereof. Food Hydrocolloids, 29(2):280–289.

MARZOUK, A., MOHAMED, S., FATMA, A., MOHARRAM, M.A., MOHAMED, A.M., GAMAL-ELDEEN ELSAYED, A.A., 2007. Anticancer and Antioxidant Tannins from *Pimenta dioica* Leaves. Z. Naturforsch, 62:526-536.

MEHMETOĞLU, A.Ç., 2010. Yenilebilir Filmlerin ve Kaplamaların Özelliklerini Etkileyen Faktörler. Akademik Gıda, 8(5): 37-43.

MEHMETOĞLU, A.Ç., DEMİRKOL, O., 2008. Yenilebilir Antimikrobiyel Filmlerin ve Kaplamaların Et Ürünlerine Kullanılabilirliği. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 541-542 s.

MEJLHOM, O., DALGAARD, P., 2002. Antimicrobial Effect of Essential Oils on The Seafood Spoilage Microorganism *Photobacterium phosphoreum* in Liquid Media and Fish Products. Lett Appl Microbiol, 34: 27-31.

MING, X., WEBER, G.H., AYRES, J.W., SANDINE, W.E., 1997. Bacteriocins Applied to Food Packaging Materials to Inhibit *Listeria monocytogenes* on Meats. J. of Food Science, 62 (2): 413-415.

MOREIRA, M.R., PEREDA, M., MARCOVICH, N.E., ROURA, S.I., 2010. Antimicrobial Effectiveness of Bioactive Packaging Materials from Edible Chitosan and Casein Polymers: Assessment on Carrot, Cheese and Salami. J. of Food Science, 76(1): 54-63.

MOREIRA, T.O., SOARES, N.F.F., PEREİRA, R.M., FRAGA, K.F., 2007. Development and Evaluation of Antimicrobial Natamycin-Incorporated Film in Gorgonzola Cheese Conservation. Packaging Technology and Science, 20: 147-153.

NİZAMLIOĞLU, M., GÜRBÜZ, Ü., DOĞRUER, Y., 1996. Potasyum Sorbatın Kaşar Peynirin Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesine Etkisi. Vet. Bil. Derg, 12 (2): 23-29.

OUSSALAH, M., CAILLET, S., SAUCIER, L., LACROIX, M., 2006. Antimicrobial Effects Of Selected Plant Essential Oils On The Growth Of *Pseudomonas putida* Strain Isolated From Meat. Meat Science, 73: 236-244.

ÖZAY, G., PALA, M., SAYGI, B., 1993. Bazı Gıdaların Su Aktivitesi (a_w) Yönünden İncelenmesi. Gıda, 18 (6): 377-383.

ÖZDEMİR, H., 1998. Vakum Paketli Dilimlenmiş Salamlarda Mikrofloranın Gelişimi ve Raf Ömrünün Saptanması. Ankara Üni. Vet. Fak. Derg, 45: 185-192.

PASTOR, C., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., CHIRALT, A., CHÁFER, M., GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. 2013. Physical and Antioxidant Properties of Chitosan and Methylcellulose Based Films Containing Resveratrol. Food Hydrocolloids, 30: 272-280.

PIRES, A.C.S., SOARES, N.F.F., ANDRADE, N.J., SILVA, L.H.M., CAMİLLOTO, G.P., BERNARDES, P.C., 2008. Development And Evaluation Of Active Packaging For Sliced Mozzarella Preservation. Packaging Technology and Science, 21 (7): 375–383.

PIRES, C., RAMOS, C., TEIXEIRA, B., BARTISTA I., NUNES, M.L., MARQUES A., 2013. Hake Proteins Edible Films Incorporated with Essential Oils: Physical, Mechanical, Antioxidant and Antibacterial Properties Food Hydrocolloids, 30: 224-231.

PIRES, C., RAMOS, C., TEIXEIRA, G., BATISTA, I., MENDES, R., NUMES, L., MARQUES, A., 2011. Characterization of Biodegradable Films Prepared with Hake Proteins and Thyme Oil. J. of Food Engineering, 105: 422-428.

PRANOTO, Y., RAKSHIT, S.K., SALOKHE, V.M., 2005. Physical and Antibacterial Properties of Alginate-Based Edible Film Incorporated with Garlic Oil. Food Research International, 38: 267-272.

QUATTARA, B., SIMAREL R.E., BIETTE, B., BEGIN, A., HOLLEY, R.A., 2000. Inhibition of Surface Spoilage Bacteria in Processed Meats by Application of Antimicrobial Films Prepared with Chitosan. Int. J. of Food Microbiology, 62: 139-148.

QUINTAVALLA, S., VICINI, L., 2002. Antimicrobial Food Packaging in Meat Industry. Meat Science, 62: 373-380.

RAMOS, O.L, SILVA, S.I., SOARES, J.C., FERNANDES, J.C., POÇAS, M.F., PINTADO, M.E., MALCATA, F.X., 2012. Features and Performance of Edible Films, Obtained from Whey Protein Isolate Formulated with Antimicrobial Compounds. Food Research International, 45: 351-361.

RAO, P.S., NAVINCHANDRA, S., JAYAVEERA, K.N., 2012. An Important Spice, *Pimenta dioica* (Linn.) Merill: A Review. International Current Pharmaceutical Journal, 1(8): 221-225.

RAO, S. K., IYENGAR, M. A., RAO, G., 2001. Antimicrobial Activity of The Essential Oil of The Leaves of *Pimenta dioica*, Linn (Family: Myrtaceae). Indian Drugs, 38 (9): 458 – 461.

REYES-GARCIA, A., ORTİZ-GARCIA, D., PÉREZ-PÉREZ, C., GARCIA-ALMENDÁREZ, B., REGALADO-GONZÁLEZ, C., 2004. Biodegradable, Edible Film Based on Whey Protein Concentrate, Added With Bacteriocin to Increase Shelf Life of Packaged Foods. International Congress in Food Science and Biotechnology in Developing Countries. Durango, Mexico. June 20-23.

ROJAS-GRAÜ, M.A., TAPIA, M.S., RODRIQUEZ, F.J., CARMONA, A.J., MARTIN-BELLOSO, O., 2007. Alginate and Gellan-Based Edible

Coatings as Carriers of Antibrowning Agents Applied on Fresh-Cut Fuji Apples. Food Hydrocolloids, 21: 118-127.

ROYO, M., FERNANDEZ-PAN, I., MATE, J.I., 2010. Antimicrobial Effectiveness of Oregano and Sage Essential Oils Incorporated in to Whey Protein Films or Cellulose-Based Filter Paper. J. Sci. Food Agric, 90: 1513-1519.

RUBILAR, J.F., CRUZ, R.M.S., SILVA, H.D., VICENTE, A.A., KHMELINSKII I., VIEIRA, M.C., 2013. Physico-Mechanical Properties of Chitosan Films With Carvacrol And Grape Seed Extract. J. Food Eng, 115, 466–474.

RUIZ-NAVAJAS, Y., VIUDA-MARTOS, M., SENDRA, E., PEREZ-ALVAREZ, J. A., FERNANDEZ-LOPEZ, J. 2013. *In vitro* Antibacterial And Antioxidant Properties of Chitosan Edible Films Incorporated With Thymus moroderi or Thymus piperella Essential Oils. Food Control, 30: 386-392.

SAJJADİ, S. E., 2006. Analysis Of The Essential Oils of Two Cultivated Basil (*Ocimum Basilicum* L.) From Iran, Daru, 14(3):128-129.

SANCAK, Y.C., İŞLEYİCİ, Ü., SAĞUN, E., 2007. Van'da Tüketime Sunulan Bazı Et Ürünlerinde *Listeria monocytogenes* Varlığı. YYÜ Vet Fak Derg, 18(1):93-99.

SANCHEZ-GONZALEZ, L, VARGAS, M, GONZALEZ-MARTINEZ, C, CHIRALT, A, CHAFER, M., 2009. Characterization of Edible Films Based on Hyhdroxyproply Methylcellulose and Tea Tree Essential Oil. Food Hydrocolloids, 23: 2102-2109.

SANCHEZ-GONZALEZ, L., VARGAS, M., GONZALEZ-MATINEZ, C., CHIRALT, A., CHAFER, M., 2011. Use of Essential Oils in Bioactive Edible Coatings. Food Eng. Rev, 3:1-16.

SANJURJO, K, FLORES, S, GERSCHENSON, L, JAGUS, R., 2006. Study of the Performance of Nisin Supported in Edible Films. Food Research International, 39: 749-754.

SARIKUŞ, G., 2006. Farklı Antimikrobiyel Maddeler İçeren Yenilebilir Film Üretimi ve Kaşar Peynirinin Muhafazasında Mikrobiyel İnaktivasyona

Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 69s.

SERDAROĞLU, M., ÖZSÜMER, M.S., 2000. Et ve Et Ürünlerinde Bakteriyosinlerin Önemi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6 (2-3): 211-217.

SEYDİM, A.C, SARIKUŞ, G., 2006. Antimicrobial Activity of Whey Protein Based Edible Films Incorporated With Oregano, Rosemary and Garlic Essential oils. Food Research International, 39:639-644.

SIVAROOBAN, T., HETTIARACHCHY, N.S., JOHNSON, M.G., 2008. Pyhsical and Antimicrobial Properties of Grape Seed Extract, Nisin, and EDTA Intercorporated Soy Protein Edible Films. Food Research International, 41: 781-785.

SKURTYS, O., ACEVEDO, C., PEDRESCHI, F., OSORIO, F., AGULERA, J.M., 2010. Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. ISBN: 1616682698. 66p.

SMITH-PALMER, A., STEWART, J., FYFE, L., 2001. The Potential Application of Plant Essential Oils As Natural Food Preservatives in Soft Cheese. Food Microbiol, 18 (4): 463-470.

SOUZA, B.W.S., CORQUEİRA, M.A., MARTINS, J.T., CASARIEGO, A., TEIXERIA, J.A., VICENTE, A.A., 2010. Influence of Electric Fields on The Structre of Chitosan Edible Coatings. Food Hyrocolloids, 24: 330-335.

STANOJEVIC, D., COMIC, L. , STEFANOVIC, O., SOLUJIC-SUKDOLAK, S.L., 2009. Antimicrobial Effects of Sodium Benzoate, Sodium Nitrite and Potassium Sorbate and Their Synergistic Action *In Vitro*. Bulgarian J. of Agricultural Science, 15(4): 307-311.

TAKALA, P.N., SALMIERI, S., VU, K.D, LACROIX, M., 2011. Effects of Combined Treatments of Irradiation And Antimicrobial Coatings On Reduction of Food Pathogens in Broccoli Florets. Radiation Physics and Chemistry, 80: 1414–1418.

TATLI, D., 2009. Geleneksel Süt Ürünlerinden İzole Edilen Laktik Asit Bakterilerinin Antibiyotik Dirençlerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, 69s.

THEIVENDRAN, S., HETTIARACHCHY, N.S., JOHNSON, M., 2006. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by Nisin Combined With Grape Seed Extract or Green Tea Extract in Soy Protein Film Coated on Turkey Frankfurters. J. of Food Science, 71:39-44.

TİRYAKİ, G.G., 2008. Engelleme Teknolojisinin Sebzelerde Patojen İnaktivasyonu ve Raf Ömrü Açısından Etkilerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. 234 s.

TOME, E., GIBBS, P.A., TEIVERIA., P.C., 2008. Growth Control of *L. innocua* 2030c on Vacuum-Packaged Cold Smoked Salmon by Lactic Acid Bacteria. Int. J. of Food Microbiology, 3: 285-294.

TORLAK, E., NİZAMOĞLU, M., 2009. Doğal Antimikrobiyel Maddeler İle Hazırlanan Yenilebilir Filmlerin *Listeria monocytogenes* Üzerine Etkileri. Vet. Bil. Derg, 25(1-2): 15-21.

TSE 979. Türk Standartları Enstitüsü Salam Standardı. 14 s.

TURHAN, K.N., SAHBAZ, F., 2004. Water Vapor Permeability, Tensile Properties and Solubility of Methylcellulose-Based Edible Films. J. of Food Engineering, 61: 459-466.

ULTEE, A., SLUMP, R.A., STECHINI, G., SMID, E.J., 2000. Antimicrobial Activity of Carvacrol Toward *Bacillus cereus* on Rice. J. of Food Protection, 63: 620–624.

ÜÇÜNCÜ, M., 2000, Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 612 S.

VALENCİA-CHAMORRO, S.A., PALOU, L., ANGEL del RIO, M., PEREZ-GAGO, M.B., 2011. Performance of Hyhdroxyproply methylcellose (HPMC)-Lipid Edible Coatings with Antifungal Food Additives During Cold Storage of Clemenules Mandarins. Food Science and Technology, 1-7.

WAN, J., WILCOCK, A., COVENTRY, M. J., 1998. The Effect of Essential Oils of Basil on Growth of *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas fluorescens*. J. Appl. Microbiol, 84(2): 152-158.

WANG, L., DONG, Y., MEN, H., TONG, J., ZHOU, J., 2013. Preparation and Characterization of Active Films Based on Chitosan Incorporated Tea Polyphenols. Food Hydrocolloids, 32: 35-41.

YE, M., NEETOO, H., CHEN, H., 2008(a). Effectiveness of Chitosan-Coated Plastic Films Intercorporating Antimicrobials in Inhibition of *Listeria monocytogenes* on Cold-Smoked Salmon. Int. J. of Food Microbiology. 127: 235-240.

YE, M., NEETOO, H., CHEN, H., 2008(b). Control of *Listeria monocytogenes* on Ham Steaks by Antimicrobials Incorporated into Chitosan-Coated Plastic Films. Food Microbiology, 25: 260-268.

YENER, F.Y.G., 2007. Development of Antimicrobial Protective Food Coating Materials from Edible Alginate Films. Graduate School of Engineering and Science of İzmir Institute of Technology. Master of Science. 101 p.

YENTÜR, G., GÜREL, H., ORMAN, M., BEYHAN, A., 1995. Ankara Piyasasından Sağlanan Bazı Gıda Maddelerinde Sorbik Asit ve Benzoik Asit Miktarlarının Gaz Kromatografisi Yöntemi İle Araştırılması. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 42: 451-455.

YILMAZ, L., BEYAZİT, A. A., YILSAY, Ö.T., 2007. Süt Proteinlerinin Yenilebilir Film ve Kaplamalarda Kullanılması. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1: 59-64.

ZHU, M., DU, M., CORDRAY, J., AHN, D.U., 2005. Control of *Listeria monocytogenes* Contamination in Ready-to-Eat Meat Products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 4: 34-42.

ZINOVIADOU, K.G., KOUTSOUMAINS, K.P., BILIADERIS, C.G., 2009. Physico-chemical Properties of Whey Protein Isolate Films Containing Oregano Oil and Their Antimicrobial Action Against Spoilage Flora of Fresh Beef. Meat Science, 82: 338-345.

ZIVANOVIC, S., CHI, S., DRAUGHON, A.F., 2005. Antimicrobial Activity of Chitosan Films Enriched with Essential Oils. Food Microbiology and Safety, 70(1): 45- 51.

ÖZGEÇMİŞ

04/09/1981 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1998 yılında başladığı Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 2002 yılında mezun oldu. 2003 yılında Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2006 yılında tamamladı. 3 yıllık bir özel sektör deneyimi sonrası, 2009 yılı itibariyle Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Bahçe Meslek Yüksek Okulu, Gıda Teknolojisi Programına Öğretim Görevlisi olarak atandı. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümünde doktora eğitimine başladı. Halen Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Bahçe Meslek Yüksek Okulu'nda Gıda İşleme Bölüm Başkan V. olarak Öğretim Görevlisi görevini sürdürmektedir.