



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**NANOMALZEMELERİN VAKUM VE MODİFİYE ATMOSFERDE
AMBALAJLANAN TÜKETİME HAZIR DİLİMLENMİŞ SALAMIN
KALİTESİ VE RAF ÖMRÜNE ETKİSİ**

SERRA NALÇABASMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA/HATAY

OCAK 2014

09/01/2014

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Serra NALÇABASMAZ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Malzemeler	13
3.2. Nanomalzemelerde Kalınlık, OTR ve WVTR Ölçümleri	13
3.3. Torba Ambalajların Hazırlanması ve Sızdırmazlık Testi (Boya Penetrasyon Testi).....	13
3.4. Torba Ambalaj Üretimi ve Dezenfeksiyonu	14
3.5. Poli-Beta-Pinen içeren Malzemenin Antimikrobiyal Etkinliğinin Test Edilmesi.....	14
3.5.1. I.Yöntem: Filmlerin Antimikrobiyal Etkinliğinin Agar Difüzyon Yöntemi ile Belirlenmesi	14
3.5.2. II. Yöntem: Filmlerin Antimikrobiyal Etkinliğinin ASTM E2149-10 Test Yöntemi ile Belirlenmesi	15
3.6. Raf Ömrü Çalışması	16
3.6.1. Ürün İşleme ve Ambalajlama Yöntemleri	16
3.6.2. Tepe Boşluğu Gaz Analizi.....	17
3.6.3. Mikrobiyolojik Analizler	17
3.6.3.1. <i>Listeria monocytogenes</i>	18
3.6.3.2. <i>Salmonella</i>	19
3.6.3.3. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı	20
3.6.3.4. Toplam maya-küf sayımı	20
3.6.4. Fiziksel Analizler.....	21
3.6.4.1. Renk	21
3.6.4.2. Doku (Tekstür).....	21
3.6.5. Kimyasal Analizler	21

3.6.5.1. Nem içeriği tayini	21
3.6.5.2. pH.....	22
3.6.5.3. Lipit oksidasyonu.....	22
3.6.5.4. Protein stabilitesi (Karbonil içeriği).....	24
3.6.6. Duyusal Değerlendirme	26
3.6.7. İstatistiksel Analizler	26
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	27
4.1. Nanomalzeme Üretimi ve Karakterizasyonu	27
4.1.1. Nanomalzemelerde Kalınlık, OTR ve WVTR Sonuçları	27
4.1.2. Torba Ambalaj Üretimi ve Sızdırmazlık Testi Sonuçları.....	28
4.1.3. Poli-Beta-Pinen iğereren Malzemenin Antimikrobiyal Etkinliği	32
4.1.3.1. I. Yöntem Bulguları: Agar Difüzyon Yöntemi	32
4.1.3.2. II. Yöntem Bulguları (ASTM E2149-10)	34
4.2. Raf Ömrü Çalışması	35
4.2.1. Ambalaj Tepe Boşluğu Gaz Oranları	35
4.2.2. Mikrobiyolojik Kalite	39
4.2.3. Fiziksel Kalite	45
4.2.3.1. Renk değişimi	45
4.2.3.2. Tekstür değişimi.....	50
4.2.4. Kimyasal Kalite	53
4.2.4.1. Nem içeriği.....	53
4.2.4.2. pH.....	54
4.2.4.3. Lipit oksidasyonu.....	55
4.2.4.4. Protein stabilitesi (Karbonil İğereriği)	60
4.2.5. Duyusal Kalite	63
4.2.6. Raf Ömrü	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
6. KAYNAKLAR	74
TEŞEKKÜR.....	81
ÖZGEÇMİŞ	82
EK 1	83
EK 1 (DEVAMI).....	84
EK 2	84

ÖZET

**NANOMALZEMELERİN VAKUM VE MODİFİYE ATMOSFERDE
AMBALAJLANAN TÜKETİME HAZIR DİLİMLENMİŞ SALAMIN KALİTESİ
VE RAF ÖMRÜNE ETKİSİ**

Günümüzde et ürünlerinde raf ömrü, gıda kalitesi ve güvenliği açısından gaz geçirgenliği düşük çok katlı ambalaj malzemeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemelerin üretiminin kompleks, maliyetinin yüksek ve geri dönüşümünün olmadığı göz önüne alındığında, nanoteknoloji ile bariyer özellikleri geliştirilmiş tek katlı ve aktif yeni malzemelerin çok katlı malzemelere alternatif olarak test edilmesi söz konusu dezavantajların giderilmesi açısından dikkate değer bulunmaktadır. Bu projede %1 nanokil içeren iPP-nanokompozit ve %1 nanokil-%5 poli-beta-pinen (PβP) içeren iPP antimikrobiyal-nanokompozit esaslı iki tip nanomalzeme üretilerek karakterize edilmiş ve tüketime hazır et ürününe (dilimlenmiş salam) uygulanmıştır. Dilimlenmiş salam, iki yeni nanofilm ve çok katlı malzeme (PP/PA/EVOH/PE, kontrol) ile vakum, modifiye atmosfer (% 50 CO₂ ve % 50 N₂) ve hava atmosferi (kontrol) altında ambalajlandıktan sonra 4°C’de depolanmıştır. Ambalajlanan salamda 90 günlük soğuk depolama boyunca tepe boşluğu gaz oranları (% O₂ ve CO₂), fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler yapılmıştır. Ürün için farklı uygulamalar ve malzemeler dikkate alınarak raf ömrü tespiti yapılmıştır.

Dilimlenmiş salamda tüm uygulamalarda 0, 45 ve 90. günlerde *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* tespit edilmemiştir. Genel olarak bakıldığında poli-beta-pinen içeren malzeme ile ambalajlanan salamlarda özellikle vakum uygulamasında bakteri sayısı, maya-küfe göre daha düşük düzeylerde görülmüştür. Poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin antibakteriyel etkisinin özellikle vakumlu ürünlerde daha fazla olduğu ve 75 günlük depolama boyunca bakteriyel üreme tespit edilmediği görülmüştür. Depolama başlangıcında TBARS değeri 0.63 mg MDA/kg olarak tespit edilmiş olup, depolama süresince tüm uygulamalarda bu değer farklı düzeylerde artış eğilimi göstermiştir. Tüm malzemelerin vakum uygulamalarında TBARS değerleri MAP uygulamaları ile kıyaslandığında daha düşük düzeyde tespit edilmiştir. Depolama süresince et ürünlerinde önemli renk kriteri olan ve kırmızılığı ifade eden a* değeri tüm uygulamalarda giderek azalmış, renk açısından en iyi muhafaza çok katlı malzemenin vakum ve %50 CO₂ uygulamalarında sağlanmıştır. Salamda tüm uygulamalar arasında en uzun raf ömrü (75 gün), çok katlı malzemenin vakum ve %50 CO₂ uygulamasında tespit edilmiştir. Ayrıca poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin vakum uygulamasında belirlenen 50 günlük raf ömrü, üretim kolaylığı ve ekonomik olması da göz önüne alındığında bu malzemenin ticari-çok katlı malzemeye alternatif olabileceğini ortaya koymuştur.

2014, 85 sayfa.

Anahtar kelimeler: nanokompozit, aktif ambalajlama, raf ömrü, poli-beta-pinen, et ürünleri, MAP

ABSTRACT

EFFECT OF NANOMATERIALS ON THE QUALITY AND SHELF LIFE OF VACUUM AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGED READY-TO-EAT SLICED SALAMI

Nowadays, multilayered packaging materials with low gas permeability are extensively used in ready to eat meat products to assure food quality, safety and required shelf life. However, due to complex production techniques, high cost and non-recyclable nature of the multilayered materials, there is a need for new-one layer materials with improved barrier properties using nanotechnology as alternative to multilayered materials. In this project, 1% nanoclay containing iPP-nanocomposite and 1% nanoclay plus 5% poly-beta-pinene (PBP) containing iPP antimicrobial-nanocomposite were produced, characterized and applied for ready to eat sliced salami. Sliced salami was packaged using two new nanofilms and multilayer material (PP/PA/EVOH/PE, control) under vacuum, modified atmosphere (50% CO₂ and 50% N₂) and air atmosphere (control), and stored at 4°C. During 90 days of storage, headspace gas analysis (O₂ and CO₂ %), physical, chemical, microbiological and sensory analysis were performed. Shelf-life was determined for product considering all applications and materials tested.

There was no *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* detected in the products at 0, 45 and 90. days of storage. In general, sliced salami packaged with poly-beta-pinene containing nanomaterial under vacuum had lower bacterial count than yeast and mold counts. The antibacterial effect of poly-beta-pinene containing nanomaterial was pronounced under vacuum and no bacterial growth was observed for 75 days of storage. Lipid oxidation value (TBARS) was 0.63 mg MDA kg⁻¹ right after the processing and it increased during storage in all applications. TBARS values of all vacuum applications were lower than that of MAP applications. a* value indicating redness decreased notably in all applications during storage, possibly due to formation of brown color pigments formed by oxidation. Redness values were preserved best by the multilayered material under vacuum and high CO₂ modified atmosphere applications during storage. Among all applications, the longer shelf-life was determined as 75 days for sliced salami under vacuum and 50% CO₂ using multilayer material. Poly-beta-pinene containing nanomaterial providing 50 days of shelf-life under vacuum could be suggested as an alternative to commercial multilayered material considering the easier production technique and low cost.

2014, 85 pages.

Key words: nanocomposite, active packaging, shelf-life, poly-beta-pinene, meat products, MAP

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BHT	Bütilhidroksitoluen
BSA	Bovin Serum Albümin
DNPH	Dinitrofenilhidrazin
EVOH	Etilen Vinil Alkol
iPP	İzotaktik Polipropilen
LDPE	Düşük Yoğunluklu Polietilen
MAP	Modifiye Atmosferde Paketleme
MDA	Malondialdehit
PA	Poliamid
PCA	Plate Count Agar
PE	Polietilen
PET	Polietilen tereftalat
PP	Polipropilen
PVC	Polivinil Klorür
TCA	Triklorasetik Asit
TEP	1,1,3,3 - Tetraetoksipropan
TBARS	Tiyobarbütirik Asit Reaktif Maddeler

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Hazırlanan farklı malzemelerde kalınlık, OTR (oksijen geçiş oranı) ve WVTR (su buharı geçiş oranı) değerleri	28
Çizelge 4.2. Ambalaj materyallerinin torba ambalaja dönüşürülmesi için uygulanan ısı yapıştırma sıcaklıkları	29
Çizelge 4.3. iPP-nanokil torba ambalajlarda sızdırmazlık testi sonucu.....	31
Çizelge 4.4. iPP-nanokil-poli beta pinen torba ambalajlarda sızdırmazlık testi sonucu.....	31
Çizelge 4.5. Çok katlı (PP/PA/EVOH/PE) torba ambalajlarda sızdırmazlık testi sonucu.....	32
Çizelge 4.6. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı	43
Çizelge 4.7. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince toplam maya-küf sayısı.....	44
Çizelge 4.8. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince renk parametrelerinin değişimi.....	48
Çizelge 4.8. (Devamı). Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince renk parametrelerinin değişimi 49	
Çizelge 4.9. Renk parametrelerinde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)	50
Çizelge 4.10. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince tekstür (sertlik ve sıklık) değişimi	52
Çizelge 4.11. Tekstür parametrelerinde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)	53
Çizelge 4.12. Dilimlenmiş salamın 0.günde ve 90. gündeki % nem miktarları	54
Çizelge 4.13. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince pH değişimi	56
Çizelge 4.14. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince TBARS değişimi (mg MDA/kg)	57
Çizelge 4.15. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince karbonil içeriği (nmol DNPH/mg protein)	62

Çizelge 4.16. Kimyasal niteliklerde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)	63
Çizelge 4.17. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince duyuşal (genel görünüş ve renk) değerlendirme sonuçları	66
Çizelge 4.17. (Devamı). Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince duyuşal (koku ve tekstür) değerlendirme sonuçları	67
Çizelge 4.17. (Devamı). Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince duyuşal (tat ve genel ürün beğenisi) değerlendirme sonuçları.....	68
Çizelge 4.18. Duyuşal niteliklerde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. TBARS kalibrasyon eğrisi	24
Şekil 3.2. BSA kalibrasyon eğrisi	25

1. GİRİŞ

Modern gıda ambalajlama teknolojileri 19.yüzyılda ortaya çıktığından beri global trendler ve tüketici tercihleri doğrultusunda büyük ilerleme kaydedilmiştir. Bu ilerleme gıda kalitesi ve güvenliğinin iyileştirilmesinin sağlanması yönünde gerçekleştirilmiştir. Dünya globalleştikçe, gıda ambalajlarının uluslararası kalite ve güvenlik kriterlerine uygun ve daha uzun raf ömrü sağlayan ambalajlar haline gelmesi gerekliliği artmıştır (Silvestre ve ark., 2011).

Gıda ürünlerinde mikrobiyal kontaminasyon ve gelişim raf ömrünü düşürmekte ve gıda kaynaklı hastalık riski oluşturmaktadır. Bunu önlemek için ısıtma, kurutma, dondurma, soğukta depolama, ışınlama, modifiye atmosferde paketleme ve antimikrobiyal madde ilavesi gibi geleneksel yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler gıdaların tamamında raf ömrünü uzatmak için yeterli değildir (Quintavalla ve Vicini, 2002).

Antimikrobiyal ambalajlama özellikle et ürünleri için umut verici bir aktif ambalajlama tipidir. Et ürünlerinde kontaminasyon ve mikroorganizma gelişimi ilk olarak yüzeyde başladığı için proses sonrası antimikrobiyaller kullanılarak bozulma geciktirilebilmektedir. Antimikrobiyal gıda ambalaj materyalleri gıdanın raf ömrünü uzatmak, kalite ve güvenliğini sağlamak için mikroorganizmaların lag fazını uzatıp gelişme fazını kısaltırlar (Han, 2000). Antimikrobiyal filmler iki tip olarak sınıflandırılabilirler. Bunlar yüzeyden gıdaya geçen antimikrobiyal içeren filmler ve gıdaya geçmeden sadece yüzeyden etki eden antimikrobiyal filmlerdir (Kerry ve ark., 2006).

Tüketime hazır et ürünlerinin ambalajlanmasında, bariyer özellikleri nedeniyle çoğunlukla çok katlı (lamine) ambalaj malzemeleri kullanılmaktadır. Bu nedenle oksijen ve su buharı geçirgenliği düşük malzemelerin seçimi önemlidir. Bu amaçla, PVdC veya EVOH gibi bariyer materyalleri içeren çok katlı ambalaj malzemeleri tercih edilmektedir. Ancak, PVdC ve EVOH içeren çok katlı ambalaj malzemeler pahalıdır ve çevre dostu değildir. Lamine edilmiş malzemelerin her bir tabakasını birbirinden ayıracak bir teknoloji bulunmadığı için bu malzemeler geri dönüşümde kullanılamaz. Bu nedenle bir nanoteknoloji uygulaması olan nanomalzemelerin çok katlı malzemelere alternatif olabileceği düşünülmektedir. Gıda ambalajlamada nanoteknolojinin hızla geliştiği alan nanokompozitlerdir. Nanokompozitler nanoboyutta partiküllerin ambalaj

malzemesine dolgu materyali olarak eklenmesiyle elde edilmektedir. Bu partiküller metal, metal oksitler, nanotüpler, fiber ya da nanokil olup malzemenin özellikle fiziksel, termal ve bariyer özelliklerini modifiye ederler (Anonymus, 2008). Mikro ölçekli materyallerle karşılaştırıldığında nano ölçekli materyaller daha geniş yüzey/hacim oranına sahiptir. Bu da malzemenin biyolojik materyallere daha kolay bağlanabilmesini ve nano ölçeklerdeki materyalin antimikrobiyal etkinliğinin artırılmasını sağlar (de Azeredo, 2009). Özellikle peynir, fırın ürünleri ve dilimlenmiş et ürünleri gibi kolay bozulabilir ürünlerde gıda yüzeyi ile temas halinde olan nanomalzemeye ilave edilen antimikrobiyaller etkili olabilir.

Bu çalışmada oldukça güncel olan antimikrobiyal madde ve nano partikül içeren nanomalzemelerin gıda ambalajlamada test edilecek olması, malzeme alanındaki nanoteknolojik gelişmelerin pratiğe aktarılması anlamında oldukça yararlı görülmektedir. Monoterpenlerin antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma olmasına rağmen monoterpenlerden beta-pinen ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Beta-pinenin antimikrobiyal ve biyolojik aktivitesinin olduğu bilinmektedir. Beta-pinenin polimerizasyonu ile elde edilen poli-beta-pinenin ambalaj filmine katılarak özellikle nanoboyutlu malzemelerde antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi ve gıdalarda bu malzemenin test edilmesine yönelik bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla elde edilen sonuçların ilgili sektörlerde uygulamaya aktarılabilme potansiyelinin de olacağı düşünülmektedir.

Tüketime/kullanıma hazır et ürünlerinde kullanılan ambalaj malzemelerinde istenilen bariyer özelliklerini sağlamak amacıyla genellikle üretimi oldukça kompleks, maliyeti yüksek ve geri dönüşümü olmayan çok katlı malzemeler kullanılmaktadır. Bu nedenle tek katlı fakat bariyer özellikleri geliştirilmiş ve ayrıca antimikrobiyal özellik kazandırılmış nanokompozitlerin çok katlı malzemelere alternatif olarak et ürünlerinde test edilmesi bu çalışmanın temel amacıdır. Çalışmada bu amaçla iPP esaslı 2 yeni nano film (organofilik nano kil içeren PP nanokompozit ve antimikrobiyal özellik taşıyan-terpen içeren nanokompozitler (iPP/(poly-(β)-pinene)/nanokil) vakum ve modifiye atmosfer ile ambalajlanmış tüketime hazır-dilimlenmiş salam gibi et ürünlerinde kalite ve gıda güvenliğine olan etkilerini ve raf ömrünü belirlemek amacıyla test edilmiştir. Raf ömrü çalışmasından önce, poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin antimikrobiyal etkinliği belirlenen hedef mikroorganizmalar üzerinde test edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tüketiciler günümüzde güvenli, besleyici ve tüketime/kullanıma hazır gıda ürünlerini talep etmektedir. Modifiye atmosferde paketlenme tekniğinin (MAP) tüketime/kullanıma hazır et ürünleri için kullanımı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Modifiye atmosferde paketlenmede gaz bileşiminin optimizasyonu, ambalaj malzemesinin seçimi ve depolama koşulları (sıcaklık ve bağıl nem) uzun raf ömrüne sahip kaliteli ve güvenli ürün elde edilmesinde önemlidir. Oksijenin az bulunduğu veya hiç olmadığı ambalaj atmosferlerinde, oksijen içeren ambalaj atmosferlerine göre özellikle renk, kimyasal, dokusal ve duyuşsal özellikler daha iyi korunduğu için tüketime hazır et ürünlerinin ambalajlanmasında oksijenin az veya hiç olmadığı atmosfere ihtiyaç duyulmaktadır.

Son yıllarda dilimlenmiş tüketime hazır et ürünlerine olan talep artmıştır. Modifiye atmosferde paketlenme (MAP) tekniği, tüketicilerin güvenli, katkısız ve besin değeri yüksek gıdalar için artan talebini karşılayan bir gıda muhafaza ve ambalajlama yöntemidir. Modifiye atmosferde paketlenmede uygun atmosfer bileşimi, ambalaj malzemesi ve depolama koşullarının seçimi ile az işlenmiş ürünlerin kalitesi daha uzun süre korunabilir ve raf ömrü uzatılabilir (Huxsoll ve ark., 1989; Kader ve ark., 1989; Labuza ve Breene, 1989; Church, 1994; Church ve Parsons, 1995; Farber ve ark., 2003). Bu nedenle, modifiye atmosferde paketlenme ve soğuk depolama ile dilimlenmiş salam gibi et ürünlerinin kalitesi önemli düzeyde korunabilir ve raf ömrü uzatılabilir. Raf ömrünün uzamasına ek olarak, düşük oksijen geçirgenliğine sahip uygun ambalaj malzemeleri kullanılarak modifiye atmosferde paketlenme ile ürün özellikleri muhafaza edilebilir. Tüketicinin ürün kalitesini değerlendirmesinde en önemli gösterge et ürünlerinin genel görünümüdür. Ambalaj içinde yüksek oksijen düzeyi ve ambalaj içinde kalan kalıntı oksijen nitritle kürlenmiş et ürünlerinde ciddi renk bozulmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle, dilimlenmiş salamın renginin korunması için oksijensiz modifiye atmosfer kullanımı önerilmiştir (Moller ve ark., 2000; Esturk ve Ayhan, 2009).

Marketlerde satılan tüketime hazır et ürünlerinin mikrobiyolojik açıdan güvenliğinin araştırıldığı bir çalışmada İngiltere'nin çeşitli bölgelerindeki market ve şarküterilerden 2359 adet örnek toplanmış ve bu örneklerin mikrobiyolojik kaliteleri

analiz edilmiştir. Ürünlerin bir kısmı ambalajlama ve depolama öncesi veya satış yerinde meydana gelen kontaminasyon sebebiyle *L.monocytogenes*, *Salmonella* ve *E. coli* gelişimi nedeniyle kabul edilemez bulunmuştur. Kabul edilemez seviyede *E. coli* içeren örneklerin özellikle şarküterilerde tüketici isteği üzerine dilimlenmiş örnekler olduğu tespit edilmiştir. *L.monocytogenes* bulunması nedeniyle kabul edilemez bulunan ürünlerin raf ömrünün 143 günden uzun olan ürünler olduğu belirtilmiştir (Gormley ve ark., 2010).

Elias ve Carrascosa (2000) vakum ambalajlanmış kuru kürlenmiş Iberian jambonun raf ömrünü uzatmak için buzdolabı sıcaklıklarının kullanılmasının gerekli olduğunu önermiştir (Elias ve Carrascosa, 2000). Garcia-Esteban ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada kuru kürlenmiş jambonun soğuk depolanması sırasında vakum ve gaz atmosferinde (%100 N₂ ve %20 N₂, %80 CO₂) ambalajlamada renk, doku, duyu ve mikrobiyolojik kalite bakımından belirgin bir fark bulunmamıştır. Benzer sonuçlar vakum altında ve %80 CO₂, %20 N₂ atmosferinde ambalajlanan “Cecina de Leoné dilimleri içinde bulunmuş, ancak %20 CO₂, %80 N₂ atmosfer bileşiminde ambalajlanan örnekler için bazı duyu bozulmalar gözlenmiştir (Rubio ve ark., 2006).

Sekar ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada modifiye atmosferde paketlemenin bufalo etinin yapısal ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bufalo etleri aerobik ortamda, vakum ve modifiye atmosferde (%80 O₂ ve %20 CO₂) paketlenmiş ve pH, nem kaybı, renk ve lif özellikleri bakımından 21 günlük raf ömrü süresince incelenmiştir. Vakum paketlemede lif yapısında daha az bozulma görülürken modifiye atmosferde paketlenen ürünlerde daha az nem kaybı ve daha iyi renk sonuçları elde edilmiştir. Çalışma sonucunda 4°C’de depolanan vakum ve modifiye atmosferde paketlenmiş bufalo etlerinde 14 günlük raf ömrü elde edilmiştir.

Vakum ve modifiye atmosferde (%20 CO₂ ve %80 N₂) paketlenmiş yüksek miktarda doymamış yağ içeren salchichon sosisinin buzdolabı koşullarında depolanması süresince mikrobiyal, fiziko-kimyasal ve duyu kalite özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelendiği bir çalışmada 3 farklı bileşim içeren sosis kullanılmıştır. Sosisler 3 farklı diyet (kontrol, yüksek miktarda oleik asit içeren diyet ve yüksek miktarda linoleik asit içeren diyet) ile beslenmiş domuzların eti ve sırt yağları kullanılarak elde edilmiştir. Çalışma sonunda farklı diyetlerle beslenmenin sosilerin raf

ömrü üzerinde ticari sosisler ile kıyaslanabilecek bir etki yaratmadığı görülürken vakum ve modifiye atmosferde paketleme uygulamalarının raf ömrünü artırdığı tespit edilmiştir (Rubio ve ark., 2007).

Farklı gaz konsantrasyonları kullanılan modifiye atmosferde paketleme uygulamalarının devekuşu etlerinin mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrü üzerine etkisi test edilmiştir. Çalışmada 9-12 aylık devekuşlarından elde edilen etler 1:1 ve 1:3 tepe boşluğu oranlarında gaz içeren ve hava, %80 O₂ ve %20 CO₂ içeren MAP, %60 O₂, %20 CO₂ ve %20 N₂ içeren MAP, %60 O₂ ve %40 CO₂ içeren MAP, %40 O₂, %40 CO₂ ve %20 N₂ içeren MAP uygulamalarına tabi tutulmuştur. Ürünler 4°C' de 10 gün süreyle depolanmış ve mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal ve duyu analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda çeşitli gaz kompozisyonlarında raf ömrünün uzatıldığı, yüksek CO₂ içeren uygulamalarda mikrobiyal gelişimin geciktirildiği ve raf ömrünün 5-7 güne uzatıldığı tespit edilmiştir. Ancak depolama süresince azalan renk değerlerinin tüketici tarafından kabul edilebilirliği etkilediği görülmüştür (Bingöl ve Ergun, 2011). Kuzu filetolarının farklı modifiye atmosferlerde (vakum, %75 O₂ ve %25 CO₂ ve %100 CO₂) 1°C'de 28 gün depolandığı bir çalışmada ürünler bütün uygulamalarda fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri açısından uygun bulunmuştur. %100 CO₂ içeren uygulama depolama süresince diğer uygulamalara kıyasla daha stabil bir seyir izlemesine rağmen görünüş değerlerinin diğer uygulamalara kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir (Fernandes ve ark., 2014).

Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda antimikrobiyal bileşenler doğrudan gıdaya katılarak gıdayı mikrobiyal kontaminasyondan korumaya çalışılmıştır. Antimikrobiyal katkının doğrudan gıdaya katılması farklı düzeylerde etkili olabilmektedir. Yeni antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinin konvansiyonel paketleme sistemlerinin yerini alması amaçlanmaktadır. Yeni antimikrobiyal ambalajlama sistemlerinde antimikrobiyal maddeler doğrudan ambalaj materyaline eklenir. Ancak ekstrüzyon gibi malzeme üretim teknolojilerinde uygulanan sıcaklık antimikrobiyal maddeler üzerinde olumsuz etki gösterebilmektedir. Örneğin yüksek sıcaklık uygulamaları uçucu özelliği olan antimikrobiyal maddelerin kaybına neden olabilmektedir. Film yapım aşamasında bu maddelerin antimikrobiyal özelliklerinin bir kısmının veya tamamının kaybı meydana gelebilmektedir. Bu durumları minimize etmek için olabildiğince düşük sıcaklıklar uygulanmalıdır. Depolama sıcaklığı da aynı şekilde ambalaj materyaline eklenen

antimikrobiyallerin aktivitesini etkileyebilmektedir. Uzun süreli depolama sonrasında filmlerin yapısındaki antimikrobiyal maddelerin konsantrasyonunda azalma görülebileceği de yapılan çalışmalarla belirtilmiştir (Kuorwel ve ark., 2011).

Gıda ambalajlarında antimikrobiyal ve antioksidan ingrediyan olarak kullanılan maddeler genellikle bütilhidroksitoluen (BHT), α -tokoferol, nisin veya benzoat, organik asitler ve enzimler gibi organik bileşenlerdir. Sentetik koruyucuların kullanımı güvenlik ve kimyasalların tüketicilere zararlı etkileri olabileceği sebebiyle kısıtlıdır (Wu ve ark., 2010).

Doğal koruyucu bileşenlerin antimikrobiyal etkisinin araştırıldığı bir çalışmada çeşitli bileşenler pişmiş ve asitlendirilmiş tavuk eti üzerinde test edilmiştir. Fermente ve pastörize edilmiş yağsız süttten elde edilen bileşenler, nisin, peynir altı suyunda elde edilen bileşenler, sodyum laktat ve hardal esansiyel yağından elde edilen bileşenler en yüksek konsantrasyonlarda 22°C sıcaklıkta bakteriyel gelişime engel teşkil etmeyen bir ortamda 2 hafta süreyle uygulanmıştır. Tavuk eti *E. coli*, *B. thermosphacta* ve *L. alimentarius* içeren karışık bir kültürle inoküle edilmiştir. Depolama sonunda uygulamaların tamamında *E. coli* popülasyonunda azalma tespit edilirken sodyum laktatın özellikle *B.thermosphacta* üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Hardal esansiyel yağının ise aerobik mezofilik bakteriler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Lemay ve ark., 2002). Modifiye atmosferde paketlenme, sıcaklık ve antimikrobiyal bileşenlerin birlikte uygulamalarının *Listeria monocytogenes* üzerindeki etkilerinin test edildiği bir uygulamada bakterilerin nisine yüksek oranda duyarlı olduğu tespit edilmiştir (Szabo ve Cahill, 1998).

Farklı antimikrobiyal bileşenlerin ve modifiye atmosferde paketlenme uygulamalarının ve bu uygulamaların kombinasyonlarının domuz sırt yağı içeren sosislerin raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada antimikrobiyal bileşen olarak timol, eugenol, tatlı limondan, greylfurt ve mandalinalardan elde edilen esansiyel yağlar ve propolis kullanılmıştır. MAP uygulaması olarak da % 20CO₂, %5 O₂ ve %75 N₂ içeren MAP1, %40 CO₂, %5 O₂ ve %55 N₂ içeren MAP2, %20 CO₂, %20 O₂ ve %60 N₂ içeren MAP3, %40 CO₂, %20 O₂ ve %40 N₂ içeren MAP4 ve hava uygulamaları kullanılmıştır. Ürünlerin mikrobiyolojik ve duyuşsal kalite kriterleri açısından değerlendirmelerinde antimikrobiyal uygulamalar arasından timol ve Citrus

limonum esansiyel yağı en iyi sonucu verirken MAP uygulamalarından ise MAP1 en başarılı sonucun elde edildiği uygulama olmuştur. Bu uygulamaların birbirleriyle kombinasyonunun ürün üzerindeki etkisi test edildiğinde ise timol ve timol-MAP uygulamaları en uzun raf ömrünün elde edildiği uygulamalar olmuştur. Timolün antimikrobiyal etkisinin MAP uygulaması ile kombine edilmesinin raf ömrünü artırdığı tespit edilmiştir (Mastromatteo ve ark., 2011).

Kekik ve oregano esansiyel yağlarının ve modifiye atmosferde paketlemenin taze kuzu etinin raf ömrü üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada taze kuzu etlerine % 0.1 ve % 0.3 konsantrasyonlarında esansiyel yağlar ve % 60 CO₂ ve %40 N₂ içeren MAP1 ve % 80 CO₂ ve % 20 N₂ içeren MAP2 uygulanmıştır. Depolama boyunca mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal ve duyuşal özellikleri bakımından test edilen ürünlerde kekik esansiyel yağının oregano esansiyel yağına göre daha etkili olduğu ayrıca MAP2 uygulamasının MAP1 uygulamasına göre daha uzun raf ömrü sağladığı tespit edilmiştir. Kekik yağının % 0.1'lik konsantrasyonu ve MAP2 uygulaması ile kombinasyonunun taze kuzu etine 25 günlük raf ömrü sağladığı belirlenmiştir (Karabagias ve ark., 2011). Çiğ tavuk etine eklenen çeşitli baharatların antimikrobiyal ve antioksidan etkisi 4°C'de 15 gün depolama ile test edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda baharat ekstraktlarının mikrobiyal gelişim, lipit oksidasyonu üzerinde etkili olduğu ve doğal antoksidan etkileri olduğu belirlenmiştir (Krishnan ve ark., 2014).

Tavuk filetolarının raf ömrünün uzatılması amacıyla kitosan çözeltisi ve modifiye atmosferde paketlenme uygulamalarının birlikte kullanıldığı bir çalışmada 14 günlük depolama süresince ürünlerin mikrobiyolojik, fiziko-kimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Sadece kitosan uygulanan ürünlerde 11 günlük, sadece MAP uygulanan ürünlerde 12 günlük raf ömrü elde edilirken kitosan ve modifiye atmosferde paketlenme kombinasyonunun uygulandığı ürünlerde 14 günlük raf ömrü elde ettiği tespit edilmiştir (Latou ve ark., 2014). Taze kuzu filetolarının aktif paketlenme uygulamaları ile raf ömrünün uzatılmasının amaçlandığı çalışmada ürünlere 3 farklı doğal kaynaklı antioksidan uygulanmıştır. Kuzu filetoları biberiyeli aktif film, oreganolu aktif film ile paketlenerek ve biberiye ekstraktı yüksek oksijen ile paketlenmesi öncesi ürün yüzeyine püskürtülerek 1°C'de 13 gün süreyle depolanmıştır. Çalışma sonucunda uygulamaların tamamının antioksidan etki sağladığı ancak oreganolu filmin biberiyeli filme kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Biberiyenin

filme ve doğrudan ürüne eklendiği uygulamalarda ürünün taze koku ve rengini 8 ile 13 gün arasında muhafaza ettiği görülmüştür (Camo ve ark., 2008). LDPE bazlı filmin yapısına sarımsak yağı eklenerek antimikrobiyal özellik kazandırılan bir çalışmada ambalaj materyali tüketime hazır et somunları üzerinde denenmiştir. 4°C’de 15 günlük depolama sonucunda antimikrobiyal özellikteki filmin özellikle *Listeria monocytogenes* üzerinde etkili olduğu ayrıca *E. coli* ve *B. thermosphacta* bakterilerine de etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir. Ambalaj materyallerinin yapısındaki sarımsak yağı miktarı arttıkça su buharı geçirgenliği yükselmiş, termal stabilitesi düşmüştür (Sung ve ark., 2014).

Allilizotiyosinat ve karbon nanotüpler kullanılarak elde edilen antimikrobiyal ambalaj materyalinin *Salmonella choleraesuis* bakterisi ile inoküle edilmiş kıyılmış pişmiş tavuk eti üzerinde etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada 40 günlük depolama süresince mikrobiyal yük, renk karakteristikleri ve ette meydana gelen oksidasyon, filmin yapısal özellikleri ve antimikrobiyal maddelerin gıdaya difüzyonu takip edilmiştir. Antimikrobiyal maddelerin gıdaya difüzyonu ile mikrobiyal kontaminasyon azaltılmış, oksidasyon kontrol altına alınmış ve renk değişiklikleri azaltılmıştır. Ambalaj malzemeleri 40 günlük depolama süresince başarılı sonuç vermiştir (Dias ve ark., 2013). Polipropilen/polivinilalkol içeren filmin yapısına ravent bitkisinin etanolik ekstraktları ve tarçın esansiyel yağı eklenerek elde edilen antimikrobiyal filmler taze etin paketlenmesinde kullanılmıştır. Taze biftekler farklı konsantrasyonlarda antimikrobiyal katkı içeren filmlerle ambalajlanmış ve kalite parametrelerinde meydana gelen değişimler ölçülmüştür. Uygulamada denenen bütün filmler bakteriyel gelişimi inhibe etmiş ve depolama süresince kalite parametrelerini muhafaza ederek başarılı olmuştur (Han ve ark., 2014). Yapılan bir çalışmada ayçiçeği çekirdeğinden ekstrakte edilen proteinlerin kullanıldığı kompozit filmlerin dumanlanmış ördek etinin raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır. Filmlerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi için yapısına farklı bileşenler eklenerek testler yapılmıştır. Denemelerin sonucunda filmin yapısına gerilme kuvvetini artırmak için kırmızı alg, antimikrobiyal özellik kazandırmak için de greyfurt çekirdeği esktraktı eklenmiştir. 12 günlük depolama sonunda *Listeria monocytogenes* ile inoküle edilen dumanlanmış ördekte *L. monocytogenes* popülasyonunda azalma meydana gelmiştir (Song ve ark., 2013).

Tavuk bagetleri üzerine yapılan bir çalışmada PVC, LLDPE ve naylon gibi çeşitli polimerik filmlere 100 µg/ml nisin eklenmiştir. Bu çalışmada ambalaj materyalinin yapısındaki nisin *Salmonella typhimurium* gelişimini inhibe ettiği sonucuna varılmıştır. Nisin özellikle baget yüzeyinde kontak etki yaptığı belirlenmiştir (Natrajan ve Sheldon, 2000). Antimikrobiyal katkı olarak gümüş içeren nano-polilaktik asitin antimikrobiyal aktivitesinin test edildiği bir çalışmada ambalaj materyalinin en yüksek etkiyi gram negatif *Salmonella* spp. üzerinde gösterdiği tespit edilmiştir. Eklenen gümüş bazlı nanokilin filmin bariyer özelliklerini geliştirdiği, filmin yapısında düzgün bir şekilde dağıldığı ve yüksek ölçüde transparan bir film elde edildiği görülmüştür. Filmden gümüş iyonu geçişi gıda benzeri özellik gösteren hafifçe asitlendirilmiş su ile test edilmiştir. Altı günlük uygulama sonrasında filmden gümüş iyonu migrasyonu hızlanmış ancak Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA)'nın belirlediği referans sınırı aşmamıştır (Busolo ve ark., 2010).

İşlenmiş etlerde (Bologna salamı, jambon, pastırma) yüzeyde bakteri gelişimini inhibe etmek amacıyla yapılan bir çalışmada kitosan ile hazırlanmış filmler kullanılmıştır. Antimikrobiyal filmler kitosan matriksine asetik, propiyonik asit, laurik asit eklenerek veya sinamaldehit eklenerek veya eklenmeden elde edilmiştir. Depolama süresince paketler açılmış ve kitosan matriksinde antimikrobiyal maddelerin miktarına bakılmıştır. Propiyonik asitin ambalaj materyalinden gıdaya difüzyonunun asetik asite göre daha hızlı olduğu belirlenmiştir. Kitosan matriksine sinamaldehit yerine laurik asit eklenmesinin asetik asitin difüzyon hızını düşürdüğü ve gıdaya geçişi sınırlandırdığı tespit edilmiştir. Kullanılan antimikrobiyal filmler laktik asit bakterilerine etki etmezken gıda yüzeyine inoküle edilen *Enterobacteriaceae* ve *Serratia liquefaciens* gelişimini geciktirmiş veya tamamen inhibe etmiştir. En yüksek inhibisyon asit difüzyonunun yavaş olduğu sinamaldehit içeren filmlerle ambalajlanan kuru yüzeyli gıdalarda (Bologna salamı) gözlenmiştir (Kerry ve ark., 2006).

Bir çalışmada mısır proteini içeren filme yumurta beyazından elde edilen kısmen saflaştırılmış lizozimin eklenmesi ile antimikrobiyal etkisi araştırılmıştır. Filmlerin *Bacillus subtilis* ve *Lactobacillus plantarum* üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca filmin yapısına disodyum EDTA eklenmesi ile *E. coli* üzerinde de antimikrobiyal etki sağlanmıştır (Mecitoglu ve ark., 2006).

Monoterpenlerin antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma olmasına rağmen monoterpenlerden beta-pinen ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Beta-pinenin antimikrobiyal ve biyolojik aktivitesinin olduğu bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada Hindistancevizinden izole edilen beta-pinenin patojenik *E. coli* O157 üzerinde antibakteriyel etkisinin olduğu ortaya konulmuştur (Takikawa ve ark., 2002). Diğer bir çalışmada ise eugenol, alfa-pinen ve beta-pinenin bulaşıcı endokardit (kalp içzarı iltihabı) gram pozitif bakteriler (*Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *S. pyogenes*) üzerindeki inhibitör etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonuçları eugenol, beta-pinen ve alfa-pinenin yoğun antimikrobiyal potansiyelinin olduğunu göstermiştir. Eugenol ve beta-pinen inhibitör etkisini 8 saat içinde inoküle edilen mikroorganizmaların tamamını elimine ederek göstermiştir. Bu süre alfa-pinende 24 saat olarak belirlenmiştir. (Leite ve ark., 2007). Bir başka çalışmada ise alfa-pinenin 0.3-2.5 mg/ml konsantrasyonda güçlü ile orta düzeyde antibakteriyel ve antifungal etkisinin olduğu rapor edilmiştir (Humeirah ve ark., 2010). Beta-pinenin yer almadığı ancak dokuz mono-terpenin (carvacrol, carvone, citronellol, eugenol, geraniol, mentol, mentone, mirisin, timol) gıda kaynaklı mikroorganizmalardan *E. coli*, *S. aureus* ve *B. cereus* üzerine antimikrobiyal etkinliğinin olduğu ortaya konulmuştur. (Gallucci ve ark., 2009). Bir diğer çalışmada ise üç monoterpenin (sitril, linalool, beta-pinen) orta düzeyde bir ısı işleme ile kombine edildiğinde sitrus bazlı içeceklerde *Saccharomyces cerevisiae* üzerinde etkili olduğu ve mikrobiyal stabiliteyi sağlayabileceği belirtilmiştir (Belletti ve ark., 2010). Monoterpenlerden mentol, timol ve linalil asetatın gram pozitif bakterilerden *S. aureus* ve gram negatif bakterilerden *E. coli* üzerindeki antibakteriyel etki mekanizması açıklanmıştır. Bu monoterpenlerin etki mekanizması bakteri plazma membranının lipid fraksiyonu üzerindeki değişikliğe bağlı olarak ortaya çıkan membran geçirgenliğindeki bozulma ve hücre içi materyalin sızması olarak açıklanmıştır (Trombetta ve ark., 2005). Beta-pinenin polimerizasyonu ile elde edilen poli-beta-pinenin ambalaj filmine katılarak özellikle nanoboyutlu malzemelerde antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi ve gıdalarda bu malzemenin test edilmesine yönelik bilimsel çalışmaya tarafımızca rastlanılmamıştır.

Nanomalzemelerin hazırlanması, materyal özellikleri ve karakterizasyonu üzerinde yoğunlaşan bir çok çalışma yapılmıştır. Kil bazlı nanokompozitler için

kullanılan polimerler poliamidler, naylonlar, polyolefinler, polisitiren (PS), etilen vinil asetat (EVA), polimidler ve PET'tir. Polimer nanokompozitlerin geliştirilmesindeki ilerlemeler bu materyallerin işlenmiş et, peynir, şekerleme, tahıl ve ambalajda haşlanan gıdalar, ekstrüzyon kaplamaların meyve suları ve süt ürünleri, koekstrüzyon uygulamalarının bira ve karbonatlı içecek şişeleri için kullanım potansiyelini artırmıştır (Chaudhry ve ark., 2008). Nanomateryallerin gerçek gıda sistemlerindeki uygulamaları ve gıda ile nanomateryal etkileşimleri üzerine yapılan çok kısıtlı çalışma vardır (Ayhan, 2013).

Izotaktik polipropilen (iPP), iyi mekanik performans, ısı direnç, üretim esnekliği ve düşük maliyetli olması gibi olumlu özelliklere sahip olması nedeniyle gıda ambalaj sektöründe yaygın olarak kullanılan bir termoplastik malzemedir. iPP kullanımının naylon, polivinil klorür, polietilen tereftalat, polietilen-kovinil alkol ve poliviniliden klorür gibi diğer plastik malzemelere göre oksijen geçirgenliği göreceli olarak daha yüksek olsa da önümüzdeki yıllarda bu malzemeye olan talebin daha da artacağı tahmin edilmektedir (Silvis, 1997; Robinson, 2001). Bu nedenle PP ile yapılan birçok çalışma polimer yüzeylerinden gazların difüzyonunu azaltmaya yönelik olmuştur. İkincil bir bileşenin belirli bir miktarda iPP'ye eklenmesi bu yaklaşımlardan birini oluşturmaktadır. Örneğin düşük molekül ağırlıklı hidrokarbon polimerlerinden olan terpen reçineler, çam ağaçlarında yaygın olarak bulunan terpen monomerlerin katyonik polimerizasyonu ile hazırlanır. Terpen reçineler yapıştırıcılar, kaplamalar ve elastomerik sızdırmazlık malzemeleri gibi ticari uygulamalarda yıllardır kullanılmaktadır. Bunlar içinde poli β -pinen kimyasal ve fiziksel özellikleri yüzünden doğal kauçuk, poli-izopren, stiren/butadien kauçuk gibi çok sayıda elastomer için mükemmel bir birleştirici olarak bilinir (Naruse ve ark., 1994; Trumbo ve ark., 1995; Fujita ve ark.; 1997; Ulubele, 2003). Karbon kopyalama kâğıdı, boyalar, vernikler ve yumuşatıcılar (plastifiyerler) terpenlerin diğer kullanım alanlarıdır. Doğal terpen reçinelerin toksik olmadığını, özellikle cilde zarar vermediğini ve seyreltik asitler, alkaliler ve tuzlar için inert olduğunu vurgulamakta fayda vardır. Bu olumlu özellikleri nedeniyle gıda ile temas uygulamaları için onaylanabilirler. Böylece, son yıllarda antibakteriyal özellikte ve oksijen geçirgenliği düşürülmüş gıda ambalajlamada kullanılabilecek eko sürdürülebilir filmlerin üretimine yönelik polyolefin ve polipinen içeren karışımlar bulunmuştur (Cimmino ve ark., 1999).

Ayrıca nanopolimerlerin geliştirilmesi, iPP ve genel olarak diğer polimer ambalaj malzemelerinin performansını arttırmak yanında güvenlik, ekonomik ve çevresel (üretim için harcanan enerji miktarının azaltılması, biyolojik parçalanabilirlik, gaz bariyer özelliğinin artması, ışıktan koruma, atık malzeme hacminin azalması, CO₂ emisyonunun azaltılmasına katkı) açılardan avantajlar sağlaması gibi yenilikçi çözümler getirebilir (Lagaron ve ark., 2005; Sivan ve ark., 2006; Lagaron ve ark., 2007; Sanchez-Garcia ve ark., 2007; Chaudhry ve ark., 2008; Mor ve Sivan, 2008; Chaudhry, 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Malzemeler

Projede önerilen nanomalzemelerin üretiminde hammadde olarak iPP (Polipropilen, PPR 3221, Total Petrochemicals, Feluy, Belçika), nanokil (Dellite® 67G, Laviosa Chemistry Mining Inc, Livorno, İtalya) ve poli-beta-pinen (Piccolyte® S115, Hercules Incorporated, Brunswick, GA, USA) kullanılmıştır. Malzeme üretimi, üretilen malzemelerde kalınlık, OTR ve WVTR ölçümleri CNR-ICTP (Pozzuoli, İtalya) işbirliği ile gerçekleştirilmiştir.

3.2. Nanomalzemelerde Kalınlık, OTR ve WVTR Ölçümleri

Üretilen malzemelerin kalınlığı dijital mikrometre ile farklı bölgelerde yapılan 10 ölçümün ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Üretilen nano-filmlerde su buharı geçiş oranı (WVTR) (ASTM E96, 1984) ve oksijen geçiş oranı (OTR) (ASTM D3985, 2002) ExtraSolution MultiPerm (Pisa, İtalya) cihazı kullanılarak yapılmıştır. OTR, 23°C'de %0 bağıl nemde ve WVTR ise 38°C'de %90 bağıl nemde 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Film (50 cm²) iki çember arasına yerleştirildikten sonra nitrojen ve su buharı alttaki çemberden, nitrojen ise üstteki çemberden girmiştir. Su buharı difüzyonu zirkonyum oksit sensörü ile ölçülmüştür. Oksijen geçiş oranının saptanmasında ise aynı cihazda su buharı yerine oksijen kullanılmıştır.

3.3. Torba Ambalajların Hazırlanması ve Sızdırmazlık Testi (Boya Penetrasyon Testi)

CNR-ICTP'de hazırlanan iki farklı nanomalzeme ve çok katlı film 10 × 20 cm boyutlarında kesilmiş ve torba kaynak makinesi (MEC, Taiwan) ile üç tarafı ısıl olarak kapatılmıştır. Her bir film için optimum ısıl kapatma sıcaklıkları ön denemelerle belirlenmiştir. Burada kriter olarak torba ambalajın sızdırmazlığı esas alınmıştır. Ambalaj sızdırmazlığı için görsel test metodu ve boya penetrasyon testi uygulanmıştır.

Görsel test metodunda ambalaj kaynak yeri; boşluklar, kırışıklıklar, kaynak dikiş yerinin düzgünlüğü ve çok katlı ambalajlarda katlardan en az birinde görülebilecek ayrılmalar için görsel olarak ve büyüteç altında incelenmiştir.

Boya penetrasyon test metodunda 0.5 g kırmızı renkli bir boya olan Rhodamine B (Merck, Darmstadt, Germany) 100 ml isopropanol içinde çözüldürüldükten sonra süzölmüş ve boya çözeltilisi hazırlanmıştır. Isıl olarak yapıştırılan torba ambalaj ortadan ikiye kesilmiş ve kullanılacak boya kaynak yerinin iç tarafına şırınga ile 1 damla uygulanıp belli bir süre bekletildikten sonra boyanın dışarıya sızıp sızmadığı büyüteç altında görsel olarak kontrol edilmiştir. Her bir malzeme için hazırlanan 5 torba ambalajın 3 farklı kaynak yerinde test tekrar edilmiş ve sonuçlar negatif (sızdırmaz) ve pozitif (sızdıran) olmak üzere kaydedilmiştir. Boya penetrasyon testi FDA-BAM 'a göre yapılmıştır (Arndt, 2001).

3.4. Torba Ambalaj Üretimi ve Dezenfeksiyonu

Çalışmada iki farklı nanokompozit (%1 nanokil içeren iPP-nanokompozit ve %1 nanokil + %5 poli-beta-pinen içeren iPP-aktif nanokompozit) ve PP bazlı çok katlı malzemeler (PP/PA/EVOH/PE, kontrol) (Süperfilm, Gaziantep) kullanılmıştır. Ambalaj malzemeleri 36×10.5 cm boyutlarında kesilmiş ve nanokompozit filmler torba kaynak makinesi ile 120°C'de, çok katlı malzeme ise 145°C'de yapıştırılarak torba ambalaj haline dönüştürölmüştür. Torba ambalajlar hazırlandıktan sonra %96'lık etil alkol ile iç yüzeyi dezenfekte edilmiş ve aseptik ortamda 30 °C sıcaklık uygulanarak kurutulmuştur. Etil alkol ile dezenfeksiyonun etkinliği ambalaj iç yüzeylerinde swab testi ile toplam bakteri sayısına bakılarak belirlenmiştir. Hazırlanan toplam 270 torba salamin ambalajlanması için hazır hale getirilmiştir.

3.5. Poli-Beta-Pinen içeren Malzemenin Antimikrobiyal Etkinliğinin Test Edilmesi

3.5.1. I.Yöntem: Filmlerin Antimikrobiyal Etkinliğinin Agar Difüzyon Yöntemi ile Belirlenmesi

Antimikrobiyal etkinlik için stok kültürlerin hazırlanması

Poli-beta-pinen içeren nanokompozit filmlerin antimikrobiyal etkinliğinin test edilmesinde *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) ve *Escherichia coli* (ATCC 25922) standart suşları kullanılmıştır. *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028) ve *Escherichia coli* (ATCC 25922) suşları sıvı triptik soy besiyerinde 35°C'de 18-24 saat

süreyile aktifleştirilmiştir. Aktifleştirilmiş bakteriler yatık triptik soy agara alınarak stok kültürler elde edilmiştir.

Agar difüzyon yöntemi

Poli-beta-pinen içeren filmlerin antimikrobiyal aktivitesi NCCLS M2-A8-Agar Difüzyon yöntemi (NCCLS, 2003) kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Stok kültürden öze ile alınan kolonilerden sıvı triptik soybesiyerine ekim yapılmıştır. Duyarlılık testi için ekim yoğunluğu, McFarland 0.5 standart değerine ulaşınca kadar 35°C’de 5 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda kültür yoğunluğu steril sıvı triptik soy besiyeri ile spektrofotometrede 625 nm’de 0.08-0.1 absorbansa ayarlanmıştır. Yoğunluğu ayarlanmış kültürden Mueller-Hinton Agar besiyerine ekim yapılmıştır. Antimikrobiyal etkinlik testi için hazırlanmış filmlerden 10 mm çaplı steril delgeç yardımıyla kesilen disk şeklindeki filmler, yüzey ekimi yapılmış agar plağı üzerine yerleştirilmiştir. Petriler 35°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda film disklerin etrafında inhibisyon zonu oluşup oluşmadığına bakılmıştır. Poli-beta-pinen içermeyen nanokompozit filmler (naturel polipropilen, nanokil içeren polipropilen) kontrol olarak kullanılmıştır. Antimikrobiyal etkinlik testi 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.5.2. II. Yöntem: Filmlerin Antimikrobiyal Etkinliğinin ASTM E2149-10 Test Yöntemi ile Belirlenmesi

Bakteriyel inokulumun ve filmlerin hazırlanması

Test organizması olarak yöntemde önerilen *Escherichia coli* ATTC 25922 suşu kullanılmıştır. Tryptic Soy Broth besiyerinde 35±2 °C’de 18 saat çalkalamalı olarak geliştirilen *E. coli* kültürünün yoğunluğu spektrofotometrik olarak (475 nm) absorbansı 0.28±0.02 olacak şekilde ayarlanmıştır. Kültürün dilüsyonu için taze hazırlanmış steril 0.3 mM KH₂PO₄ (pH 7.2±0.1) tamponu kullanılmıştır. Poli-beta-pinen içeren nanokompozit film ve sadece nanokil içeren nanokompozit film (kontrol) steril koşullarda 25 cm² büyüklüğünde parçalar kesilerek çalışma aşamasına kadar steril petri kaplarında saklanmıştır.

Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi

Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi çalışmalarında %0.01 oranında DC Q2-5211 (Dow Corning) surfaktan maddesini içeren taze hazırlanmış steril 0.3 mM KH_2PO_4 (pH 7.2±0.1) tamponu kullanılmıştır. Optik yoğunluğu ayarlanan *E. coli* kültürü surfaktanlı tampon kullanılarak hücre yoğunluğu $1.5-3.0 \times 10^5$ kob/ml olacak şekilde seyreltilmiştir. Dilüsyonu yapılan hücre süspansiyonu 50 ± 0.5 ml hacimlerde steril 250 ml hacimli erlenlere eklenmiştir. Bir erlene kontrol amacıyla film eklenmemiştir (inokulum kontrolü), diğer her bir erlene daha önce hazırlanmış filmlerden steril koşullarda birer adet eklenmiş ve erlenler çalkalayıcıda (180 rpm) 1 saat ± 5 dak. inkübe edilmiştir. 1 saat sonundaki bakteriyel konsantrasyonu belirlemek amacıyla seri dilüsyon yapılmış ve her bir dilüsyondan 3 tekrarlı olacak şekilde PCA (Plate count agar) besiyerine ekim yapılmıştır. Ekim yapılan petriler 35 ± 2 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda petrilerdeki koloniler sayılmış ve sonuçlar kob/ml olarak belirlenmiştir. Ayrıca kontrol amacıyla her bir petriden temsilen birer koloni alınıp Eosin Methylene-blue agar ortamına ekilerek *E. coli* doğrulaması yapılmıştır.

Logaritmik/yüzde bakteriyel azalma oranının hesaplanması

Elde edilen sonuçlardan (kob/ml) logaritmik ya da % bakteriyel azalmanın hesaplanması aşağıdaki formüllere göre yapılmıştır;

$$\text{Log}_{10} \text{ azalma} = \text{Log}_{10}(B) - \text{Log}_{10}(A) \text{ ya da}$$

$$\% \text{ azalma (kob/ml)} = [(B-A)/B] \times 100$$

A = poli-beta-pinen+nanokil içeren filmin bulunduğu erlendeki kob/ml

B = kontrol olarak nanokil içeren filmin bulunduğu erlendeki kob/ml (ASTM E2149-10, 2010).

3.6. Raf Ömrü Çalışması

3.6.1. Ürün İşleme ve Ambalajlama Yöntemleri

Çalışmada 250 g'lık %100 dana eti içeren Maret Macar salamı aynı partiden ve üretimden hemen sonra temin edilmiştir. Ürünün önerilen raf ömrü 4 aydır. Ürün içeriğinde dana eti ve yağı, soya proteini, tuz, baharat karışımı, patates nişastası, stabilizör (sodyum polifosfat), antioksidan madde (askorbik asit) ve koruyucu (sodyum

nitrit) bulunmaktadır. Ürün prosten 1 gün önce temin edilmiş ve +4°C’de muhafaza edilmiştir.

Aynı partiden gelen Maret marka Macar salamı laboratuvarında hijyenik koşullar altında 2.5 mm kalınlığında dilimleme makinesi (Scharfen es 300, Almanya) ile dilimlenmiştir. Dilimlenmiş salamlar önceden hazırlanan ve dezenfekte edilen 3 farklı torba ambalaj içine 200 g tartılarak yerleştirilmiştir. Ürün içeren torba ambalajlar tek odalı ambalajlama makinesi (Reepack rv 300, İtalya) ile kombine edilen üçlü gaz mikseri (KM60-3, Witt, Almanya) kullanılarak vakum, %50 CO₂ %50 N₂ ve hava atmosferi (%21 O₂ %79 N₂) altında ambalajlanmıştır. Ambalajlanmış salam örnekleri +4°C’de %50 bağıl nemde depolanmış ve 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75 ve 90. günlerde örnekleme gerçekleştirilmiştir. Çalışma üç paralelli olarak yapılmıştır. (EK-1)

3.6.2. Tepe Boşluğu Gaz Analizi

Ambalaj tepe boşluğundaki (MAP uygulanan ambalajlarda) %O₂ ve CO₂ oranları ambalaj açılmadan önce film yüzeyine yapıştırılan septumdan bir iğne ile gaz analizörü (PBI Dansensor, Ringsted Danimarka) kullanılarak belirlenmiştir. Her bir uygulama için her torbada bir ölçüm yapılmış ve toplam 3 ölçümün ortalaması alınmıştır. Vakum ambalajlarda tepe boşluğu olmadığı için gaz analizi yapılmamıştır.

3.6.3. Mikrobiyolojik Analizler

“Türk Gıda Kodeksinin Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği” (29 Aralık 2011) esas alınarak salam (ısıl işlem görmüş et ürünleri altında) 0. günde dilimleme ve ambalajlama sonrası *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* için taranmıştır. *Salmonella* ve *L. monoytogenes* VIDAS (Enzim bağlantılı floresan tekniği) tekniği ile kalitatif olarak belirlenmiştir. Depolamanın başında ve depolama süresince ise ürünlerde toplam maya küf ve toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı tespit edilmiştir. Toplam aerobik bakteri ve maya-küf sayımı FDA-BAM’a göre yapılmıştır . Bu amaçla 25 g örnek steril stomacher torbasına tartılmış ve 225 ml maksimum recovery diluent (%0.1’lik) eklenmiştir. Örnekler 5 dakika stomacher içinde homojenize edilmiş ve maksimum recovery diluent ile seri dilüsyonlar hazırlanmıştır.

3.6.3.1. *Listeria monocytogenes*

25 g örnek (salam) steril stomacher torbasına tartılmış ve 225 ml HalfFDA-FRASER sıvı besiyeri eklenmiş ve stomacher tipi karıştırıcıda karıştırılmıştır. 24-26 saat süreyle 30±1°C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra stomacherda karıştırılmış ve 10 ml FRASER sıvı besiyerine stomacher torbasındaki süspansiyondan 0.1 ml transfer edilerek 24-26 saat 37±1°C’de inkübasyona bırakılmıştır. İhtiyaç duyulan miktarda reaktif buzdolabından alınmış ve en az 30 dakika oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Test edilecek numune için kullanıma hazır ‘LMO2’ stribi ve ‘LMO2’ SPR® (reaktif) (SPR’lerin iç kısmı *L. monocytogenes* spesifik antijenlerine karşı yönlendirilmiş antikorlarla kaplıdır) kullanılmıştır. VIDAS test cihazından ‘LMO’ kodu seçilmiş ve standart ‘S1’ (saflaştırılmış *L. monocytogenes* antijeni+ koruyucu+protein stabilizörleri) ile tanımlanmıştır. Pozitif kontrol için ‘C1’(saflaştırılmış *L. monocytogenes* antijeni+ koruyucu+protein stabilizörleri), negatif kontrol için ‘C2’ (Tamponlanmış tuz (TBS) (150 mmol/l)-Tween pH 7.6+ koruyucu) tanımlanmıştır. Standart, kontroller ve numuneleri vorteks tipi bir karıştırıcıda karıştırılmıştır. 500 µl standart, numune ya da kontrolü numune kuyucuğuna pipetlenmiştir. SPR®’ler ve stripler cihaza yerleştirilmiş ve test başlatılmıştır. Test yaklaşık 70 dakika içerisinde tamamlanmıştır. Test tamamlandıktan sonra sonuçlar cihaz (VIDAS) tarafından otomatik olarak analiz edilmiştir. Test edilen her bir numune için reaktif stribinin okuma küvetindeki floresans iki kez ölçülmüştür. İlk okuma, SPR® substrat içine girmeden önce, substrat küvetinin arka plan okumasıdır. İkinci okuma substrat SPR’nin iç kısmında kalan enzimle inkübasyonundan sonra alınmıştır.

Rölatif Floresans Değeri (RFV) en son sonuçtan arka planın çıkartılması ile hesaplanmıştır. Bu hesaplama cihaz tarafından sonuç kağıdına dökülmüştür.

Her bir numune için elde edilen RFV değeri cihaz tarafından aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{Test Değeri} = \text{Numune RFV} / \text{Standart RFV}$$

Elde edilen test değeri yorumlanırken 0.05 test değeri eşik değer olarak kullanılmıştır. Elde edilen test değeri 0.05’e eşit veya büyük ise sonuç pozitif, 0.05’ten küçük ise negatif olarak değerlendirilmiştir. Eşik değerinden küçük test değerine sahip sonuçlar, numunede *Listeria monocytogenes* antijeni olmadığını ya da tespit limitinin

altında *Listeria monocytogenes* antijen konsantrasyonunun olduğunu göstermektedir. Eşik değerine eşit veya büyük test değerlerine sahip numuneler, *Listeria monocytogenes* ile kontamine olduğunu göstermektedir. (VIDAS® *Listeria monocytogenes* II (LMO2), 2010).

3.6.3.2. *Salmonella*

Ön Zenginleştirme

25 g örnek (salam) steril stomacher torbasına tartılmış ve üzerine 225 ml tamponlanmış peptonlu su eklenmiş ve karıştırıldıktan sonra 16-22 saat $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de inkübasyona bırakılmıştır.

Zenginleştirme

İnkübasyondan sonra 0.1 ml ön zenginleştirme süspansiyonu 10 ml Sx2 sıvı besiyeri içerisine aktarılmış $41.5\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de 22-26 saat inkübe edilmiştir.

Zenginleştirme Sonrası

İnkübasyondan sonra 1 ml Mueller-Kauffmann Tetrathionate (MKTT) sıvı besiyerinden, 10 ml M sıvı besiyerine aktarılmıştır. Başka bir M sıvı besiyeri tüpüne, 1 ml Rappaport Vassiliadis Soy (RVS) besiyerinden aktarılmıştır. MKT ve RVS sıvı besiyerleri 16-20 saat $41.5\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de inkübe edilmiştir.

İhtiyaç duyulan miktarda reaktif buzdolabından çıkarılmış ve oda sıcaklığına gelmesi için 30 dakika bekletilmiştir. Test edilecek her numune, kontrol ya da standart için bir "SLM" sribi (*Salmonella* Stribi) ve "SLM SPR®" (SPR®'lerin iç kısmı *Salmonella*-spesifik yüzey antijenlerine doğrudan karşı antikolar ile kaplanmıştır) kullanılmıştır. Cihazın test kodu olarak "SLM" seçilmiş, standart 'S1' (saflaştırılmış ve inaktive edilmiş *Salmonella* antijeni + koruyucu + protein stabilizörü) ile tanımlanmış ve iki kez test edilmiştir. Patojenin pozitif kontrolü için 'C1' (saflaştırılmış ve inaktive edilmiş *Salmonella* antijeni + koruyucu + protein stabilizörü), negatif kontrolü için 'C2' (TRIS tamponlanmış tuz (TBS) (150 mmol/l)-Tween pH 7.6 + koruyucu) seçilmiştir. Cihaz hazırlandıktan sonra zenginleştirme işlemi yapılan sıvı besiyerleri homojenize edilmiştir. Son zenginleştirme besiyerinden stripteki numune kuyucuğuna 0.5 ml aktarılmış ve VIDAS Heat and Go cihazı (VIDAS Mini, Fransa) kullanılarak 15 ± 1

dakika ısıtılmıştır. Sürenin sonunda strip cihazdan çıkarılmış ve 10 dakika soğutulmuştur. SPR ve strip,VIDAS cihazına yerleştirilmiş ve test başlatılmıştır. Test basamakları cihaz tarafından otomatik olarak yapılmış ve yaklaşık 45 dakika içerisinde sonuç elde edilmiştir. Test tamamlandığında sonuçlar cihaz tarafından otomatik olarak analiz edilmiştir. Test edilen her bir numune için reaktif sribinin okuma küvetindeki floresans iki kez ölçülmüştür. İlk okuma SPR substrat içine girmeden önce, substrat küvetinin arka plan okumasıdır. İkinci okuma substrat SPR'nin iç kısmında kalan enzimle inkübasyondan sonra alınmıştır. Rölatif Floresans Değeri (RFV) en son sonuçtan boş okumanın çıkartılması ile hesaplanmıştır. Her bir numune için elde edilen RFV değeri VIDAS cihazları tarafından aşağıdaki şekilde değerlendirilmiştir:

$$\text{Test Değeri} = \text{Numune RFV} / \text{Standart RFV}$$

Elde edilen test değeri yorumlanırken 0.23 test değeri eşik değer olarak kullanılmıştır. Elde edilen test değeri 0.23'e eşit veya büyük ise sonuç pozitif, 0.23'ten küçük ise negatif olarak değerlendirilmiştir. Eşik değerinden küçük test değerine sahip sonuçlar, numunede *Salmonella* antijeni olmadığını ya da tespit limitinin altında *Salmonella* antijen konsantrasyonunun olduğunu göstermektedir. Eşik değerine eşit ya da büyük test değerlerine sahip numunelerin varlığı *Salmonella* ile kontamine olduğunu göstermektedir. (VIDAS® *Salmonella* (SLM), 2010).

3.6.3.3. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı

25 g örnek steril (salam) stomacher torbasına tartılmış ve üzerine 225 ml tamponlanmış peptonlu su eklenmiş ve karıştırıldıktan sonra seri dilusyonlar hazırlanmıştır. Seri dilusyonlardan 0.1 ml alınmış ve önceden hazırlanmış PCA (Plate Count Agar) besiyeri üzerine cam çubukla yayılmıştır. Her dilusyon için 2 paralel petriye yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Hazırlanan petriler 35°C'de 48 saat inkübe edilmiştir. Sonuçlar log kob/g (koloni oluşturan birim (CFU)) olarak verilmiştir Her analiz gününde her bir uygulama için 3 torbadan alınan örneklerden 2 paralel olacak şekilde ekim yapılmıştır (Maturin ve Peeler, 2001).

3.6.3.4. Toplam maya-küf sayımı

25 g örnek steril (salam) stomacher torbasına tartılmış ve üzerine 225 ml tamponlanmış peptonlu su eklenmiş ve karıştırıldıktan sonra seri dilusyonlar

hazırlanmıştır. Hazırlanan seri dilusyonlardan 0.1 ml alınmış ve önceden hazırlanmış Rose Bengal Chloramphenicol agar üzerine cam çubukla yayılmıştır. Her dilusyon için 2 paralel petriye yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Petriler 25°C'de 5 gün süreyle inkübe edilmiştir. Sonuçlar log kob/g (koloni oluşturan birim (CFU)) olarak verilmiştir. Her analiz gününde her bir uygulama için 3 torbadan alınan örneklerden 2 paralel olacak şekilde ekim yapılmıştır (Tournas ve ark., 2001).

3.6.4. Fiziksel Analizler

3.6.4.1. Renk

Dilimlenmiş salamın rengi Minolta (CR-400, Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı CIE L*a*b* ölçeği kullanılarak ölçülmüştür. Alet illuminant C'ye ayarlanmış ve standart beyaz yansıtıcı levha kullanılarak kalibre edilmiştir. Belirlenen analiz günlerinde L*, a* ve b* değerleri her bir uygulama için üç ambalajdan alınan 15 salam diliminde (her bir ambalaj için 5 dilim) ölçülmüş ve her bir örnek için 15 ölçümün ortalaması hesaplanmıştır. Renk doygunluğu (C*) değeri parlaklık (L*) ekseninden dik uzaklıktır ve $C^*=(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ formülü ile hesaplanmıştır.

3.6.4.2. Doku (Tekstür)

Doku analizi TA-XT Plus (Stable Micro System, Surrey, İngiltere) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sertlik (firmness) ve sıklık (toughness) Warner/Blatzer (HDP/BS) bıçak seti kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler 5 mm/s test hızında ve 40 mm penetrasyon mesafesinde belirlenmiştir. Sertlik maksimum kesme kuvveti (N) ve dayanıklılık pik alanı (N/s) olarak ifade edilmiştir. Analiz günlerinde her uygulama için renk analizinde kullanılan toplam 15 ürün diliminde (her bir ambalaj için 5 salam dilimi) ölçüm yapılmış ve her bir ürün için 15 ölçümün ortalaması hesaplanmıştır.

3.6.5. Kimyasal Analizler

3.6.5.1. Nem içeriği tayini

Dilimlenmiş salamda nem analizi AOAC (2000) metoduna göre depolamanın ilk gününde (0. gün) ve son gününde (90. gün), 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Kurutma kapları 100±2°C'de 2 saat kurutulup sabit tartıma getirilmiş ve desikatörde soğutulmuştur. Hassas terazide daraları alınan kaplara homojen hale getirilmiş 5 g örnek

hassas olarak tartılmıştır. $100\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlık elde edilinceye kadar yaklaşık 18 saat kurutulmuş, desikatörde oda sıcaklığına getirilmiş ve tartılmıştır. Nem miktarı ağırlık yüzdesi olarak aşağıdaki yöntemle göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Nem} = (A - B) * 100 / A$$

$$\% \text{ Kurumadde} = B * 100 / A$$

A: Örneğin yaş kütlesi (g) B: Örneğin kuru kütlesi (g)

3.6.5.2. pH

10 g salam örneği 90 ml saf su ile karıştırılarak homojenize (Heidolph SilentCrusher M, Almanya) edilmiştir. Karışımın pH değeri WTW-315i pH metre (Weilheim, Almanya) kullanılarak kaydedilmiştir. Her analiz gününde her bir uygulama için 3 torbadan alınan 2'şer örnekte pH ölçümü yapılmış ve toplam 6 ölçümün ortalaması alınmıştır.

3.6.5.3. Lipit oksidasyonu

Depolama süresince lipit oksidasyonu tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi ile belirlenmiştir (Lee ve ark., 1999; Ozturk ve ark., 2010) (Lee ve ark., 1999; Öztürk ve ark., 2010). 10 g salam örneği tartılmış ve %5'lik 34 mL TCA ve 1 mL %7.2'lik BHT solüsyonu eklenmiş ve 2 dk boyunca yüksek devirde homojenizatör (Heidolph SilentCrusher M, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Elde edilen karışım filtre kağıdı (Whatman No. 4) ile 50 ml'lik balon jöjeye filtre edilmiş ve TCA çözeltisi ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltinin 5 mL'si 5 mL 0.02 M TBA çözeltisi ile test tüpünde karıştırılmış ve renk oluşumu sağlamak için 80°C 'de 20 dk su banyosunda inkübe edilmiştir. 532 nm'de kör çözeltiliye karşı UV-spektrofotometre (UV-160A, Shimadzu, Kyoto, Japonya) ile ölçüm yapılmıştır. Standard kalibrasyon eğrisi malonaldehit standardı olarak TEP (1,1,3,3-tetraethoxypropane)'in farklı konsantrasyonları ile elde edilmiştir (Şekil 1). 532 nm'de okunan absorpsiyon değerleri ekstraksiyon katsayısı (K_{ekst}) ile çarpılarak TBARS değerleri (mg MDA/kg örnek) ifade edilmiştir. Her analiz gününde her bir uygulama için 3 torbadan alınan 2'şer örnekte ölçüm yapılarak elde edilen 6 ölçümün ortalaması alınmıştır.

Geri kazanımın hesaplanması

10 g örneğin içine 5 ml 5×10^{-8} mol/5 ml'lik TEP konsantrasyonundan ilave edilmiştir (TEP ilave edilmiş örnek). Aynı paralelden 10 g örnek alınmıştır (TEP ilave edilmemiş örnek). Bu iki örneğe de 34 ml % 5'lik TCA solüsyonu ve 1 mL BHT solüsyonu eklenmiş ve 2 dk boyunca yüksek devirde homojenize edilmiştir. Whatman No.4 filtre kağıdı ile 50 mL'lik balon jöjeye filtre edilmiş ve hacim %5'lik TCA çözeltisi ile tamamlanmıştır. Elde edilen çözeltinin 5 ml'si ile 5 ml 0.02 M'lık TBA çözeltisi test tüpünde karıştırılmış ve renk oluşumu sağlamak için 20 dk boyunca 80°C su banyosunda inkübe edilmiştir. Şahit olarak 5 ml 5×10^{-8} mol/5 ml'lik TEP çözeltisi kullanılmıştır. 20 dakikanın sonunda solüsyon 532 nm'de şahit çözeltiye karşı UV spektrofotometrede ölçülmüştür. TEP ilave edilmiş ve TEP ilave edilmemiş örneklerin absorbans değeri ölçülerek geri kazanım aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$P(\%) = \frac{A_3 - A_1}{A_2} * 100$$

A_3 =TEP ve örneği içeren filtratın absorbans değeri

A_1 = Örneğin absorbans değeri

A_2 = TEP'in absorbans değeri

Ekstraksiyon katsayısının hesaplanması (K_{ekst})

TBARS değeri, absorbans değerinin sabit bir değer olan ekstraksiyon katsayısı, K_{ekst} ile çapılması sonucu elde edilmiştir. K_{ekst} aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

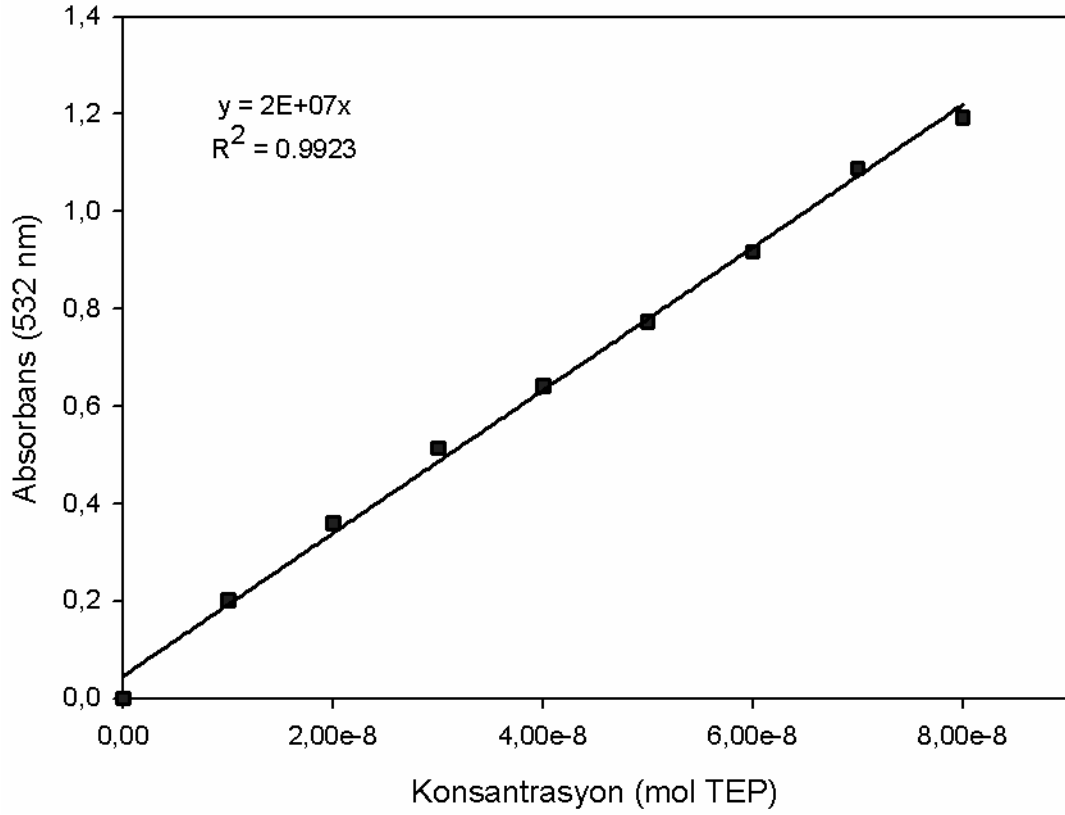
$$K_{\text{ekst}} = \frac{S}{A} \times 72.063 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1}{E} \times \frac{100}{P}$$

S = TEP'in 5 ml filtrattaki mol sayısı ($1 \times 10^{-8} - 8 \times 10^{-8}$)

72.063 g/mol = MDA'in molekül kütlesi

E = Numune ağırlık eşdeğeri, 50 ml filtrattan 5 ml örnek alındığında 10 g örnek için E , 1 dir.

P = % Geri kazanım



Şekil 3.1. TBARS kalibrasyon eğrisi

3.6.5.4. Protein stabilitesi (Karbonil içeriği)

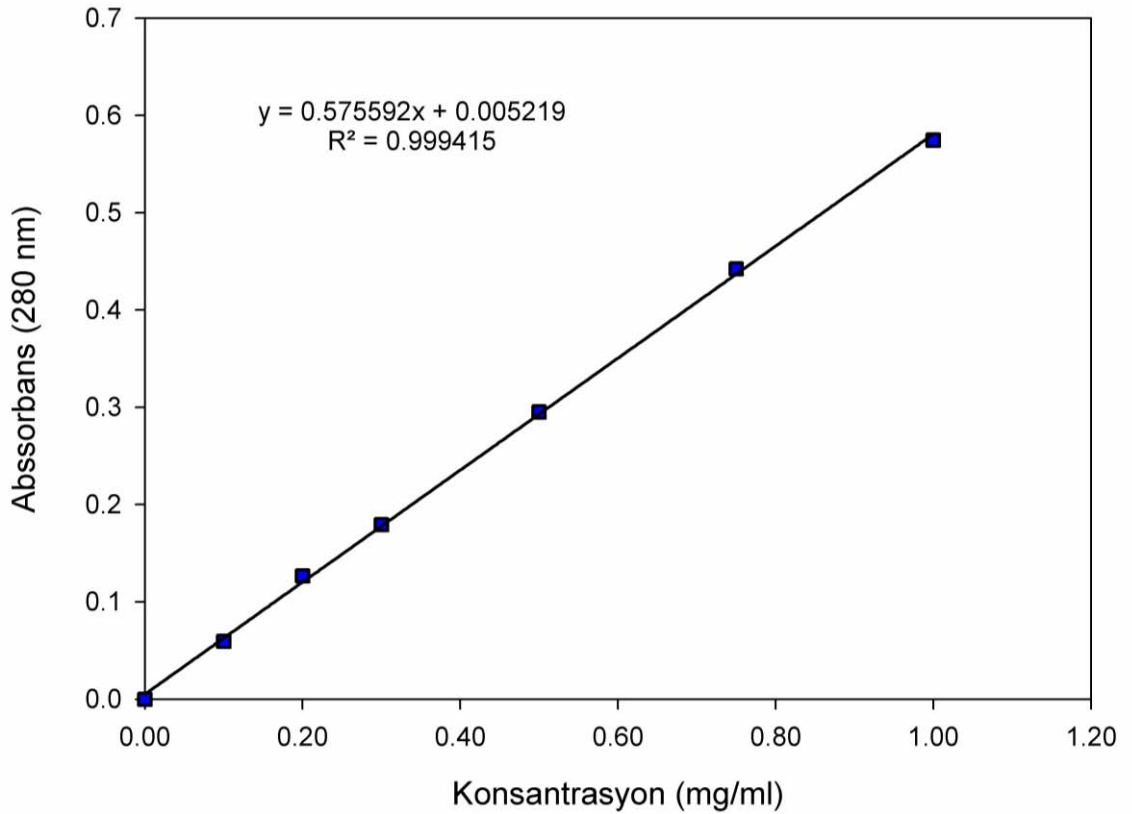
Protein oksidasyonunun belirlenmesi iki prosedürden oluşmuştur: (1) Karbonil içeriğinin belirlenmesi (2) protein miktarının belirlenmesi (kontrol viali). 1 g dilimlenmiş salam örneği 10 ml 0.15 M KCl çözeltisi içinde düşük hızda 1 dk homojenize edilmiştir. Elde edilen ekstraktan 2 farklı eppendorf tüpüne 0.1 mL aktarılmıştır. Üzerine 1 ml %10'luk TCA çözeltisi eklenmiş ve 5000 rpm'de 5 dk santrifüj (Hettich Mikro 22, Almanya) edilmiştir. Üst faz (berrak kısım) ayrılmış ve pellet (çökelti) tüpte bırakılmıştır. Tüplerden birine 1 ml 2 M'lık HCl çözeltisi eklenmiş, diğerine ise 1 ml %0.2 (w/v) 2,4 dinitrofenilhidrazin (DNPH) içeren 2 M'lık HCL çözeltisi eklenmiştir. İki örnek de oda sıcaklığında 1 saat inkübe edilmiş ve belirli aralıklarla (her 15 dk'da) karıştırılmıştır. Her iki örneğe de 1 ml %10'luk TCA çözeltisi eklenerek 5000 rpm'de 5 dk santrifüj edilmiş ve berrak üst faz ayrılmıştır. Pelletler 1:1 oranında etanol:etil asetat çözeltisi eklenerek yıkanmış ve 10000 rpm'de 5 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Bu aşama 3 kez tekrarlanmıştır. Örnekler 1.5 ml 20 mM sodyum

fosfat içeren 6M'lık guanidine HCl tampon çözeltisi eklenerek 5000 rpm'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası DNPH ile muamele edilen örneklerde 370 nm, HCl ile muamele edilen örnekler 280 nm dalga boylarında absorbans ölçülmüş ve karbonil konsantrasyonu aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır. Standart olarak BSA (Bovin Serum Albumin) kullanılmıştır (Şekil 2). (Mercier ve ark., 1998; Zakrys-Waliwander ve ark., 2012).

$$\text{nmol DNPH/mg protein} = \left(\frac{A}{0.022 \text{ nmol}^{-1} \times m_{\text{mg protein}}} \right)$$

BSA kalibrasyon eğrisi

0.1 g BSA tartılıp 10 ml distile suda çözündürülmüştür. Çözeltiden 1ml alınmış ve 9 ml G-HCl eklenerek stok çözelti hazırlanmıştır (1000 µg/ml).



Şekil 3.2. BSA kalibrasyon eğrisi

3.6.6. Duyusal Değerlendirme

Dilimlenmiş salam örneklerinin depolama süresince duyuşal değerlendirmesi 12 kişilik panelist grubu ile yapılmıştır. Her uygulama için oda sıcaklığında bir tam salam dilimi tüm panel üyelerine dağıtılmıştır. Panelistlerden genel görünüş, renk, koku, tekstür ve tat yoğunluklarını değerlendirilmeleri istenmiştir. Genel görünüş, renk, koku, tekstür ve tat sırasıyla Őu şekilde kategorize edilmiştir: 1=yapışkan, 5=kabul edilebilir, 9=taze; 1=soluk, 5=kabul edilebilir, 9=pembe/kırmızı; 1=güçlü kötü koku, 5=kabul edilebilir/hafif kötü koku, 9= kendine has koku; 1=sert/kuru, 5=kabul edilebilir, 9=normal/tipik doku; 1=ransit/bozuk, 5=kabul edilebilir, 9=normal/tipik tat. Ürünün genel kabul edilebilirliği 9 noktalı hedonik ölçekte değerlendirilmiştir. Burada 9=çok beğendim ve 1=hiç beğenmedim olarak alınmıştır. (EK-2)

3.6.7. İstatistiksel Analizler

Tüm deneysel uygulamalar 3 tekrarlı yapılmıştır. Deneysel veri ANOVA (3-yönlü ANOVA) ve Duncan çoklu kıyaslama testleri ile 95% güvenlik düzeyinde analiz edilmiştir. İstatistiksel yazılım olarak windows için SAS (sürüm 8.02, SAS Institute, Cary, NC, ABD) kullanılmıştır. Deneysel faktörlerin (ambalaj filmi, atmosfer ve depolama süresinin) ve bunların etkileşimlerinin kalite parametreleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Nanomalzeme Üretimi ve Karakterizasyonu

4.1.1. Nanomalzemelerde Kalınlık, OTR ve WVTR Sonuçları

iPP’de $1.88 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ olarak tespit edilen WVTR, %1 nanokil ilave edildikten sonra yaklaşık %24 oranında azalmış ve $1.43 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ’e düşmüştür. %1 nanokil +%5 poli-beta-pinen içeren malzemelerde ise WVTR, iPP’ye göre %31 oranında azalmış ve $1.30 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ olarak belirlenmiştir. Nanokil ve poli-beta-pinen ilavesi WVTR’yi önemli düzeyde düşürmüştür. Üretilen her iki nanomalzemede de su buharı geçiş oranı oldukça düşük düzeylerde olup, neme hassas ürünlerin ambalajlanmasında rahatlıkla kullanılabilir. Üretilen nanomalzemelerin WVTR’si çalışmada kontrol olarak kullanılacak çok katlı malzemeden daha düşük düzeyde tespit edilmiştir (Çizelge 1).

iPP’ye %1 oranında nanokil katılması OTR’nin yaklaşık %10 düzeyinde azalmasına neden olurken, %1 nanokil ve %5 poli-beta-pinen katılması ile OTR’de %25’lik bir azalma tespit edilmiştir (Çizelge 1). OTR ölçümleri 23°C ’de %0 bağıl nemde elde edilen değerler olup, ürün depolama sıcaklığı olarak seçilen 4°C ’de malzemelerde gerçekleşecek geçirgenlik değerleri bu değerlerin altında olacaktır. Et ürünlerinin ticari olarak ambalajlanmasında kullanılan esnek malzemeler arasında PA/LDPE, PA/EVOH/LDPE, PP/EVOH/LDPE ve LDPE/EVOH/LDPE gibi çok katlı malzemeler yer almaktadır. Projede kontrol olarak seçtiğimiz çok katlı malzeme (PP/PA/EVOH/PE) ise OTR açısından oldukça düşük değerlere sahip olup, ticari olarak kullanılan malzemelerle kıyaslanınca da geçirgenlik değerleri oldukça düşüktür. Ancak bu malzeme hem pahalı hem de geri dönüştürülmesi mümkün olmayan bir malzemedir.

Bilimsel çalışmalar nanodolguların özellikle polimer matriksinde kullanılan nanokillerin ambalaj materyalinin özellikle gaz ve su bariyer özelliklerini belirgin şekilde iyileştirdiğini göstermiştir. Nanokillerin farklı polimerlerin oksijen ve su buharı geçirgenliklerini düşürdüğüne dair yapılan birçok çalışma vardır (Nielsen, 1967; Beall, 2000; Bharadwaj, 2001; Bharadwaj ve ark., 2002; Jawahar ve Balasubramanian, 2006; Mangiacapra ve ark., 2006; Koh ve ark., 2008; Lotti ve ark., 2008; Adame ve Beall, 2009; Priolo ve ark., 2010). Gıda paketlemede kullanılan polimerlere eklenen nanopartiküller oksijen gazı geçirgenliğini %75’e kadar düşürebilir. En düşük gaz geçirgenliği değeri nano-poli-tilenterefilatatta (PET) tespit edilmiştir (Cava ve ark.,

2006; Lagaron ve ark., 2007). Yapılan bir çalışmada transparan kil-polimer materyalin oksijen geçirgenliğinde %100 düşüş olduğu tespit edilmiştir (Priolo ve ark., 2010). de Abreu ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada yaygın olarak kullanılan poliolefin filmlere (polipropilen (PP) ve polietilen filmler (PE)) nanopartiküllerin eklenmesi ile gıda ambalajlama uygulamalarında bariyer ve mekanik özelliklerin iyileştiğini tespit etmişlerdir. Nano-PP filmin OTR değerinde kontrol olarak kullanılan PP filme göre %22 oranında azalma sağlanmış, nano-PE filmde ise bu değerde %12.5 oranında azalma elde edildiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Hazırlanan farklı malzemelerde kalınlık, OTR (oksijen geçiş oranı) ve WVTR (su buharı geçiş oranı) değerleri

Malzeme Çeşidi	Kalınlık (Mikron)	OTR (cm³/m²·24h)	WVTR (g/m²·24h)
iPP	93.2±4.5a	1409.5±59.0a	1.88±0.06a
iPP-nanokil	88.6±3.2bc	1282.2±1.5bc	1.43±0.02c
iPP-nanokil-poli beta pinen	92.5±5.9ab	1060.8±35.4c	1.30±0.09d
PP/PA/EVOH/PE* (Çok katlı malzeme)	115	2	4

*Çok katlı malzemenin kalınlık, OTR ve WVTR değerleri Superfilm (Gaziantep) tarafından temin edilmiştir.

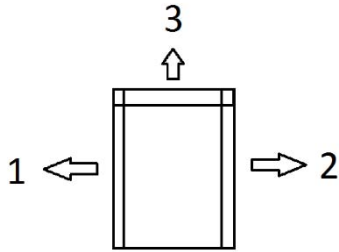
4.1.2. Torba Ambalaj Üretimi ve Sızdırmazlık Testi Sonuçları

Nanomalzemeler ve çok katlı malzeme 3 kenarından ısı yapıştırma uygulanarak torba ambalaja dönüştürülmüştür. Nanomalzemeler için ısı yapıştırma sıcaklığı 100-125°C arasında, çok katlı malzeme içinse 130-145°C arasında denenmiştir. Görsel test ve sızdırmazlık test sonuçları dikkate alınarak 2 farklı nanomalzeme için optimum yapıştırma sıcaklığı 120°C ve çok katlı malzeme için 145°C olarak önerilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 4.2. Ambalaj materyallerinin torba ambalaja dönüştürülmesi için uygulanan ısı yapıştırma sıcaklıkları

Malzeme çeşidi	Test edilen ısı yapıştırma sıcaklığı aralığı (°C)	Önerilen optimum yapıştırma sıcaklığı (°C)
iPP-nanokil	100-125	120
iPP-nanokil-poli beta pinen	100-125	120
PP/PA/EVOH/PE	130-150	145

Hazırlanan torba ambalajlarda Şekil 3'te görüldüğü gibi yapıştırma 3 kenarda yapılmış, önce kaynak yerleri görsel olarak incelenmiş ve her 3 kenar boya penetrasyon testine tabi tutularak sızdırmazlık testi yapılmıştır. Görsel test metodunda ambalaj kaynak yeri; boşluklar, kırışıklıklar, kaynak dikiş yerinin düzgünlüğü ve çok katlı ambalajlarda katlardan en az birinde görülebilecek ayrılmalar için gözle ve büyüteç altında incelenmiştir.



Şekil 4.1. Hazırlanan torba ambalaj malzemesinde ısı yapıştırma yapılan ve sızdırmazlık testinin yapıldığı kenarlar

Nano-PP (PP-nanokil) ve aktif nano-PP (PP-nanokil-poli beta pinen) torbalarda 120°C'de 3 s yapılan ısı yapıştırma sonucu elde edilen kaynak yerlerinin %33'ünün sızdırdığı tespit edilmiştir (Şekil 4, Çizelge 3 ve 4). Aynı sıcaklıkta yapıştırma süresi 4 s'ye çıkarıldığı zaman torbaların %100'ünün de sızdırmadığı tespit edilmiştir (Şekil 5). Bu nedenle her iki nanomalzeme için optimum yapıştırma sıcaklığı 120°C'de 4 s olarak belirlenmiştir. Çok katlı malzemede ise optimum yapıştırma sıcaklığı 140°C'de 3 s olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5).



Şekil 4.2.Sızdıran torba ambalaj kaynağına örnek



Şekil 4.3. Sızdırmayan torba ambalaj kaynağına örnek

Boya penetrasyon testi sızıntı tespitinde kolaylıkla uygulanabilir ve pahalı değildir, ambalaja basınç uygulanması gerekmez çünkü sıvı penetrasyonu kapilar hareket ile sağlanır. Boya penetrasyon testi aseptik endüstrisinde elektrolitik test sonrası doğrulayıcı test olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Boya penetrasyon testinde kullanılan Rhodamine B kapilar hareket ile kaynak yerine hızlı bir şekilde penetre olmuş ve kaynak yeri gözle görülebilir bir şekilde boyanın rengini almıştır (Şekil 4). Ancak sızdırmayan ambalaj kaynağında Şekil 5'te görüldüğü gibi herhangi bir boya tespiti olmamıştır.

Çizelge 4.3. iPP-nanokil torba ambalajlarda sızdırmazlık testi sonucu

(+) :

Ambalaj No	Torba ambalaj kenar no	Test sonucu (120°C'de 3 s)	Test sonucu (120°C'de 4 s)
1	1	+	-
	2	+	-
	3	-	-
2	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-
3	1	+	-
	2	+	-
	3	-	-
4	1	-	-
	2	+	-
	3	-	-
5	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-

(+) : Pozitif (test edilen ambalaj kenarında boya sızıntısı var)

(-) : Negatif (test edilen ambalaj kenarında boya sızıntısı yok)

Çizelge 4.4. iPP-nanokil-poli beta pinen torba ambalajlarda sızdırmazlık testi sonucu

Ambalaj No	Torba ambalaj kenar no	Test sonucu (120°C'de 3 s)	Test sonucu (120°C'de 4 s)
1	1	-	-
	2	+	-
	3	-	-
2	1	-	-
	2	+	-
	3	-	-
3	1	-	-
	2	+	-
	3	-	-
4	1	+	-
	2	+	-
	3	-	-
5	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-

(+) : Pozitif (test edilen ambalaj kenarında boya sızıntısı var)

(-) : Negatif (test edilen ambalaj kenarında boya sızıntısı yok)

Çizelge 4.5. Çok katlı (PP/PA/EVOH/PE) torba ambalajlarda sızdırmazlık testi sonucu

Ambalaj No	Torba ambalaj kenar no	Test sonucu (145°C'de 3 s)	Test sonucu (145°C'de 4 s)
1	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-
2	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-
3	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-
4	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-
5	1	-	-
	2	-	-
	3	-	-

(+): Pozitif (test edilen ambalaj kenarında boya sızıntısı var)

(-): Negatif (test edilen ambalaj kenarında boya sızıntısı yok)

4.1.3. Poli-Beta-Pinen içeren Malzemenin Antimikrobiyal Etkinliği

4.1.3.1. I. Yöntem Bulguları: Agar Difüzyon Yöntemi

Agar difüzyon yöntemine (NCCLS, 2003) göre 3 mikroorganizma üzerinde test edilen nanokompozit filmlerin etrafında herhangi bir inhibisyon zonu gözlenmemiştir (Şekil 6-8). Bu durum poli-beta-pinenin suda çözünürlüğünün olmaması (kullanılan besiyerleri su bazlı olduğu için) ve uçucu özellik göstermemesi ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle difüze olamayan maddelerin antimikrobiyal özelliğini belirlemeye yönelik olan ASTM metodu olan ASTM E2149-10 (Dinamik kontak koşullarında immobilize antimikrobiyal ajanların antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesinde kullanılan standart test metodu) yöntemi uygulanmıştır.



Şekil 4.4. Nanokompozit filmin *E. coli* ATCC 25922 üzerindeki antimikrobiyal aktivitesi: (1) poli-beta-pinen içermeyen naturel PP film (kontrol), (2) poli-beta-pinen içeren PP film, (3) nanokil içeren PP film (kontrol), (4) poli-beta-pinen+nanokil içeren PP film.



Şekil 4.5. Nanokompozit filmin *S. typhimurium* ATCC 14028 üzerindeki antimikrobiyal aktivitesi: (1) poli-beta-pinen içermeyen naturel PP film (kontrol), (2) poli-beta-pinen içeren PP film, (3) nanokil içeren PP film (kontrol), (4) poli-beta-pinen+nanokil içeren PP film.



Şekil 4.6. Nanokompozit filmin *S. aureus* ATCC 25923 üzerindeki antimikrobiyal aktivitesi: (1) poli-beta-pinen içermeyen naturel PP film (kontrol), (2) poli-beta-pinen içeren PP film, (3) nanokil içeren PP film (kontrol), (4) poli-beta-pinen+nanokil içeren PP film.

4.1.3.2. II. Yöntem Bulguları (ASTM E2149-10)

Çalışma kapsamında disk difüzyon yöntemiyle poli-beta-pinen içeren nanokompozit filmlerin antimikrobiyal etkinliği belirlenemediğinden filmlerin antimikrobiyal etkinliği ASTM E2149-10 yöntemine göre yapılmıştır. ASTM E2149-10 standart bir test yöntemi olup, serbest olarak difüze olmayan, immobilize edilmiş antimikrobiyal madde içeren örneklerin antimikrobiyal etkinliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (ASTM E2149-10, 2010).

ASTM E2149-10 test yöntemi sonucunda poli-beta-pinen+nanokil içeren filmde kaynaklı bakteri sayısındaki azalma logaritmik ve yüzde olarak hesaplanmıştır. Poli-beta-pinen içeren nano-malzeme nanokil içeren malzemeye kıyasla (kontrol) test mikroorganizması üzerinde logaritmik olarak 1.33'lük, yüzde olarak ise %24.3'lük bir azalmaya yol açmıştır. Bu çalışma ile poli-beta-pinen içeren malzemenin antimikrobiyal özellikle antibakteriyel etkinliğinin olduğu ve bu etkinin kontak etki olarak ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Gümüş kaynaklı nanokil içeren polilaktik asit filmin antimikrobiyal aktivitesinin test edildiği bir çalışmada farklı oranlarda nano katkı içeren filmlerin antimikrobiyal aktiviteleri arasındaki farklar test edilmiştir. 1.5 g katkı içeren polilaktik asit filmin *Salmonella* spp. üzerinde % 99.9 düzeyinde etkili olduğu görülmüştür. Daha düşük oranlarda katkı içeren ambalajların da bakteriler üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Çalışmanın sonucunda gümüş kaynaklı nanokatının migrasyon düzeyinin kontrol altında tutularak gıda ambalajlarına antimikrobiyal madde olarak eklenmesi önerilmiştir (Busolo ve ark., 2010).

Pinenin antimikrobiyal etkinliği ile ilgili (Leite ve ark., 2007) yapılan bir çalışmada Hindistan cevizinden izole edilen beta-pinenin patojenik *E. coli* O157 üzerinde antibakteriyel etkisinin olduğu ortaya konulmuştur (Takikawa ve ark., 2002). Eugenol, alfa-pinen ve beta-pinenin etkinliği ile ilgili başka bir çalışmada ise bulaşıcı endokardit (kalp içzarı iltihabı) gram pozitif bakteriler (*Staphylococcus aureus*, *S. Epidermidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *S. pyogenes*) üzerindeki inhibitör etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçları eugenol, beta-pinen ve alfa-pinenin yoğun antimikrobiyal potansiyelinin olduğunu göstermiştir. Eugenol ve beta-pinen inhibitör etkisini 8 saat içinde inoküle edilen mikroorganizmaların tamamını elimine ederek göstermiştir. Bu süre alfa-pinende 24 saat olarak belirlenmiştir (Leite ve ark., 2007).

Bir başka çalışma ise alfa-pinenin 0.3-2.5 mg/ml konsantrasyonda güçlü ile orta düzeyde antibakteriyal ve antifungal etkisinin olduğunu ortaya koymuştur (Humeriah ve ark., 2010). Dokuz mono-terpenin (carvacrol, carvone, citronellol, eugenol, geraniol, mentol, mentone, mirisin, timol) gıda kaynaklı mikroorganizmalardan *E. coli*, *S. aureus* ve *B. cereus* üzerine antimikrobiyal etkinliğinin olduğu Gallucci ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur.

4.2. Raf Ömrü Çalışması

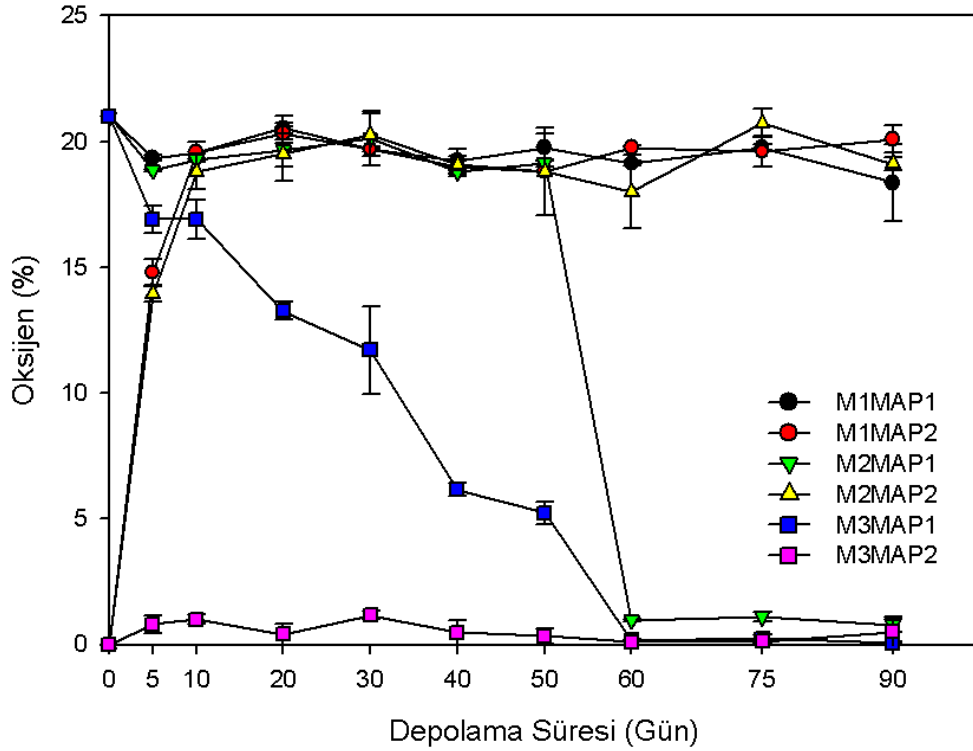
4.2.1. Ambalaj Tepe Boşluğu Gaz Oranları

Salam içeren ambalajların tepe boşluğundaki %O₂ ve %CO₂ gaz oranlarının 90 günlük depolama boyunca değişimi sırasıyla Şekil 9 ve 10'da verilmiştir. Gaz ölçümü değerlendirmesi yalnızca MAP uygulanan ambalajlar için yapılmış olup, vakumlu ambalajlarda tepe boşluğu bulunmaması nedeniyle gaz ölçümü gerçekleştirilmemiştir. M1 (iPP-nanokil) ve M2 (iPP-nanokil-poli-beta-pinen)'nin MAP1 (hava atmosferi: %21 O₂) uygulamasında O₂ oranı %21 ile başlamış ve depolamanın 50. gününe kadar genellikle aynı seyirde devam etmiştir. M1-MAP1'de 90. güne kadar önemli bir değişim görülmezken, M2-MAP1'de 50. günden sonra O₂ oranı %1 ve altına düşmüştür. Bu değişimin yoğun maya-küf faaliyetine bağlı olabileceği düşünülmektedir. M3 (çok katlı malzeme)'ün MAP1 uygulamasında ise 0. günde %21 olan O₂ oranı depolama boyunca kademeli olarak azalmış, 30. günde %11.70'e, 60. günde %0.17'ye ve 90. günde ise %0.07'ye düşmüştür. Çok katlı malzemenin OTR'sinin çok düşük olduğu göz önüne alındığında, yani ambalaj malzemesinden dış atmosfere geçişin ihmal edilecek düzeylerde olduğu düşünüldüğünde ambalaj içindeki oksijenin ürün tarafından kullanıldığı (kimyasal veya mikrobiyolojik faaliyetler için) ve bu nedenle oksijen oranının depolama boyunca azaldığı belirtilebilir. M1 ve M2 malzemelerinde ise OTR'nin yüksek olması nedeniyle iç atmosferde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Belirli düzeyde oksijenin bu ambalajlarda da ürün tarafından kullanıldığı göz önüne alındığında, iç atmosferin dengede kalması azalan oksijen yerine dış atmosferden malzeme geçirgenliğine bağlı olarak içeriye oksijen geçişi ile açıklanabilir.

M1 ve M2'nin MAP2 uygulamasında ise O₂ oranı %0 ile başlamasına rağmen çok kısa sürede (10. günden sonra) ambalaj içinde hava atmosferi seviyesine (%19-20) ulaşmış ve depolamanın geri kalan kısmında da bu seviyede devam etmiştir. M3-

MAP2'de ise O₂ oranı genellikle %1'in altında seyir göstermiştir. Bu durum M1 ve M2'de yüksek OTR'ye bağlı olarak ambalaj içine dış atmosferden oksijen geçtiğini, çok katlı malzemede (M3) ise bunun ihmal edilecek düzeyde olduğunu göstermektedir (Şekil 9).

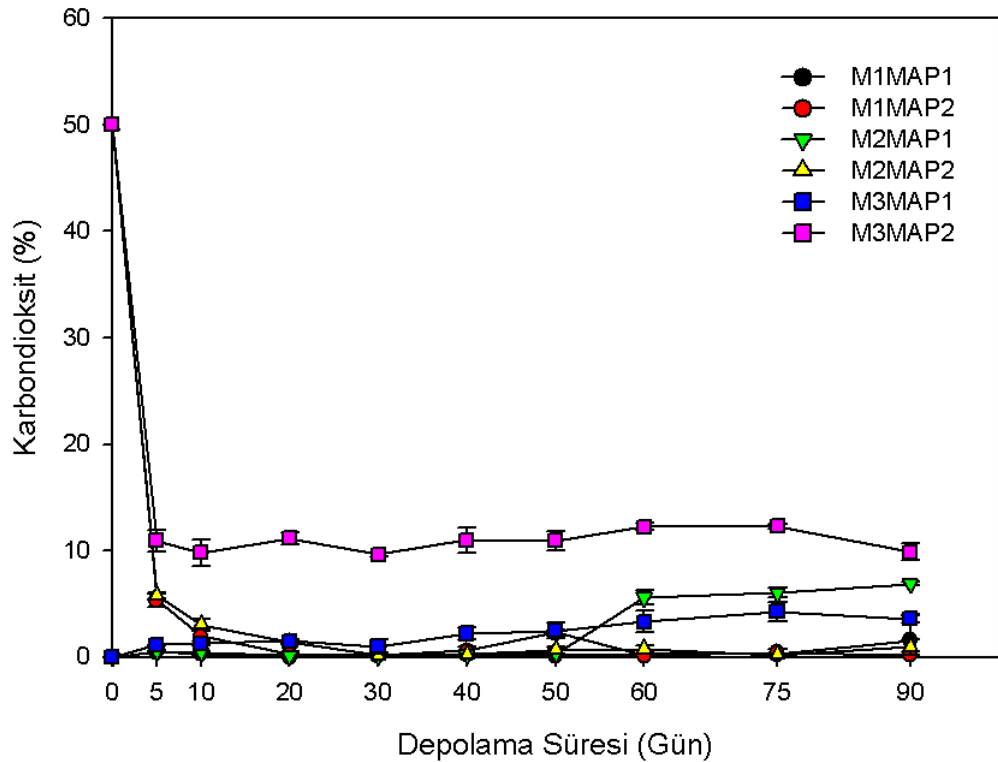
M1-MAP1'de (hava atmosferinde) %0 ile başlayan CO₂ oranı depolama boyunca çok fazla bir değişim göstermemiş olup ve 90. günde %1.53 seviyesine ulaşmıştır. M2-MAP1'de ise 60. güne kadar %1'in altında olan CO₂ oranı, 50. günden sonra %5-6 düzeyine ulaşmıştır. Bu artış mikrobiyal aktivite özellikle küf faaliyeti ile ilişkilendirilebilir. Özellikle M2-MAP1 uygulamasında 60. günden sonra ürün yüzeyinde küf gelişimi gözlenmiştir.



Şekil 4.7. Farklı ambalaj materyali ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama sürecinde ambalaj tepe boşluğunda ölçülen oksijen oranları (%)

M1 ve M2'nin MAP2 uygulamalarında ise %50 ile başlayan CO₂ oranı hızla azalmış özellikle 5. günde %5 düzeyine inmiş ve depolamanın 10. gününden sonra

genellikle %1'in altında bir seyir izlemiştir. CO₂'nin bu malzemelerde hızla azalması hem CO₂'nin ürün yüzeyinde çözünmesi, hem de malzemelerin CO₂TR'lerinin yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. M3-MAP1'de %0 ile başlayan CO₂ oranı çok düşük düzeylerde artış göstermiş ve 90 günde %3.60 olarak ölçülmüştür. Bu ambalajda başlangıç oksijen seviyesinin %21 ve oksijen oranının depolama boyunca azaldığı düşünüldüğünde aynı oranda artan CO₂ mikrobiyal faaliyet ile ilişkilendirilebilir. M3 MAP2'de ise başlangıçta %50 olan CO₂ oranı 5. günde %10.90'a düşmüş ve depolamanın geri kalan sürecinde daha stabil bir seyir izlemiştir. İlk 5 günlük süreçte meydana gelen hızlı düşüş, çok katlı malzemenin OTR'si gibi CO₂TR'sinin de düşük olduğu dikkate alındığında, CO₂'nin dilimlenmiş salamların yüzeyinde çözünmesi ile açıklanabilir. CO₂ hem suda hem de yağda kolay çözünebilen bir gazdır (Şekil 10).



Şekil 4.8. Farklı ambalaj materyali ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama sürecinde ambalaj tepe boşluğunda ölçülen karbondioksit oranları (%)

Dilimlenmiş salamın hava atmosferi ve modifiye atmosferde (% 100 N₂, % 50 N₂ ve %50 CO₂, % 5 O₂ - % 25 CO₂ - % 70 N₂) ambalajlanarak 4°C sıcaklıkta 20 gün süreyle depolandığı bir çalışmada yüksek oranda CO₂ içeren uygulamalarda CO₂'nin

salamda çözünmesi nedeniyle 5.günden itibaren azaldığı rapor edilmiştir. Çalışmada hava atmosferinde ambalajlanan uygulamalarda üründeki oksidatif ve mikrobiyolojik aktiviteler nedeni ile O₂ oranında düşüş, CO₂ oranında artış gözlenmiştir (Eştürk ve Ayhan, 2009).

Devekuşu etinin modifiye atmosferde ambalajlanmasının raf ömrüne etkisinin araştırıldığı bir çalışmada uygulanan farklı tepe boşluğu oranlarından 3:1 oranında gaz içeren paketlerdeki gaz oranı değişimlerinin 1:1 oranında gaz içeren paketlerdeki gaz oranı değişimlerine göre daha az olduğu belirlenmiştir (Bingol ve Ergun, 2011). Kuru Iberian salamının vakum ve 4 farklı modifiye atmosferde (% 60 N₂ ve %40 CO₂, %70 N₂ ve %30 CO₂, %80 N₂ ve %20 CO₂, %70 Argon ve %30 CO₂) paketlenmesi ile yapılan bir çalışmada ürünler 120 gün süreyle depolanmıştır. Ambalajlar içerisindeki oksijen içerikleri depolama boyunca kabul edilen sınırlarda seyretmiş ambalaj içerisine önemli miktarda O₂ gazı geçişi görülmemiştir. CO₂ gazı içeriği depolama süresince azalmıştır. CO₂ seviyesindeki bu azalma CO₂ gazının ürün tarafından absorbe edilmesinden kaynaklanmıştır. Argon gazı içeren uygulamada CO₂ seviyesindeki azalma diğer uygulamalara kıyasla daha fazla olmuştur. Bu durum argon gazının karakteristik özelliklerinden kaynaklanmıştır. Argon gazı biyokimyasal olarak aktif bir gazdır ve suda çözünürlüğü nitrojen gazından daha yüksektir. Depolama süresince ürün tarafından absorbe edilen CO₂ gazı miktarı her torbadaki gaz oranlarının %30'u kadar tespit edilmiştir (Parra ve ark., 2010). Farklı modifiye atmosferlerde (vakum, %75 O₂ ve %25 CO₂, %100 CO₂) ambalajlanan kuzu filetoalarının raf ömrünün araştırıldığı bir çalışmada ürünler 1°C'de 28 gün depolanmıştır. Uygulamaların CO₂ seviyelerinde sabit bir artış görülürken aynı şekilde O₂ seviyelerinde azalma olmuştur. Bu durum depolama süresince meydana gelen mikrobiyal gelişim ile ilişkilendirilmiştir. MAP uygulamalarında CO₂ seviyelerinde meydana gelen azalmanın CO₂'nin üründe çözünmesi sonucu görüldüğü belirlenmiştir (Fernandes ve ark., 2014). La Stora ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada antimikrobiyal ambalajlama ve modifiye atmosferde paketlemenin bifteklerin raf ömrü üzerine etkisini araştırmışlardır. Ürünler hava ve %60 O₂ ve %40 CO₂ içeren gaz kompozisyonu kullanılan modifiye atmosferde ambalajlanmıştır. Hava ortamında paketlenen bütün örneklerde oksijen seviyesinde depolamanın ilk 1 haftasında azalma görülmüş ve sonrasında önemli bir değişim görülmemiştir. CO₂ seviyesi ise %3 seviyesinden %23 seviyesine çıkmıştır.

4.2.2. Mikrobiyolojik Kalite

“Türk Gıda Kodeksinin Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği”(29 Aralık 2011) esas alınarak ısıtılma işlem görmüş et ürünleri altında yer alan salamda 0. günde dilimleme ve ambalajlama sonrası, yarı raf ömründe (45. günde) ve depolama sonunda (90.günde) *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* için var/yok olarak taranmıştır. *Salmonella* gıda zehirlenmelerinin başlıca nedenlerinden biridir. *Listeria monocytogenes* ise insanlar için patojenik olarak değerlendirilen tek türdür. Listeriosis insanlarda menenjit, septisemi, ensefalit ve düşüklere yol açabilmektedir. Bu nedenlerle Tebliğde de bildirildiği gibi 25 g/ml örnekte *Salmonella* ve *L. monocytogenes* bulunmaması gerekmektedir. 0. günde ve 45. ve 90. günlerde yaptığımız analizlerde dilimlenmiş salam örneklerinin hiçbir uygulamasında bu iki patojen tespit edilmemiş olup, tebliğdeki kriterlere uygundur. *Salmonella* ve *L. monoytogenes* VIDAS (enzim bağlantılı floresan tekniği) tekniği ile kalitatif olarak belirlenmiştir. VIDAS *L. monocytogenes* testi zaman alıcı klasik teşhise kıyasla gıda ve çevre numunelerinde kullanılan hızlı bir tarama yöntemidir. *Salmonella* ve *L. monocytogenes* taranmasında gerekli olan VIDAS ailesi cihazları Antakya İl Kontrol Laboratuvarında mevcut olup, analizler için buradaki cihazlardan yararlanılmıştır.

Dilimlenmiş salam örneklerinde 90 günlük depolama boyunca toplam aerobik bakteri sayısı ve toplam maya-küf sayısı üzerinde farklı ambalaj malzemesi ve atmosferin etkisi Çizelge 6 ve 7’de verilmiştir. Genel olarak bakıldığında poli-beta-pinen içeren malzeme ile ambalajlanan salamlarda özellikle vakum ambalajlarda bakteri sayısı, maya-küfe göre daha düşük düzeydedir. Poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin antibakteriyel etkisinin özellikle vakumlu ürünlerde daha fazla olduğu ve 75 günlük depolama boyunca bakteriyel üreme olmadığı tespit edilmiştir. Vakumlu nano-malzemede (M1-MAP3) depolamanın ilk 40 gününde, vakumlu çok katlı malzemedeki ise (M3-MAP3) depolamanın ilk 60 gününde bakteriyel gelişme tespit edilememiştir. %50 karbondioksit uygulanan (M3-MAP2) çok katlı malzemedeki de ilk 50 günlük depolamada bakteriyel gelişim görülmemiştir. Bu ambalajlarda 5. günden sonraki depolama sürecinde yaklaşık %10 düzeyinde CO₂’nin ambalaj içinde bulunduğu ve bu nedenle antibakteriyel etkisinin olabileceği düşünülmektedir. Hava atmosferi uygulanan örneklerde bakteriyel gelişme en erken 30. günden itibaren başlamış ve depolama boyunca artmıştır. Her üç malzemedeki de vakumlu örneklerde bakteriyel yük

MAP uygulanan örneklerden yaklaşık 1-2 log kob/g daha düşük düzeyde tespit edilmiştir. Bu durum hem hava atmosferi (MAP1) hem de %50 CO₂ uygulanan ambalajlarda (MAP2) özellikle M1 ve M2'de geçirgenliğe bağlı olarak ortam atmosferindeki oksijen düzeyinin yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Dilimlenmiş salamda özellikle depolamanın ilk günlerinde (20-30 günlük süreçte) bakteri gelişimini engelleyen en önemli etkenin üründe kimyasal katkı (koruyucu) olarak kullanılan nitrit olduğu, ancak depolamanın ilerleyen aşamasında uygulamalar arasındaki farklılığın poli-beta-pinen ve CO₂ gazının antibakteriyel etkisine bağlı olarak ortaya çıktığı öngörülmektedir. Poli-beta-pinenin etkisinin en fazla vakumlu ürünlerde görülmesi, etkinin ürünle temas sonucu ortaya çıktığının bir göstergesi olabilir.

90 günlük depolama boyunca çok katlı malzeme ile vakum altında ambalajlanan örneklerde (M3 MAP3) maya küf gelişimine rastlanmamıştır. Bu grup örneklerde bakteriyel çoğalma ise 75. günden itibaren görülmeye başlanmıştır. Poli-beta-pinen içeren vakumlu ambalajlardaki salam dilimlerinde 50. günde maya-küf gelişimi görülmemiş ancak 50. günden sonra hızlı bir artış olmuş ve depolama sonunda 6.62 log kob/g düzeyine ulaşmıştır. M1-MAP2 uygulaması dışındaki tüm uygulamalarda ilk 30 gün maya-küf gelişimi görülmemiştir. Özellikle hava atmosferi ile ambalajlanan (MAP1) ve iç atmosferi kısa sürede hava atmosferine ulaşan (MAP2) uygulamalarda 40. günden sonra ürün üzerinde gözle görülür maya-küf gelişimi tespit edilmiştir.

Taze etin oregano esansiyel yağı kullanılarak ve modifiye atmosferde paketlenerek raf ömrünü uzatmayı amaçlayan bir çalışmada oregano esansiyel yağının mikrobiyal gelişimi önlediği belirlenmiştir. Oregano yağının bileşimindeki uçucu bileşenler antimikrobiyal özellik göstererek mikrobiyal gelişimi önlemesinin yanı sıra ürünün metabolik faaliyetlerini yavaşlatarak raf ömrünü uzatmayı sağlamıştır (Skandamis ve Nychas, 2002). Tavuk göğüs etinin kitosana batırılması veya oregano yağı uygulamalarının tek tek veya birlikte uygulanması ve modifiye atmosferde paketlenmenin raf ömrü üzerine etkisi Petrou ve ark. (2012) yapılan çalışmada araştırılmıştır. Uygulanan farklı antimikrobiyal bileşenlerin toplam aerobik mezofilik bakteri gelişimini engelleyerek ürünlerin raf ömrünü uzatıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalardan sadece MAP uygulanan ürünler 11 günde, MAP ve oregano yağının birlikte uygulandığı ürünler 16-17 günde tavuk için kabul edilebilir en yüksek değer olan 7.0 log.kob/g seviyesine ulaşmış veya bu seviyeyi aşmıştır. Kitosan ve

MAP'ın birlikte uygulandığı ürünler ve MAP-kitosan-oregano kombinasyonunun uygulandığı ürünler ise 21 günlük depolama süresince bu seviyenin altında seyretmiştir.

Üç farklı grupta üretilen ve 4°C'de 60 gün süreyle muhafaza edilen vakum paketli salamlarda mikroflora gelişiminin analiz edilmesi ve raf ömrünün saptanması amacıyla yapılan bir çalışmada ürünlerde başlangıçta her 3 grupta aerobik mezofilik genel canlı sayısı düşük düzeyde bulunmasına karşın depolamanın 14.gününden itibaren 6.0-7.0 kob/g düzeyine ulaşmıştır. Depolamanın devam eden sürecinde her 3 grupta aerobik mezofilik bakteri sayısı 7.0-8.0 kob/g düzeyinde bulunmuştur. Laktik asit bakterileri de aerobik mezofilik bakteri gelişimine benzer bir gelişim göstermiştir. Çalışmanın sonucunda vakum paketli dilimlenmiş salamlarda mikroorganizma sayısının depolama süresinin 14.günden itibaren artış gösterdiği ve 4°C'de muhafaza edilen ürünlerin raf ömrünün 35 gün olarak tespit edildiği rapor edilmiştir (Özdemir, 1998). Modifiye atmosferde paketleme ve vakum paketlemenin kuru kürlenmiş jambonun mikrobiyolojik kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada depolama sonucunda toplam aerobik bakteri sayısı 4 log.kob/g seviyesinde kalmıştır. Mezofilik aerobik bakteriler vakum paketlerde 8 haftada düşük düzeyde artış göstermiş, %100 N₂ ve %20 CO₂ ve %80 N₂ içeren ürünlerde ise bakteri popülasyonunda azalma olduğu tespit edilmiştir (Astiasaran ve ark., 2004).

Farklı hayvanların (keseli antilop, Güney Afrika ceylanı, kudu, zebra) etlerinden üretilen salamların kalite özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada üretim öncesi yapılan analizlerde ürünlerde toplam aerobik mikroorganizma seviyesinin ortalama 5.2 log.kob/g, koliform mikroorganizma seviyesinin 2.8 log.kob/g düzeyinde olduğu ve *E. coli* seviyesinin de kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir. Üretim sonrası olgunlaşmış salamlarda toplam aerobik mikroorganizma düzeyinde önemli bir değişim gözlenmezken keseli antiloplardan üretilen salamlar koliform bakteri sayısı açısından diğerlerinden daha fazla artış göstermiştir. *E. coli* seviyeleri ürün çeşidi açısından önemli bir fark göstermemiştir (van Schalkwyk ve ark., 2011). Bingöl ve Ergun (2011) devekuşu etinin modifiye atmosferde paketlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada ürünlerde başlangıçta aynı seviyede olan mikrobiyolojik yükün depolama süresince tepe boşluğu oranlarındaki farklılığa göre farklı değişimler gösterdiğini rapor etmişlerdir. 3:1 oranında tepe boşluğu olan paketler 1:1 oranında tepe boşluğu olan paketlere kıyasla daha az mikrobiyal gelişim göstermiştir. Bu durumun tepe boşluğundaki gazların inhibe

edici etkisinin tepe boşluğu oranı yüksek olan paketlerde daha fazla görülmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Çalışmada MAP uygulamalarında kontrol olarak uygulanan hava atmosferine kıyasla daha az aerobik bakteri üremesi olduğu tespit edilmiştir. Aktif paketlenme teknolojilerinin tüketime hazır et ürünlerinin mikrobiyal kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada CO₂ salıcı ve O₂ tutucuların toplam aerobik bakteri popülasyonunda önemli ölçüde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir (Chen ve Brody, 2013).

Poli-beta-pinenin özellikle vakumlu ambalajlarda bakteriler üzerindeki etkisi maya-küf üzerindeki etkisinden daha fazladır. Bu uygulamada bakteriler 75. günden sonra, maya-küf ise 50. günden sonra üremeye başlamıştır. Çok katlı malzemenin vakum uygulamasında 90 gün boyunca maya-küf gelişimi gözlenmezken, bakteri gelişimi 60. günden sonra başlamıştır. %50 CO₂ içeren MAP uygulamalarında bakteriyel gelişim çok katlı malzemede 60. günden itibaren başlamasına rağmen bu süre M1 ve M2'nin MAP2 uygulamalarında daha erken başlamıştır. Bu durum M1 ve M2 malzemelerinin karbondioksit geçirgenliği nedeniyle iç atmosferdeki CO₂ düzeyinin hızla düşmesi ile ilişkilendirilebilir. M3-MAP2'de 5. günden sonra ambalaj içi atmosferde ölçülen yaklaşık %10 düzeyindeki CO₂'nin bakteriler üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. CO₂ gazı antimikrobiyal etkinliği bilinen bir gazdır.

Mikrobiyolojik kriterler tebliğinde (Anonim, 2011) ısıtılmış et ürünleri için toplam bakteri ve maya-küf ile ilgili limitler verilmemekle birlikte, 2009 tebliğinde toplam maya-küf için üst limit 10³ kob/g olarak verilmiştir. Bu çalışmada da raf ömrü açısından, maya-küf sayısında limit değer 10³kob/g ya da 3 log kob/g olarak alınmıştır.

Çizelge 4.6. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı

		Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (log kob/g)									
Ambalaj Malzemesi	MAP	0. gün	5. gün	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün	75. gün	90. gün
M1	MAP1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3.30	3.72	3.78	6.30
	MAP2	< 2	< 2	< 2	2.98	3.26	4.99	5.06	4.48	5.48	5.04
	MAP3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.00	2.00	3.49	4.00
M2	MAP1	< 2	< 2	< 2	< 2	3.30	3.48	4.37	4.99	5.48	6.23
	MAP2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.30	2.30	2.85	3.17	3.48	6.51
	MAP3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	4.36
M3	MAP1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3.0	3.57	3.32	3.81	5.25
	MAP2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.00	2.95	4.45
	MAP3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3.09	4.33

Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı <2 log kob/g: en düşük dilüsyonda üreyen koloni görülmemiştir. (log kob/g: log (koloni görülmeyen en düşük dilüsyon × petriye aktarılan örnek hacmi (0.1 ml))

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2:%50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.7. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince toplam maya-küf sayısı

Toplam maya-küf sayısı (log kob/g)											
Ambalaj Malzemesi	MAP	0. gün	5. gün	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün	75. gün	90. gün
M1	MAP1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	4.78	5.49	5.56	5.64
	MAP2	< 2	< 2	< 2	< 2	4.72	4.94	5.30	5.00	5.48	5.95
	MAP3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.00	3.00	4.39	4.30	4.42
M2	MAP1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.00	2.00	4.00	5.01	6.76
	MAP2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.00	2.48	6.05	6.34	6.80
	MAP3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	4.00	5.26	6.62
M3	MAP1	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3.00	4.92	5.00	5.47	5.94
	MAP2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2.17	2.39	2.00	2.00	2.30
	MAP3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Toplam maya-küf sayısı <2 log kob/g: en düşük dilüsyonda üreyen koloni görülmemiştir. (log kob/g: log (koloni görülmeyen en düşük dilüsyon × petriye aktarılan örnek hacmi (0.1 ml))

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2:%50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

4.2.3. Fiziksel Kalite

4.2.3.1. Renk değişimi

Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince renk değişimi Çizelge 8’de verilmiştir. Ambalaj materyali, MAP ve depolama süresi ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin L^* , a^* , b^* , ve C^* değerleri üzerindeki etkisi Çizelge 9’da verilmiştir. Yalnızca MAP x depolama süresi etkileşiminin L^* değeri üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuş olup ($p>0.05$), diğer bütün faktörlerin ve etkileşimlerin L^* , a^* , b^* ve C^* değerleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p\leq 0.05$).

L^* değeri ile ifade edilen ürün parlaklığı 90 günlük depolama boyunca çok önemli bir değişim göstermemiştir. Depolamanın 90. gününde elde edilen L^* değerlerinin bütün uygulamalarda başlangıç değerlerine çok yakın olduğu görölmektedir. Genel olarak her üç malzemenin de vakum uygulamalarında L^* değeri diğer uygulamalara kıyasla daha düşük olma eğilimindedir. (Çizelge. 8)

Dilimlenmiş salamda renk değerlerinden özellikle kırmızılığı ifade eden pozitif a^* değerindeki değişim daha dikkat çekicidir. Tüm uygulamalarda depolama boyunca a^* değerinde azalma gözlenmektedir. Salam dilimlerinde kırmızılığın gözle görülür bir şekilde azaldığı ve kahverengileşmenin arttığı tespit edilmiştir. 90 günlük depolama boyunca kırmızılık değerini en iyi muhafaza eden uygulamalar çok katlı malzemenin kullanıldığı vakum ve MAP2 (%50 CO_2 , %50 N_2) uygulamaları olmuştur. a^* değerindeki en büyük azalma ise oksijenli atmosfere sahip olan uygulamalarda görölmektedir. Bu durum oksidasyon sonucu kahverengi pigmentlerin oluşumu ile ilişkilendirilebilir. Nitrit içeren et ürünlerinde renk değişiminden sorumlu olan en önemli etkenin ambalaj içindeki oksijen miktarı olduğu bilinmektedir. M1 ve M2’nin MAP1 uygulaması yüksek oksijenli normal hava atmosferini içermekte, MAP2 uygulamaları ise oksijensiz olarak başlamasına rağmen malzeme geçirgenliğinin yüksek olmasına bağlı olarak kısa sürede MAP1’de görülen oksijen oranlarına ulaşmaktadır. Bu nedenle M1 ve M2’nin MAP1 ve MAP2 uygulamaları arasında renk açısından (L^* ve a^*) önemli bir fark görülmemektedir. Ayrıca M1 ve M2’de vakum uygulaması da renk açısından bir fark yaratmamıştır. M1 ve M2’nin vakum uygulamalarında gaz ölçümü yapılamamasına rağmen malzeme geçirgenliğinden dolayı içeri bir miktar oksijen geçişinin olabileceği öngörülmektedir.

Genel olarak bakıldığında b^* değeri açısından uygulamalar arasında önemli farklılık tespit edilememiştir ($p>0.05$). Ancak b^* değerine göre, a^* ve b^* değerleri kullanılarak hesaplanan C^* değerinin daha temsili olduğu düşünülmektedir. Renk doygunluğu olarakta ifade edebileceğimiz C^* değerinin depolama boyunca tüm uygulamalarda azaldığı görülmektedir. Genel olarak çok katlı malzemede MAP2 (%50 CO₂, %50N₂) ve vakum uygulamalarındaki salam dilimlerinin C^* değerlerinin diğer uygulamalardan istatistiki olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer uygulamalar arasında ise genel olarak C^* değeri açısından önemli düzeyde farklılık yoktur ($p>0.05$).

Eştürk ve Ayhan (2009) dilimlenmiş salamın hava ve modifiye atmosferde ambalajlandığı çalışmada, a^* değerinin depolama süresince kademeli olarak azaldığını belirtmişlerdir. Ancak hava uygulamasında a^* değerlerindeki düşüşün diğer uygulamalarla kıyaslandığında daha belirgin olduğu ve bu durumun ortamdaki oksijene bağlı oksidatif reaksiyonlardan kaynaklanabileceği rapor edilmiştir. Prioski sosislerinin modifiye atmosferde paketlenmesi ile ilgili çalışmada Pexara ve ark. (2002) kırmızılık değerlerindeki düşüşün yüksek oksijen içeren uygulamalarda diğer uygulamalara kıyasla ve 10°C'de 4°C'ye kıyasla daha fazla olduğunu ortaya koymuştur.

Vakum ve modifiye atmosferde paketlenerek depolanan dilimlenmiş jambonun depolama süresince kalite parametrelerindeki değişimin izlendiği bir çalışmada vakum uygulamasında L^* ve b^* değerlerinin ilk 3 haftada yüzeydeki beyazlama sebebiyle artış göstermesi haricinde et ürünlerinde en önemli renk kriteri olan a^* değerlerinde dikkate değer bir değişim olmadığı belirtilmiştir. Modifiye atmosferde paketlenme ve vakum uygulamaları arasında sadece L^* değerleri arasında dikkate değer seviyede değişikliğin olduğu tespit edilmiştir (Garcia-Esteban ve ark., 2004). Dilimlenmiş ve kuru kürlenmiş jambona farklı ambalajlama yöntemleri uygulanarak ışık altında ve karanlıkta depolanmış ve jambonun fiziko kimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada jambon örnekleri vakum ve 2 farklı modifiye atmosferde (%70 N₂ ve %30 CO₂, %70 Ar ve %30 CO₂) ambalajlanmış ve ışığa maruz bırakılmış veya karanlıkta 60 gün süreyle depolanmıştır. Vakum örneklerinde MAP örneklerine kıyasla daha yüksek a^* değerleri ölçülmüştür. Aydınlatmanın etkisi 60 günlük depolamanın sonunda oldukça belirgin şekilde ortaya çıkmış ve ışık altındaki ürünlerde karanlıktaki ürünlere kıyasla daha düşük L^* ve a^* değerleri ölçülmüştür. Işığa maruz kalan ürünlerin renk değerlerindeki

düşüşün nitrozomiyogloblin içeriğinin düşük olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Parra ve ark., 2012).

Modifiye atmosferde paketlenmiş dilimlenmiş et ürünlerinin renk stabilitesinin farklı kritik paketlenme parametreleri ile değişiminin araştırıldığı bir çalışmada kritik parametre olarak tespit edilen artan oksijen yüzdesi, ürün ve tepeboşluğunun hacimsel oranı, sıcaklık, ışık ve ambalaj materyalinin oksijen geçirgenliği değerlerinin renk üzerine etkisi test edilmiştir. Çalışma sonucunda bütün parametrelerin renk stabilitesine interaktif etkisi olduğu belirlenmiş ancak özellikle artan oksijen yüzdesi ve ürün/tepe boşluğu hacimsel oranı ve ambalaj içerisindeki O₂ oranının ürünlerin renk kaybı üzerinde önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Nannerup ve ark., 2004).

Ercolini ve ark. (2012) yaptıkları bir çalışmada bifteklerin renk değerlerinin (L*, a*, b*, ΔE) modifiye atmosfer ve antimikrobiyal ambalajlama ile değişimini test etmişlerdir. Depolama süresince örneklerin tamamında renk değerlerinde azalma gerçekleştiği görülmüştür. Hava ile paketlenen ürünlerde ilk 7 günde renk değerleri sabit seyrederken bu uygulamada zamanın etkisi 12.günden itibaren belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. MAP uygulamalarında renk değerlerinde ilk değişim 12. günden sonra görülmüş ve a* değerinde hava uygulamalarına kıyasla renk daha iyi muhafaza edilmiştir.

Duyusal değerlendirme sonuçları da dikkate alındığında çok katlı malzeme kullanılarak vakum ve MAP2 (%50 CO₂) altında muhafaza edilen salam dilimlerinin renk ve genel görünüş açısından 90 gün boyunca kabul edilebilir olduğu, diğer uygulamalarda ise bu sürenin 75 gün olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince renk parametrelerinin değişimi

L*											
Amb. Mlz.	MAP	0. gün	5. gün	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün	75. gün	90. gün
M1	MAP1	51.98±1.48Aabc	51.21±0.78Bcd	51.22±0.86BCcd	52.07±0.71ABbc	53.64±0.87Aa	52.71±1.14Ab	51.92±0.66Abc	51.63±1.36Ac	50.75±0.92ABCDd	51.93±1.31Abc
	MAP2	51.98±1.48Aabc	52.27±1.03Ab	51.34±1.13ABCbcd	51.85±1.38ABCbc	53.75±1.45Aa	52.04±0.91ABbc	51.51±0.94ABbc	50.43±0.82CDd	51.16±1.75ABcd	51.64±0.87ABbc
	MAP3	51.98±1.48Aab	50.60±0.73Bde	50.91±0.82Ccd	51.35±0.67Cbc	52.21±0.86Ba	51.28±0.57Cbcd	51.34±1.02ABCbc	49.88±0.63Df	50.11±0.76CDef	50.92±1.13BCcd
M2	MAP1	51.98±1.48Aab	50.58±0.70Bc	51.65±0.59ABab	52.23±0.89ABa	52.24±0.82Ba	51.49±0.61BCab	51.95±1.19Aab	51.31±0.88ABb	50.39±1.02BCDc	51.91±1.41Aab
	MAP2	51.98±1.48Aa	50.99±0.71Bbc	51.25±0.68ABCbc	52.17±0.80ABa	52.00±0.78Ba	51.65±0.64BCab	51.65±0.89ABab	50.21±0.54CDd	50.80±0.77ABCcd	51.65±1.18ABab
	MAP3	51.98±1.48Aab	50.63±1.16Bcd	51.20±0.82BCbc	52.26±1.11ABa	51.93±1.28Bab	51.43±1.18BCabc	51.21±1.06ABCbc	49.84±0.92Dd	50.76±1.01ABCDe	51.01±1.09BCc
M3	MAP1	51.98±1.48Aab	51.17±1.28Bbc	51.48±0.93ABCabc	52.24±0.70ABa	52.21±0.94Ba	51.66±0.75BCabc	51.04±1.29BCc	50.20±1.04CDd	50.87±0.86ABCcd	51.43±1.06ABabc
	MAP2	51.98±1.48Aabc	50.71±0.86Bd	51.91±0.95Aabc	52.57±0.97Aa	52.10±0.58Bab	52.38±1.12Aa	51.44±0.89ABbcd	51.17±1.22ABcd	51.49±1.21Abcd	51.79±0.89ABabc
	MAP3	51.98±1.48Aab	50.90±0.87Bde	51.08±0.64BC	51.80±0.57BCabc	52.43±1.23Ba	51.44±0.90BCbcd	50.66±0.41C	50.75±0.97BCde	49.89±1.18Df	50.47±0.78Cef
a*											
M1	MAP1	25.74±0.94Aa	25.12±0.83Aba	24.36±0.70BCb	22.82±0.87ABc	20.61±0.59CDde	19.61±0.78Ef	19.56±0.61DEf	20.23±1.50Ddef	20.91±1.01BCd	20.18±0.91BCef
	MAP2	25.74±0.94Aa	24.70±0.87BCb	25.04±0.96Ab	23.11±1.10ABc	20.61±0.96CDdef	20.31±0.68Def	20.04±0.74CDf	21.09±0.37BCd	20.86±0.95BCde	20.54±0.76Bdef
	MAP3	25.74±0.94Aa	25.36±0.55ABab	24.85±0.72ABb	23.07±0.71ABc	21.06±0.73Cde	20.88±0.44CDde	19.83±0.49CDef	21.36±0.60BCd	21.10±0.82BCd	20.54±0.88Be
M2	MAP1	25.74±0.94Aa	25.52±0.75Aa	24.05±0.62CDb	22.25±0.58CDc	20.61±0.78CDd	20.78±0.57CDd	19.78±1.05CDEe	20.78±0.81CDd	21.09±0.58BCd	19.65±1.07Ce
	MAP2	25.74±0.94Aa	25.09±0.62ABb	24.43±0.52BCc	22.63±0.70BCd	21.04±0.54Ce	20.49±0.54CDf	19.36±0.76Eg	21.15±0.64BCe	20.66±0.81Cef	19.74±0.87Cg
	MAP3	25.74±0.94Aa	25.42±1.21Aa	24.31±0.79BCb	21.87±0.54Dc	20.82±0.84CDe	20.93±1.02Cde	20.27±1.14Ce	21.62±1.54Bcd	20.65±0.77Ce	20.44±0.87Be
M3	MAP1	25.74±0.94Aa	24.35±1.27Cb	23.74±0.75Db	21.83±0.61Dc	20.41±0.70De	20.48±0.79CDe	21.00±1.03Bde	21.83±1.01Bc	21.50±0.98Bcd	20.62±0.79Be
	MAP2	25.74±0.94Aa	25.59±0.71Aa	24.67±0.77ABb	22.93±0.79ABcd	22.75±0.51Acd	22.35±0.89Bd	22.97±0.72Acd	23.31±1.10Ac	23.13±0.79Ac	23.08±0.90Ac
	MAP3	25.74±0.94Aa	25.65±0.61Aa	25.04±0.77Ab	23.30±0.56Acd	21.96±0.94Be	23.08±0.75Ad	23.34±0.69Acd	23.83±1.16Ac	23.50±0.90Acd	22.99±0.64Ad

¹Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur ($P > 0.05$). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur ($P > 0.05$).

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.8 (Devamı). Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince renk parametrelerinin değişimi

b*											
Ambalaj Malzemesi	MAP	0.gün	5. gün	10. gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün
M1	MAP1	4.88±0.31Ad ¹	5.12±0.26Ac	2.43±0.20Bf	2.29±0.31Ff	4.84±0.26Bd	5.63±0.33Bb	5.87±0.32Aa	4.30±0.41Ae	1.80±0.31Ag	1.21±0.40ABCf
	MAP2	4.88±0.31Ac	5.08±0.28Ac	2.70±0.27Ae	2.11±0.22Gf	4.80±0.42Bc	5.72±0.33ABb	6.09±0.46Aa	4.42±0.30Ad	1.47±0.48BCg	0.93±0.59Ch
	MAP3	4.88±0.31Ab	4.84±0.30Bbc	2.24±0.17CDe	1.97±0.18Gf	4.66±0.28Bc	5.68±0.21Ba	5.59±0.35Ba	3.77±0.31Bd	1.20±0.27CDEg	1.01±0.24Cg
M2	MAP1	4.88±0.31Ac	4.22±0.27Dd	2.09±0.19DEg	2.68±0.22Ef	4.80±0.22Bc	5.93±0.23Aa	5.11±0.35Cb	3.54±0.34Be	1.40±0.38BCb	1.18±0.41BCb
	MAP2	4.88±0.31Ac	4.51±0.22Cd	2.20±0.14CDEg	2.43±0.15Ff	4.72±0.21Bc	5.60±0.29Ba	5.11±0.37Cb	3.67±0.30Be	1.32±0.25BCDh	1.01±0.32C ₁
	MAP3	4.88±0.31Ab	3.87±0.22Ec	1.90±0.13Ff	2.84±0.16De	4.66±0.39Bb	5.69±0.25Aba	4.71±0.35Db	3.07±0.43Cd	1.25±0.26BCDEg	1.08±0.28Cg
M3	MAP1	4.88±0.31Ab	3.53±0.26Fd	2.05±0.29EFF	3.62±0.20Bd	4.90±0.29Bb	5.62±0.29Ba	4.57±0.30Dc	2.71±0.39De	1.10±0.28DEh	1.42±0.35ABg
	MAP2	4.88±0.31Ac	3.85±0.26Ed	2.28±0.25BCg	3.40±0.28Ce	5.38±0.30Ab	5.73±0.36Aba	5.04±0.25Cc	2.97±0.20Cf	1.52±0.24Bh	1.50±0.32Ah
	MAP3	4.88±0.31Ab	3.29±0.20Ge	2.16±0.26CDEg	3.93±0.22Ad	4.90±0.39Bb	5.84±0.34Aba	4.48±0.24Dc	2.84±0.21CDf	0.99±0.48E ₁	1.39±0.27ABh
C*											
M1	MAP1	26.20±0.96Aa	25.63±0.84Aa	24.49±0.70BCc	22.94±0.84BC	21.17±0.58Cd	20.40±0.84Def	20.42±0.64CDef	20.68±1.54Ddef	20.99±1.00BCde	20.22±0.90BCf
	MAP2	26.20±0.96Aa	25.21±0.90ABb	25.18±0.96Ab	23.21±1.09ABc	21.17±0.90Cde	21.10±0.70Cde	20.95±0.76BCde	21.55±0.38BCd	20.92±0.94BCde	20.57±0.76Be
	MAP3	26.20±0.96Aa	25.82±0.55Aa	24.96±0.71ABb	23.16±0.70ABc	21.57±0.72Cd	21.64±0.45Cd	20.60±0.53CDe	21.69±0.62BCd	21.13±0.83BCd	20.57±0.87Be
M2	MAP1	26.20±0.96Aa	25.87±0.77Aa	24.14±0.63CDb	22.41±0.57CDe	21.16±0.76Cd	21.61±0.57Cd	20.43±1.09CDe	21.08±0.82CDd	21.14±0.57BCd	19.69±1.04Cf
	MAP2	26.20±0.96Aa	25.50±0.61Ab	24.53±0.51BCc	22.76±0.70BCd	21.56±0.52Ce	21.24±0.57Ce	20.03±0.81Dg	21.47±0.65BCDe	20.70±0.81Cf	19.77±0.87Cg
	MAP3	26.20±0.96Aa	25.72±1.20Aa	24.38±0.79BCDb	22.05±0.53Dc	21.33±0.87Ced	21.69±1.02Cc	20.81±1.18Cde	21.84±1.57BCc	20.69±0.76Cde	20.47±0.87Be
M3	MAP1	26.20±0.96Aa	24.61±1.25Bb	23.83±0.73Dc	22.13±0.60Dd	20.99±0.72Cef	21.24±0.81Cef	21.49±1.06Bde	22.00±1.01Bd	21.53±0.98Bde	20.67±0.79Bf
	MAP2	26.20±0.96Aa	25.88±0.72Aa	24.77±0.77ABb	23.18±0.81ABc	23.38±0.52Ac	23.08±0.93Bc	23.51±0.74Ac	23.50±1.10Ac	23.18±0.78Ac	23.13±0.90Ac
	MAP3	26.20±0.96Aa	25.86±0.61Aa	25.14±0.77Ab	23.63±0.57Acd	22.50±0.98Be	23.81±0.78Ac	23.77±0.72Ac	24.00±1.16Ac	23.53±0.90Acd	23.03±0.64Ade

¹Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur (P > 0.05). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur (P > 0.05).M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.9. Renk parametrelerinde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)

Varyasyon kaynağı	p değeri			
	L*	a*	b*	C*
Ambalaj materyali	0.0238	<.0001	<.0001	<.0001
MAP	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Depolama süresi	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Ambalaj materyali×MAP	0.0002	<.0001	<.0001	0.0318
Ambalaj materyali×Depolama süresi	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
MAP×Depolama süresi	0.0903	<.0001	<.0001	<.0001
Ambalaj materyali×MAP×Depolama süresi	0.0004	0.0001	<.0001	<.0001

4.2.3.2. Tekstür değişimi

Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince tekstür (sertlik ve sıklık) değişimi Çizelge 10’da verilmiştir. Genel olarak tüm uygulamalarda depolama boyunca sertlik olarak ifade edilen ve salam dilimlerini kesmek için kullanılan maksimum kuvvet miktarında bir azalma tespit edilmiştir. Başlangıçta 22.49 N olarak belirlenen kesme kuvveti depolamanın 90. gününde 16.92-18.10 N’a düşmüştür. MAP ve vakum uygulamaları arasında ya da kullanılan farklı malzemeler arasında küçük farklılıklar olmasına rağmen, dikkat çekici düzeyde önemli farklılıklar tespit edilmemiştir. Ürünün doku sertliğinde meydana gelen değişim genellikle 0üründeki nem miktarı ilişkilendirilmektedir. Nem kaybı genellikle sertlik değerlerinin artmasına yol açmaktadır. 0. ve 90. günde yapılan nem miktarı hiçbir uygulamada önemli düzeyde nem kaybı olmadığını göstermiştir, bu nedenle ürün sertliğinde bir artış kaydedilmemiştir. Sıklık (toughness) olarak ifade edilen doku kriterinde ise depolamanın başlangıcında özellikle 5. günden itibaren önemli düzeyde bir artış görülmüş ancak depolamanın geri kalan sürecinde özellikle 75. günden sonra başlangıç değerlerinin altına düşmüştür. Genel olarak uygulamalar arasında sıklık (N/s) açısından önemli düzeyde farklılıklar dikkat çekmemektedir. Duyusal değerlendirme sonuçları dikkate alındığında ise panelistler çok katlı malzemede MAP2 (%50 CO₂) ve vakum altında ambalajlanan salam dilimlerini sertlik açısından 90 gün boyunca kabul edilebilir bulurken, diğer tüm uygulamalarda bu süre 75 gün olarak tespit edilmiştir.

Ambalaj materyali, MAP ve depolama süresinin ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin sertlik ve sıklık üzerindeki etkisi Çizelge 11’de verilmiştir. Sertlik (kesme kuvveti) üzerinde ambalaj materyali, depolama süresi, ambalaj materyali*depolama süresi, MAP*depolama süresi ve ambalaj materyali*MAP*depolama süresinin önemli olduğu görülmektedir. Sıklık (p değeri) üzerinde ise ambalaj materyali, depolama süresi ve ambalaj materyali x MAP’ın önemli olduğu görülmektedir.

Modifiye atmosferde paketlenme ve vakum paketlenmenin kuru kürlenmiş jambonun tekstür değerleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kuru kürlenmiş jambonun olgunlaşması sırasındaki su kaybının ve protein stabilitesinin sertlik üzerinde etkisinin olduğu rapor edilmiştir. Bu parametrelerde depolama sırasında da değişimler olabileceği belirtilmiştir. Vakum ve N₂ içeren MAP uygulamalarında depolamanın ilk 3 haftasında nem kaybı meydana gelirken CO₂ ve N₂ içeren MAP uygulamasında nem kaybı olmamıştır. Dolayısı ile vakum ve nitrojenli MAP uygulamalarında tekstür değerleri değişiklik gösterirken diğer MAP uygulamasında önemli değişim gözlenmemiştir (Monin ve ark., 1997; Garcia-Esteban ve ark., 2004).

Çizelge 4.10. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince tekstür (sertlik ve sıklık) değişimi

		Sertlik (Maksimum kesme kuvveti, N)										
Ambalaj Malzemesi	MAP	0. gün	5. gün	10. gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün	
M1	MAP1	22.49±1.06Abc ¹	24.37±2.10ABa	22.41±1.59Abc	21.96±2.07ABc	23.24±1.80ABb	22.21±1.43Abc	19.82±1.16BCd	18.23±1.29ABe	17.73±1.40ABef	17.06±1.02ABCf	
	MAP2	22.49±1.06Abc	25.53±2.06Aa	22.29±0.95Abc	22.15±1.73ABbc	23.00±2.27ABCb	21.50±1.71ABcd	20.53±1.31Bd	18.41±1.43ABe	18.14±1.24ABe	17.95±1.16ABe	
	MAP3	22.49±1.06Abc	25.11±1.29ABa	22.94±2.59Ab	22.09±1.52ABbc	22.25±1.62BCDbc	21.50±1.69ABc	19.37±2.32BCd	19.34±1.78Ad	17.01±1.74Be	18.39±1.70Ad	
M2	MAP1	22.49±1.06Ab	24.76±3.85ABa	22.54±1.24Ab	22.00±1.77ABb	21.97±2.16BCDb	22.43±2.04Ab	20.13±1.83BCc	17.32±0.79Bd	18.57±1.48Ad	17.68±1.07ABCd	
	MAP2	22.49±1.06Abc	23.66±1.87Bab	22.28±2.16Abc	22.06±1.78ABc	23.96±1.77Aa	22.19±1.34Abc	19.12±1.64BCd	18.02±2.21Bde	17.26±1.42Be	18.10±2.98ABde	
	MAP3	22.49±1.06Ab	24.47±1.88ABa	22.44±1.49Ab	21.52±1.52BCb	21.19±1.61Db	22.36±1.18Ab	22.17±2.75Ab	17.12±1.99Bd	18.67±1.41Ac	17.86±1.99ABcd	
M3	MAP1	22.49±1.06Ab	23.63±1.11Ba	21.65±1.95Ab	21.40±1.29BCb	21.52±1.83CDb	21.40±2.16ABb	19.02±1.12BCc	18.30±1.34ABcd	17.61±1.72ABde	16.92±1.49BCe	
	MAP2	22.49±1.06Ab	24.98±1.53ABa	22.32±1.96Ab	23.18±2.33Ab	22.21±1.75BCDb	19.81±1.47Cc	18.98±2.27Cc	17.56±1.59Bd	15.71±1.51Ce	16.40±1.30Cde	
	MAP3	22.49±1.06Aab	23.46±1.07Ba	21.84±1.82Ab	20.26±2.31Cc	22.65±1.73ABCDAb	20.35±2.18BCc	18.72±1.49Cd	17.59±1.71Bde	17.07±0.68Be	17.61±1.30ABCde	
		Sıklık (Pik Alanı, N/s)										
M1	MAP1	21.75±1.41Af	35.27±4.27Ba	29.58±2.93BCb	28.59±2.57Abc	30.35±3.02ABb	29.12±2.27ABb	22.51±2.40BCef	26.36±6.05Acd	24.76±4.77Ade	17.73±1.74ABg	
	MAP2	21.75±1.41Ae	36.53±3.88ABa	30.21±5.10ABCb	28.58±2.73Abc	30.02±3.28ABb	29.17±3.21ABbc	24.79±2.40Ad	26.44±5.45Acd	23.96±5.73Ade	18.27±1.40Af	
	MAP3	21.75±1.41Ad	35.63±2.75Ba	31.47±4.21ABb	29.11±3.47Abc	29.37±2.58ABbc	30.05±3.54Ab	23.81±1.53ABd	28.91±6.10Abc	26.85±6.20Ac	18.03±1.84ABe	
M2	MAP1	21.75±1.41Af	36.04±2.69ABa	28.41±3.16Cbc	27.75±2.12ABc	29.84±2.65ABbc	30.57±2.97Ab	23.95±2.69ABef	27.29±4.66Acd	24.99±6.56Ade	16.89±1.27ABCg	
	MAP2	21.75±1.41Ag	35.94±3.38ABa	33.02±3.46Ab	27.66±2.81ABde	30.95±1.31Abc	30.75±2.73Abc	23.70±2.62ABCfg	29.38±4.86Acd	25.81±7.34Aef	17.77±2.88ABh	
	MAP3	21.75±1.41Ae	37.51±4.39ABa	30.65±2.76ABCb	27.61±2.02ABcd	28.89±2.81ABbc	29.46±1.47ABbc	21.73±3.79Ce	27.47±5.62Acd	25.50±6.31Ad	17.71±1.95ABf	
M3	MAP1	21.75±1.41Af	38.58±2.50Aa	28.96±2.62BCbd	27.00±2.34ABcd	28.14±2.82Bbd	29.69±2.74ABb	23.29±1.62ABC	27.04±4.91Acd	25.07±5.01Ade	16.68±1.43BCg	
	MAP2	21.75±1.41Ad	37.77±2.27ABa	29.77±4.68BCb	28.43±2.61Ab	29.59±2.63ABb	27.71±2.87Bb	22.49±2.32BCd	25.13±4.82Ac	23.76±5.97Acd	16.02±1.15Ce	
	MAP3	21.75±1.41Ad	35.58±2.74Ba	28.24±2.85Cbc	26.13±3.09Bc	29.34±2.11ABb	28.71±2.80ABb	23.42±2.11ABCd	27.68±4.17Abc	28.02±5.44Abc	17.38±1.48ABCe	

¹Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur ($P > 0.05$). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur ($P > 0.05$).

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.11. Tekstür parametrelerinde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)

Varyasyon kaynağı	p değeri	
	Kesme kuvveti (N)	Pik alanı (N/s)
Ambalaj materyali	<.0001	0.0206
MAP	0.8412	0.2863
Depolama süresi	<.0001	<.0001
Ambalaj materyali×MAP	0.6143	0.0366
Ambalaj materyali×Depolama süresi	0.0005	0.2247
MAP×Depolama süresi	0.0016	0.1409
Ambalaj materyali×MAP×Depolama süresi	<.0001	0.2379

4.2.4. Kimyasal Kalite

4.2.4.1. Nem içeriği

Depolamanın 0. gününde ve 90. gününde ürünün % nem miktarları Çizelge 12’de verilmiştir. 0. günde %61.05 olan nem miktarı çok fazla bir değişim göstermemiş ve 90. günde %60.61 ile %62.76 arasında değişim göstermiştir. TS 979’a ve et ürünleri tebliğine göre salamın maksimum nem miktarı %65 olup, dilimlenmiş salamın bütün uygulamalarda 90. günde bu değerin altında olduğu görülmektedir. Nem miktarında önemli bir değişimin görülmemesi kullanılan ambalaj malzemelerinin su buharı geçirgenlik değerlerinin çok düşük olması ile ilişkilendirilebilir. Dilimlenmiş ürünlerde yüzey alanının artması nedeniyle ambalajsız koşullarda nem kaybı beklenebilir ancak su buharı geçirgenliği düşük malzemelerde muhafaza nem kaybını ve ürünün kuruyup sertleşmesini engellemektedir.

Bartowiski ve ark. (1982) tarafından yapılan çalışmada kontrollü atmosferde depolanan et ürünlerinin vakum paketlenerek depolanan et ürünlerine göre nem içeriğini daha iyi muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Kuru kürlenmiş dilimlenmiş jambonda yapılan bir çalışmada 60 günlük depolama sonucunda vakum paketlenmiş ürünlerde nem içeriğinin modifiye atmosferde paketlenen ürünlere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada ışık altında depolanan jambonların nem içeriğinin karanlıkta depolananlara kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda ışığın

az da olsa ürün yüzeyinin sıcaklığını değiştirebileceği ve bu durumun nem kaybına yol açabileceği rapor edilmiştir (Parra ve ark., 2012). Modifiye atmosferde paketlenen bufalo etlerinde yapılan bir çalışmada farklı paketlenme uygulamalarının (aerobik atmosfer, vakum ve modifiye atmosfer) nem kaybı üzerinde etkisinin önemli düzeyde olmadığı, uygulamalara kıyasla depolama süresinin nem kaybı üzerinde belirgin bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Nem kaybı depolama süresince bütün uygulamalarda artış göstermiştir (Sekar ve ark., 2006).

Çizelge 4.12. Dilimlenmiş salamın 0.günde ve 90. gündeki % nem miktarları

		% Nem Miktarı (n=3)	
Ambalaj Malzemesi	MAP	0. gün	90. gün
M1	MAP1	61.05	61.10
	MAP2	61.05	60.87
	MAP3	61.05	60.79
M2	MAP1	61.05	60.59
	MAP2	61.05	62.76
	MAP3	61.05	62.03
M3	MAP1	61.05	60.80
	MAP2	61.05	60.99
	MAP3	61.05	60.61

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme)
MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

4.2.4.2. pH

Dilimlenmiş salamın farklı ambalaj malzemesi ve atmosfer içinde pH değerinde meydana gelen değişim Çizelge 13'de verilmiştir. Ana faktörlerin ve bunların etkileşimlerinin pH üzerindeki etkileri ise Çizelge 16'da verilmiştir. Dilimlenmiş salamda 0. günde pH 6.09 olarak tespit edilmiş ve depolama boyunca tüm uygulamalarda pH'da çok az düzeyde artış eğilimi görülmüş ve 90. günde pH 6.40-6.44 arasında dağılım göstermiştir. Et ürünleri tebliğine göre salamda maksimum pH 6.4 düzeyinde belirtilmiş olup, genel olarak dilimlenmiş salamın bu değere uygun olduğu görülmektedir. Et ürünlerinde pH'nın artışı proteoliz sonucu ortaya çıkan nitrojenli maddelerin pH üzerindeki artırıcı etkisi ile ilişkilendirilmektedir.

Taze tavuk eti üzerinde baharat ekstraktlarının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada kontrol örneklerinde (BHT ile muamele edilmiş çiğ tavuk etleri) pH değerleri 15 günlük depolama süresince 5.63 seviyesinden 6.32 seviyesine çıkmıştır. Kontrol örneklerindeki bu pH artışının proteinlerin parçalanmasıyla açığa çıkan bileşenlerden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Baharat ekstraktı uygulanan ürünlerde pH artışı daha az olmuştur (Krishnan ve ark., 2014).

Dilimlenmiş jambonun vakum ve modifiye atmosferde paketlenildiği bir çalışmada pH değerleri depolama sonunda 5.4'ten 5.7'ye yükselmiş fakat bu ürün için kabul edilen bir değerde kalmıştır. Çalışmada uygulanan farklı gaz kompozisyonlarının pH üzerinde etkisi görülmezken ölçülen değerlerin domuz etinden elde edilen jambon çeşitlerine kıyasla düşük olduğu tespit edilmiştir. CO₂ içeren ortamlarda paketlenen jambon ve benzeri et ürünlerinin CO₂'yi yapılarına absorbe etmeleri nedeniyle oluşan karbonik asitin pH'yı düşürdüğü düşünülmektedir (Parra ve ark., 2010).

4.2.4.3. Lipit oksidasyonu

Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince meydana gelen lipit oksidasyonu değişimi TBARS (mg MDA/kg) olarak Çizelge 14'de verilmiştir. Depolama başlangıcında TBARS değeri 0.63 mg MDA/kg olarak tespit edilmiş olup, depolama süresince tüm uygulamalarda bu değer farklı düzeylerde artış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Kullanılan ambalaj materyali çeşidi, atmosfer içeriği ve depolama süresinin ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin TBARS değeri üzerinde önemli etkilerinin olduğu Çizelge 16'da görülmektedir. TBARS değerinde en büyük artış M1 ve M2 malzemelerinde MAP1 ve MAP2 uygulamalarında görülmektedir. Bu uygulamalarda TBARS değeri 1 mg MDA/kg düzeyinin üzerine çıkmıştır. Poli-beta-pinen içeren ve içermeyen her iki nanomalzemelerde de (M1 ve M2) MAP1 ve MAP2 uygulamalarında ambalaj atmosferindeki oksijen düzeyinin yüksek olması beklenildiği gibi TBARS değerlerinin daha fazla artmasına yani lipit oksidasyonuna yol açmıştır. Bu iki malzemenin vakum uygulamalarında ise TBARS değeri önemli düzeyde daha düşük seyir izlemektedir ($p \leq 0.05$). Genel olarak M1 ve M2'nin vakum uygulaması ile çok katlı malzemenin (M3) MAP2 ve vakum (MAP3) uygulaması arasında istatistiki açıdan önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$) ve diğer uygulamalardan daha düşük düzeydedirler.

Çizelge 4.13. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince pH değişimi

		pH									
Ambalaj Malzemesi	MAP	0.gün	5. gün	10. gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün
M1	MAP1	6.09±0.16Ad ¹	6.43±0.05Abc	6.50±0.01Aa	6.44±0.01Aabc	6.48±0.01Dab	6.46±0.01BCabc	6.41±0.01Cbc	6.45±0.01Aabc	6.42±0.01CDbc	6.40±0.00Dc
	MAP2	6.09±0.16Ab	6.41±0.05Aa	6.41±0.12Ba	6.43±0.01Aa	6.46±0.01Ea	6.47±0.01BCa	6.42±0.01Ca	6.43±0.01Ba	6.40±0.01Ea	6.41±0.01CDa
	MAP3	6.09±0.16Ad	6.44±0.02Abc	6.51±0.02Aa	6.43±0.01Abc	6.48±0.00CDab	6.48±0.01Aab	6.41±0.01Cc	6.45±0.01Aabc	6.42±0.01BCDbc	6.42±0.02ABCbc
M2	MAP1	6.09±0.16Ac	6.43±0.01Ab	6.51±0.01Aa	6.43±0.00Ab	6.47±0.00DEab	6.46±0.01BCab	6.41±0.00Cb	6.45±0.01Aab	6.42±0.01BCDb	6.43±0.02Ab
	MAP2	6.09±0.16Ac	6.43±0.03Ab	6.51±0.01Aa	6.44±0.01Ab	6.48±0.01CDab	6.48±0.01ABab	6.41±0.01Cb	6.43±0.01Bb	6.43±0.01ABCb	6.42±0.01ABCb
	MAP3	6.09±0.16Ac	6.44±0.02Ab	6.52±0.01Aa	6.43±0.00Ab	6.48±0.01CDab	6.45±0.01Cb	6.42±0.01BCb	6.45±0.01Ab	6.41±0.02DEb	6.42±0.01BCb
M3	MAP1	6.09±0.16Ad	6.43±0.02Abc	6.50±0.01Aa	6.44±0.01Aabc	6.49±0.02BCab	6.46±0.01BCabc	6.42±0.01Bbc	6.44±0.00ABabc	6.42±0.01CDc	6.43±0.01Aabc
	MAP2	6.09±0.16Ac	6.42±0.02Ab	6.51±0.01Aa	6.44±0.01Ab	6.50±0.01Ba	6.45±0.03Cab	6.42±0.01Cb	6.45±0.01Aab	6.43±0.01ABb	6.43±0.01ABb
	MAP3	6.09±0.16Ad	6.43±0.02Ac	6.50±0.01Aab	6.43±0.01Ac	6.53±0.02Aa	6.40±0.02Dc	6.44±0.01Ac	6.45±0.01Abc	6.44±0.01Ac	6.44±0.01Ac

¹ Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur (P > 0.05). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur (P > 0.05).

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.14. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince TBARS değişimi (mg MDA/kg)

		TBARS (mg MDA/kg)									
Amb. Mlz.	MAP	0.gün	5. gün	10. gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün
M1	MAP1	0.63±0.02Af ^d	0.64±0.04ABf	0.65±0.07Bf	0.68±0.03ABf	0.77±0.03Ae	0.77±0.03Ae	0.84±0.06ABd	0.98±0.04Ac	1.07±0.05Ab	1.20±0.07Aa
	MAP2	0.63±0.02Ae	0.62±0.02ABe	0.65±0.05Be	0.61±0.08Be	0.74±0.03ABd	0.74±0.04ABd	0.83±0.09ABc	0.93±0.09Ab	0.98±0.05Bb	1.18±0.06Aa
	MAP3	0.63±0.02Abc	0.59±0.06Bc	0.64±0.05Bbc	0.61±0.08Bbc	0.67±0.06BCbc	0.69±0.05Cb	0.77±0.10BCa	0.76±0.06CDa	0.80±0.04DEa	0.83±0.09Ca
M2	MAP1	0.63±0.02Ae	0.66±0.06Ade	0.71±0.05Acd	0.68±0.06ABCde	0.74±0.10ABc	0.73±0.04ABc	0.88±0.04Ab	0.92±0.06ABb	0.95±0.04BCb	1.15±0.09Aa
	MAP2	0.63±0.02Ae	0.61±0.05ABe	0.64±0.03Be	0.73±0.05Ad	0.66±0.07Ce	0.67±0.04Ce	0.85±0.05ABc	0.85±0.07Bc	0.92±0.05Cb	1.17±0.06Aa
	MAP3	0.63±0.02Af	0.63±0.05ABf	0.66±0.02ABef	0.72±0.07Acde	0.70±0.04BCcde	0.71±0.06Ccde	0.74±0.07Ccd	0.76±0.04CDc	0.84±0.04Db	0.95±0.09Ba
M3	MAP1	0.63±0.02Af	0.65±0.03Aef	0.70±0.05ABde	0.72±0.05Acd	0.71±0.06ABCcd	0.76±0.03Abc	0.81±0.06ABCb	0.78±0.01Cb	0.78±0.02EFb	0.96±0.05Ba
	MAP2	0.63±0.02Ae	0.66±0.05Ade	0.68±0.05ABcde	0.76±0.07Ab	0.70±0.03BCbcd	0.69±0.03BCbcd	0.76±0.06BCb	0.72±0.05CDbcd	0.73±0.05FGbc	0.85±0.06Ca
	MAP3	0.63±0.02Ad	0.65±0.03Abcd	0.66±0.03ABbcd	0.64±0.05Bcd	0.66±0.04Cbcd	0.66±0.06Cbcd	0.72±0.07Cb	0.70±0.07Dbc	0.72±0.05Gb	0.81±0.07Ca

¹Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur (P > 0.05). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur (P > 0.05).

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Tüm malzemelerin vakum uygulamalarında TBARS değerleri MAP uygulamaları ile kıyaslandığında daha düşük düzeyde tespit edilmiştir. Yalnızca çok katlı malzemenin MAP2 (%50 CO₂) uygulaması vakum uygulamaları ile kıyaslanabilir sonuç vermiştir. MAP2 uygulaması %50 CO₂ ve %50 N₂ ile başlamasına yani oksijensiz ortam olmasına rağmen her iki nanomalzeme çeşidinde de malzemenin oksijen ve karbondioksit geçirgenliğinin yüksek olması nedeni ile kısa sürede MAP1 uygulamasındaki hava atmosferi düzeyine ulaşmıştır. Ambalaj içine oksijen girerken içerdeki karbondioksit ambalaj üzerinden dış atmosfere difüze olmuştur. Çok katlı malzemenin MAP2 uygulamasında ise karbondioksitin bir kısmı ürün yüzeyinde çözünerek azalmasına rağmen depolama boyunca yaklaşık %10'luk bir CO₂ seviyesi ve düşük oksijen (%1'in altında) seviyesi salam dilimlerinde oksidasyonun daha düşük düzeyde gerçekleşmesine yol açmıştır. Salam gibi yağ içeriği yüksek et ürünlerinin muhafazasında vakum ve oksijensiz MAP uygulanması, oksijensiz MAP uygulamalarında malzemenin oksijen ve karbondioksit geçirgenliğinin düşük olması lipid oksidasyonunun kontrolünde önem taşımaktadır. Depolama süresi de özellikle lipid oksidasyonu açısından önem taşımaktadır. Duyusal özelliklerden özellikle tat dikkate alındığında ransit/acı tat çok katlı malzemenin MAP2 ve MAP3 uygulamasında 90. günde tanımlanmıştır. Bu uygulamalarda 90. günde belirlenen TBARS değerlerinin 0.80 mg MDA/kg'dan yüksek (MAP2 için 0.85, MAP3 için 0.81) olduğu görülmektedir. Bu değerlere M1 ve M2 malzemelerinin MAP1 ve MAP2 uygulamalarında 50. günde ulaşılmış, vakum uygulamalarında ise 75. günde ulaşılmıştır.

Farklı diyetlerle beslenen (kontrol, yüksek oleik asit içerikli diyet ve yüksek linoleik asit içerikli diyet) domuz etlerinden elde edilen farklı paketlenme metodları uygulanan ve farklı sürelerde depolanan salchichon sosislerinde TBARS değerlerindeki değişimin ölçüldüğü bir çalışmada sosis tiplerinin TBARS değerleri yüksek linoleik içerikli diyetten elde edilen, yüksek oleik asit içeren diyetten elde edilen ve kontrol sıralamasına göre artış göstermiştir. Farklı ambalajlama uygulamalarının TBARS değerleri üzerinde önemli etkisi görülmezken, gaz içeren uygulamalarda vakum uygulamalarına göre ürünün daha düşük TBARS değerlerine ulaştığı görülmüştür. Depolama süresinin TBARS değerleri üzerinde önemli etkisi olduğu ve depolama sonunda bu değerde düşme olduğu belirtilmiştir (Rubio ve ark., 2008). Farklı modifiye atmosferde paketlenme uygulamalarının devekuşu etinin kalitesi üzerine etkilerinin

araştırıldığı bir çalışmada farklı paketlenme uygulamalarının TBARS değerleri üzerinde önemli bir etkisi görülmezken, depolama süresinin TBARS değerleri üzerinde önemli etkisi olduğu belirtilmiştir. Vakum, yüksek oranda azot içeren MAP ve hava uygulamalarının TBARS değerlerinin 9 günlük depolama sonucunda yüksek oranda oksijen içeren uygulamaya kıyasla daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ambalajlar içerisindeki oksijenin lipid oksidasyonundan sorumlu bileşen olduğunu ortaya koymuştur (Fernandes ve ark., 2014). Antimikrobiyal özellik taşıyan kitosan ve oregano esansiyel yağının eklendiği tavuk eti uygulamalarında TBARS değerlerinin kontrol örneklerine kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Petrou ve ark., 2012). Jambonun farklı modifiye atmosferlerde paketlenildiği bir çalışmada ilk 30 günde uygulamaların tamamının TBARS değerlerinde artış olurken, uygulamalar arasında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. 30. günden sonra buzdolabı koşullarında depolanan jambon örneklerinin vakum uygulamalarında N₂ ve Ar gazı uygulanan ambalajlara kıyasla daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Parra ve ark., 2012). Devekuşu etinin farklı MAP uygulamalarının 10 günlük depolaması sonucunda depolama süresi ve ambalajlara uygulanan gaz kompozisyonları TBARS değerleri üzerinde etkili olmuştur. 10.gün sonunda hava ve yüksek oranda CO₂ içeren uygulamalarda O₂ içeren uygulamalara kıyasla daha düşük TBARS değerleri ölçüldüğü belirtilmiştir. Yüksek oranda O₂ içeren uygulamalarda lipid oksidasyonu oranı diğer uygulamalara kıyasla daha fazla olmuş ve MAP uygulaması (hava uygulamasına kıyasla) ürünün raf ömrünü uzatmada başarıya ulaşamamıştır. Yüksek oksijen içeren uygulama dışında 10 günlük depolama sonunda 1:1 oranında tepe boşluğu içeren uygulamalarda 3:1 oranında tepe boşluğu içeren uygulamalara kıyasla daha yüksek TBARS değerleri ölçüldüğü tespit edilmiştir (Bingöl ve Ergun, 2011). Modifiye atmosferde ve vakum altında paketlenen jambonun TBARS değerleri depolama süresince artış göstermiştir. MAP uygulamalarının TBARS üzerindeki etkisi 60.günden sonra görülmeye başlanmıştır. Dilimlenmiş jambonun vakum uygulamalarında en düşük TBARS değeri ölçümü yapılırken en yüksek değer %60 N₂ ve %40 CO₂ içeren uygulamada ölçülmüştür (Parra ve ark., 2010).

Antioksidan özelliği olan doğal bileşenlerin kullanıldığı (biberiyeli aktif film, oregano esansiyel yağı içeren aktif film ve kuzu eti yüzeyine doğrudan uygulanan biberiye ekstraktı) kuzu etlerinde bütün uygulamaların TBARS değerlerinin kontrol

uygulamasına kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Biberiye ekstraktının doğrudan uygulandığı ve oregano esansiyel yağı içeren filmin kullanıldığı uygulamaların TBARS değerlerinin biberiye ekstraktının ambalaj materyaline eklendiği uygulamalara kıyasla daha düşük olduğu görülmüştür (Camo ve ark., 2008).

4.2.4.4. Protein stabilitesi (Karbonil İçeriği)

Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince protein stabilitesi Çizelge 15’de verilmiştir. Protein stabilitesi veya protein oksidasyonu “karbonil içeriği” (nmol DPNH/ mg protein) olarak ifade edilmiştir. Karbonil içeriğindeki artış protein oksidasyonundaki artışı ifade etmektedir. Amino asitlerin oksidasyonu ile karbonil grupları oluşmakta ve protein oksidasyonu tayininde kullanılmaktadır. Et ürünlerinde lipit oksidasyonu kadar protein oksidasyonu da önem taşımaktadır. Ambalaj materyali çeşidi, atmosfer içeriği ve depolama süresi ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin karbonil içeriği üzerindeki etkisi Çizelge 16’da görülmektedir. Karbonil içeriği üzerinde her bir ana faktörün etkisi önemli düzeyde iken ($p \leq 0.05$), ikili ve üçlü etkileşimlerin etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Çalışmada karbonil içeriği depolama boyunca tüm uygulamalarda düşük düzeyde artış göstermiştir. Karbonil içeriğindeki artış özellikle vakum uygulamalarına kıyasla oksijen düzeyi yüksek MAP uygulamalarında dikkat çekmektedir. Depolamanın ilk 40 gününde uygulamalar arasında karbonil içeriği açısından önemli bir fark görülmemekte ($p > 0.05$), ancak 40. günden sonra özellikle M1 ve M2 malzemelerinin MAP1 ve MAP2 uygulamalarında daha yüksek bir seyir izlemektedir. Depolamanın son gününde en düşük karbonil içeriği poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin (3.26 nmol/mg) ve çok katlı malzemenin (3.26 nmol/mg) vakum uygulamalarında görülmektedir. Protein oksidasyonunun kontrolü açısından oksijensiz MAP ya da vakum uygulamaları önerilebilir. Üründe antioksidan olarak kullanılan askorbik asitin de lipit ve protein oksidasyonunun seyrinin daha düşük olmasında özellikle depolamanın ilk yarısında önemli etkisinin olabileceği öngörülmektedir.

Literatürde güncel bir çalışmada yüksek oksijenli MAP (%70-80 O₂) uygulamalarında vakum uygulamasına kıyasla protein oksidasyonundaki artışın ve proteinlerin (miyosinin) çapraz bağlanmasının taze ette gevrekliğin (tendersness)

azalmasına yol açtığı ifade edilmektedir. Miyosinin yüksek oksijenli MAP uygulamalarında çapraz bağ oluşturduğu belirtilmiştir (Zakrys-Waliwander ve ark., 2012). Modifiye atmosferde ve vakum altında paketlenen taze tay etininde karbonil içeriği 14 günlük depolama boyunca tüm uygulamalarda artış göstermiştir. Oksijen içeren MAP uygulamalarında (yüksek O₂ ve düşük O₂) ürünün karbonil içeriğinde meydana gelen artışın vakum uygulamalarına kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. En yüksek karbonil içeriğinin yüksek O₂ içeren uygulamalarda görülmesi proteinlerin oksidasyonunun oksijen düzeyi ve zaman ile artış gösterdiğine işaret etmiştir (Lorenzo ve Gomez, 2012).

Çizelge 4.15. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince karbonil içeriği (nmol DNPH/mg protein)

Karbonil içeriği (nmol DNPH/mg protein)											
Amb. Mlz.	MAP	0.gün	5. gün	10. gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün
M1	MAP1	2.54±0.29Ae ¹	2.57±0.41Ae	2.55±0.12Ae	2.70±0.52Ae	3.19±0.52Ad	3.35±0.17Acd	3.39±0.37ABbcd	3.73±0.19ABabc	3.83±0.42Aab	4.00±0.36Aa
	MAP2	2.54±0.29Ade	2.42±0.19Ae	2.66±0.41Ade	2.89±0.27Acd	3.19±0.51Abc	3.26±0.20Abc	3.44±0.33Bab	3.78±0.47Aa	3.74±0.27Aa	3.67±0.29Aba
	MAP3	2.54±0.29Ac	2.61±0.32Ac	2.64±0.39Ac	2.61±0.66Ac	2.95±0.16Abc	3.10±0.31Aabc	3.27±0.22ABab	3.25±0.39CDab	3.44±0.75ABab	3.50±0.11Aba
M2	MAP1	2.54±0.29Ad	2.72±0.57Acd	2.80±0.24Acd	3.00±0.30Abcd	3.10±0.38Abc	3.18±0.15Abc	3.30±0.23ABb	3.44±0.29ABCdb	3.44±0.49ABb	3.99±0.49Aa
	MAP2	2.54±0.29Aef	2.50±0.29Af	2.75±0.35Aef	2.94±0.28Ade	3.29±0.22Abcd	3.18±0.49Acd	3.35±0.16ABabc	3.35±0.15BCDabc	3.65±0.46ABab	3.70±0.17Aba
	MAP3	2.54±0.29Acd	2.45±0.36Ad	2.53±0.51Abcd	2.59±0.19Abcd	3.04±0.32Aab	3.01±0.57Aabc	3.15±0.22Aba	3.27±0.33CDa	3.38±0.46ABa	3.26±0.60Ba
M3	MAP1	2.54±0.29Ad	2.63±0.30Ad	2.49±0.14Ad	2.78±0.27Acd	2.86±0.30Abcd	3.04±0.26Abc	3.22±0.46ABb	3.24±0.18CDb	3.24±0.18ABb	3.64±0.59Aba
	MAP2	2.54±0.29Ad	2.59±0.22Ad	2.55±0.26Ad	2.67±0.23Ad	3.03±0.26Ac	3.18±0.30Abc	3.12±0.15ABbc	3.53±0.43ABCa	3.43±0.36ABab	3.32±0.12Babc
	MAP3	2.54±0.29Ac	2.55±0.24Ac	2.72±0.42Abc	2.83±0.19Abc	2.87±0.19Aabc	3.07±0.19Aab	3.02±0.23Bab	3.09±0.19Dab	3.10±0.51Bab	3.26±0.44Ba

¹Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur ($P > 0.05$). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur ($P > 0.05$).

M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.16. Kimyasal niteliklerde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)

Varyasyon kaynağı	p değeri		
	pH	TBARS	Karbonil içeriği
Ambalaj materyali	0.0077	<.0001	<.0001
MAP	<.0001	<.0001	<.0001
Depolama süresi	<.0001	<.0001	<.0001
Ambalaj materyali×MAP	0.7379	<.0001	0.3596
Ambalaj materyali×Depolama süresi	0.0043	<.0001	0.2462
MAP×Depolama süresi	<.0001	<.0001	0.1194
Ambalaj materyali×MAP×Depolama süresi	0.9995	<.0001	0.9940

4.2.5. Duyusal Kalite

Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinin depolama süresince duyusal nitelikleri Çizelge 17’de verilmiştir. 90 günlük depolama boyunca farklı malzeme ve atmosfer ile ambalajlanan salam dilimlerinde genel görünüş, renk, koku, tekstür, tat ve genel ürün beğenisi gibi duyusal nitelikler değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 9’luk skala kullanılmış ve 5 değeri ve üstü kabul edilebilir sınır olarak alınmıştır. Çizelge 18’de ambalaj materyali, MAP ve depolama süresinin ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin her bir duyusal nitelik üzerindeki etkileri verilmiş olmakla birlikte, duyusal değerlendirmede daha çok kabul edilebilirlik değerine göre yorumlama yapılması uygun görülmüştür.

Üründe öncelikli olarak genel görünüş ve renk değerlendirmesi yapılmıştır. Genel görünüşte özellikle ürünün yapışkan bir tabaka içerip içermemesi dikkate alınmıştır. Çok katlı malzemenin MAP2 (%50 CO₂) ve MAP3 (vakum) uygulaması dışındaki tüm uygulamalar genel görünüş açısından 75 günlük depolama boyunca 5’in üzerinde puanlar almış ve kabul edilebilir bulunmuştur. 75. günden sonra bu uygulamalar kabul edilebilir bulunmamıştır. Çok katlı malzemenin MAP2 ve MAP3 uygulaması ise genel görünüş açısından tüm depolama sürecinde yani 90 gün boyunca kabul edilebilir bulunmuştur. Bu iki uygulamada 90. günde genel görünüş için verilen puanlar 6.17 olmuştur. Nitritle kürlenmiş et ürünlerinde renk önemli bir kalite kriteri olup pembe/kırmızı rengin muhafazası önem taşımaktadır. Dilimlenmiş salamlar renk

açısından çok katlı malzemenin MAP2 ve MAP3 uygulamalarında 90 gün, diğer tüm uygulamalarda ise 75 gün boyunca kabul edilebilir bulunmuştur. Analitik olarak yapılan renk ölçümleri de duyu analizi sonuçlarını desteklemektedir. Özellikle a^* ve C^* değeri dikkate alındığında çok katlı malzemenin MAP2 ve MAP3 uygulamaları ile diğer tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark görülmektedir. Genel olarak depolama süresince tüm uygulamalarda genel görünüş ve renk değerlerinde düşme eğilimi görülmektedir. Ancak çok katlı malzemenin MAP2 ve MAP3 uygulamaları ile diğer uygulamalar arasındaki fark özellikle 60. günden sonra daha belirgin hale gelmiştir. Sonuç olarak ürünün genel görünüşü ve renk açısından çok katlı malzemede %50 CO₂ ve vakum altında yani oksijensiz ortamlarda daha iyi muhafaza edildiği dikkat çekmektedir.

Koku ve tekstür açısından da genel görünüş ve renkte görülen eğilim ortaya çıkmıştır. Çok katlı malzemede (M3) MAP2 ve MAP3 uygulamasında salam dilimleri 90 gün, diğer tüm uygulamalarda 75 gün kabul edilebilir bulunmuştur. Koku açısından özellikle üründe bozulma belirtisi olabilecek kötü koku oluşumunun olup olmadığı, tekstür açısından ise salam dilimlerinin dokusunda sertleşme/kuruma olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Genel olarak tüm uygulamalar arasında doku sertliği açısından çok önemli düzeyde duyu farklılıkları tespit edilmemiştir. Analitik tekstür analiz sonuçları da duyu analizi sonuçlarını destekler niteliktedir.

Duyu analizi kapsamında tat değerlendirmesinde ise özellikle oksidasyona bağlı ransit/acı tat oluşumu belirlenmeye çalışılmıştır. M1 (iPP-nanokil) ve M2 (iPP-nanokil-poli-beta-pinen)'nin MAP1 ve MAP2 uygulamalarında, M3'ünse yalnızca MAP1 uygulamasında 30. günden sonra ürün hala kabul edilebilir puanlar almasına rağmen ürün yüzeyinde gözle görülür maya ve küf oluşumunun başlaması nedeniyle tat değerlendirmesine devam edilmemiştir. M1 ve M2'nin vakum uygulamalarında ise tat değerlendirmesine yine aynı nedenle 50.günden sonra devam edilmemiştir. Çok katlı malzemenin (M3) MAP2 ve MAP3 uygulamalarında tat değerlendirmesi 90 gün boyunca devam etmiştir. Bu iki uygulamada ürün tat açısından 75 gün boyunca kabul edilebilir bulunmuştur. Çok katlı malzemenin %50 CO₂ içeren MAP uygulaması ile vakum uygulaması arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir. 90. günde bu iki uygulamada ransit tat oluşumu tespit edilmiştir.

Genel ürün beğenisinde panelistlerin tüm ürün nitelikleri birlikte değerlendirildiğinde ürün hakkındaki hedonik (beğeni) dereceleri belirlenmeye çalışılmıştır. Genel ürün beğenisi de diğer duyuşal nitelikler ile uyumludur. Çok katlı malzemenin MAP2 ve MAP3 uygulaması 90 gün boyunca “orta derecede beğendim”in üzerinde (5’in üzerinde) beğeni puanı almıştır. Diğer uygulamalarda bu süre 75 gün olup, 90. günde tüm uygulamalar 5’in altında beğeni puanı almıştır. Genel olarak depolamanın ilk 60. gününde uygulamalar arasındaki puanlarda çok büyük farklılıklar olmamakla birlikte, 60. günden sonra çok katlı malzemenin MAP2 ve MAP3 uygulamalarındaki salam dilimleri daha yüksek beğeni puanları almıştır.

Modifiye atmosferde (hava, % 100 N₂, % 50 N₂ - % 50 CO₂, % 5 O₂ - % 25 CO₂ - % 70 N₂) paketlenen ve 20 gün süreyle depolanan dilimlenmiş salam ile yapılan bir çalışmada, dilimlenmiş salam örnekleri kontrol olarak kullanılan hava atmosferi uygulamaları haricinde modifiye atmosfer uygulamaları renk ve koku değerlendirmelerinde 15 gün, tekstür değerlendirmelerinde ise 20 gün süreyle kabul edilebilir bulunmuştur (Eştürk ve Ayhan, 2009).

Genel olarak poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin ürün duyuşal nitelikleri açısından diğer uygulamalara göre bir fark yaratmadığı ancak tat dışındaki tüm niteliklerin 75 gün boyunca kabul edilebilir olduğu, tat açısından ise (mikrobiyal üreme nedeni ile) MAP1 ve MAP2’nin 30 günle sınırlı olduğu, vakum uygulamasında ise bu sürenin 50 gün olduğu dikkat çekmektedir. Poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin vakum uygulanarak ürün yüzeyi ile doğrudan teması sağlandığında daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince duyusal (genel görünüş ve renk) değerlendirme sonuçları

Genel Görünüş											
Amb. Mlz.	MAP	0.gün	5.gün	10.gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün
M1	MAP1	7.75±1.60Aa ¹	7.50±1.51Aab	8.17±0.58Aa	7.58±0.67Aab	7.50±1.62Aab	6.50±1.88Abc	5.83±1.11BCc	6.25±1.14Cc	5.75±1.14Bc	4.50±0.67Bd
	MAP2	7.75±1.60Aa	8.17±1.03Aa	8.00±0.74Aa	7.42±1.00Aab	7.42±1.31Aab	6.25±1.60Acd	5.58±1.24Cd	6.67±0.98Cbc	5.67±1.23Bcd	4.50±0.67Be
	MAP3	7.75±1.60Aabc	7.83±1.27Aab	8.00±0.85Aa	7.67±1.15Aabc	7.67±1.44Aabc	6.92±1.51Aabc	6.83±1.19ABbc	6.67±0.78Cc	5.58±1.31Bd	4.42±0.67Be
M2	MAP1	7.50±1.62Aab	7.92±1.38Aab	8.08±0.79Aa	7.33±1.23Aab	7.67±1.23Aab	6.17±1.85Acd	5.83±1.40BCcd	6.83±0.72BCbc	5.42±1.44Bde	4.67±0.78Be
	MAP2	7.50±1.62Aab	7.83±1.11Aab	8.25±0.62Aa	7.83±0.94Aab	7.50±1.38Aab	7.00±1.13Abc	5.83±1.19BCd	6.08±1.38Ccd	5.67±1.23Bd	4.33±0.78Be
	MAP3	7.50±1.62Aabc	8.33±0.78Aa	7.83±0.83Aab	7.67±0.98Aab	7.50±1.38Aabc	7.17±1.19Abcd	6.42±1.38ABCde	6.58±0.67Ccd	5.58±1.38Be	4.50±0.67Bf
M3	MAP1	7.67±1.37Aab	8.25±1.14Aa	8.17±0.94Aa	7.42±0.90Aab	7.58±1.44Aab	6.17±1.64Acd	5.58±1.62Cd	6.83±0.83BCbc	5.42±1.51Bd	4.33±0.65Be
	MAP2	7.67±1.37Aa	7.92±1.78Aa	8.00±0.74Aa	7.58±0.90Aa	7.42±1.73Aa	7.08±1.98Aab	7.33±1.15Aa	7.50±0.67Aba	7.08±1.00Aab	6.17±0.58Ab
	MAP3	7.67±1.37Aa	7.83±1.11Aa	8.00±0.95Aa	7.58±1.24Aa	7.83±1.19Aa	7.50±1.09Aa	7.25±1.22Aa	7.83±0.39Aa	7.67±0.78Aa	6.17±0.72Ab
Renk											
M1	MAP1	8.00±1.21Aa	8.17±0.83Aa	7.92±0.79Aa	7.08±0.90Aab	7.42±1.44Aa	6.33±1.67Abc	5.58±1.38Bcd	6.17±0.83CDbc	5.50±1.62Bcd	4.67±1.07Bd
	MAP2	8.00±1.21Aa	8.25±1.14Aa	7.92±0.79Aa	7.33±0.89Aa	7.25±1.14Aa	6.25±1.54Ab	5.67±1.23Bb	6.25±0.75CDb	5.25±1.76Bbc	4.33±0.78Bc
	MAP3	8.00±1.21Aa	7.58±1.38Aab	7.92±0.90Aa	7.17±1.11Aabc	7.42±1.38Aab	6.50±1.38Abcd	6.75±1.29ABbc	6.25±1.22CDcd	5.50±1.62Bd	4.17±1.03Be
M2	MAP1	7.75±1.36Aa	8.25±1.06Aa	7.75±1.14Aa	7.42±1.08Aab	7.42±1.24Aab	6.42±1.73Abc	5.83±1.27Bc	6.42±1.16CDbc	5.50±1.62Bcd	4.58±1.08Bd
	MAP2	7.75±1.36Aa	7.50±1.38Aab	8.17±0.72Aa	7.25±1.14Aab	7.33±1.44Aab	6.58±1.24Abc	5.67±1.23Bcd	5.83±1.59Dcd	5.42±1.44Bd	4.25±0.97Be
	MAP3	7.75±1.36Aab	8.42±0.79Aa	7.83±0.72Aab	7.42±0.90Aabc	7.25±1.54Abcd	6.82±1.42A	6.33±1.56ABde	6.58±0.67CDcd	5.42±1.68Be	4.17±0.58Bf
M3	MAP1	7.58±1.38Aab	7.92±1.24Aa	7.83±1.03Aa	7.42±1.00Aab	7.33±1.50Aab	6.50±1.31Abc	5.45±1.37Bcd	6.83±1.03BCab	5.25±1.60Bde	4.25±1.06Be
	MAP2	7.58±1.38Aa	8.00±1.28Aa	7.92±0.90Aa	7.50±0.90Aa	7.33±1.50Aa	7.00±1.71Aab	7.08±1.51Aab	7.50±0.67Aba	7.33±0.78A	6.08±0.79Ab
	MAP3	7.58±1.38Aa	7.83±1.03Aa	8.08±1.00Aa	7.58±1.00Aa	7.50±1.24Aa	7.42±1.38Aa	7.17±1.53Aa	7.83±0.72Aa	7.42±0.67Aa	6.08±1.00Ab

1 Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur ($P > 0.05$). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur ($P > 0.05$). M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.17 (Devamı). Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince duyuşal (koku ve tekstür) değerlendirme sonuçları

Koku											
Amb. Mlz.	MAP	0.gün	5. gün	10. gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün
M1	MAP1	7.92±1.31Aa ¹	8.08±1.00Aa	7.83±0.72Aa	7.50±1.00Aa	7.50±1.17Aa	6.08±1.16Ab	5.50±1.88ABb	6.33±1.23Ab	5.83±1.19BCb	4.25±0.45Bc
	MAP2	7.92±1.31Aab	8.33±0.98Aa	7.83±0.83Aab	7.17±1.27Abc	7.58±1.08Aab	6.42±1.08Acd	5.08±1.83Bef	6.17±1.34Acd	5.75±1.22BCde	4.33±0.65Bf
	MAP3	7.92±1.31Aa	8.00±1.21Aa	7.42±1.08Aabc	7.50±0.80Aab	7.83±0.94Aa	7.25±1.29Aabc	6.67±1.44ABbcd	6.50±1.09Acd	5.92±1.16BCd	4.25±0.45Be
M2	MAP1	7.75±1.48Aa	7.83±1.19Aa	8.00±0.95Aa	7.58±0.90Aa	7.75±1.06Aa	6.25±1.36Ab	5.75±2.30ABbc	6.08±1.62Ab	5.83±1.27BCbc	4.75±0.87Bc
	MAP2	7.75±1.48Aa	7.92±1.08Aa	7.67±1.07Aa	7.75±0.75Aa	7.50±0.80Aa	7.25±1.06Aa	5.17±1.85ABc	6.17±1.27Ab	5.25±1.14Cbc	4.33±0.49Bc
	MAP3	7.75±1.48Aa	8.00±1.35Aa	7.58±1.08Aa	7.50±0.67Aa	7.58±1.24Aa	7.18±1.25Aab	6.33±1.37ABbc	6.00±0.95Ac	5.75±1.60BCc	4.67±0.49Bd
M3	MAP1	7.92±1.08Aa	7.83±1.75Aa	7.67±0.98ab	7.58±0.79Aab	7.58±1.24Aab	6.33±1.30Ac	5.33±2.27ABcd	6.50±1.24Abc	5.83±1.34BCc	4.25±0.62Bd
	MAP2	7.92±1.08Aab	8.08±1.44Aa	7.58±0.90Aabc	7.33±0.78Aabc	7.67±1.23Aabc	6.58±1.51Acd	6.83±1.59Abcd	6.92±0.79Abcd	6.83±1.34ABbcd	6.08±0.90Ad
	MAP3	7.92±1.08Aa	8.00±1.21Aa	7.67±0.78Aa	7.50±0.90Aab	7.50±1.17Aab	7.00±1.28Aabc	6.58±1.56ABbc	7.00±0.74Aabc	7.42±1.08Aab	6.33±1.15Ac
Tekstür											
M1	MAP1	8.08±1.08Aa	8.00±0.85Aa	7.42±0.79Aa	7.08±1.16Aab	7.58±1.16Aa	6.42±1.51ABb	6.33±1.72ABb	6.42±1.00Bb	6.25±0.62Bb	4.83±0.94Bc
	MAP2	8.08±1.08Aa	8.00±1.13Aa	7.92±0.79Aa	7.50±1.00Aa	7.67±1.15Aa	6.50±1.24ABb	5.92±1.44Bb	6.58±1.16ABb	6.00±0.43Bb	4.42±0.90Bc
	MAP3	8.08±1.08Aa	8.00±0.95Aa	7.58±1.00Aab	6.83±1.34Abc	7.58±1.44Aab	7.00±1.41ABabc	7.00±1.76ABabc	6.58±1.00ABbc	6.00±0.43Bc	4.58±0.90Bd
M2	MAP1	7.58±1.16Aa	8.42±0.79Aa	7.33±0.98Aa	7.33±0.98Aa	7.83±1.11Aa	6.17±1.64ABb	6.00±1.60ABb	6.25±1.66Bb	5.83±0.83Bb	4.67±0.89Bc
	MAP2	7.58±1.16Aa	7.67±0.98Aa	7.17±1.03Aa	7.50±1.17Aa	7.58±1.08Aa	7.00±1.28ABab	6.08±1.51ABbc	6.17±1.03Bbc	5.83±0.83Bc	4.50±1.00Bd
	MAP3	7.58±1.16Aab	7.83±1.34Aa	7.50±0.90Aab	7.42±1.08Aab	7.75±1.29Aa	7.25±1.42ABab	7.17±1.34ABab	6.75±1.06ABbc	6.00±0.85Bc	4.50±0.90Bc
M3	MAP1	7.58±1.51Aab	7.92±1.24Aa	7.42±1.08Aab	7.17±1.19Aabc	7.33±1.23Aab	6.58±1.73ABbcd	5.92±1.78Bd	6.58±1.08ABbcd	6.17±0.58Bcd	4.42±1.00Be
	MAP2	7.58±1.51Aa	8.17±0.72Aa	7.42±1.00Aa	7.17±1.53Aa	7.75±1.29Aa	7.33±1.61ABa	7.42±1.24Aa	7.08±0.90ABa	7.17±0.58Aa	5.92±0.67Ab
	MAP3	7.58±1.51Aa	7.92±1.51Aa	7.83±0.72Aa	7.33±1.44Aa	7.42±1.44Aa	7.58±1.31Aa	6.92±1.51ABa	7.50±0.80Aa	7.00±0.43Aa	5.67±1.15Ab

¹ Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur (P > 0.05). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur (P > 0.05).M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.17 (Devamı). Farklı ambalaj malzemesi ve atmosferde ambalajlanan salam dilimlerinde depolama süresince duyuşal (tat ve genel ürün beğenisi) değerlendirme sonuçları

Tat											
Amb. Mlz.	MAP	0.gün	5. gün	10. gün	20.gün	30.gün	40.gün	50.gün	60.gün	75.gün	90.gün
M1	MAP1	7.75±1.54Aa ¹	7.83±0.94Aa	7.67±1.07Aa	7.08±0.79Aa	7.00±1.41Aa					
	MAP2	7.75±1.54Aa	7.83±0.94Aa	7.83±0.83Aa	7.33±0.98Aa	7.58±1.38Aa					
	MAP3	7.75±1.54Aa	7.58±1.44Aa	7.58±1.00Aa	7.08±0.90Aab	7.58±1.24Aa	7.17±1.59Aab	6.33±1.23Ab			
M2	MAP1	8.00±0.85Aa	7.67±1.23Aa	7.17±0.94Aa	7.33±1.44Aa	7.50±1.38Aa					
	MAP2	8.00±0.85Aa	7.92±0.90Aab	7.33±1.15Aab	7.42±1.08Aab	7.33±1.07Aab					
	MAP3	8.00±0.85Aa	8.08±0.79Aa	7.42±0.79Aab	7.58±0.90Aab	7.58±1.38Aab	7.00±1.35Abc	6.42±1.51Ac			
M3	MAP1	7.33±1.78Aa	7.67±0.98Aa	7.67±0.89Aa	7.08±1.16Aa	7.33±1.37Aa					
	MAP2	7.33±1.78Aab	7.67±1.37Aab	7.83±0.72Aa	7.33±1.30Aab	7.50±1.31Aab	7.50±1.31Aab	6.58±1.56Ab	6.58±1.38Ab	6.58±0.90Ab	3.83±1.19Ac
	MAP3	7.33±1.78Aab	8.00±0.74Aa	7.58±1.00Aab	7.17±1.27Aab	7.42±1.31Aab	7.58±1.00Aab	6.33±1.72Abc	6.75±1.42Aabc	5.92±1.62Ac	4.33±1.30Ad
Genel Ürün Beğenisi											
M1	MAP1	7.75±1.54Aa	7.83±0.94Aa	7.75±0.87Aa	7.17±0.58Aa	7.25±1.06Aa	6.08±1.62Ba	5.67±1.37ABa	5.92±1.08Ba	5.50±0.90Bbc	4.67±0.78BCc
	MAP2	7.75±1.54Aa	7.83±0.94Aa	8.00±0.74Aa	7.50±0.90Aa	7.58±1.00Aa	5.67±1.67Bb	5.17±1.64Bbc	6.17±1.11Bb	5.42±1.00Bb	4.33±0.49Cc
	MAP3	7.75±1.54Aa	7.58±1.44Aa	7.58±0.90Aa	7.25±0.75Aab	7.50±1.31Aa	7.17±1.59ABab	6.42±1.31ABbc	6.00±1.13Bc	5.58±1.00Bc	4.42±0.67Cd
M2	MAP1	8.00±0.85Aa	7.67±1.23Aa	7.33±0.78Aa	7.08±1.38Aa	7.50±1.17Aa	6.00±1.76Bb	5.42±1.62Bbc	6.00±1.48Bb	5.50±0.90Bbc	4.67±0.78BCc
	MAP2	8.00±0.85Aa	7.92±0.90Aa	7.58±1.08Aa	7.50±0.90Aa	7.25±1.22Aa	7.00±1.13ABa	5.25±1.48Bb	5.83±1.47Bb	5.42±1.00Bb	4.33±0.78Cc
	MAP3	8.00±0.85Aa	8.08±0.79Aa	7.75±0.75Aa	7.33±0.89Aa	7.58±1.24Aa	7.25±1.14Aa	6.17±1.59ABb	6.08±0.90Bb	5.50±1.24Bb	4.50±0.52Cc
M3	MAP1	7.33±1.78Aab	7.67±0.98Aa	8.08±1.00Aa	7.00±0.95Aab	7.17±1.40Aab	5.83±1.64Bc	5.25±1.76Bcd	6.25±1.22Bbc	5.58±0.90Bcd	4.50±0.80Cd
	MAP2	7.33±1.78Aab	7.67±1.37Aab	8.00±0.74Aa	7.25±1.36Aab	7.25±1.22Aab	7.33±1.67ABab	7.00±1.41Aab	6.67±1.15ABb	7.00±0.74Aab	5.33±1.07ABc
	MAP3	7.33±1.78ab	8.00±0.74Aa	7.58±0.67Aab	7.50±1.24Aab	7.42±1.24Aab	7.67±1.07ABab	6.58±1.68ABbc	7.33±1.07Aab	6.83±0.83Ab	5.75±1.06Ac

¹ Aynı sütunda, verilen depolama gününde, aynı büyük harfe sahip uygulamalar arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur (P > 0.05). Aynı satırda, verilen uygulamada aynı küçük harfe sahip depolama süreleri arasında istatistiksel açıdan fark yoktur (P > 0.05). M1: iPP-nanokil, M2: iPP-nanokil-poli-beta-pinen, M3: PP/PA/EVOH/PE (çok katlı malzeme), MAP1: %21 O₂ %79 N₂, MAP2: %50 CO₂ %50 N₂, MAP3: vakum

Çizelge 4.18. Duyusal niteliklerde deneysel ana faktörler ve etkileşimlerinin olasılık değerleri (p değeri)

Varyasyon kaynağı	p değeri					
	Genel Görünüş	Renk	Koku	Tekstür	Tat	Genel Beğeni
Ambalaj materyali	<.0001	<.0001	0.0008	0.0033	0.9698	0.0283
MAP	<.0001	0.0048	0.0025	0.0027	0.5469	0.0001
Depolama süresi	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Ambalaj materyali×MAP	0.0091	0.0004	0.0421	0.0184	0.9536	0.0882
Ambalaj materyali×Depolama süresi	0.0111	0.0002	0.0044	0.0478	0.4851	0.0079
MAP×Depolama süresi	0.2209	0.4654	0.1245	0.3568	0.9921	0.0068
Ambalaj materyali×MAP×Depolama süresi	0.2460	0.5769	0.5515	0.9227	1.0000	0.7345

4.2.6. Raf Ömrü

Her bir uygulama için raf ömrü tespitinde öncelikli olarak mikrobiyolojik gelişim (özellikle maya küf sayısının 3 log kob/g'dan az olması) ve duyu analizi (özellikle tat), ikincil olarak fiziksel ve kimyasal özellikler dikkate alınmıştır.

M1-MAP1 (nano-iPP-hava atmosferi) uygulamasında depolamanın ilk 40 gününde bakteri ve maya-küf gelişimi görülmemekle birlikte, 40. günde ambalajlanmış ürün yüzeyinde bazı salam dilimleri üzerinde (3 paralel ambalajdan 1'inde görülmüştür) maya benzeri oluşumların dikkat çekmesi nedeniyle 40. gün ve sonrasında tadım yapılmamıştır. Diğer duyu nitelikler (renk, tekstür, koku, genel beğeni) açısından ürün 75 günlük depolama boyunca kabul edilebilir sınırın üstünde bulunmasına rağmen hava atmosferinde (%21 O₂) iPP bazlı nanomalzeme kullanılarak ambalajlanan salam dilimlerinde raf ömrü 30 gün olarak tavsiye edilmektedir. Yüksek oksijen oranına rağmen ilk 30 günlük depolamada lipid ve protein oksidasyonunda önemli düzeyde artış dikkat çekmemektedir. Bu durum üründe bulunan nitrit ve askorbik asitin antioksidan etkileri ile ilişkilendirilebilir. İlk 30 günde bakteri ve maya-küf gelişiminin olmaması ise nitrit ile ilişkilendirilebilir. Sonuç olarak, ilk 30 günde ürün muhafazasında ambalaj materyali ve atmosferden ziyade üründe kullanılan kimyasal katkıların etkisinin olduğu söylenebilir.

M1-MAP2 (nano-iPP-%50 CO₂, %50 N₂) uygulamasında 20. günden itibaren aerobik mezofilik bakteri gelişimi, 30. günden itibaren ise maya-küf gelişimi

başlamıştır. Maya küf sayısı 30. günde 4.72 log kob/g olarak belirlenmiştir. Bu grup uygulamada %50 CO₂ kullanılmış olmasına rağmen CO₂'nin bir kısmının yağlı ürünlerde çözünmesi ve ayrıca malzemenin yüksek O₂ ve CO₂ geçirgenliğine bağlı olarak ortam atmosferi kısa sürede (10 günde) hava atmosferine ulaşmıştır. Bu grup üründe de 40. günde ambalajlanmış salam dilimlerinin üzerinde maya benzeri (3 paralel ambalajın üçünde de görülmüştür) oluşumlar nedeni ile tadım yapılmasına son verilmiştir. Özellikle maya-küf sayısı nedeni ile %50 CO₂ atmosferinde iPP bazlı nanomalzeme kullanılarak ambalajlanan salam dilimlerinde raf ömrü 20 gün olarak tavsiye edilmiştir.

M1-MAP3 (nano-iPP-vakum) uygulamasında depolamanın ilk 40 gününde aerobik mezofilik bakteri, ilk 30 gününde ise maya-küf gelişimi görülmemiştir. Toplam maya-küf sayısı 50. günde 3 log kob/g, 60. günde ise 4.39 log kob/g olarak belirlenmiştir. Bu grup üründe ilk 50 gün boyunca tadım yapılmış ve kabul edilebilir değerlerin üzerinde bulunmuştur. Ambalajlanmış ürünlerin yüzeyinde gözle görülür üreme ise 60. günde tespit edilmiştir (3 paralel ambalajdan 2'sinde maya tespiti). Lipit ve protein oksidasyonu ise aynı malzemenin MAP1 ve MAP2 uygulamalarına kıyasla daha düşük seyir izlemiştir. Vakum altında iPP bazlı nanomalzeme kullanılarak ambalajlanan salam dilimlerinde raf ömrü 40 gün olarak tavsiye edilebilir.

M2-MAP1 (poli-beta-pinen içeren nanomalzeme/hava atmosferi) uygulamasında depolamanın ilk 30 gününde maya küf gelişimi, ilk 20 günde ise aerobik mezofilik bakteri gelişimi görülmemiştir. Maya-küf sayısı 40 ve 50. günlerde 2 log kob/g düzeyinde görülmüş ve 60. günden sonra 4 log kob/g ve üzerine ulaşmıştır. Ambalajlı ürünlerde 40. günde yüzeyde gözle görülebilen küf ve maya gelişimi dikkat çekmiştir (3 paralel ambalajdan iki ambalajda maya ve küfe rastlanmıştır). Bu nedenle 40. gün ve sonrasında tadım yapılmamıştır. Hava atmosferinde poli-beta-pinen içeren ambalaj ile muhafaza edilen salam dilimlerinde mikrobiyolojik açıdan pinen içermeyen nanomalzemeye (M1) göre bir avantaj ortaya çıkmamıştır ve raf ömrü aynı gerekçelerle 30 gün olarak önerilmiştir.

M2-MAP2 (poli-beta-pinen içeren nanomalzeme (%50 CO₂, %50 N₂)) uygulamasında bakteri gelişimi 30. günde, maya küf gelişimi ise 40. günde başlamıştır. Depolamanın ilk 50. gününde toplam bakteri sayısı ve maya-küf sayısı 3 log kob/g'ın altında kalmış, ancak maya-küf sayısı 50. günden sonra hızla artmış ve 6.05 log kob/g

seviyelerine ulaşmıştır. Tüm uygulamalar arasında maya küf sayısı 60. günden sonra en fazla bu grupta artış göstermiştir. Depolamanın 40. gününde bu grupta da gözle görülebilen maya (3 paralel ambalajdan birinde maya gelişimi olmuştur) tespit edilmesi nedeniyle 40. gün ve sonrasında tadım yapılmamıştır. Bu grup ürünlerde de depolamanın 10. gününden sonra oksijen seviyesi hava atmosferi düzeyine ulaşmış, CO₂ ise 10. günden sonra %1 ve altına düşmüştür. Poli-beta-pinen içermeyen nanomalzemenin MAP2 uygulaması ile kıyaslandığında poli-beta-pinen içeren ambalajlarda maya-küf ve bakteri gelişimi daha geç başlamıştır. %50 CO₂ uygulanmış ve poli-beta-pinen içeren nanomalzemede ilk 50 gün boyunca mikrobiyolojik açıdan bir risk tespit edilememiş olmasına rağmen, raf ömrünün 30 gün ile sınırlı kalması tavsiye edilmektedir.

M2-MAP3 (poli-beta-pinen içeren nanomalzeme/vakum) uygulamasında depolamanın 75 günü boyunca bakteri gelişimi, 50 gün boyunca da maya-küf gelişimi tespit edilmemiştir. Maya-küf sayısı depolamanın sonunda 6.62 log kob/g'a ulaşmıştır. Bu grup üründe tadım testi 50. güne kadar devam etmiş ve kabul edilebilir sınırın üstünde bulunmuştur. Bu uygulamada salam dilimlerinin yüzeyinde gözle görülür maya-küf gelişimi 60. günde ortaya çıkmıştır (3 ambalajdan 2'sinde az sayıda maya gelişimi görülmüştür). Poli-beta-pinen içeren malzemenin maya-küfe kıyasla bakteriler üzerinde daha etkin olduğu görülmektedir. Ayrıca poli-beta-pinen içeren malzemenin MAP1 ve MAP2 uygulamaları ile kıyaslanınca antibakteriyel etkinliğinin vakum uygulamasında daha yüksek olduğu ve bu nedenle poli-beta-pinen içeren malzemenin ürünle temas (kontak) yoluyla etki edebildiği düşünülmektedir. Poli-beta-pinen içeren nanomalzemede vakum uygulanarak ambalajlanmış salam dilimlerinin raf ömrü mikrobiyolojik özellikle maya-küf gelişimi dikkate alındığında 50 gün olarak önerilmiştir.

M3-MAP1 (çok katlı malzeme-hava atmosferi) uygulamasında bakteri ve maya küf gelişimi 30. günden sonra başlamıştır. Bu uygulamada hava atmosferi ile başlayan (%21 O₂) ortamda oksijenin depolama boyunca azaldığı, karbondioksitin ise daha düşük seyirde arttığı görülmektedir. Çok katlı malzemede oksijen geçirgenliğinin düşük olduğu dikkate alındığında oksijendeki azalmanın ve karbondioksitteki artışın ortamdaki mikrobiyolojik ve kimyasal (oksidasyon) faaliyet ile ilişkili olduğu söylenebilir. Bu grup üründe de depolamanın 40. gününde ambalajlı ürün yüzeyinde küf

gelişimi görülmüştür (3 ambalajdan 2'sinde küf görülmüştür). Bu nedenle 40. gün ve sonrasında tadım yapılmamıştır. Çok katlı malzemede hava atmosferinde ambalajlanan salam dilimlerinin raf ömrü maya-küf gelişimi nedeniyle 30 gün olarak tavsiye edilmiştir.

M3-MAP2 (çok katlı malzeme-%50 CO₂, %50 N₂) uygulamasında 60 gün süresince bakteri gelişimi, 30 gün boyunca maya-küf gelişimi tespit edilmemiştir. Toplam aerobik bakteri sayısı 60 günden sonra bir miktar artmış ve 75. güne kadar 3.0 log kob/g seviyesinin altında kalmıştır. Maya-küf sayısı ise 40. günden sonra bir miktar artış göstermesine rağmen 90. günde 2.30 log kob/g olarak kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır. Bu grup ürünlerde tadım 90 gün boyunca devam etmiş ancak 75. günden sonra kabul edilebilir bulunmamıştır. Lipit ve protein oksidasyonu ise genel olarak M3-MAP3 dışındaki tüm uygulamalardan daha düşük bulunmuştur. Bu uygulamada ambalaj içindeki oksijen oranı depolama boyunca %1 ve altında seyir izlemiş, %50 düzeyindeki karbondioksit oranı ise depolamanın ilk 5 gününde %10 seviyesine düşmesine rağmen depolamanın geri kalan sürecinde bu seviyede sabit bir seyir izlemiştir. Çok katlı malzemede %50 CO₂ ve %50 N₂ atmosferinde ambalajlanan salam dilimlerinde raf ömrü 75 gün olarak önerilmiştir. Oksijen ve karbondioksit geçirgenliği düşük malzemede yüksek karbondioksit oranında ambalajlamanın tüketime hazır salam dilimlerinin raf ömrünü diğer uygulamalara kıyasla artırdığı görülmektedir.

M3-MAP3 (çok katlı malzeme-vakum) uygulamasında depolamanın ilk 60 gününde bakteri gelişimi, 90 gününde ise maya-küf gelişimi görülmemiştir. Bu grup ürün yüzeylerinde gözle görülür maya küf gelişimine de rastlanmamıştır. Duyusal olarak tat dışındaki tüm nitelikler 90 gün boyunca kabul edilebilir değerlerin üstünde bulunmasına rağmen, 90. günde ransit/acı tat oluşumu nedeniyle tat puanları kabul edilebilir değerlerin altında kalmıştır. Depolamanın 75 gününde ise tat puanları kabul edilebilir değerlerin üzerinde bulunmuştur. Çok katlı malzemede vakum uygulaması lipit ve protein oksidasyonu açısından M3-MAP2 ile benzer sonuçlar vermiştir. Mikrobiyal açıdan bir risk görülmemesi ve duyuşal özelliklerin kabul edilebilir sınırların üstünde olması nedeni ile çok katlı malzeme kullanılarak vakum yapılan salam dilimlerinde raf ömrü 75 gün olarak önerilmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel olarak bakıldığında tüketime hazır salam dilimlerinin hava atmosferinde (%21 O₂) ambalajlanması özellikle aerobik mikroorganizma gelişme riski, kimyasal oksidasyon ve duyu niteliklerin azalması nedeni ile önerilmemektedir. Ancak üründe kullanılan nitrit ve askorbik asit gibi kimyasalların 20-30 gün boyunca atmosfer ve ambalaj materyaline bakılmaksızın ürün muhafazasında etkili olabildiği görülmüştür. Oksijen içermeyen ve yüksek CO₂ içeren atmosfer ile ambalajlama yapıldığında, oksijensiz ortamı muhafaza edebilmek ve CO₂'nin antimikrobiyal etkinliğinin sağlanabilmesi için kullanılan ambalaj materyalinin gaz geçirgenliğinin (özellikle karbondioksit ve oksijen) düşük olması gerekmektedir. Üç farklı malzemenin kullanıldığı ve %50 CO₂ içeren uygulamalarda en iyi sonuç çok katlı malzemede alınmıştır. Poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin antimikrobiyal etkinliği özellikle vakum uygulamasında bakteriler üzerinde daha fazla görülmüştür. Tüm uygulamalar arasında en uzun raf ömrü 75 gün olarak çok katlı malzemenin vakum ve %50CO₂ uygulamasında tespit edilmiştir. Temin edilen tüm salamın önerilen raf ömrünün +4°C'de 4 ay olduğu düşünüldüğünde 75 günlük sürenin dilimlenmiş ürün için oldukça uzun bir raf ömrü olduğu düşünülmektedir. Poli-beta-pinen içeren nanomalzemenin vakum uygulamasında elde edilen 50 günlük raf ömrü, malzemenin üretim kolaylığı ve ekonomik olması göz önüne alındığında ticari olarak çok katlı malzemeye alternatif olarak kabul edilebilir. Piyasada yer alan farklı marka dilimlenmiş salam örnekleri ve daha önce yapılan bilimsel çalışmalar dikkate alındığında genellikle çok katlı malzeme kullanılarak 20-40 günlük (kullanılan malzeme, depolama sıcaklığı ve ambalaj teknolojileri arasındaki farklılıklar göz önüne alınarak) bir raf ömrünün tavsiye edildiği görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan antimikrobiyal özellikte tek katlı nanomalzemenin (poli-beta-pinen içeren nano-iPP) bu önerilen süreç içinde çok katlı malzemeye alternatif olabileceği söylenebilir. Antimikrobiyal ambalaj materyallerinin etkinliğinin test edilmesinde ürünün/gıdanın antimikrobiyal içermemesi önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Adame, D. and Beall, G. W., 2009. Direct measurement of the constrained polymer region in polyamide/clay nanocomposites and the implications for gas diffusion. **Applied Clay Science** 42 (3-4): 545-552.
- Anonim, 2011. **Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği**. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 28157.
- Anonymous, 2008. Nanotechnology in packaging: a revolution in waiting. **Food Engineering and Ingredients**, 33 (3), 6–9.
- AOAC, 2000. **Official methods of analysis of AOAC International I Edition**. Association Official Analytical Chemists, s, Arlington, Virginia.
- Arndt, G. W. J., 2001. **Examination of Flexible and Semirigid Food Containers for Integrity**. FDA BAM (Bacteriological Analytical Manual), Chapter 22, s, USA.
- ASTM D3985, 2002. **Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor**. ASTM International, United States.
- ASTM E2149-10, 2010. **Standard test method for determining the antimicrobial activity of immobilized antimicrobial agents under dynamic contact conditions**. ASTM International, s, United States.
- ASTM E96, 1984. **Standard test methods for water vapor transmission of materials**. ASTM International, United States.
- Ayhan, Z., 2013. Potential applications of nanomaterials in food packaging and interactions with food. (C. Silvestre and S. Cimmino, Editör) In: **Ecosustainable Polymer Nanomaterials for Food Packaging**. CRC Press, pp. 253-279, Boca Raton, FL.
- Bartowiski, L., Dryden, F.D., Marchello, J.A., 1982. Quality cahnges in beef steaks stored in controlled gas atmospheres, containing high or low levels of oxygen. **Journal of Food Protection**, 45: 41-45.
- Beall, G. W., 2000. New conceptual model for interpreting nanocomposite behavior. (T. J. Pinnavaia and G. W. Beall, Editör) In: **Polymer-Clay Nanocomposites**. John Wiley & Sons, Inc., pp. 267-279, New York.
- Belletti, N., Kamdem, S. S., Tabanelli, G., Lanciotti, R. and Gardini, F., 2010. Modeling of combined effects of citral, linalool and beta-pinene used against *Saccharomyces cerevisiae* in citrus-based beverages subjected to a mild heat treatment. **International Journal of Food Microbiology** 136 (3): 283-289.
- Bharadwaj, R. K., 2001. Modeling the barrier properties of polymer-layered silicate nanocomposites. **Macromolecules** 34 (26): 9189-9192.
- Bharadwaj, R. K., Mehrabi, A. R., Hamilton, C., Trujillo, C., Murga, M., Fan, R., Chavira, A. and Thompson, A. K., 2002. Structure-property relationships in cross-linked polyester-clay nanocomposites. **Polymer** 43 (13): 3699-3705.
- Bingol, E. B. and Ergun, O., 2011. Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on the microbiological quality and shelf life of ostrich meat. **Meat Science** 88 (4): 774-785.
- Busolo, M. A., Fernandez, P., Ocio, M. J. and Lagaron, J. M., 2010. Novel silver-based nanoclay as an antimicrobial in polylactic acid food packaging coatings.

- Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment** 27 (11): 1617-1626.
- Camo, J., Beltran, J. A. and Roncales, P., 2008. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. **Meat Science** 80 (4): 1086-1091.
- Cava, D., Gimenez, E., Gavara, R. and Lagaron, J. M., 2006. Comparative performance and barrier properties of biodegradable thermoplastics and nanobiocomposites versus PET for food packaging applications. **Journal of Plastic Film & Sheeting** 22 (4): 265-274.
- Chaudhry, Q., 2009. Nanotechnology for food applications: current status and consumer safety concerns. In: *AAAS Annual Meeting: Nanofood for Healthier Living?* Chicago.
- Chaudhry, Q., Scotter, M., Blackburn, J., Ross, B., Boxall, A., Castle, L., Aitken, R. and Watkins, R., 2008. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. **Food Additives and Contaminants**, 25 (3): 241-258.
- Chen, J. R. and Brody, A. L., 2013. Use of active packaging structures to control the microbial quality of a ready-to-eat meat product. **Food Control** 30 (1): 306-310.
- Church, I. J. and Parsons, A. L., 1995. Modified atmosphere packaging technology: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 67 (2): 143-152.
- Church, N., 1994. Developments in modified-atmosphere packaging and related technologies. **Trends in Food Science & Technology** 5(11): 345-352.
- Cimmino, S., D'Alma, E., Di Lorenzo, M. L., Di Pace, E. and Silvestre, C., 1999. Blends of isotactic polypropylene and natural terpene resins. I. Phase structure, thermal, and dynamic-mechanical properties. **Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics** 37 (9): 867-878.
- de Abreu, D. A. P., Losada, P. P., Angulo, I. and Cruz, J. M., 2007. Development of new polyolefin films with nanoclays for application in food packaging. **European Polymer Journal** 43 (6): 2229-2243.
- de Azeredo, H. M. C., 2009. Nanocomposites for food packaging applications. **Food Research International** 42 (9): 1240-1253.
- Dias, M. V., Soares, N. D. F., Borges, S. V., de Sousa, M. M., Nunes, C. A., de Oliveira, I. R. N. and Medeiros, E. A. A., 2013. Use of allyl isothiocyanate and carbon nanotubes in an antimicrobial film to package shredded, cooked chicken meat. **Food Chemistry** 141 (3): 3160-3166.
- Elias, M. and Carrascosa, A.V., 2000. Microbiological and physicochemical aspects of vacuum-packaged Iberian ham. Effect of processing and slicing methods. **Fleischwirtschaft International** 2: 36-41.
- Esturk, O. and Ayhan, Z., 2009. Effect of modified atmosphere packaging and storage time on physical and sensory properties of sliced salami **Journal of Food Processing and Preservation** 33 (1): 114-125.
- Farber, J. N., Harris, L. J., Parish, M. E., Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Gorney, J. R., Garrett, E. H. and Busta, F. F., 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety** 2:142-160.
- Fernandes, R. D. P., Freire, M. T. D., de Paula, E. S. M., Kanashiro, A. L. S., Catunda, F. A. P., Rosa, A. F., Balieiro, J. C. D. and Trindade, M. A., 2014. Stability of lamb loin stored under refrigeration and packed in different modified atmosphere packaging systems. **Meat Science** 96 (1): 554-561.

- Fujita, M., Kajiyama, M., Takemura, A., One, H., Mizumachi, H., Hayashi, S., 1997. **Journal of Applied Polymer Science** 64 (11): 2191-7.
- Gallucci, M. N., Oliva, M., Casero, C., Dambolena, J., Luna, A., Zygadlo, J. and Demo, M., 2009. Antimicrobial combined action of terpenes against the food-borne microorganisms *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*. **Flavour and Fragrance Journal** 24 (6): 348-354.
- Garcia-Esteban, M., Ansorena, D. and Astiasaran, I., 2004. Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on colour, texture and microbiological quality. **Meat Science** 67 (1): 57-63.
- Gormley, F. J., Little, C. L., Grant, K. A., de Pinna, E. and McLauchlin, J., 2010. The microbiological safety of ready-to-eat specialty meats from markets and specialty food shops: a UK wide Study with a focus on *Salmonella* and *Listeria monocytogenes*. **Food Microbiology** 27 (2): 243-249.
- Han, C. Y., Wang, J. Q., Li, Y., Lu, F. and Cui, Y., 2014. Antimicrobial-coated polypropylene films with polyvinyl alcohol in packaging of fresh beef. **Meat Science** 96 (2): 901-907.
- Han, J. H., 2000. Antimicrobial food packaging. **Food Technology** 54 (3): 56-65.
- Humeirah, A. G. S., Azah, M. A. N., Mastura, M., Mailina, J., Saiful, J. A., Muhajir, H. and Puad, A. M., 2010. Chemical constituents and antimicrobial activity of *Goniothalamus macrophyllus* (*Annonaceae*) from Pasoh Forest Reserve, Malaysia. **African Journal of Biotechnology** 9(34): 5511-5515.
- Huxsoll, C. C., Bolin, H. R. and King, A. D., 1989. Physicochemical Changes and Treatments for Lightly Processed Fruits and Vegetables. **Acs Symposium Series**, 405: 203-215.
- Jawahar, P. and Balasubramanian, M., 2006. Preparation and properties of polyester-based nanocomposite gel coat system. **Journal of Nanomaterials**
- Kader, A. A., Zagory, D. and Kerbel, E. L., 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 28 (1): 1-30.
- Karabagias, I., Badeka, A. and Kontominas, M. G., 2011. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. **Meat Science** 88 (1): 109-116.
- Kerry, J. P., O'Grady, M. N. and Hogan, S. A., 2006. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. **Meat Science** 74 (1): 113-130.
- Koh, H. C., Park, J. S., Jeong, M. A., Hwang, H. Y., Hong, Y. T., Ha, S. Y. and Nam, S. Y., 2008. Preparation and gas permeation properties of biodegradable polymer/layered silicate nanocomposite membranes. **Desalination** 233 (1-3): 201-209.
- Krishnan, K. R., Babuskin, S., Babu, P. A. S., Sasikala, M., Sabina, K., Archana, G., Sivarajan, M. and Sukumar, M., 2014. Antimicrobial and antioxidant effects of spice extracts on the shelf life extension of raw chicken meat. **International Journal of Food Microbiology** 171: 32-40.
- Kuorwel, K. K., Cran, M. J., Sonneveld, K., Miltz, J. and Bigger, S. W., 2011. Essential oils and their principal constituents as antimicrobial agents for synthetic packaging films. **Journal of Food Science** 76 (9): R164-R177.

- La Storia, A., Ferrocino, I., Torrieri, E., Di Monaco, R., Mauriello, G., Villani, F. and Ercolini, D., 2012. A combination of modified atmosphere and antimicrobial packaging to extend the shelf-life of beefsteaks stored at chill temperature. **International Journal of Food Microbiology** 158 (3): 186-194.
- Labuza, T. P. and Breene, W. M., 1989. Applications of active packaging for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation** 13 (1): 1-69.
- Lagaron, J. M., Cabedo, L., Cava, D., Feijoo, J. L., Gavara, R. and Gimenez, E., 2005. Improving packaged food quality and safety. Part 2: Nanocomposites. **Food Additives and Contaminants**, 22 (10): 994-998.
- Lagaron, J. M., Gimenez, E., Saez-Garcia, M. D., Ocio, M. J. and Fendler, A., 2007. Novel Nanocomposites to Enhance Quality and Safety of Packaged Foods. Editör) In: **Food Contact Polymers**. Shawbury, Shrewsbury, UK.
- Latou, E., Mexis, S. F., Badeka, A. V., Kontakos, S. and Kontominas, M. G., 2014. Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. **LWT-Food Science and Technology** 55 (1): 263-268.
- Lee, B. J., Hendricks, D. G. and Cornforth, D. P., 1999. A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef pattie model system. **Meat Science** 51 (3): 245-253.
- Leite, A. M., Lima, E. d. O., Souza, E. L. d., Diniz, M. d. F. F. M., Trajano, V. N. and Medeiros, I. A. d., 2007. Inhibitory effect of b-pinene, a-pinene and eugenol on the growth of potential infectious endocarditis causing Gram-positive bacteria. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, 43: 121-126.
- Lemay, M. J., Choquette, J., Delaquis, P. J., Gariépy, C., Rodrigue, N. and Saucier, L., 2002. Antimicrobial effect of natural preservatives in a cooked and acidified chicken meat model. **International Journal of Food Microbiology** 78 (3): 217-226.
- Lorenzo, J. M. and Gomez, M., 2012. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. **Meat Science** 92 (4): 610-618.
- Lotti, C., Isaac, C. S., Branciforti, M. C., Alves, R. M. V., Liberman, S. and Bretas, R. E. S., 2008. Rheological, mechanical and transport properties of blown films of high density polyethylene nanocomposites. **European Polymer Journal** 44 (5): 1346-1357.
- Mangiacapra, P., Gorrasi, G., Sorrentino, A. and Vittoria, V., 2006. Biodegradable nanocomposites obtained by ball milling of pectin and montmorillonites. **Carbohydrate Polymers** 64 (4): 516-523.
- Mastromatteo, M., Incoronato, A. L., Conte, A. and Del Nobile, M. A., 2011. Shelf life of reduced pork back-fat content sausages as affected by antimicrobial compounds and modified atmosphere packaging. **International Journal of Food Microbiology** 150 (1): 1-7.
- Maturin, L. and Peeler, J. T., 2001. **Aerobic Plate Count**. FDA BAM (Bacteriological Analytical Manual), Chapter 3, s, USA.
- Mecitoglu, C., Yemenicioglu, A., Arslanoglu, A., Elmaci, Z. S., Korel, F. and Cetin, A. E., 2006. Incorporation of partially purified hen egg white lysozyme into

- zein films for antimicrobial food packaging. **Food Research International** 39 (1): 12-21.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H. and Renerre, M., 1998. Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. **Meat Science** 48 (3-4): 301-318.
- Moller, J. K. S., Jensen, J. S., Olsen, M. B., Skibsted, L. H. and Bertelsen, G., 2000. Effect of residual oxygen on colour stability during chill storage of sliced, pasteurised ham packaged in modified atmosphere. **Meat Science** 54 (4): 399-405.
- Monin, G., Marinova, P., Talmant, A., Martin, J. F., Cornet, M., Lanore, D. and Grasso, F., 1997. Chemical and structural changes in dry-cured hams (Bayonne hams) during processing and effects of the dehairing technique. **Meat Science** 47 (1-2): 29-47.
- Mor, R. and Sivan, A., 2008. Biofilm formation and partial biodegradation of polystyrene by the actinomycete *Rhodococcus ruber*. **Biodegradation** 19 (6): 851-858.
- Nannerup, L. D., Jakobsen, M., van den Berg, F., Jensen, J. S., Moller, J. K. S. and Bertelsen, G., 2004. Optimizing colour quality of modified atmosphere packed sliced meat products by control of critical packaging parameters. **Meat Science** 68 (4): 577-585.
- Natrajan, N. and Sheldon, B. W., 2000. Efficacy of nisin-coated polymer films to inactivate *Salmonella Typhimurium* on fresh broiler skin. **Journal of Food Protection** 63 (9): 1189-1196.
- NCCLS, National Committee on Clinical Laboratory Standards M2-A8, 2003. **Antimikrobik Disk Duyarlılık Testleri için Uygulama Standartları**. Sekizinci Baskı.
- Nielsen, L. E., 1967. Models for the Permeability of Filled Polymer Systems. **Journal of Macromolecular Science: Part A - Chemistry**, 1 (5): 929-942.
- Özdemir, H., 1998. Vakum paketli dilimlenmiş salamlarda mikrofloranın gelişimi ve raf ömrünün saptanması. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, 45: 185-198.
- Ozturk, A., Yilmaz, N. and Gunes, G., 2010. Effect of different modified atmosphere packaging on microbial quality, oxidation and colour of a seasoned ground beef product (meatball). **Packaging Technology and Science** 23 (1): 19-25.
- Parra, V., Viguera, J., Sanchez, J., Peinado, J., Esparrago, F., Gutierrez, J. I. and Andres, A. I., 2010. Modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period chilled storage of dry-cured Iberian ham. **Meat Science** 84 (4): 760-768.
- Parra, V., Viguera, J., Sanchez, J., Peinado, J., Esparrago, F., Gutierrez, J. I. and Andres, A. I., 2012. Effect of exposure to light on physico-chemical quality attributes of sliced dry-cured Iberian ham under different packaging systems. **Meat Science** 90 (1): 236-243.
- Petrou, S., Tsiraki, M., Giatrakou, V. and Savvaidis, I. N., 2012. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. **International Journal of Food Microbiology** 156 (3): 264-271.
- Pexara, E. S., Metaxopoulos, J. and Drosinos, E. H., 2002. Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages 'piroski' stored

- under vacuum and modified atmospheres at +4 and +10 degrees C. **Meat Science** 62 (1): 33-43.
- Priolo, M. A., Gamboa, D. and Grunlan, J. C., 2010. Transparent clay-polymer nano brick wall assemblies with tailorable oxygen barrier. **ACS Applied Materials & Interfaces**, 2 (1): 312-320.
- Quintavalla, S. and Vicini, L., 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. **Meat Science** 62 (3): 373-380.
- Robinson, S., 2001. **Breaking the Mould, Chemistry and Industry**. SCI Press, s, London, UK.
- Rubio, B., Martinez, B., Garcia-Cachan, M. D., Rovira, J. and Jaime, I., 2008. Effect of the packaging method and the storage time on lipid oxidation and colour stability on dry fermented sausage salchichon manufactured with raw material with a high level of mono and polyunsaturated fatty acids. **Meat Science** 80 (4): 1182-1187.
- Rubio, B., Martinez, B., Gonzalez-Fernandez, C., Garcia-Cachan, M. D., Rovira, J. and Jaime, I., 2006. Influence of storage period and packaging method on sliced dry cured beef "Cecina de Leon": Effects on microbiological, physicochemical and sensory quality. **Meat Science** 74 (4): 710-717.
- Rubio, B., Martinez, B., Sanchez, M. J., Garcia-Cachan, M. D., Rovira, J. and Jaime, I., 2007. Study of the shelf life of a dry fermented sausage "salchichon" made from raw material enriched in monounsaturated and polyunsaturated fatty acids and stored under modified atmospheres. **Meat Science** 76 (1): 128-137.
- Sanchez-Garcia, M. D., Gimenez, E. and Lagaron, J. M., 2007. Novel pet nanocomposites of interest in food packaging applications and comparative barrier performance with biopolyester nanocomposites. **Journal of Plastic Film & Sheeting** 23 (2): 133-148.
- Sekar, A., Dushyanthan, K., Radhakrishnan, K. T. and Babu, R. N., 2006. Effect of modified atmosphere packaging on structural and physical changes in buffalo meat. **Meat Science** 72 (2): 211-215.
- Silvestre, C., Duraccio, D. and Cimmino, S., 2011. Food packaging based on polymer nanomaterials. **Progress in Polymer Science** 36 (12): 1766-1782.
- Silvis, H. C., 1997. Recent advances in polymers for barrier applications. **Trends in Polymer Science**, 5 (3): 75-79.
- Sivan, A., Szanto, M. and Pavlov, V., 2006. Biofilm development of the polyethylene-degrading bacterium *Rhodococcus ruber*. **Applied Microbiology and Biotechnology** 72 (2): 346-352.
- Skandamis, P. N. and Nychas, G. J. E., 2002. Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. **International Journal of Food Microbiology** 79 (1-2): 35-45.
- Song, N. B., Song, H. Y., Jo, W. S. and Song, K. B., 2013. Physical properties of a composite film containing sunflower seed meal protein and its application in packaging smoked duck meat. **Journal of Food Engineering** 116 (4): 789-795.
- Sung, S. Y., Sin, L. T., Tee, T. T., Bee, S. T., Rahmat, A. R. and Rahman, W., 2014. Control of bacteria growth on ready-to-eat beef loaves by antimicrobial plastic packaging incorporated with garlic oil. **Food Control** 39: 214-221.

- Szabo, E. A. and Cahill, M. E., 1998. The combined affects of modified atmosphere, temperature, nisin and ALTA (TM) 2341 on the growth of *Listeria monocytogenes*. **International Journal of Food Microbiology** 43 (1-2): 21-31.
- Takikawa, A., Abe, K., Yamamoto, M., Ishimaru, S., Yasui, M., Okubo, Y. and Yokoigawa, K., 2002. Antimicrobial activity of Nutmeg against *Escherichia coli* O157. **Journal of Bioscience and Bioengineering** 94 (4): 315-320.
- Tournas, V., Stack, M., Mislivec, P., Koch, H. and Bandler, R., 2001. **Yeasts, molds and mycotoxins**. FDA BAM (Bacteriological Analytical Manual). Chapter 18, USA.
- Trombetta, D., Castelli, F., Sarpietro, M., Venuti, V., Cristani, M., Daniele, C., Saija, A., Mazzanti, G. and Bisignano, G., 2005. Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. **Antimicrob Agents Chemother**, 49 (6): 2474-2478.
- Trumbo, D.L., Giddings, C.L., Wilson, L.R.A., 1995. **J Appl Polym Sci**, 58:69-76.
- Ulubele, A., 2003. Cardioactive and antibacterial terpenoids from some *Salvia* species. **Phytochemistry**, 64(2), 395-9.
- van Schalkwyk, D. L., McMillin, K. W., Booyse, M., Witthuhn, R. C. and Hoffman, L. C., 2011. Physico-chemical, microbiological, textural and sensory attributes of matured game salami produced from springbok (*Antidorcas marsupialis*), gemsbok (*Oryx gazella*), kudu (*Tragelaphus strepsiceros*) and zebra (*Equus burchelli*) harvested in Namibia. **Meat Science** 88 (1): 36-44.
- VIDAS[®], 2010. **Listeria monocytogenes II (LMO2)**. AFNOR BIO-12/11-03/04, REF 30 704, BIOMERIEUX Inc, France.
- VIDAS[®], 2010. **Salmonella (SLM)**, AFNOR BIO-12/16-09/05, REF 30 702, BIOMERIEUX Inc, France.
- Wu, J. G., Wang, P. J. and Chen, S. C., 2010. Antioxidant and antimicrobial effectiveness of catechin-impregnated pva-starch film on red meat. **Journal of Food Quality** 33 (6): 780-801.
- Zakrys-Waliwander, P. I., O'Sullivan, M. G., O'Neill, E. E. and Kerry, J. P., 2012. The effects of high oxygen modified atmosphere packaging on protein oxidation of bovine *M. longissimus dorsi* muscle during chilled storage. **Food Chemistry** 131 (2): 527-532.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-COST (1110333) ve Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (1105 Y 0112) tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK'a bu projeye vermiş olduğu maddi destekten ve yüksek lisans bursundan dolayı çok teşekkür ederim. Bu projede kullanılan nanomalzemelerin üretimini gerçekleştirdiğimiz CNR-ICTP'ye ve projeye katkı sağlayan Dr. Clara Silvestre, Dr. Sossio Cimmino ve Dr. Donatella Duraccio'ya vermiş oldukları her türlü bilimsel ve maddi katkı için minnettarlığımızı sunmak isterim. Çalışmam süresince her türlü desteği sağlayan danışman hocam Doç. Dr. Zehra AYHAN'a, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Bengisu TOPLU, Gülsüm EROL ve Murat ALTAN'a ve tez jürisinde yer almayı kabul eden değerli hocalarım Doç.Dr. Birgül ÖZCAN ve Doç. Dr. Okan Eştürk'e ve çalışmam süresince göstermiş oldukları hoşgörü ve destekleri için aileme teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Antakya'da doğdum. İlköğretimi Antakya Ata Koleji'nde, liseyi Osman Ötken Anadolu Lisesi'nde tamamladım. 2006 yılında girdiğim Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılında mezun oldum. 2006 yılından beri aile şirketinde çeşitli bölümlerde görev aldım. Halen Nalçabasmaz Tarım Ürünleri bünyesinde gıda mühendisi ve yönetici olarak çalışmaktayım.

EK 1

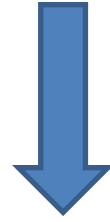
DİLİMLENMIŞ SALAM ÜRETİM AKIŞ ŞEMASI



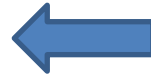
1. Salamların Temin Edilmesi



2. Ambalajların Soyulması



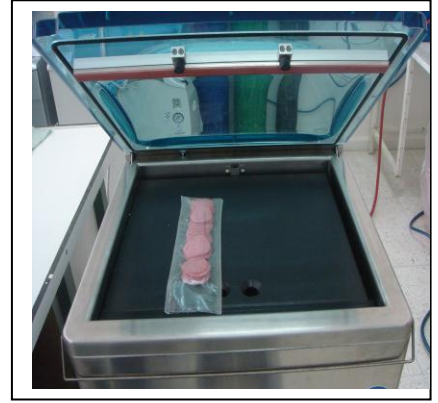
4. Tartım



3. Dilimleme

EK 1 (DEVAMI)

5. Dolum

6. Ambalajlama-
MAP/vakum uygulanması

8. Depolama



7. Etiketleme

EK 2

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 ısıarak 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	321	543	687	499	205	161	873	957	715
	↓				↓				↓									
	Yapışkan				kabul edilebilir				taze									

RENK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	321	543	687	499	205	161	873	957	715
	↓				↓				↓									
	Soluk				kabul edilebilir				pembe/kırmızı									

KOKU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	321	543	687	499	205	161	873	957	715
	↓				↓				↓									
	Güçlü				kabul edilebilir/				kendine									
	kötü koku				hafif kötü koku				has koku									

TEKSTÜR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	321	543	687	499	205	161	873	957	715
	↓				↓				↓									
	Sert/kuru				kabul edilebilir				normal/tipik									
	Doku																	

TAT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	321	543	687	499	205	161	873	957	715
	↓				↓				↓									
	Ransit/bozuk				kabul edilebilir				normal/tipik									
	tat								tat									

GENEL ÜRÜN BEĞENİSİ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	321	543	687	499	205	161	873	957	715
	↓								↓									
	Hiç beğenmedim								çok beğendim									
	☹								☺									

Yorum ve Düşünceler :