

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKMEĞİN RAF ÖMRÜNÜN
OKSİJEN EMİCİLERLE
UZATILMASI**

Selda ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZDEMİR

GEBZE
2004

ÖZET

Bu çalışmada tost ekmeği iki farklı tipte (koekstrüde poliamid/polietilen, etilen vinil alkol kopolimer) ve kalınlıktaki ($\ell_{PA/PE} = 90 \mu\text{m}$ ve $\ell_{EVOH} = 70 \mu\text{m}$) ambalajlar içinde, modifiye atmosfer koşullarında (%30 CO_2 + 70% N_2) veya oksijen emici tabletlerle (Oxycap®) birlikte paketlenmiştir. Tost ekmeğinin raf ömrü üzerinde modifiye atmosferin ve oksijen emici tabletlerin etkisi incelenmiştir. Kontrol olarak düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ambalajlar içerisinde bulunan tost ekmekleri kullanılmıştır.

Tost ekmeklerinin bulunduğu ve oksijen emicilerin eklendiği EVOH ve PA/PE ambalajların, sadece ambalaj içine %30 CO_2 + %70 N_2 verilen ve oksijen emici eklenmeyen EVOH ve PA/PE ambalajların ve LDPE ambalajların ambalaj içi gaz (O_2 ve CO_2) kompozisyonları ölçülmüştür. Bu ambalajlar içindeki tost ekmeği numunelerinin nem, pH, renk ve su aktivite (a_w) değerleri 14 gün boyunca 4 günlük aralıklarla ölçülmüştür. Aynı zamanda 14 gün boyunca örneklerin duyusal analizleri de yapılmıştır.

Yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak analizi sonucunda kullanılan ambalajlardan tost ekmeği için en uygun ambalaj materyalinin kalınlığı $70 \mu\text{m}$ olan EVOH film olduğu ve oksijen emicilerin ekmeğin raf ömrünü uzatmakta etkili olduğu gözlenmiştir. Oksijen emici bulunan ve kalınlığı $70 \mu\text{m}$ olan EVOH ambalaj materyali ile ambalajlanan tost ekmeklerinde 14 gün boyunca küf gelişimi gözlenmemiş ve tost ekmekleri tüketilebilir durumlarını korumuşlardır.

SUMMARY

In this study, the effect of oxygen scavenging sachets, Oxycap®, and modified atmosphere on the shelf life of toasted breads packaged in two different types of packaging materials (co-extruded polyamid/polietilen, PA/PE and copolymer of ethylene vinyl alcohol, EVOH) with different thickness ($\ell_{PA/PE} = 90 \mu\text{m}$ ve $\ell_{EVOH} = 70 \mu\text{m}$) under modified atmosphere conditions (%30 CO₂ + 70% N₂) or packages with Oxycaps® are examined. Toasted breads in low density polyethylene (LDPE) packages were used as the control.

Gas compositions (O₂ and CO₂) in EVOH and PA/PE packages with oxygen absorbers, EVOH and PA/PE packages containing 30% CO₂ + %70 N₂ without oxygen absorbers, and LDPE packages were measured. Humidity, pH, color and water activity values of toasted bread samples in these packages were measured during 14 days of storage. In addition, sensory analysis of toasted bread samples was also made during 14 days of storage.

Statistical analysis showed that the use of oxygen absorbers with EVOH film with a thickness of 70 μm prolonged the shelf life of toasted bread. There was no mold growth during 14 days of storage for toasted breads in EVOH packages with a thickness of 70 μm in presence of an oxygen scavenger. Toasted breads in these packages kept their quality during 14 days of storage.

TEŞEKKÜR

Çalışmada danışmanlığımı üstlenen, çalışma süresince bilgileri ve görüşleriyle yardımcı olan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarının gerçekleşmesinde emeği olan TÜBİTAK- MAM Gıda Bilimi ve Teknolojisi Araştırma Enstitüsü çalışanlarına yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen ve karşılaştığım güçlüklerde bana yol gösteren aileme ve arkadaşım Gökhan BEKTAŞ'a da teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	x
GRAFİKLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
1.1. Hipotez	2
1.2. Amaç	4
2. AKTİF PAKETLEME TEKNOLOJİLERİ	5
2.1. Antimikrobiyal Paketleme	8
2.2. Etilen Tutucular	12
2.3. Karbondioksit Emici ve Salıcılar	13
2.4. Nem Düzenleyiciler	16
2.5. Aroma Emiciler ve Salıcılar	18
2.6. Oksijen Emiciler	20
2.6.1. Oksijenin Gıda Üzerindeki Etkileri	20
2.6.2. Raf Ömrünü Uzatma Paketleme Yöntemleri	22
2.6.3. Oksijen Emicilerin Çeşitleri, Çalışma Mekanizmaları ve Kullanım Alanları	25
2.6.4. Oksijen Emicilerin Fırıncılık Ürünlerindeki Uygulamaları	31
3. MATERYAL ve METOD	33
3.1. Materyal	33
3.1.1. Ekmek	33
3.1.2. Oksijen Emici	33
3.1.3. Ambalaj Materyalleri	33
3.2. Metod	34
3.2.1. Örneklerin Analize Hazırlanması	34
3.2.2. Paket İçi Oksijen ve Karbondioksit Miktarının Ölçümü	34

3.2.3. Kimyasal Analizler	35
3.2.3.1. Nem Miktarının Ölçümü	35
3.2.3.2. pH Ölçümü	35
3.2.4. Renk Ölçümü	35
3.2.5. Su Aktivitesi Ölçümü	36
3.3. Duyusal Analiz	36
3.4. İstatistiksel Analiz	37
4. SONUÇLAR	38
4.1. Paket İçi Oksijen ve Karbondioksit Ölçümünün Değerlendirilmesi	38
4.2. Ekmekte Nem Ölçümünün Değerlendirilmesi	41
4.3. Ekmekte pH Ölçümünün Değerlendirilmesi	44
4.4. Ekmekte Renk Ölçümünün Değerlendirilmesi	48
4.4.1. a Değeri	48
4.4.2. b Değeri	52
4.4.3. L Değeri	56
4.5. Ekmekte Su Aktivitesi Ölçümünün Değerlendirilmesi	59
4.6. Duyusal Analiz Sonuçları	63
4.6.1. Küflenme	63
4.6.2. Ufalanma	64
4.6.3. Yumuşaklık	68
4.6.4. Koku	68
5. TARTIŞMA ve ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil

Sayfa

3.1. Oksijenin gıda üzerindeki olumsuz etkileri

21

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Bazı aktif paketlenme sistemleri	6
2.2. Bazı ticari CO ₂ emici ve salıcı sistemler	16
2.3. Ageless® oksijen emicilerin tipleri, özellikleri ve kullanıldığı gıdalar	27
2.4. Ticari olarak kullanılmakta olan bazı oksijen emici sistemler	28
4.1. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerde ambalaj içi O ₂ miktarının değişimi	38
4.2. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerde ambalaj içi CO ₂ miktarının değişimi	38
4.3. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin nem miktarlarındaki değişim	41
4.4. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin pH değerlerindeki değişim	45
4.5. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin a değerindeki değişim	48
4.6. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin b değerindeki değişimi	52
4.7. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin L değerindeki değişim	56
4.8. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin su aktivitelerindeki (a _w) değişim	60
4.9. Tost ekmeğinde yapılan duyu analizlerin sonuçları	66

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Grafik</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paket içindeki oksijen ve karbondioksit miktarının günlere göre değişimi	39
4.2. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paket içindeki oksijen ve karbondioksit miktarının günlere göre değişimi	40
4.3. LDPE paket içindeki oksijen ve karbondioksit miktarının günlere göre değişimi	41
4.4. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi	42
4.5. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi	42
4.6. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi	43
4.7. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi	44
4.8. LDPE paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi	44
4.9. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi	45
4.10. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi	46
4.11. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi	47
4.12. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi	47
4.13. LDPE paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi	48

4.14. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi	49
4.15. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi	50
4.16. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi	50
4.17. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi	51
4.18. LDPE paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi	52
4.19. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi	53
4.20. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi	53
4.21. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi	54
4.22. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi	55
4.23. LDPE paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi	55
4.24. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi	56
4.25. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi	57
4.26. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi	58
4.27. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi	58
4.28. LDPE paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi	59

4.29. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi	60
4.30. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi	61
4.31. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi	61
4.32. Oksijen emici bulunmayan fakat % 30 CO ₂ + %70 N ₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi	62
4.33. LDPE paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi	63

RESİMLER DİZİNİ

<u>Resim</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Oxycap oksijen emici tablet	33
3.2. L, a ve b değerlerinin üç boyutlu olarak gösterimi	36
4.1. Farklı muhafaza yöntemlerinin 14. gün sonunda tost ekmeği üzerindeki etkileri	67

1. GİRİŞ

Gıdaları ambalajlamanın başlıca amacı gıdayı dış etkilere korumak, gıdanın kaliteli ve güvenli kalmasını sağlamak ve tüketicilere gıda hakkında bilgi vermektir. Ayrıca, günümüzde artan market sayısı ile birlikte alışveriş bireysel hale geldiğinden ve internetten alışveriş gibi yeni eğilimlerden dolayı ambalaj ürünün pazarlanmasında da önemli bir rol oynamaya başlamıştır.

Gıdaları dış etkilere koruma pasif paketlemede paketin bariyer olma özelliği ile sağlanmaktadır. Aktif paketlemede ise, paketin bariyer oluşturmada ötesinde özellikleri vardır. Örneğin, aktif paketleme ile paket içindeki gaz atmosferinin değişimi (oksijen emilimi, karbondioksit salınımı vb.) sağlanabilmekte, paket içi nem oranı düzenlenebilmekte veya pakete antimikrobiyal özellik kazandırılabilir. Aktif bir paket, paketleme materyaline eklenen maddelerle ya da bu maddelerin eklendiği kese, etiket ve tabaka gibi materyallerin paket içine yerleştirilmesiyle oluşturulabilir.

Ekme ve diğer fırıncılık ürünleri gözenekli yapıda olmaları nedeniyle oksijeni yakalamaya eğilimlidirler. Bu sebepten bu ürünlerin paketlerinin içindeki oksijen seviyesini düşürmek zordur. Gözenekler tarafından yakalanan oksijen paketten içeri sızan ya da modifiye atmosferde paketleme sırasında paket içine verilen diğer gazlarla kolayca yer değiştirememektedir. Vakumlama yapılarak pakette kalan oksijen ortamdan uzaklaştırılmasına rağmen bu yöntem paketin çökmesine neden olabilmekte ve ambalaj içerisinde çok az da olsa oksijen kalabilmektedir.

Paket içindeki oksijeni tamamen uzaklaştırarak ürünün raf ömrünü uzatmanın yolu paket içinde oksijen emicilerin kullanılmasıdır. Ekmeğin oksijen emicilerle paketlenerek kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmanın engellenmesi ve raf ömrünün uzatılması konusunda yapılan çalışmalarda çok olumlu sonuçlar alınmıştır.

1.1. Hipotez

Ekmeğin besleyici, doyurucu ve ucuz olması nedeniyle karbonhidrat ve protein kaynağı olarak insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Bu nedenle ekmeğin raf ömrünün uzunluğu büyük önem taşımaktadır.

Bir gıdanın raf ömrü gıdanın mikrobiyal yükü, ışık, sıcaklık, oksijen, karbondioksit, gıdanın pH'sı, su aktivitesi ve nem miktarı gibi çeşitli etkenlere bağlıdır. Bu etkenler diğer gıdalarda olduğu gibi ekmekte de kaliteyi etkilemektedir. Bu etkenlerin fazla miktarda oluşu ekmeğin kalitesinin kötüleşmesine, sonuçta raf ömrünün kısalmasına ve ekonomik kayıpların meydana gelmesine neden olabilmektedir. Bozucu etkenlerin ekmeğin kalitesini düşürmesini engellemek veya yavaşlatmak ve tüketicilere sağlıklı ürün sunmak için ekmek mutlaka ambalajlanmalıdır. 1997 yılındaki Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğinde de ekmeğin ambalajlanarak tüketime sunulması gerektiği bildirilmiştir.

Paketlenmiş ekmekte, paket içi oksijen miktarı mikrobiyolojik ve kimyasal reaksiyonların hızını etkileyen önemli bir faktördür. Ekmekte paket içindeki oksijen yağların oksidasyonuna, enzim aktivitesinin artmasına ve aerobik mikroorganizmaların gelişimine neden olmaktadır. Oksijenin ekmekte oluşturduğu en önemli problem küf üremesine yol açmasıdır. Küflenme yüksek ve orta nemdeki fırıncılık ürünlerindeki en büyük mikrobiyal problemdir ve gelişimi su aktivitesiyle yakından ilgilidir. Küflenme nedeniyle meydana gelen kayıplar mevsime, ürünün tipine ve işleme metoduna bağlı olarak ürünün %1-5'ini oluşturmaktadır.

Oksijenin paket içindeki miktarını azaltarak raf ömrünü uzatmak için uygulanan paketleme yöntemlerinde (modifiye atmosferde paketleme, vakum ambalajlama) başlangıçta tepe boşluğunda bulunan tüm oksijen uzaklaştırılabilse de ürünün gözenekleri arasında kalan oksijen paket içinden uzaklaştırılamamakta, ayrıca az da olsa paketleme materyalinden paket içine oksijen girişi olmaktadır.

Piştirme ile çoğu küf yok edilebilse de paketlenme ve depolama sırasında meydana gelen yüzeysel bulaşma tekrar küf gelişimine neden olabilmektedir.

Oksijenin paket içinden uzaklaştırılması için uygulanan en etkili yöntem oksijen emici sistemlerdir. Oksijen emicilerin, paketlenme materyalinden sızan ve gıda paketinden diğer yöntemlerle uzaklaştırılamayan artık oksijen ile reaksiyona girmeleri sonucu paket içi oksijen miktarı %0.01 ve daha düşük seviyelere düşürülebilmektedir. Sonuçta, paket içi oksijen miktarının %0.01 seviyesinin altına indirilmesiyle paket içindeki küf gelişimi önlenmektedir.

Bu bilgilerin ışığı altında bu çalışmanın hipotezi şudur; oksijen emicilerin kullanımıyla oluşturulan aktif paket ile paket içinde kalan ve paketten içeri giren az miktardaki oksijenin emilmesi yoluyla ekmeğin raf ömrü uzatılabilir.

1.2. Amaç

Bu çalışmanın ana amacı aktif paketlenme teknolojilerinden biri olan oksijen emicilerin tost ekmeğinin paketlenmesinde kullanılarak ekmeğin raf ömrünün uzatılmasındaki etkinliğinin belirlenmesidir. Bu çalışmanın diğer amaçları ise şu şekilde sıralabilir:

1. İki farklı ambalaj materyalinin tost ekmeğinin kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek,
2. Farklı ambalaj içi gaz atmosferi kompozisyonunun tost ekmeğinin kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerine olan etkisini tespit etmek.

2. AKTİF PAKETLEME TEKNOLOJİLERİ

Ambalajın gıdayı korumak, kaliteli ve güvenli oluşunu sağlamak gibi fonksiyonlarını artırmak, gıdanın raf ömrünü uzatmak ve bazı yeni fonksiyonlar eklemek için son yıllarda artan bir uygulama olarak, paketleme materyaline veya paket içine bazı maddeler eklenmektedir. Aktif paketleme teknolojisi bu maddelerin eklenmesiyle yapılan uygulamaları içermektedir.

Oksijen, su buharı ve ışık gıdaların raf ömrünü ve kalitesini etkileyen en önemli dış etkilere sahiptir. Bu etkilerin fazla oluşu gıdada oksidasyona, enzim aktivitesinin artmasına ve mikrobiyal gelişime neden olmaktadır. Oksidasyon ve enzim aktivitesi rengi, aromayı, tadı ve besin değerini değiştirebilirken, mikrobiyal gelişim bu faktörlerin yanında gıdanın insanlarda sağlık problemlerine yol açma riski taşımasına da neden olabilmektedir.

Pasif paketleme gıdaları dış etkilere korumada ve raf ömrünü uzatmakta yetersiz olmaktadır. Aktif paketleme ile hem bu dış etkilere karşı önemli bir koruma sağlanmakta, hem de gıdanın raf ömrünü artırmak için dış etki sonucunda oluşan bozucu reaksiyonlar yavaşlatılmaktadır.

Pasif paketleme ile paketin tepe boşluğundaki gaz içeriğini gıdaya uygun hale getirmek zordur. Aktif paketler ortama gaz ekleyerek veya uzaklaştırarak paketin tepe boşluğundaki gaz bileşimini değiştirebilmektedirler. Böylece istenilen gaz atmosferi oluşturularak, gıdanın kalitesinin daha uzun süre korunabilmesi ve raf ömrünün uzatılabilmesi mümkün olabilmektedir.

Antimikrobiyal paketleme, etilen tutucular, karbondioksit emiciler ve salıcılar, nem düzenleyiciler, antioksidan salıcılar, aroma/koku emiciler ve salıcılar ile oksijen emiciler aktif paketlemenin önemli örneklerindendir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Bazı aktif paketleme sistemleri

Aktif Paketleme Sistemi	Mekanizma	Uygulanabilecek Gıdalar
Oksijen Emiciler	1. Demir bazlı 2. Metal/asit 3. Metal (ör:platinyum) katalizörü 4. Askorbat/metalik tuzlar 5. Enzim bazlı 6. Fotosensitif boya	Ekmek, kek, bisküvi, çay, cips, pizza, tütsülenmiş ve kürlenmiş et ve balık, kurutulmuş gıdalar, kahve, çikolata, baharatlar, toz içecekler, bira, şarap, tahıllar, salam, sosis, makarna, peynir, süt tozu, hazır yemekler, çerez, meyve ve sebzeler, meyve suyu ve şekerlemeler
Karbondioksit Emiciler/Salicılar	1.Demir oksit/kalsiyum hidroksit 2.Demir karbonat/metal halid 3.Kalsiyum oksit/aktif karbon 4.Askorbat/sodyum bikarbonat	Kahve, meyveler, peynir, balık, kümes hayvanları, kek, taze et, çerez
Etilen Emiciler	1.Potasyum permanganat 2.Aktif karbon 3.Aktif kil/zeolit 4.Silika jel/potasyum permanganat 5.Silikon dioksit tozu 6.Ozon 7.Oya taşı tozu	Meyve ve sebzeler
Antimikrobiyal Sistemler	1.Organik asitler ve tuzları 2.Gümüş iyonları 3.Bitki ekstraktları 4.Alkoller 5.Ozon 6.Hidrojen peroksit 7.Sülfür dioksit 8.Antibiyotikler 9.Bakteriyosinler 10.Enzimler 11.Klorin dioksit 12.Fungisitler 13.Triklosan 14.Epoksitler 15.Proteinler	Taze et, balık, peynir, pizza tabanı, kek, bisküvi, ekmek, meyve ve sebzeler

Tablo 2.1 Bazı aktif paketlenme sistemleri

Antioksidan Salıcılar	1.BHA (Bütillenmiş hidroksianizol) 2.BHT (Bütillenmiş hidroksitoluen) 3.Vitamin E 4.Vitamin C (askorbik asit) 5.Potasyum bromat 6.Azodikarbonamid	Tahıllar, meyveler, peynir, taze et, şarap
Aroma ve Koku Emiciler/Salıcılar	1.Selüloz triasetat 2.Asetile edilmiş kağıt 3.Sitrik asit 4.Demir tozu/askorbat 5.Aktif karbon/zeolit	Meyve suyu, cips, kümes hayvanları, süt ürünleri, balık, meyveler, tahıllar, kahve, dondurma
Nem Düzenleyiciler	1.PVA (Poli vinil alkol) pedleri 2.Aktif kil ve mineraller 3.Silika jel 4.Propilen glikol	Ekmek, bisküvi, sandviç, çerez, meyve ve sebzeler, makarna, süt tozu, cips, şeker, baharatlar, taze et, balık, tahıllar, instant kahve, kümes hayvanları, kuru gıdalar, peynir

Aktif paketlenme sistemleri, paket içine eklenebilen kese, etiket ve tabaka şekillerinde olabildikleri gibi paketlenme materyalinin kendisi de aktif bir film olabilmektedir. Günümüzde aktif filmler düşük oksijen ortamı sağlayan oksijen emicileri, bitkileri olgunlaştıran etileni düşük düzeyde tutan etilen emicileri, bitki dokularının solunumunu yavaşlatan karbondioksit salıcıları ve gıda yüzeyindeki mikrobiyal üremeyi engelleyen antimikrobiyal sistemleri içermektedir (Dawson, 2002).

Aktif paketlenme uygulamaları gün geçtikçe gelişmektedir. Oksijen emiciler ve antioksidan salıcı sistemler oksijene duyarlı çoğu üründe raf ömrünü uzatmak için kullanılabilmektedir. Nem tutucular kurutulmuş ve küfe duyarlı gıdalarda geniş çapta kullanılmaktadır. Etilen emicilerin meyve ve sebze sanayiinde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Antimikrobiyal salıcı sistemler fırıncılık ürünleri, peynir ve mikrobiyolojik olarak çabuk bozulabilen diğer ürünlerde kullanılabilmektedir (Floros et al., 1997).

2.1. Antimikrobiyal Paketleme

Gıdalarda istenmeyen mikroorganizmaların kontrolü için uygulanan antimikrobiyal paketlemede antimikrobiyal maddeler direkt olarak gıdaya eklenebildiği gibi bu maddeler bir kese içine yerleştirilip gıda ambalajı içine konulabilmekte, kağıt veya plastik bazlı ambalajlara değişik tekniklerle (ekstrüzyon, lazer, emdirme vb.) de eklenebilmektedir. Ayrıca, son yıllarda gittikçe artan bir uygulama olan yenabilir filmlere de antimikrobiyal maddeler eklenebilmektedir (Özdemir, 1999).

Antimikrobiyal paketlemede kullanılabilecek maddelerden bazıları organik asitler (sorbik asit, benzoik asit, propiyonik asit asetik, asit vb.), organik asitlerin tuzları (potasyum sorbat, sodyum benzoat vb.), enzimler (lizozim, peroksidaz vb.), proteinler (laktoferrin), alkoller (etanol), metal iyonları (gümüş, krom, çinko, bor), bakteriyosinler (nisin, pediosin vb.), klorin dioksit, sülfür dioksit, antibiyotikler, ozon, hidrojen peroksit, fungisitler (benomil, imazalil, EDTA vb.), triklosan, izotiyasiyanatlar ve epoksitlerdir (Bkz. Tablo 2.1).

Nielsen (2000) yaptığı bir çalışmada bazı bitkilerden elde edilen yağların (karanfil, vanilya oleoresinleri, sarımsak ve hardal özü yağı) ve primer alkollerin ekmekte mikroorganizma gelişimini engelleyici etkileri olduğunu ve test edilen alkollerin antimikrobiyal etkilerinin kimyasal yapılarındaki zincirin uzamasıyla arttığını göstermiştir.

İdeal bir antimikrobiyal paketleme materyalinin aktivitesinin geniş spektrumlu, düşük konsantrasyonlarda aktif ve maliyetinin az olması istenir (Brody, 2001a). Antimikrobiyal maddenin seçiminde antimikrobiyal maddenin paketleme materyali ile uyuşması, çözünürlüğü, kokusuz ve renksiz olması ile ekstrüzyon sırasında sıcaklıkla form değiştirip değiştirmemesi önemli rol oynamaktadır (Weng and Hotchkiss, 1993; Han and Floros, 1997). Ayrıca gıdanın pH'sı ile gıdanın işleme ve depolama koşulları da antimikrobiyal maddenin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken diğer faktörlerdir.

Etanol antimikrobiyal aktivitesi iyi bilinen bir gıda koruyucusudur. Ekmek ve diğer fırıncılık ürünlerine etanol spreyinin bu ürünlerde küf üremesini engelleyerek raf ömrünü uzatmada etkili olduğu gösterilmiştir (Seiler and Russell, 1993). Gıdalara etanol spreyleneşmesine alternatif olarak etanol buharı salan keseler geliştirilmiştir. Etanol buharı salan keselerden olan Ethicap® (Freund Industrial Co., Japonya) su buharına geçirgen kese materyali (lamine edilmiş kağıt/etilen vinil asetat) içinde etanol emdirilmiş ince silikon dioksit tozu içermektedir. İnert toz tarafından gıdadan absorbe edilen nemin kese içinde etanol ile reaksiyonu sonucu etanol buharı serbest kalarak paket içinde bulunan mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki göstermektedir.

Etanol buharı salan keselerle fırıncılık ürünlerinin bayatlama ve sertleşmeleri geciktirilerek raf ömürleri 1 hafta ile 6 ay arasında uzatılabilmektedir. Elmalı turtalarla yapılan bir çalışmada Ethicap® kullanılarak maya gelişimi tamamen önlenmiş ve raf ömrü 14 günden 21 güne çıkarılmıştır (Smith et al., 1987). Freund Industrial Co. tarafından üretilen Negamold® kesesi etanol salıcı olmakla birlikte oksijeni de emmektedir. Etanol buharı salan keselerin Japonya’da başta fırıncılık ürünlerinde, deniz mahsüllerinde ve peynirde olmak üzere kullanımı yaygındır (Vermeiren et al., 1999).

Etanol buharı salan sistemlerin avantajları şöyle özetlenebilir (Smith et al., 1987):

1. Etanol buharının paket içindeki etanol üretici keselerden direkt olarak üretilmesi etanolün gıdayla direkt temasını önlemektedir. Böylece paketlemeden önce yapılan etanol spreyleme yöntemine göre gıdaların daha güvenli olması sağlanmaktadır.
2. Etanol salan keselerin kullanımı ile küfleri inhibe etmek için kullanılan sorbat ve benzoat gibi diğer koruyucuların kullanımına gerek kalmamaktadır.
3. Etanol salan keseler fırıncılık ürünlerinin küflenmesini geciktirmeye yardımcı olabilmektedir.
4. Keseler istenildiğinde paketten kolayca uzaklaştırılabilmektedir.

Etanol buharı salan keselerin dezavantajı ise maliyetlerinin fazla olması ve etanol buharının gıda tarafından emilmesidir. Gıda tarafından emilen etanol, gıda

tüketilmeden önce ısıtılarak giderilebilmekle beraber soğuk tüketilen gıdalarda bu sorun giderilememektedir (Vermeiren et al., 1999).

Gümüş, civa, krom, bakır, kalay, çinko, kurşun ve bor iyonları antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bilinen metal iyonlarındandır. Antimikrobiyal etkisi uzun yıllardır bilinen ve en yaygın kullanılan antimikrobiyal metal iyonu gümüş iyonudur (Doğan ve Savaşçı, 2002). Gümüş, aerobik ve anaerobik mikroorganizmalara karşı geniş spektrumlu etkiye sahiptir. Plastik film içine yerleştirilmiş zeolit üzerinde bulunan gümüş iyonlarının kullanımı yaygın olan bir sistem olup, antimikrobiyal etkisi güçlüdür. Zeolite bağlı olarak bulunan gümüş iyonu gıda yüzeyindeki mikroorganizma ile temas ettiğinde mikroorganizmanın metabolik enzimlerinin işleyişini engellemektedir. Gümüş iyonları, taze et ve et ürünleri için emici pedler içine de yerleştirilebilmektedir (Brody, 2001a).

Antimikrobiyal paketlemede kullanılabilecek bir diğer madde bakteriyosinlerdir. Bakteriyosinler hem bakteri gelişimini önleyici hem de bakteri öldürücü etkisi olan bileşiklerdir. Nisin ve pediosin antimikrobiyal paketlemede kullanılmakta olan bakteriyosinlere örnek olarak verilebilir. Nisin, Aplin-Barrett (İngiltere) tarafından Nisaplin® adıyla ticari olarak üretilmektedir ve paketleme filmine eklenerek toz halinde veya kaplama olarak uygulanabilmektedir Karaturptan elde edilen bir ekstrakt olan alilizotiyosiyanat bileşiği hem bakteriyostatik hem de bakteriyosidal özellik göstermektedir. Fakat, alilizotiyosiyanat keskin aroması nedeniyle tercih edilmeyen bir antimikrobiyal maddedir.

Klorin dioksit, klorin içeren bir kimyasalın su buharına maruz kaldığında saldıdığı antimikrobiyal bir gazdır (Brody, 2001a). Reaksiyonun sonucunda açığa çıkan klorid iyonları zararsızdır (Brody, 2001b). Klorin dioksit suda çözünürlüğü yüksek olan güçlü bir oksitleyicidir. Düşük konsantrasyonlarda bile birçok mikroorganizmaya karşı yüksek aktivite göstermektedir. Klorin dioksitin başlıca avantajı gıda ve paket yüzeyiyle direkt temas gerektirmemesidir. Test sonuçları klorin dioksitin yumuşak meyvelerde (çilek, ahududu, vb.) küf oluşumunu yavaşlatıcı etkisi olduğunu göstermiştir. Taze etle yapılan çalışmalarda ise mikrobiyal olarak etkili olduğu, fakat ciddi renk değişikliklerinin meydana geldiği

gözenmiştir (Brody, 2001a). Klorin dioksit özellikle süpermarketlerde taze meyve ve sebzelerin bulunduğu tablalardaki suda bulunan mikroorganizmaların üremesinin kontrolü için kullanılmaktadır (Brody, 2001b). Ayrıca meyve ve sebzeleri temizlemek ve unu beyazlatmak için de kullanılabilir.

Sülfür dioksit bazı işlenmiş gıdalar için kullanılan antimikrobiyal bir maddedir. Ayrıca, bazı meyvelerde (üzüm, kayısı, vb.) küf gelişimini kontrol etmek için de kullanılmaktadır. Gıdada aşırı sülfür dioksit birikimi veya emilimi toksikolojik problemlere neden olabilmektedir. Sülfür dioksitin gıdaya difüzyon oranının bilinmesi sülfür dioksit salan aktif paketlenme sistemlerinin güvenliğinin sağlanmasında oldukça önemlidir (Vermeiren et al., 1999).

Triklosan, difenil eter türevi olup, geniş spektrumlu antimikrobiyal bir maddedir. Ciba Specialty Chemical Products (Switzerland) tarafından Irgasan® DP300 adıyla üretilmektedir. Triklosan, bakteri ile temas ettiğinde hücre duvarını delerek bakteriyi etkisiz hale getirmektedir. Kimyasal olarak tepkimeye girmediğinden mikroorganizmalar tarafından triklosana direnç geliştirilememektedir (Brody, 2001b). Triklosan, Gram negatif ve Gram pozitif bakterilerin büyük kısmı için bakteri gelişimini önleyici ve bakteri öldürücü etkiye sahip olduğundan kişisel bakım ürünlerinde, kozmetiklerde, antimikrobiyal kremlerde, akne tedavisinde, losyonlarda ve el sabunlarında kullanımı gittikçe artmakta olan antimikrobiyal bir maddedir. Ayrıca, plastik ve polimerlere antibakteriyel özellik kazandırmak amacıyla da eklenmektedir.

Antimikrobiyal maddelerin paketlenme materyaline eklenmesiyle oluşturulan aktif antimikrobiyal filmler iki kategoriye ayrılabilir (Hotchkiss, 1995):

- 1.Yüzeyine bağlı antimikrobiyal madde içeren filmler
- 2.Gıda yüzeyine göç edici antimikrobiyal madde içeren filmler

Hem gıda yüzeyine göç eden hem de yüzeye bağlı antimikrobiyal maddeler içeren filmlerin antimikrobiyal aktivite göstermesi için gıda ile paketin yoğun teması gerekmektedir. Bu sebepten antimikrobiyal paketlenme, özellikle vakum paketlenmiş

et, balık, kümes hayvanları ve peynir gibi gıdalarda kullanılmaktadır (Vermeiren et al., 2003).

Han ve Floros (1997) ağırlıkça %1 oranında potasyum sorbat katılan LDPE filmlerin agar plakalar üzerindeki maya gelişimini önemli ölçüde azalttığını göstermişlerdir. Film tipindeki paketleme materyallerinin yanında kağıt bazlı paketleme materyalleri de antimikrobiyal paketlemede kullanılabilir. Yapılan bir araştırmada, antimikrobiyal madde içeren kağıt örneklerinin agar plakalar üzerinde *Staphylococcus aureus* bakterisinin üremesini durdurduğunu göstermiştir (Şahin, 2002). Antimikrobiyal filmlerle paketlenen gıdaların başında et, balık, kümes hayvanları, ekmek, peynir ile meyve ve sebzeler gelmektedir (Labuza and Breene, 1989).

2.2. Etilen Tutucular

Etilen meyve ve sebzelerin gelişimini ve bunun sonucunda raf ömrünü etkileyen bir bitki hormonudur. Etilen birçok meyvenin olgunlaşmasını ve yumuşamasını sağlamakta, meyve ve sebzelerin solunumunu hızlandırmaktadır. Ayrıca etilen, yeşil meyve ve sebzelerde klorofil bozunumunu hızlandırarak sararmaya da yol açmaktadır.

Etilen bazı olumlu etkilerine rağmen (muzun ve limonun sararması) çoğunlukla meyve ve sebzelerin raf ömrü ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Raf ömrünü uzatmak ve kabul edilebilir bir görüntü ve kalite sağlamak için paket içinde etilen birikiminden kaçınılmalıdır (Vermeiren et al., 1999).

Etilen tutucu sistemlerde, etilen tutma yeteneğine sahip kimyasal bir madde olgunlaşan meyve veya sebzeler tarafından üretilen etileni tutmaktadır. Meydana gelen reaksiyon geri dönüşümsüzdür ve üretilen konsantrasyonlardaki etileni ortamdan uzaklaştırmak için, çok az miktarda etilen tutucu madde yeterli olabilmektedir. Etileni asetat ve etanole okside eden, potasyum permanganat bazlı etilen tutucular kullanımı en yaygın olan sistemlerdir (Bkz. Tablo 2.1). Potasyum

permanganatın etilenle reaksiyona girmesi sonucu etilen inaktive olmaktadır. Potasyum permanganat; toksik oluşu nedeniyle gıdayla temas eden paketleme filmlerine eklenememekte, sadece kese tipindeki sistemlerde kullanılabilir. Potasyum permanganat etilene geçirgen keselere yerleştirmek için silika jel, perlit, aktif karbon, diatom toprağı ve alüminyum oksit gibi inorganik maddeler adsorbant olarak kullanılabilir.

Rengo Co. (Japonya) tarafından geliştirilmiş GreenPack® silikaya yerleştirilmiş potasyum permanganat bazlı bir etilen tutucu kesedir. Kese içindeki silika etileni adsorbe etmekte ve potasyum permanganat etileni asetat ve etanole okside etmektedir (Labuza and Breene, 1989).

Metal katalizör olarak, palladyum klorür (PdCl) içeren aktif karbon 20°C sıcaklıkta etilen birikimini önlemede etkili olmuştur. Bu sistem az işlenmiş muz ile kiwide yumuşamayı ve ıspanakta klorofil bozunumunu azaltmıştır (Abe and Watada, 1991).

Paketleme materyalline zeolit, kil ve oya mineralleri eklenerek de etilen tutucu özellik kazandırılabilir, fakat bu sistem filmin geçirgenliğini değiştirmektedir. Bu sistemlerde etilen ve CO_2 daha hızlı difüze olmakta ve O_2 filminden daha kolay ambalaj içine girmektedir. Ayrıca, bu mineraller filme eklendiklerinde absorblama kapasiteleri kaybolabilmektedir (Vermeiren et al., 1999).

2.3. Karbondioksit Emici ve Salıcılar

Karbondioksit bazı gıdalarda bozulma ve solunum reaksiyonları sonucu açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu karbondioksit gıdanın bozulmasını ve/veya paketin patlamasını önlemek amacıyla ortamdan uzaklaştırılmalıdır (Floros et al., 1997).

Sodyum bikarbonat, zeolit ve aktif karbon ile demir karbonat CO₂ emici ve salıcı sistemlerde kullanılmakta olan bazı maddelerdir (Bkz. Tablo 2.1). Yapılan bir çalışmada Na₂CO₃ bazlı CO₂ emicilerin (kese, film ve zeolite eklenmiş biçimlerde kimchi (fermente edilmiş bir sebze yemeği) paketlerindeki karbondioksiti emme potansiyellerinin yüksek olduğu gösterilmiştir (Shin et al., 2002). Yine kimchi paketlerinde zeolit ve aktif karbon ile yapılan diğer bir çalışmada ise zeolitin CO₂ emme kapasitesinin aktif karbona göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Lee et al., 2001).

Kahve kavrulduğunda şekerler ve aminler arasındaki reaksiyon sonucu 15 atm basınca kadar çözünmüş CO₂ açığa çıkabilmektedir. Paket içinde açığa çıkan bu CO₂ gazı paketin patlatmasına neden olabilmektedir. Böyle bir durumda kahve paketine yerleştirilen bir CO₂ emici, paketin patlamasını önleyebilmektedir.

O₂ ve CO₂ emici keseler (FreshLock®, Ageless E®) oksidadif aroma değişimini önlemek ve uzaklaştırılmazsa paketin patlamasına neden olabilecek CO₂ gazının emilimini sağlamak için kullanılmaktadır (Smith et al., 1995a). FreshLock'un® aktif kısmı olan Ca(OH)₂ yeterince yüksek nemde CO₂ ile reaksiyona girmekte ve CaCO₃ üretmektedir (Parry , 1993).

Yüksek CO₂ ve düşük O₂ düzeyi taze meyve ve sebzelerde anaerobik solunuma sebep olmakta ve çürümeyi hızlandırabilmektedir. EMCO paketleme sistemleri (İngiltere) tarafından üretilen ATCO® keseleri kombine edilmiş oksijen salıcı ve karbondioksit emicilerdir. Bu kombine sistem paket içinde ürünün solunumu sonucu gaz atmosferinin değişimini önlemek için geliştirilmiştir.

Natural Pak Systems (A.B.D.) tarafından üretilen “Natural Pak Purifier” Ca(OH)₂ ve CaCl₂ içeren, CO₂ ve su buharını emen bir sistemdir. Oksijene geçirgenliği yüksek bir filmle ambalajlanmış, taze meyve ve sebze paketlerine eklendiklerinde bu sistemler, ürünün solunumu sonucu ortama verilen CO₂ ve su buharını emebilmektedirler.

Yüksek CO₂ seviyesi olumsuz etkileriyle beraber, yüzeysel mikroorganizma gelişimini önleyerek raf ömrünü arttırdığı için taze ve işlenmiş et, kümes hayvanları, balık ve peynir gibi gıdalarda tercih edilmektedir (Labuza,1996). Bu gıdaların bulunduğu paketlerde yüksek CO₂ düzeyi modifiye atmosferde paketlenme ile de sağlanabilmesine rağmen, plastik filmin karbondioksit geçirgenliği oksijene geçirgenliğinden daha fazla olduğundan, CO₂ ambalaj dışına çıkabilmektedir. Bunun için bu tip uygulamalarda istenen gaz atmosferini sağlamak için ambalaj içinde karbondioksitin etkin olarak üretimine ihtiyaç duyulabilmektedir. Demir karbonatın kullanıldığı CO₂ salıcı sistemlerde, nemli ortamda O₂ ile reaksiyon sonucu CO₂ üretilmektedir.

Oksijenin paketten O₂ emicilerle uzaklaştırılması sonucu pakette kısmi vakum oluşumu ve bunun sonucunda da şekil bozukluğu meydana gelebilmektedir. Ayrıca paket, CO₂ içeren bir gaz karışımı ile doldurulursa CO₂ üründe kısmen çözünerek kısmi vakum yaratmaktadır (Vermeiren et al., 1999). O₂ emici ve CO₂ salıcı özellikte olan keseler kullanılarak gıda paketlerinde meydana gelebilecek şekil bozuklukları önlenabilmektedir. Bu sistemler genelde demir karbonat veya askorbik asit ve sodyum bikarbonatın karışımından oluşmaktadırlar (Rooney, 1995). Bu sistemler paket hacminin ve görünümünün kritik olduğu fıstık ve patates cipsi gibi ürünlerde kullanılmaktadır (Smith et al., 1995a). Tablo 2.2’de oksijeni emme kapasitesine sahip bazı ticari CO₂ emici ve salıcılar gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Bazı ticari CO₂ emici ve salıcı sistemler (Smith et al.,1995)

Ticari isim	Şirket	Kullanılan madde ve çalışma şekli
Freshlock® Ageless® E	Mitsubishi Gas Chemical (Japonya)	CO ₂ emilimi (CaOH) ₂ / O ₂ emilimi (demir tozu)
Ageless® G	Mitsubishi Gas Chemical (Japonya)	CO ₂ üretimi (askorbik asit)/ O ₂ emilimi
Freshlizer® CV	Toppan Printing Co. (Japonya)	CO ₂ ve O ₂ emilimi (demir olmayan metal)
Freshlizer® C ve CW	Toppan Printing Co. (Japonya)	CO ₂ üretimi/O ₂ emilimi
Freshpax® M	Multisorb Technologies (A.B.D)	CO ₂ üretimi/O ₂ emilimi
Verifrais®	S.A.R.L. Codimer (Fransa)	CO ₂ üretimi
Vitalon® G	Toagosei Chem. Ind. Co. (Japonya)	CO ₂ üretimi/O ₂ emilimi

2.4. Nem Düzenleyiciler

Gıda paketlerindeki nem mikroorganizmaların gelişimini kolaylaştırmaktadır. Bu nedenle nemden kolay etkilenen gıdaların, neme karşı bariyer olma özelliği fazla olan paketleme materyalleri ile paketlenmeleri gerekir.

Paket içinde bulunan nem ortamdan uzaklaştırılmadığında, ürün tarafından emilmekte veya paket içinde yoğunlaşmaktadır. Nemin gıda tarafından emilmesi bisküvi ve kraker gibi kuru ürünlerin yumuşamasına, hazır kahve ve süt tozu gibi gıdaların topaklanmasına, tatlı ve şekerleme gibi higroskopik (havadan nem alan) ürünlerin nemlenmesine neden olmaktadır. Yoğunlaşma sonucunda ise ıslanan üründen suya karışan bileşenler küf gelişimine neden olmakta ve sonuçta gıdanın raf ömrü kısalmaktadır.

Diğer yandan paket içindeki nemin paketleme materyalinden aşırı miktarda buharlaşması ürünün kurumasına neden olmaktadır. Paket içindeki gıdada nemin olumsuz etkilerini önlemek ve paket içinde istenen orandaki nemliliği sağlamak için uygun su buharı geçirgenliğini sağlayan filmler, nem tutucu veya nem kontrol edici kese veya pedler kullanabilmektedir (Vermeiren et al., 1999).

Nem tutucular birçok gıda için kullanılan bir aktif paketleme çeşididir (Bkz. Tablo 2.1). Et, peynir, cips, bisküvi, şeker, süttozu, instant kahve ve baharatlar nem tutucuların kullanıldığı başlıca gıdalar arasında yer almaktadır. Nem düzenleyici sistemler gıda sanayiinin yanında elektronik ve ilaç sanayinde de kullanılmaktadırlar.

Nem kontrolünün ana amacı düşük su aktivitesi sağlayarak mayaların, küflerin ve bozucu bakterilerin özellikle hazır yemekler gibi su aktivitesi yüksek gıdalarda, gelişimlerini azaltmaktır (Vermeiren et al., 1999). 20°C sıcaklıkta muhafaza edilen paketlenmiş domatesin raf ömrü NaCl içeren keselerin kullanılmasıyla yüzeysel küf gelişimi geciktirilerek 5 günden 17 güne kadar uzatılmıştır (Shirazi and Cameron, 1992). Donmuş ürünlerden (balık, et, tavuk vb.) suyun, etten kan veya doku sıvılarının uzaklaştırılmasında da nem tutuculardan yararlanılmaktadır. Bu uygulama paketin görünümünün iyileştirilmesinde de önemlidir. Taze meyve ve sebzelerde solunum sonucu meydana gelen yoğunlaşmanın önlenmesi için de nem düzenleyici sistemlerden yararlanılmaktadır.

Damla emici tabakalar et, balık, kümes hayvanları ile meyve ve sebzeler gibi yüksek su aktiviteli gıdalarda sıvı haldeki suyun kontrolünü sağlamaktadır. Bu tabakalar temel olarak üç katmandan oluşmakta, ortada süperemici bir polimer katmanı bulunmaktadır. Suyu emmek için tercih edilen polimerler poliakrilat tuzları ve nişastanın graft (aşı) kopolimerleridir (Rooney, 1995).

Nem emici keseler ve yüksek su buharı geçirgenliğine sahip filmlerin iki tabakası arasına eklenen nem tutucu maddeler gıda paketlerinde bulunan buhar halindeki nemi emmek için kullanılabilir. Pichit™ (Showa Denko, Japonya) iki polivinil tabakası ve bunların arasında bulunan nem tutucu propilen glikol tabakasından oluşan bir film (Labuza and Breene, 1989). Pichit™ paketlenmiş et ve balıkta su aktivitesini azaltmak için kullanılmaktadır (Vermeiren et al., 1999).

Kuru gıdalarda nem kontrolü amacıyla genellikle silika jel, CaO ve doğal kil (Montmorillonit vb.) gibi nem tutucular Tyvek™ keselere eklenerek kullanılmaktadır (Day, 1998). Minipax® ve Strippax® keseleri ile Desimax® nem

emici etiketi (United Desiccants, A.B.D) ve Desipak®, Sorb-it®, Tri-sorb® ile 2-in-1™ (Multisorb Technologies, A.B.D) keseleri bu maddeleri içeren nem düzenleyicilere örnek olarak verilebilir (Vermeiren, 1999). Nem düzenleyici sistemlerde kullanılan silica jel toksik olmayışı ve paslanmayışı nedeniyle en geniş kullanıma sahip nem tutucudur. Diğer bir nem düzenleyici madde olan aktifleştirilmiş kil (Montmorillonit) ekonomik, doğal olarak oluşan ve zararlı olmayan bir maddedir. Tablo 2.1’de bazı nem düzenleyici maddeler gösterilmiştir.

Nem tutucu sistemler genelde tablet halindedir fakat son yıllarda aktif nem tutucu plastik bazlı esnek filmler de geliştirilmiştir. Bu sistemlerde nem tutucu tabaka ekstrüzyon tekniği veya laminasyonla esas ambalaj materyaline yapıştırılmaktadır (Özdemir, 2002).

2.5. Aroma Emiciler ve Salıcılar

Aroma sorpsiyonu (gıda aromalarının başka gıda maddeleri veya paketlenme materyalleri tarafından emilmesi) gıdada aroma ve tat yoğunluğunun azalmasına ve gıdanın duyuşal özelliklerinde değişime neden olabilmektedir (Nielsen, 1997). Aroma sorpsiyonu ürünün ambalajlanmasından önce, ambalajlanması sırasında veya ambalajlanmış ürünün depolanması sırasında gerçekleşebilmektedir.

Gıdadan kaçan aroma paketlenme materyaline aroma eklenmesi ile geri kazanılabilmektedir. Bu yolla istenen aromalar gıdaya verilebilmekte ve hoş aroma yoğunlaştırılarak ürünün kalitesi geliştirilebilmektedir. Aroma sorpsiyonu gıda kalitesini bozabildiği gibi seçici olarak istenmeyen koku veya aromayı emmek gibi yararlı olarak da kullanılabilmektedir (Vermeiren et al., 1999). Tablo 2.1’de bazı aroma emici/salıcı sistemler gösterilmiştir.

Gıdalarda protein yıkımı ve oksidasyon sonucu oluşan aminler ve aldehitler aroma bozulmasının başlıca sebepleridir. Balık etinde protein yıkımı sonucu oluşan kötü kokulu aminler güçlü alkalik bileşikler içermektedirler (Rooney, 1995).

Aldehitler ise yağların otooksidasyonu sonucu oluşmakta ve yağ içeren gıdaların kalitesini düşürmektedirler.

Anico torbaları (ANICO Co., Japonya) aminlerin oluşturduğu kötü kokuyu önlemekte kullanılmaktadır. Bu torbalar demir tozu ile amin veya diğer oksitlenebilir koku oluşturan bileşikler polimer tarafından emildiğinde, bu bileşikler oksitleyen bir organik asit (ör: sitrik asit veya askorbik asit) içeren bir filmde yapılmıştır (Rooney, 1995).

Naringin turuncgillerin çoğunda bulunan acı bir bileşiktir. Limonin ise greyfurt suyunun ısıtılma işleminden geçirilmesi sonucu şekillenmektedir. Selüloz asetat filmlerinin içerdiği naringinaz enzimi naringini acı olmayan naringinin ve prünine ayırmaktadır. Greyfurt suyunda meydana gelen acılaşıma probleminin plastik şişe için ince selüloz asetat filmle kaplanmasıyla azaltılabileceği gösterilmiştir (Soares and Hotchkiss, 1998a,b). Bu filmler aynı zamanda limonini de emerek greyfurt suundaki acılaşımayı azaltmaktadırlar.

Minipax® ve Strippax® (Multisorb Technologies, A.B.D) gibi ticari koku emici keseler, bazı paketlenmiş gıdalarda dağıtım sırasında merkaptan ve H₂S oluşumu sonucu ortaya çıkan kokuyu emmektedirler. 2-in-1™ (United Desiccants, A.B.D.) paketlenmiş gıdalarda nemi, gazı ve kokuyu kontrol etmek için kullanılan, paketlenmiş silika jel ve aktif karbon kombinasyonudur (Vermeiren et al., 1999).

Aroma emici ve salıcı sistemlerin olumsuz yanı bozuk gıdalarda mikrobiyal kokuyu engellemeleridir. Bu durum sağlık için tehlikeli olabilecek bir ürünün tüketimine yol açabilmektedir.

2.6. Oksijen Emiciler

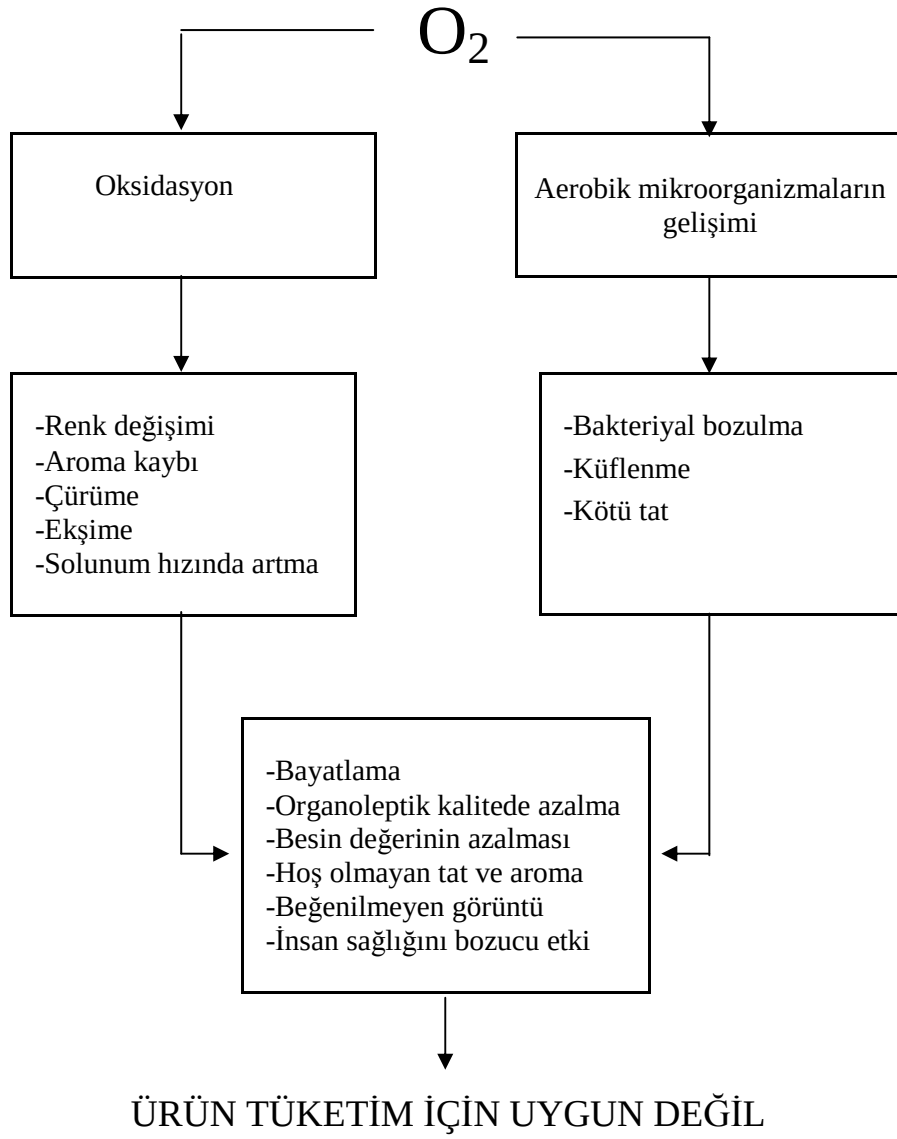
2.6.1. Oksijenin Gıda Üzerindeki Etkileri

Oksijen, oksidasyona neden olma ve küf gibi aerobik mikroorganizmaların gelişimine yardımcı olma yoluyla, gıdalarda bozulmaya neden olan önemli faktörlerden biridir. Şekil 2.1’de gıdada oksijen etkisiyle meydana gelen bozulma olayları özetlenmiştir.

Gıda maddelerine fiziksel olarak bağlanan ve çeşitli reaksiyonlara neden olan su buharının aksine oksijen, gıdalarda kimyasal tepkimelere yol açmakta ve geri dönüşümsüz değişikliklere neden olmaktadır. Tüm yaşamsal yağ asitleri, A, C ve E vitaminleri, arginin, histidin, lisin ve methionin gibi bazı amino asitler, renk maddeleri ve gıda aroma maddeleriyle, özellikle eterik yağlar oksijene duyarlıdır (Üçüncü, 2000)

Oksijenin varlığında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar ve mikrobiyal aktivite gıdanın bayatlamasına, tadının, aromasının ve renginin değişmesine, besin değerinin azalmasına neden olabilmektedir. Oksijenin yağ ve aromayı okside etmesi sonucu oluşan ürünler gıdanın tat ve kokusunu bozarken, insan sağlığını da olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Vitamin ve aminoasitlerin oksidasyonu sonucu gıdanın besin değeri azalmakta ve renk maddelerinin okside olması gıdada renk değişimlerine yol açmaktadır. Oksijenin neden olduğu enzimatik ve enzimatik olmayan renk değişimleri ambalajın tepe boşluğundaki oksijen miktarı arttıkça hızlanmaktadır.

Ambalajda bulunan oksijen, ister ambalajın tepe boşluğunda, ister toz gıdaların boşluklarında veya çözünmüş durumda bulunsun, üründe tolere edilemeyecek kalite azalmalarının başlayabilmesi için yeterli olabilmektedir. Özellikle sıvılar, gerekli önlemler alınmadığında, dolum aşamasında oksijen ile doyabilmektedirler (Üçüncü, 2000).



Şekil 2.1. Oksijenin gıda üzerindeki olumsuz etkileri

2.6.2. Raf Ömrünü Uzatan Paketleme Yöntemleri

Gıdada meydana gelen oksijen kaynaklı kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalar, paketteki oksijen miktarının azaltılmasıyla önlenebilmekte ve bu şekilde gıdanın raf ömrü uzatılabilmektedir.

Paket içinde oksijensiz bir ortam oluşturarak veya oksijen miktarını sınırlayarak raf ömrünün uzamasını sağlayabilecek birkaç farklı yöntem vardır. Bunlar:

1. Vakum paketleme
2. Modifiye atmosferde paketleme (MAP)
3. Kontrollü atmosferde depolama (CA)
4. Azot ile ambalajlama
5. Antioksidan salıcıların kullanılması
6. Oksijen emicilerin kullanılması

Bu tekniklerin uygulanmasıyla paket içindeki oksijen konsantrasyonu düşürülerek, mikroorganizmaların metabolizmaları yavaşlatılıp, gelişimleri ve gıdada oluşturabilecekleri mikrobiyolojik bozulmalar engellenebilmekte, meyve ve sebze gibi ürünlerin solunum hızı düşürülebilmekte, enzimatik ve oksidatif bozulmalar azaltılabilmekte ve böylece gıdanın raf ömrü uzatılabilmektedir.

Vakum ambalajlamada paket içindeki hava ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Taze ette ve kümes hayvanlarında vakum ambalajlamanın uygulanmasıyla ürünün daha uzun raf ömrüne sahip olması sağlanabilmektedir. Fakat vakum ambalajlama taze ette sıvı çıkışını arttırabilmekte, ayrıca pH ile su aktivitesi gibi diğer faktörlere de bağlı olarak anaerobik ve fakültatif mikroorganizmaların gelişmesine de neden olabilmektedir.

Modifiye atmosferde paketlemede ve kontrollü atmosferde depolamada paket içindeki oksijen ortamdan uzaklaştırılıp yerine istenilen gaz veya gaz karışımları eklenmektedir. Kontrollü atmosferde depolamada modifiye atmosferde paketlemeden

farklı olarak ortamdaki gaz atmosfer kompozisyonu sürekli kontrol edilerek gazların konsantrasyonları sabit tutulmaktadır.

Peynir CO₂ veya CO₂ + N₂ karışımıyla ambalajlandığında raf ömrü 10°C sıcaklıkta 8 haftadan fazla olabilmektedir. Süt tozu gibi kurutulmuş süt ürünleri %80 N₂ + %20 CO₂ gaz karışımı ile 1 yıla kadar depolanabilmektedir.

Fırıncılık ürünlerine yapılan MAP uygulamalarında ise istenilen sonuç elde edilememiştir. Özellikle CO₂ ve N₂ gazı uygulamasından önce paket içi havası tamamen boşaltılamamış ise, ambalajın tepe boşluğunda veya gıdanın gözenekleri içerisinde kalan oksijen küf gelişimine neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar CO₂/N₂ (3:2) atmosferinde, küf gelişimi için gerekli minimum O₂ gereksiniminin %0.4 olduğunu göstermiştir (Üçüncü, 2000). Bu nedenle küflenmenin tamamen önlenmesi için, oksijen emiciler veya antioksidan salıcılar gibi paket içindeki oksijeni tamamen ortadan kaldıracak veya oldukça düşük düzeye indirebilecek bazı ek önlemlere gerek duyulmaktadır.

Paket içi oksijen konsantrasyonunu azaltmanın diğer bir yolu aktif paketleme teknolojilerinden olan antioksidan salıcı keselerin kullanılmasıdır (Bkz. Tablo 2.1). Antioksidanlar yağ oksidasyonunu önlemek, kurutulmuş ve oksijene duyarlı gıdaların raf ömrünü arttırmak için gıda katkısı olarak kullanılmaktadırlar. Ayrıca polimerlerin kararlı olmalarını sağlamak için plastik filmlere de eklenebilmektedirler (Vermeiren et al., 1999). Gıdalarda kullanılacak antioksidan maddenin toksik olmama, az uçucu olma, kötü koku ve renk vermeme, polimere eklenecek olanlarda polimerin işleme sıcaklığında bozulmama, etkinliğini yitirmeme ve plastiklerle uyumlu olma gibi özelliklere sahip olması istenmektedir (Üçüncü, 2000).

Paketleme materyaline %1 oranında bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) eklenmesinin taze etteki pigmentlerin oksidasyonunu önlemede ve etin renginin korunmasında etkili olduğu gösterilmiştir (Dawson, 2002). Fazla miktarda (%0.32) BHT emdirilmiş yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ile paketlenmiş yulaf gevreğinin raf ömrünün, az miktarda (%0.022) BHT emdirilmiş HDPE ile paketlenenlere göre daha

fazla olduğu tespit edilmiştir. Fazla miktarda BHT içeren filmle paketlenen yulaf gevreğinde daha az oksidasyon meydana gelmiştir (Vermeiren et al., 1999).

Yapılan araştırmalarda polimerik filmdeki antioksidan konsantrasyonun oksidasyon ve film yüzeyinden buharlaşma sonucu ve depolama sırasında azaldığı görülmüştür (Miltz et al., 1988). BHT emdirilmiş HDPE ile paketlenmiş yulaf gevreğinde 1 hafta sonunda BHT'nin sadece %55'inin pakette kaldığı, altı hafta sonra ise HDPE filmde hiç BHT kalmazken BHT'nin %19'unun yulaf gevreğinde olduğu tespit edilmiştir (Vermeiren et al., 1999; Dawson, 2002). BHT'nin paket dışına olan büyük orandaki göçü antioksidana geçirgenliği az olan ilave bir tabaka ile önlenebilmektedir (Miltz et al., 1988).

BHT insanda yağ dokusunda birikmeye eğilimli olduğundan, BHT tüketiminin insan üzerindeki fizyolojik etkileri hakkında bazı endişeler vardır. Bu nedenle doğal olmayan antioksidanlar yerine doğal ve zararsız antioksidanların kullanılması tavsiye edilmektedir (Wessling et al., 1998).

Son zamanlarda polimer filmlere antioksidatif etkileri olan E ve C vitaminleri eklenmesi önerilmiştir. E vitaminin işleme şartlarında kararlı olduğu ve poliolefinlerde çok iyi çözündüğü gösterilmiştir. Bununla birlikte E vitamini daha büyük bir molekül olduğundan düşük yoğunluklu polietilende (LDPE) BHT'ya göre daha az hareketlidir (Vermeiren et al., 1999). Potasyum bromat, askorbik asit (C vitamini) ve azodikarbonamid fırıncılık ürünlerinde sıklıkla kullanılan antioksidanlardır.

Antioksidan salıcı keselerle ve gıdaya direkt olarak eklenen antioksidanlarla paketin tepe boşluğunda ve gıdanın gözeneklerinde bulunan oksijen miktarı azaltılabilmektedir. Fakat, gıdalarda katkı maddelerinin kullanılması tüketiciler tarafından fazla istenilen bir durum değildir.

Diğer bir aktif paketleme tipi olan oksijen emicilerle paket içindeki artık oksijen ortamdan uzaklaştırılarak oksijene duyarlı gıdalarda kalite değişimi

önlenebilmekte ve raf ömrü arttırılabilmektedir. Gıda katkılarının aksine oksijen emiciler gıdayı değiştirmeden oksijen kaynaklı bozulmaları önleyebilmektedirler (Brody, 2001a).

2.6.3. Oksijen Emicilerin Çeşitleri, Çalışma Mekanizmaları ve Kullanım Alanları

Son yıllarda kullanımları artmakta olan oksijen emicilerin ortaya çıkışı gıda sanayiinde yeni bir dönem açmıştır. Oksijen emiciler, paket içi oksijen seviyesini düşüren diğer tekniklere göre daha etkili ve güvenli sistemlerdir. Ürün O₂ emici ile paketlenildikten birkaç saat sonra emme süreci tamamlanmakta ve paket içindeki oksijen seviyesi %0.01'den daha az seviyeye düşürülebilmektedir. MAP uygulamasında ise sağlanan en düşük oksijen konsantrasyonu %0.3'dür.

Oksijen emiciler paketin tepe boşluğundaki ve paketten içeri giren oksijeni emerek bakteri ve küf gelişimini önledikleri gibi ürünün aromasını, kokusunu ve rengini etkileyen oksidasyonu da engellemektedirler. Farklı gıdalar (donmuş, soğutulmuş veya uzun süre depolanacak) için emilmesi gereken oksijen miktarı da farklılık göstermektedir.

Oksijen emici sistemlerde demir tozu oksidasyonu, askorbik asit oksidasyonu, fotosensitif boya oksidasyonu ve enzimatik oksidasyon (glukoz ve alkol oksidaz) gibi teknikler tek başına veya beraber kullanılmaktadır (Bkz. Tablo 2.1). Ticari olarak kullanılan oksijen emici sistemlerin çalışma prensibi çoğunlukla demirin oksidasyonuna dayanmaktadır (Smith et al., 1990).

Demir bazlı oksijen emicilerin içerdikleri demir tozu oksijenle kimyasal reaksiyona girerek demir okside dönüşmektedir. Demir bazlı oksijen emicilerde oksijen emme oranının sıcaklık ve nem artışıyla birlikte arttığı belirlenmiştir (Farkas and Floros, 2003).

Demir bazlı oksijen emiciler nem oranı yüksek, orta ve düşük seviyedeki gıdalar ve yağ içeren gıdalar gibi pek çok gıda için kullanılabilir (Smith et al., 1995b). Ayrıca, demir bazlı oksijen emici sistemler soğuk depolama koşullarında çalışabilmekte ve mikrodalga fırında ısıtılan gıdalarda da kullanılabilirler (Özdemir, 1999).

Mitsubishi Gas Chemical Co. (Japonya) tarafından üretilen Ageless®, demir bazlı oksijen emici keselerin öncüsü olarak kabul edilmektedir (Brody, 2001a). Ageless'in ana bileşenleri demir tozu ve/veya C vitaminidir. Bu keselerin içerdiği demirin 1 gramı 300 cm³ O₂ ile reaksiyona girmektedir (Labuza, 1987).

Toksik olmayan Ageless'in LD₅₀ değeri 16 g/kg'dan fazladır. Yeni geliştirilen kart, paket ve etiket tipinde olabilen Ageless® demir bazlı olup, suya bağlı olarak çalışmaktadır. Demir tozu reçineye eklendiğinden, kesildiklerinde dahi içerdikleri demir tozları dağılmamaktadır. Tablo 2.3'de Ageless® oksijen emicilerin tipleri, özellikleri ve kullanıldıkları gıdalar verilmiştir.

ATCO® (Standa Industrie, Fransa), Freshilizer® serisi (Toppan Printing Co., Japonya), Vitalon® (Toagosei Chem. Industry Co., Japonya), Sanso-cut® (Finetec Co., Japonya) ve Freshpax® (Multisorb Technologies Inc., A.B.D.) diğer demir bazlı oksijen emicilerdir (Vermeiren et al., 1999). Tablo 2.4'de ticari olarak kullanılmakta olan bazı oksijen emici sistemlerin çalışma mekanizmaları ve tipleri gösterilmiştir.

*LD₅₀: Gıda maddelerinin güvenilirliğini belirlemede yapılan toksisite denemelerinde, deneme yapılan hayvanların yarısının ölümüne neden olan doz, lethal doz.

Tablo 2.3. Ageless® oksijen emicinin tipleri, özellikleri ve kullanıldığı gıdalar

ÖZELLİKLER				BAŞLICA KULLANIM	
Demir bazlı olan	Suya bağımlı	Oksijen absorpsiyonu yalnızca yüksek sıcaklıkta ve nemli ortamda başlar		FX	Pirinç kekleri, meyveli tatlılar, çiğ şehriyeler, soya fasulyesi hamuru, ekmek parçaları, fermente edilmiş soya fasulyesi, vb.
				FX-L	Gözleme, çerezler, kırmızı et, sosis, tavuk eti parçaları, pizza, ayıklanmış sebzeler, çiftlik balıkları, hayvan yemleri, vb.
				FJ	Salam, şekerleme ve Kurabiyeler
				FM	Pişmiş pirinç, fırında patates
	Kendi kendine tepkiyen	Hızlı Davranan Tip	Çabuk bozulan gıdalar için uygun	SA	Meyveli tatlılar, gözlemeler, kekler, pizza, vb.
				SS	Dilimlenmiş çiğ balık, havyar, vb.
				S	Çiğ ve/veya taze kekler
		Düzenli Davranan Tip	Düşük ya da orta seviyede su içeren gıdalar için uygun	Z	Pirinç kekleri, pirinç, fındık, ceviz, tahıl ve kurutulmuş sardalya
				Z-PT	Kekler, salam, biftek, hayvan yemleri, vb.
				Z-PU	Tangle (yosun) rendesi
				Z-PK	Çay, kahve, fındık, ceviz, kurutulmuş sebzeler, baharatlar, yosun ve eczacılık ürünleri
				ZJ-PT ZJ-PK	Kekler, kurabiyeler, poşet çaylar
		Kahve	O ₂ ve CO ₂ eş zamanlı emilir	E	Kahve
Demir bazlı olmayan	Kendi kendine tepkiyen	Ana bileşenler organik	Oksijen Emici Tip	GL	Kırmızı et, sosis, tavuk eti
			Çok Fonksiyonlu Tip	G	Pirinç kekleri, fındık, ceviz, kurutulmuş balık, vb.

Tablo 2.4. Ticari olarak kullanılmakta olan bazı oksijen emici sistemler

Üretici firma	Ülke	Ticari isim	Emici mekanizma	Tipi
Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd.	Japonya	Ageless	Demir bazlı	Kese ve etiket
Toppan Printing Co. Ltd.	Japonya	Freshlizer	Demir bazlı	Kese
Toagosei Chem. Industry Co. Ltd.	Japonya	Vitalon	Demir bazlı	Kese
Nippon Soda Co. Ltd.	Japonya	Seaqul	Demir bazlı	Kese
Finetec Co. Ltd.	Japonya	Sanso-Cut	Demir bazlı	Kese
Toyo Seikan Kaisha Ltd.	Japonya	Oxyguard	Demir bazlı	Plastik tabla
Multisorb Technologies Inc.	USA	FreshMax	Demir bazlı	Etiket
		FreshPax	Demir bazlı	Etiket
		Fresh Pack	Demir bazlı	Etiket
BP Amoco Chemicals	USA	Amosorb	PET kopolyester	Plastik film
Chevron Chemicals	USA	Uygulamada değil	Benzil akrilat	Plastik film
W.R. Grace C. Ltd.	USA	PureSeal	Askorbat/metalik tuzlar	Şişe kapağı
CSIRO/Southcorp Packaging	Avustralya	Zero2	Foto sensitif boya/organik bileşik	Plastik film
CMB Technologies	Fransa	Oxbar	Kobalt katalizörü	Plastik şişe
Standa Industrie	Fransa	Atco	Demir bazlı	Kese
		Oxycap	Demir bazlı	Tablet, şişe kapağı
Amberly Adhesive Labels Ltd.	UK	Atco	Demir bazlı	Etiket
Johnson Mattley Plc.	UK	Uygulamada değil	Platinyum grup metal katalisti	Etiket
Bioka Ltd.	Finlandiya	Bioka	Enzim bazlı	Kese

Bazı oksijen emiciler aktif hale gelebilmek için suya ihtiyaç duymaktadırlar. Multisorb Technologies Inc. (A.B.D.) tarafından üretilen demir bazlı Freshpax® oksijen emicilerin 2 tipi vardır: B tipi emiciler ve D tipi emiciler. B tipi emicilerin kullanımında gıdanın nemli olması gerekmektedir. D tipi emiciler ise emicinin çalışması için gerekli nemi emici ile beraber taşımaktadırlar. Freshpax oksijen emici paketlerin içerdiği açık pembe renkli kapsüller paket oksijene maruz kaldığında açık maviye dönmektedir. Böylece, paket içinde oksijen olup olmadığı ve oksijen emicinin oksijen emme kapasitesinin dolup dolmadığı anlaşılabilmektedir.

Enzim bazlı oksijen emicilerde enzimin substratla reaksiyona girmesi sonucu oksijen emilimi gerçekleşmektedir. Polipropilen (PP) ve polietilen (PE) enzimlerin sabitlenebileceği en iyi substratlardandır (Labuza and Breene, 1989). Glikoz oksidaz enzim bazlı oksijen emici sistemlerde kullanılmakta olan bir oksidoredüktazdır. Bira ve şarap gibi içeceklerin bulunduğu şişelerde oksijen emilimi için kullanılabilmektedir. Glikoz oksidaz dışında etanolü asetaldehide oksitleyen etanol oksidazın da oksijeni emme potansiyeli vardır (Labuza and Breene, 1989).

Bioka O₂ emici keseleri (Bioka, Finlandiya) gıdaya uygun enzimlerin kataliz ettiği reaksiyonlara dayanan ve ticari olarak kullanılmakta olan oksijen emici bir sistemdir (Vermeiren et al., 1999). Enzim bazlı oksijen emici sistemlerin olumsuz yanı pH, sıcaklık ve su aktivitesi gibi faktörlerden kolayca etkilenmeleri ve demir bazlı oksijen emicilere göre maliyetlerinin daha fazla olmasıdır.

Oksijen emici olarak kullanılabilecek diğer bir bileşik de askorbik asittir. Metal şişe kapakları ile plastik ve metal kapatıcılar gibi bariyer tipi paketleme için tasarlanmış Darex O₂ emici sistemlerde (Darex Container Corp., A.B.D.) askorbat dehidroaskorbik aside ve sülfite de sülfata oksitlenir. Metal kapaklar içine yerleştirilmiş oksijen emiciler özellikle birada aroma oksidasyonunu önlemek için kullanılmaktadırlar.

Kese şeklindeki oksijen emiciler et ürünleri, fırıncılık ürünleri, peynir, kahve ve cips gibi birçok gıda ile birlikte kullanılabilir (Floros et al., 1997). Fakat kese tipi oksijen emicilerin, demir tozlarının zamanla bir araya gelmesi veya kese dışına saçılması gibi dezavantajları vardır. Ayrıca, keseler kağıt bazlı olduklarında gıda

ile temasları uygun değildir. İçecekler için de oksijen emici keselerin kullanılmaları içeceklerin kese içindeki madde ile etkileşime girmesi nedeniyle uygun değildir. Bunun için içeceklerde kapak ve film şeklindeki oksijen emiciler kullanılmaktadır.

Kese tipindeki oksijen emicilere alternatif olarak oksijen emici materyalin polimerlere eklenmesiyle film tipinde oksijen emiciler geliştirilmiştir. Gıda paketlerinde, görünümü bozmadığı ve kese tipindeki oksijen emicilerin olumsuz özelliklerini taşımadığı için film tipindeki oksijen emiciler tercih edilmektedirler. Film tipindeki oksijen emicilerde aktif madde pakete ekstrüzyon ile entegre edildiğinden paketin bir tabakası gibidir ve kolay fark edilmez, böylece paketin görünümünü değiştirmez. Oxyguard®, Oxbar™, Amosorb, Cryovac® OS filmleri ve Zero 2™ film tipindeki oksijen emici sistemlere örnek olarak verilebilir.

Oxyguard® (Toyo Seikan Kaisha, Japonya) lamine edilmiş filme eklenebilen demir bazlı bir emicidir. Oxbar™ (Carnaud-Metal Box, İngiltere) özellikle sos, şarap, bira ve diğer içeceklerin paketlenmesinde kullanılan PET şişelere karıştırılmış bir naylon polimerin kobalt katalizörlüğünde oksidasyonuna dayanan bir sistemdir (Rooney, 1995). Amosorb (Amoco Chemicals, A.B.D.) çeşitli paketleme materyallerine (esnek filmler, kapatma şeritleri, vb.) eklenebilen polimer bazlı bir emicidir (Amosorb Technical Information, 1999).

Film tipindeki oksijen emicilerden bazıları UV ışık ile aktif hale gelmektedirler. Cryovac® OS filmleri (Cryovac Sealed Air Corporation, A.B.D) ve Zero 2™ (CSIRO, Avustralya) UV ışıkla aktif hale gelen oksijen emici filmlere örnek olarak verilebilir. Bu tipdeki emiciler UV ışıkla aktive edilmeden inaktif halde olduklarından paketleme öncesinde çeşitli şekiller (film, tabaka, etiket, vb.) verilebilmektedir. Cryovac® OS filmleri dumanlanmış ve işlenmiş et, peynir, fırıncılık ürünlerinde ve aktivatör olarak nem gerektirmediğinden taze makarna, kahve ve diğer kuru gıdaların muhafazasında kullanılabilmektedir. Esnek filmlerde Zero 2™ ile yapılan testlerde küf gelişiminin karbondioksit kullanmadan engellenebileceği gösterilmiştir. O₂ emici filmlerin dezavantajı oksijeni emme hız ve kapasitelerinin demir bazlı oksijen emici keselere göre daha düşük olmasıdır.

Oksijen emicilerin gıda sanayiinde kullanım alanları çok geniştir. Taze etin, kümes hayvanlarının, balığın, peynirin, süt tozunun, ekmek, bisküvi ve kek gibi fırıncılık ürünlerinin bira ve şarap gibi içeceklerin paketlenmesinde oksijen emiciler kullanılabilmektedir (Bkz. Tablo 2.1). Oksijen emiciler sadece gıda sanayiinde değil, kozmetik ürünlerde, hayvan yemlerinde, ilaç ve elektronik sanayiinde de kullanılmaktadır.

Oksijen emiciler Japonya’da 20 yıldır kullanılmakta ve tüketici tarafından benimsenmiş olmasına rağmen, tüketicilerin oksijen emicileri zararlı olarak görüp, kabul etmeyecekleri endişesinden dolayı Avrupa’da kullanımı yaygın değildir.

2.6.4. Oksijen Emicilerin Fırıncılık Ürünlerindeki Uygulamaları

Gıda paketlerinde oksijen emici sistemlerin en önemli uygulamalarından biri küf gelişiminin kontrolüdür. Küflerin çoğu gelişmek için oksijene ihtiyaç duymakta olup, oksijen emici olmayan birçok gıda paketinde küf gelişimi sık sık görülmektedir. Birçok küfün gelişimini önlemek oksijen konsantrasyonunun %0.1 veya daha düşük seviyelerde tutulması ile mümkün olmaktadır (Rooney, 1995).

O₂ emiciler gıdada küflenme ve aerobik mikroorganizma gelişimini, gıda bileşenlerinin pek çoğunda oksidasyonla meydana gelebilecek zararları ve tahıl ürünlerinde depolama sırasında meydana gelebilecek böcek istilasını önleyebilmektedirler. Oksijen emicilerin kullanılmasıyla böcek üremesinin kontrolü için kullanılan kimyasal koruyuculara olan gereksinim de azalmaktadır. (Nakamura and Hoshino, 1983).

Fırıncılık ürünlerinde küf gelişiminin ve bu yolla oluşan kayıpların önlenmesi oldukça önemlidir. O₂ emiciler anaerobik ortam sağlayarak mikrorganizmaların gelişimini önlemenin yanında gıdada oksidasyonu da önlerler. Oksidasyonun önlenmesi ile;

1. Yağlarda oluşabilecek ekşime,
2. Bitki ve kas hücrelerinin pigment ve aromalarındaki renk bozulması ve tat kaybı,
3. Oksijene duyarlı element ve vitaminlerin bozulmaları engellenebilmektedir (Vermeiren et al., 1999).

Oksijen emicilerin ortamdan oksijeni uzaklaştırması sonucu elde edilen tüm bu olumlu etkilerle birlikte mikroorganizmaların üremesi tam olarak kontrol edilemez. Çünkü, *Clostridium botulinum* gibi bazı anaerobik patojenlerin oksijen emicilerle oluşturulan oksijensiz ortamda üremeleri kolaylaşmaktadır.

Oksijen emiciler tek başlarına kullanılabildikleri gibi modifiye atmosferde paketlenme ile birlikte kullanılarak daha etkili olmaları sağlanabilir. Fakat, modifiye atmosferde paketlenme ile birlikte uygulandıklarında makinelerin kullanımından dolayı maliyet artmakta ve paketlenme hızı düşmektedir. Ticari uygulamalarda gıda paketindeki atmosferik oksijenin büyük bir kısmı MAP ile uzaklaştırılıp kalan artık oksijen için oksijen emiciler kullanılmaktadır (Day, 1998).

Bir oksijen emicinin etkili olabilmesi için paketlenme materyalinin oksijene geçirgenliğinin az olması gerekmektedir. Paketin oksijene geçirgenliğinin fazla olması durumunda emici madde paket içindeki oksijeni ortamdan uzaklaştırmak için yeterli olmayabilmektedir. Laboratuvar denemeleri aktif paketlenmeyle küf gelişiminin bazı fırıncılık ürünlerinde en az 30 gün süre ile geciktirildiğini göstermiştir. Ageless® oksijen emici keselerin kullanıldığı, polipropilen (PP) ile paketlenmiş beyaz ekmeğin raf ömrü oda sıcaklığında 5 günden 45 güne çıkarılmıştır (Vermeiren et al., 1999). 30°C sıcaklıkta 2-3 günden sonra küflenmiş pizza tabanları da oksijen emicilerin kullanımı ile 14 günden fazla küfsüz olarak korunmuşlardır (Nakamura and Hoshino, 1983). Amerikan ordusu tarafından da kullanılan oksijen emicilerle ekmeğin raf ömrü bariyer katmanlı özel ambalaj ile 2 yıla kadar uzatılmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Ekmek

Yapılan deneylerde Harman Ekmek Ltd. Şti. (Yenibosna, İstanbul) tarafından Nimet Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş (Kartal, İstanbul) için üretilen ve BİM tarafından satışa sunulan, LDPE film ile ambalajlanmış, Connex Tost Ekmeği (450 g) kullanılmıştır. Kullanılan ekmek buğday unundan yapılmış olup, şeker, tuz, bitkisel margarin, maya, süt tozu, kalsiyum propionat, C vitamini, emülgatör, enzim ve içme suyu içermektedir.

3.1.2. Oksijen Emici

EMCO Packaging Systems Ltd.'den (Kent, İngiltere) temin edilen ATCO® Oxycap tipi oksijen emici tabletler kullanılmıştır (Resim 3.1). Oxycap üç farklı tipi olan ATCO® oksijen emici sistemlerden olup, içinde demir tozu bulunan ve sıcaklıkla şekil verilmiş sert plastik tipindedir.



Resim 3.1. Oxycap oksijen emici tablet

3.1.3. Ambalaj Materyalleri

Ambalaj materyali olarak Koroza Ambalaj Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den (Hadımköy, İstanbul) temin edilen 90 µm kalınlığında koekstrüde PA/PE (Poliamid/Polietilen) ve 70 µm kalınlığında EVOH (Etilen vinil alkol) filmler kullanılmıştır. Kontrol grubu ekmekler ise orijinal ambalajları olan Uzel Plastik

Sanayi ve Ticaret A.Ş (İstanbul) tarafından üretilen 37 µm kalınlığındaki LDPE film ile ambalajlanmışlardır.

3.2. Metod

3.2.1. Örneklerin Analize Hazırlanması

LDPE ambalaj içerisinde bulunan tost ekmekleri kendi ambalajlarından çıkarılıp 20 tanesi 90 µm kalınlığındaki PA/PE film ile, 20 tanesi 70 µm kalınlığındaki EVOH film ile %30 CO₂ + % 70 N₂ gaz atmosferinde vakum ambalajlama cihazı (KRÄMER GREBE, tip 145/433, Almanya) ile hijyenik şartlarda tekrar paketlenmişlerdir. Tost ekmeklerinin 20 tanesi 1 adet oksijen emici tablet ve PA/PE film ile ve diğer 20 tanesi 1 adet oksijen emici ve EVOH film ile ambalajlanmışlardır. 20 ekmek ise kontrol amacıyla kendi LDPE ambalajlarında bırakılmıştır. Ekmekler daha sonra 4., 7., 10. ve 14. günlerde ambalaj içi gaz kompozisyonu, kimyasal ve duyuşsal analizleri yapılmak üzere 35 ± 0.5°C sıcaklıktaki iklimlendirme kabinine (Challenge 600 Angelantoni Industrie, İtalya) yerleştirilmişlerdir.

3.2.2. Paket İçi Oksijen ve Karbondioksit Miktarının Ölçümü

PA/PE, EVOH ve LDPE filmlerle ambalajlanmış, O₂ emici bulunan ve O₂ emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + % 70 N₂ atmosferi oluşturulmuş ekmek paketlerinde ambalaj içi O₂ miktarı O₂ ölçüm cihazı (O₂ Analyser 574, Servomex Ltd., Sussex, İngiltere) ile 1., 4., 7., 10. ve 14. günlerde ölçülmüştür. Ambalaj içi O₂ ölçümü her pakette 3 defa tekrar edilmiştir.

1., 4., 7., 10. ve 14. günlerde PA/PE, EVOH ve LDPE filmlerle ambalajlanmış, O₂ emici bulunan ve O₂ emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + % 70 N₂ atmosferi oluşturulmuş ekmek paketlerinde ambalaj içi CO₂ miktarı CO₂ ölçüm cihazı (I.R Gas Analyser PA 404, Servomex Ltd., Sussex, İngiltere) ile ölçülmüştür. Ambalaj içi CO₂ ölçümü her pakette 3 defa tekrar edilmiştir.

3.2.3. Kimyasal Analizler

3.2.3.1. Nem Miktarının Ölçümü

Örneklerin nem miktarı AACC 44-15A (AACC, 2000a) yöntemine göre belirlenmiştir. Darası önceden alınmış petri kabına konulmuş homojenize edilmiş 5-6 g miktarındaki örnekler 130°C'deki etüvde (Elektro-Mag tip 214-251, Türkiye) 1 saat süreyle kurutulmuştur. Sabit tartıma gelen örnekler, etüvden alındıktan sonra 1-2 saat desikatörde bekletilerek soğutulmuş ve %nem miktarı aşağıdaki formülden hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Nem} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

M₁: Numunenin ilk ağırlığı (g)

M₂: Numunenin son ağırlığı (g)

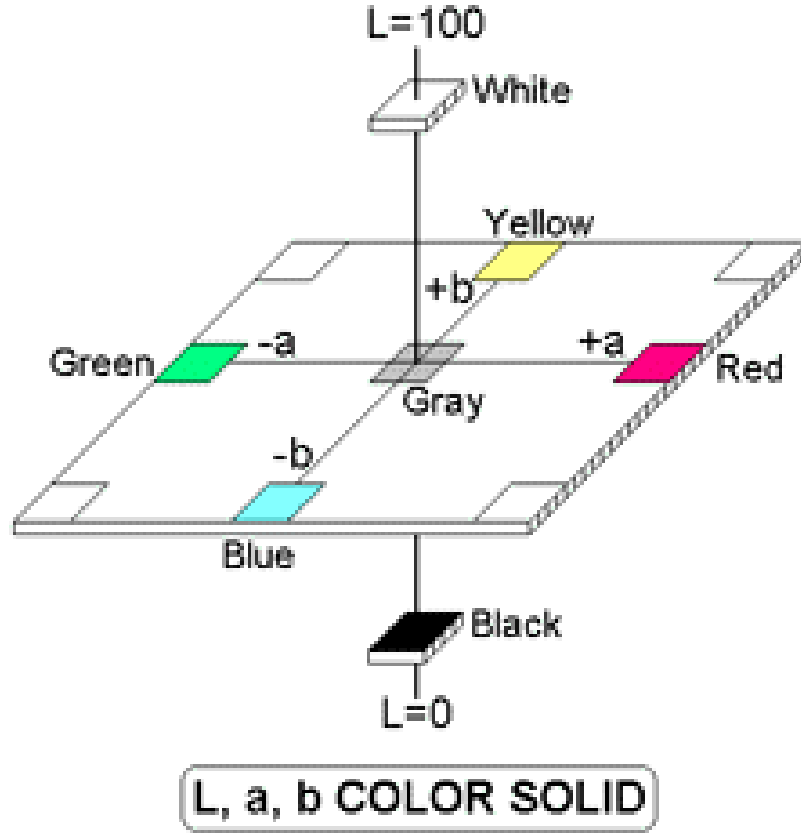
Ekmeklerin %nem ölçümleri 3 tekrar şeklinde yapılmıştır.

3.2.3.2. pH Ölçümü

pH değerlerinin belirlenmesinde AACC 02-52 (AACC, 2000 b) yöntemi uygulanmıştır. Tost ekmeklerinin pH ölçümlerinde Metrohm 632 (Metrohm, Switzerland) pH metre kullanılmıştır. Ölçüm için ekmeklerden alınan örneklere 1/1 oranında distile su eklenmiştir. Ölçümler 3'er tekrar şeklinde yapılmıştır.

3.2.4. Renk Ölçümü

Ekmeklerin renk ölçümleri, 1. gün LDPE, 4., 7., 10. ve 14. günlerde tüm paketlerde olmak üzere, Minolta CR-300 (Minolta Corporation, Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı ile 5 tekrar olarak yapılmıştır. Bu cihazda parlaklık-koyuluk (L), yeşillik (-a) kırmızılık (+a) ve mavilik (-b) sarılık (+b) değeri ile ifade edilmektedir.



Resim 3.2. L, a ve b değerlerinin üç boyutlu olarak gösterimi

L değerinin artması parlaklığın arttığını, L değerinin azalması koyuluğun arttığını, a değerinin azalması yeşil rengin arttığını, a değerinin artması kırmızı rengin arttığını, b değerinin azalması mavi rengin arttığını ve b değerinin artması ise sarı rengin arttığını göstermektedir.

3.2.5. Su Aktivitesi Ölçümü

Ekmeklerin su aktivitesi, ekmeklerden 5g örnek alınarak Aqua Lab CX2 (Decagon Devices Inc., Pullman, WA, A.B.D.) su aktivitesi ölçüm cihazı ile 25°C’de ölçülmüştür. Ölçümler 3’er tekrar şeklinde yapılmıştır.

3.3. Duyusal Analiz

1., 4., 7., 10. ve 14. günlerde $20 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki duyusal analiz laboratuvarında ekmeklerdeki küf oluşumu, koku, yumuşaklık ve ufalanma 6 panelist tarafından puanlama metodu (0= Hiç yok, 1= Çok az, 2= Az, 3= Orta, 4=

Fazla ve 5= Çok fazla) ile değerlendirilmiştir. Duyusal analiz için her paneliste oksijen emici içeren ve oksijen emici içermeyen fakat %30 CO₂ + % 70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paket, oksijen emici içeren ve oksijen emici içermeyen fakat %30 CO₂ + % 70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paket ile LDPE paket içinde bulunan dilimlenmiş tost ekmeklerinden verilmiştir. Yapılan değerlendirmelerin sonucu olarak, her uygulama için yapılmış olan 6 değerlendirmenin ortalaması alınmıştır.

3.4. İstatistiksel Analiz

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler SPSS (SPSS Inc., Versiyon 11.5.0, 2002, A.B.D) programı kullanılarak One-way ANOVA (Post Hoc Multiple Comparisons) ile analiz edilmiştir.

4. SONUÇLAR

4.1. Paket İçi Oksijen ve Karbondioksit Ölçümünün Değerlendirilmesi

Farklı paketlenme materyalleri ve farklı gaz kompozisyonu ile ambalajlanmış ekmeklerdeki O₂ değişimi Tablo 4.1’de ve CO₂ değişimi Tablo 4.2’de verilmiştir.

Sadece oksijen emici içeren EVOH pakette 4. günde sıfır olan oksijen miktarı 10 gün boyunca değişmemiştir. Bu paketteki CO₂ değişimine bakıldığında ise 1. gün sıfır olan CO₂ düzeyi 14. güne kadar bu değeri korumuştur.

Tablo 4.1. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerde ambalaj içi O₂ miktarının değişimi*

Zaman	O ₂ miktarı (%)				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	21±0,13a	0a	21±0,18a	0a	21±0,14a
4	0b	2,8±0,42bf	0b	1,9±0,14bf	20,2±0,65ae
7	0b	2,5±0,30cf	0b	1,6±0,23cf	19,6±0,34bef
10	0b	2,6±0,28df	0b	2±0,27df	18,7±0,18cfg
14	0b	2,5±0,34ef	0b	2±0,42ef	18,5±0,55dfg

*a-g: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

Tablo 4.2. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerde ambalaj içi CO₂ miktarının değişimi*

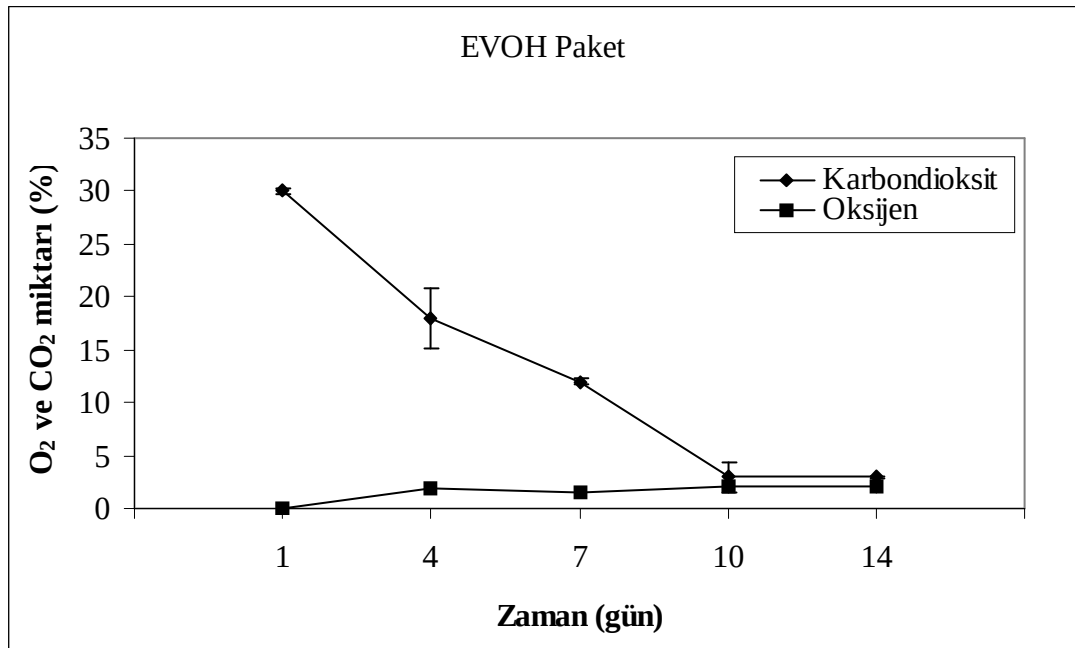
Zaman	CO ₂ miktarı (%)				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	0a	30±0,28a	0a	30±0,28a	0a
4	0a	12±4,24bf	0b	18±2,83b	0a
7	0a	8±1,41cf	0b	12±0,35c	0a
10	0a	6±2,83df	0b	3±1,41df	0a
14	0a	6±1,41ef	0b	3±0,07ef	0a

*a-f: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

Sadece oksijen emici içeren EVOH pakete benzer olarak sadece oksijen emici içeren PA/PE pakette de 1. günde %21 olan oksijen miktarı 4. günden itibaren 10 gün boyunca sıfır düzeyinde kalmıştır. Oksijen emici içeren PA/PE paketteki CO₂ miktarı ise 14 gün boyunca sıfır olarak kalmıştır.

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette 1. gün sıfır olan O₂ miktarı, 4. gün %1.9, 7. gün %1.6 olmuş, 10. ve 14. günlerde ise %2 düzeyinde sabitlenmiştir (Grafik 4.1). EVOH film oksijene karşı PA/PE ve LDPE filmlerden daha iyi bariyer özelliği göstermiş, bu pakette O₂ miktarındaki değişim PA/PE ve LDPE paketlere göre daha az olmuştur.

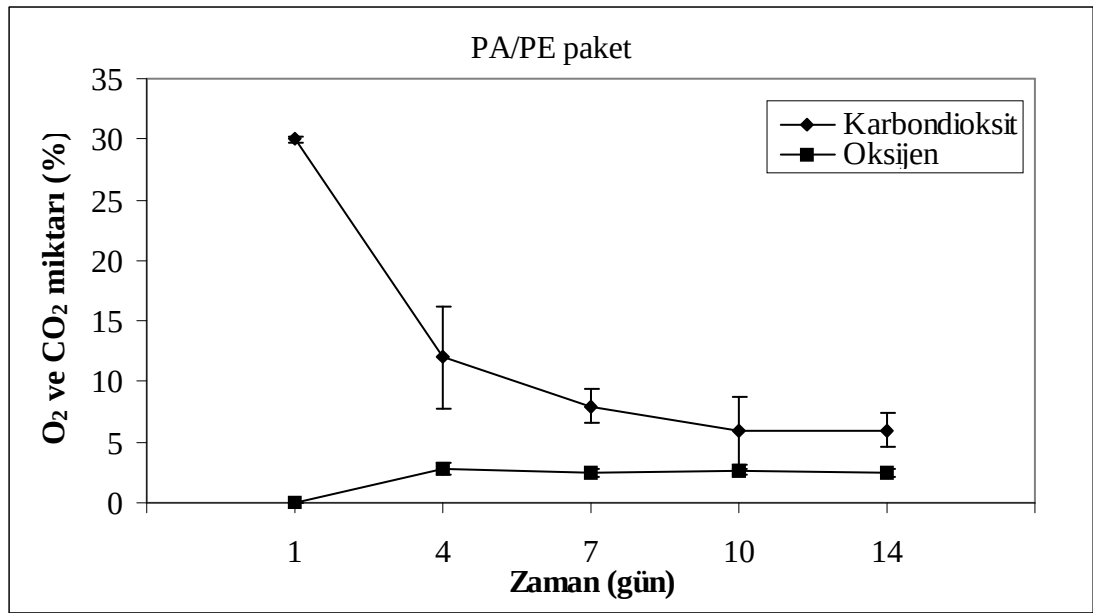
Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette CO₂ değişimine bakıldığında ise 1. gün paket içine verilen %30'luk CO₂ miktarının 4. gün %18'e, 7.gün %12'ye, 10. gün %3'e düştüğü ve 14. günde de %3'lük seviyede kaldığı gözlenmiştir (Grafik 4.1). 10. günden sonra ambalaj içi CO₂ oranı dengeye ulaşmıştır



Grafik 4.1. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paket içindeki oksijen ve karbondioksit miktarının günlere göre değişimi

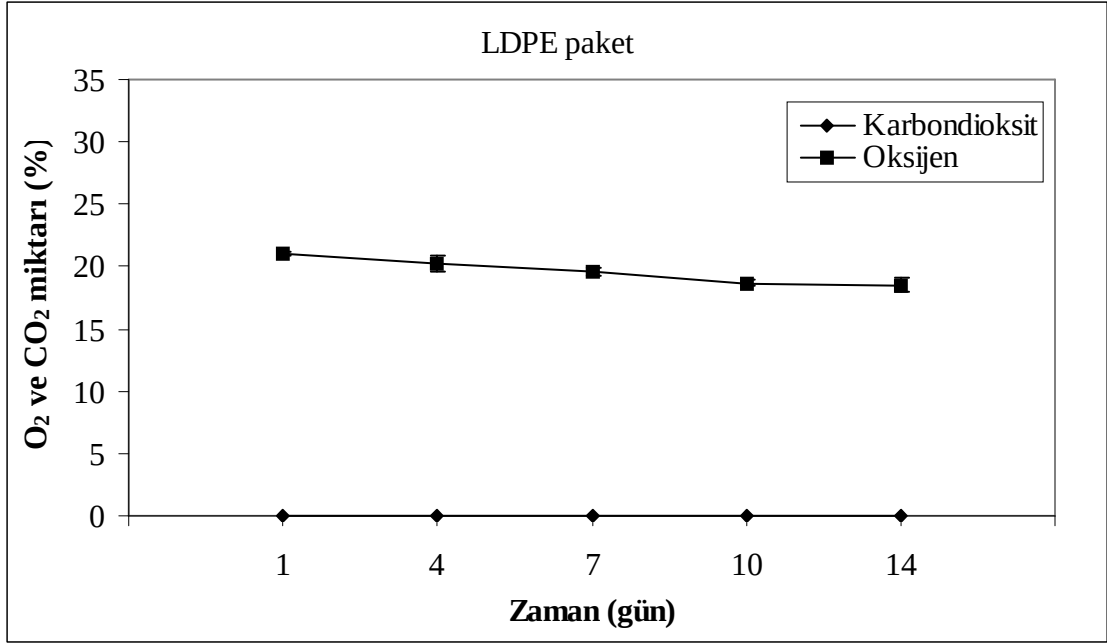
Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE pakette 1. gün sıfır olan O₂ miktarı, 4. gün % 2.8'e yükselmiş, 7., 10. ve 14. günlerde sırayla %2.5, %2.6 ve %2.5 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.2). Bu veriler ambalaj için O₂ miktarının 7. günde dengeye geldiğini göstermiştir.

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE pakette 1. gün %30 olarak ölçülen CO₂ miktarı, 4. gün %12, 7. gün % 8, 10. ve 14. günlerde ise %6 olmuştur (Grafik 4.2). Ambalaj içi CO₂ miktarı 10. günden sonra denge haline gelmiştir.



Grafik 4.2. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paket içindeki oksijen ve karbondioksit miktarının günlere göre değişimi

LDPE pakette ise 1. gün %21 olan O₂ miktarında 14 gün boyunca düşüş gözlenmiştir. O₂ düzeyi 4. gün %20.2, 7. gün %19.6, 10. gün %18.7 olarak ölçülmüş, 14. günde ise %18.5 olmuştur (Grafik 4.3). LDPE film içinde oksijenin fazla miktarda olması, bu paketlerdeki ekmeklerde hızla küf üremesine neden olmuştur. LDPE ambalajlar içindeki tost ekmekleri normal hava kompozisyonunda ambalajlandığı için paket içi CO₂ değeri 14 gün boyunca sıfır olmuştur (Grafik 4.3).



Grafik 4.3. LDPE paket içindeki oksijen ve karbondioksit miktarının günlere göre değişimi

4.2. Ekmekte Nem Ölçümünün Değerlendirilmesi

Farklı paketlenme materyalleri ve farklı gaz kompozisyonu ile ambalajlanmış ekmeklerdeki nemin değişimi Tablo 4.3’de verilmiştir. Bu verilere göre en fazla nem kaybı LDPE paket içinde bulunan ekmeklerde, en az nem kaybı ise oksijen emici içeren EVOH paketlerdeki ekmeklerde olmuştur.

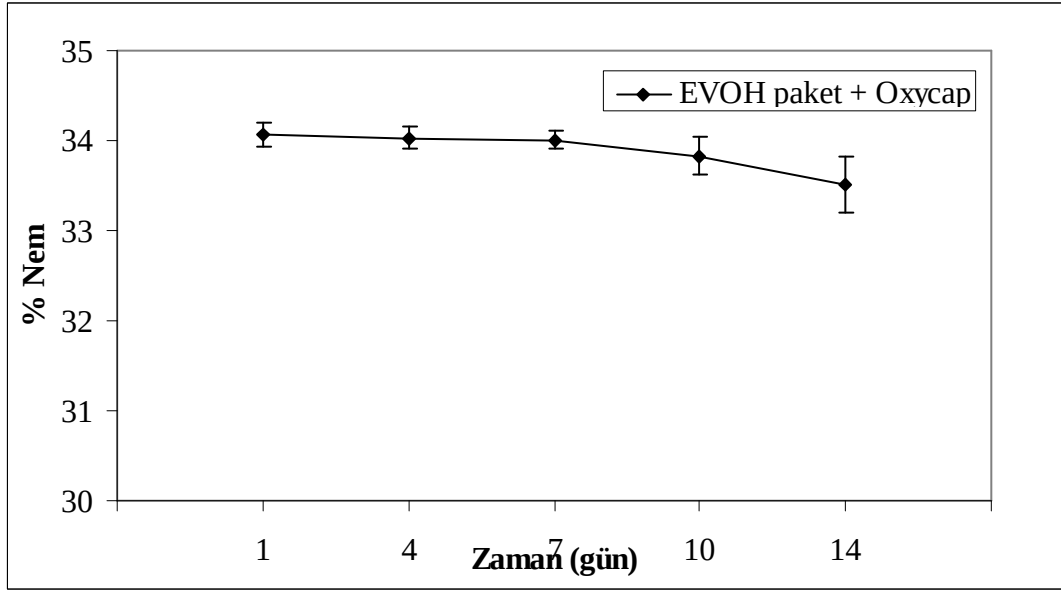
Tablo 4.3. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin nem miktarlarındaki değişim*

Zaman	Nem miktarı (%)				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, % 30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	34,07±0,14a	34,07±0,14a	34,07±0,14a	34,07±0,14a	34,07±0,14a
4	33,20 ±0,21bf	33,16±0,48bf	34,03±0,13a	33,43±0,28bf	33,01±0,18bf
7	32,95±0,55cfg	32,50±0,28cfg	34,01±0,10a	33,42±0,07cf	32,14±0,21cf
10	32,67±0,16dfh	31,93±0,38dgh	33,83±0,21ac	33,26±0,13df	31,51±0,39d
14	32,27±0,33egh	31,40±0,18eh	33,51±0,31bc	33,21±0,16ef	30,83±0,16e

*a-h: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

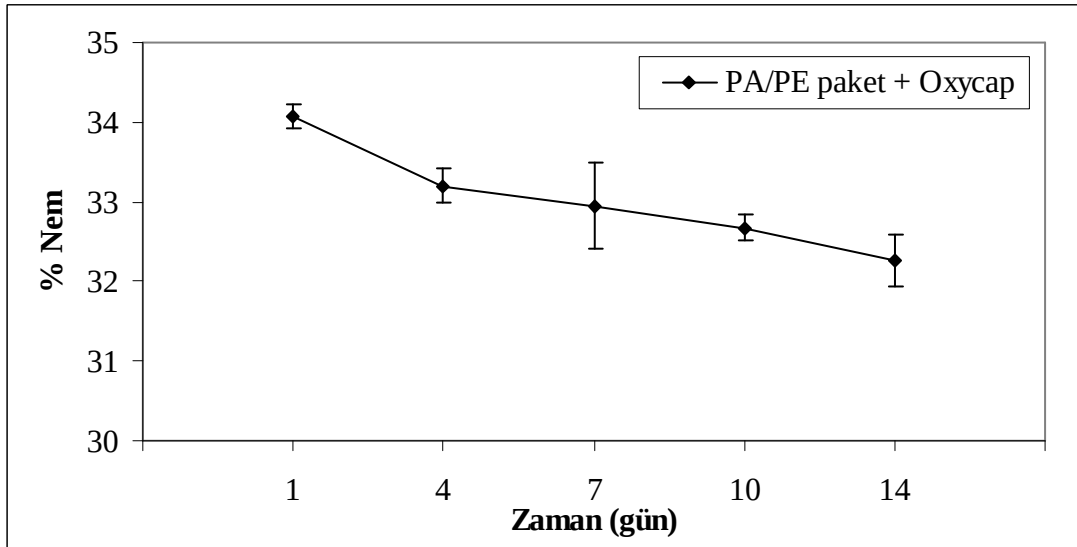
Oksijen emici içeren EVOH paketteki ekmeklerde 1. gün %34.07 olan nem miktarı, 4. gün %34.03, 7. gün %34.01, 10. gün %33.83 ve 14. gün %33.51 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.4). Oksijen emici içeren EVOH filmin su buharına karşı PA/PE ve LDPE filmlerden daha iyi bariyer özellik göstermesi nedeniyle en az nem kaybı

oksijen emici içeren EVOH paketlerdeki ekmeklerde olmuştur.



Grafik 4.4. Oksijen emici bulunan EVOH paketlerdeki ekmeklerde nemin günlere göre değişim

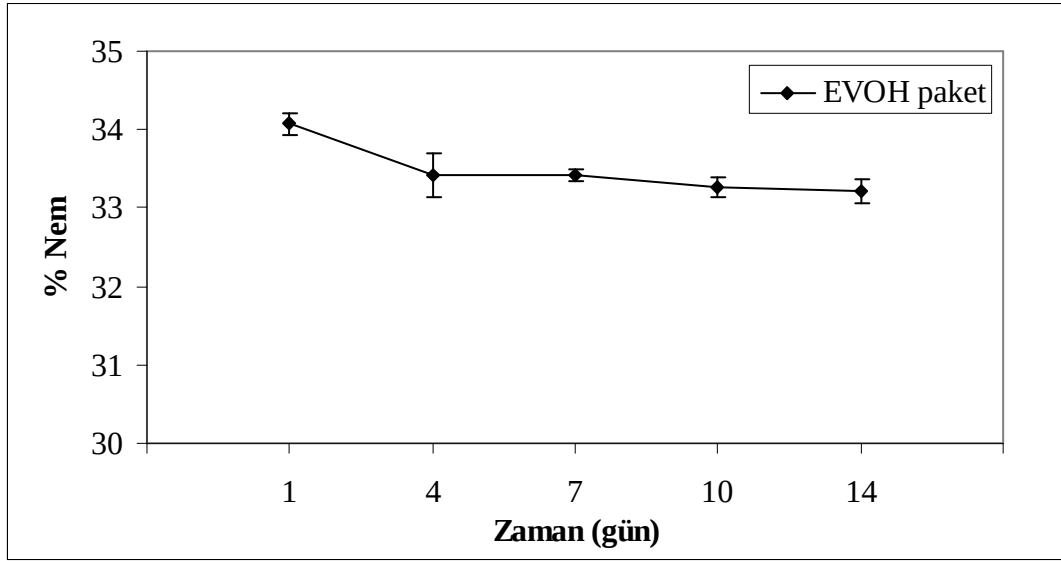
Oksijen emici içeren PA/PE paketlerdeki ekmeklerde %nem miktarı azalmış; 1. günde %34.07 olan nem miktarı, 4. gün %33.20, 7. gün %32.95, 10. gün %32.67 ve 14. gün %32.27 olmuştur (Grafik 4.5).



Grafik 4.5. Oksijen emici bulunan PA/PE paketlerdeki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette bulunan ekmeklerdeki nem kaybı oksijen emici içeren EVOH pakette bulunan ekmeklere göre daha fazla olmuştur. İlk gündeki %34.07'lik nem oranı, 4.

günde %33.43, 7. günde %33.42, 10. günde %33.26 ve 14. günde %33.21 düzeyine inmiştir (Grafik 4.6).

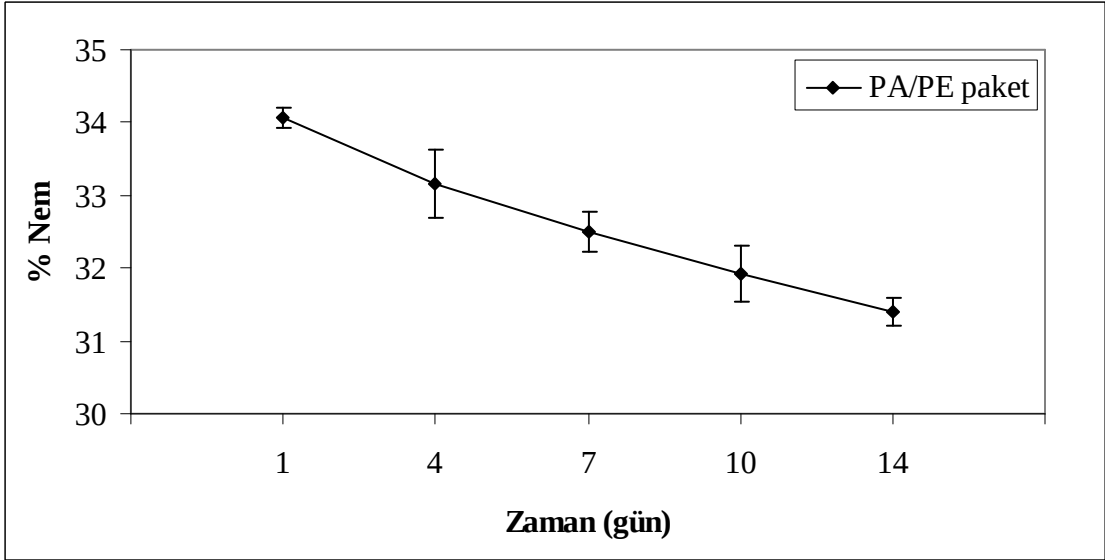


Grafik 4.6. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi

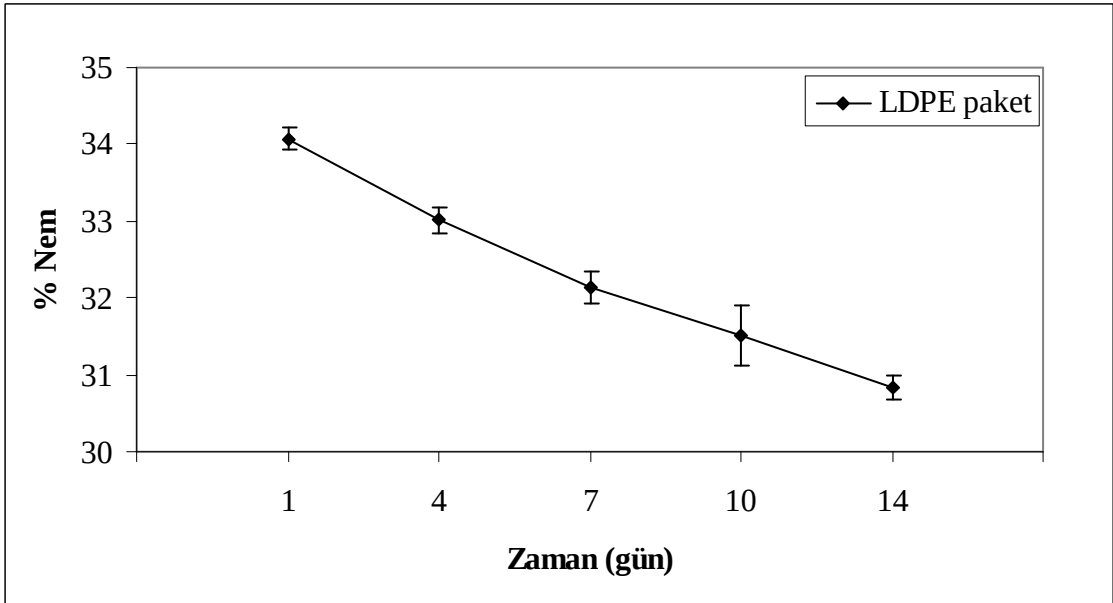
Oksijen emici içermeyen fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketlerdeki ekmeklerde 14 gün boyunca %nem değeri azalmış, 1. gün %34.07 olan nem miktarı, 4. günde %33.16'ya, 7. günde %32.5'e, 10. günde %31.93'e ve 14. günde %31.4'e inmiştir (Grafik 4.7).

LDPE film ile ambalajlanmış tost ekmeklerinin nem değişimi diğer paketlerde bulunan ekmeklerle karşılaştırıldığında daha fazla miktarda olmuştur (Grafik 4.8). 1. gün %34.07 olan nem değeri 14. günde %33.10 düzeyine kadar düşmüştür.

Bu değerlere göre 14. gün sonunda ekmekteki nem kaybı en azdan en fazlaya doğru sırasıyla EVOH ve oksijen emici içeren, EVOH ve modifiye atmosfer şartları oluşturulmuş, PA/PE ve oksijen emici içeren, PA/PE ve modifiye atmosfer şartları oluşturulmuş ve LDPE paketlerde olmuştur.



Grafik 4.7. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi



Grafik 4.8. LDPE paketteki ekmeklerde nemin günlere göre değişimi

4.3. Ekmekte pH Ölçümünün Değerlendirilmesi

Farklı paketlenme materyalleri ve farklı gaz kompozisyonu ile ambalajlanmış ekmeklerdeki pH değerinin değişimi Tablo 4.4’de verilmiştir.

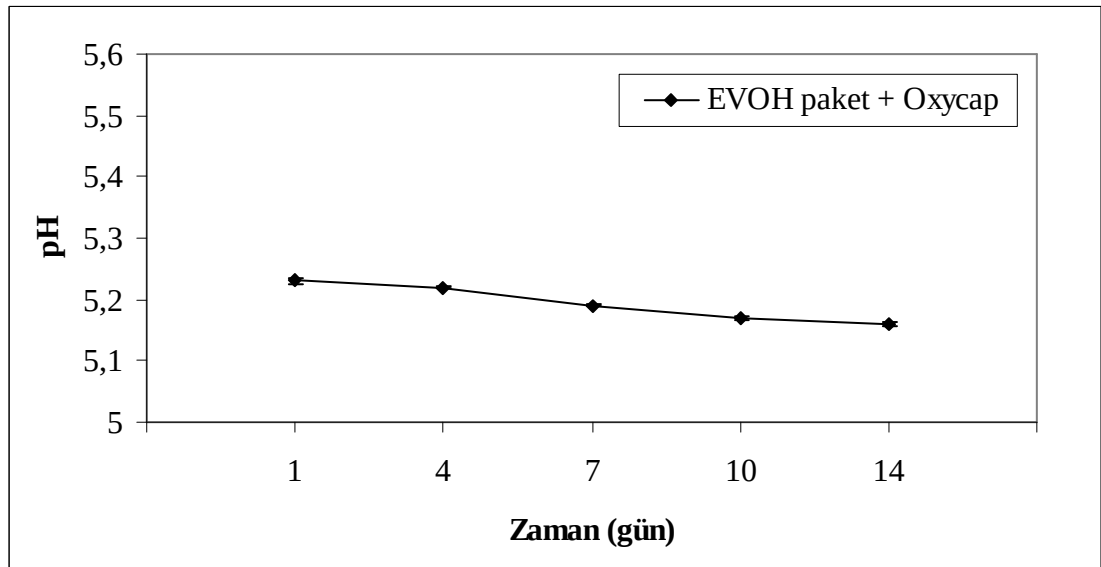
Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde pH değerleri 1. gün 5.23, 4. gün 5.22, 7. gün 5.19, 10. gün 5.17 ve 14. gün 5.16 olarak ölçülmüştür.

Tablo 4.4. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin pH değerlerindeki değişim*

Zaman	pH miktarı				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, % 30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	5,23±0,004a	5,23±0,004a	5,23±0,004a	5,23±0,004ac	5,23±0,004ac
4	5,16±0,001bd	5,18±0,007ac	5,22±0,003ad	5,24±0,023ad	5,37±0,110a
7	5,18±0,001ad	5,19±0,002ad	5,19±0,002ae	5,17±0,041a	5,41±0,099a
10	5,20±0,001ad	5,17±0,006bcde	5,17±0,004bde	5,17±0,044a	5,35±0,086a
14	5,17±0,001cd	5,22±0,001ae	5,16±0,004ce	5,28±0,028bcd	5,07±0,042bc

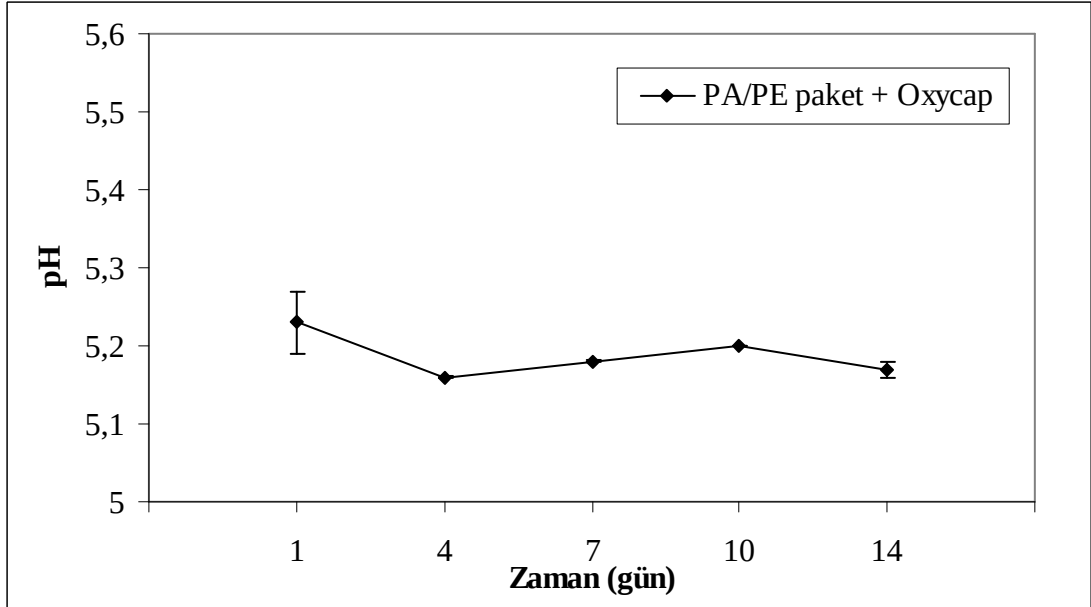
*a-e: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

Ölçülen değerlerde zamanla orantılı olarak bir azalma gözlenmektedir. pH düzeyi 7. günden sonra yaklaşık olarak dengeye ulaşmıştır (Grafik 4.9).



Grafik 4.9. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi

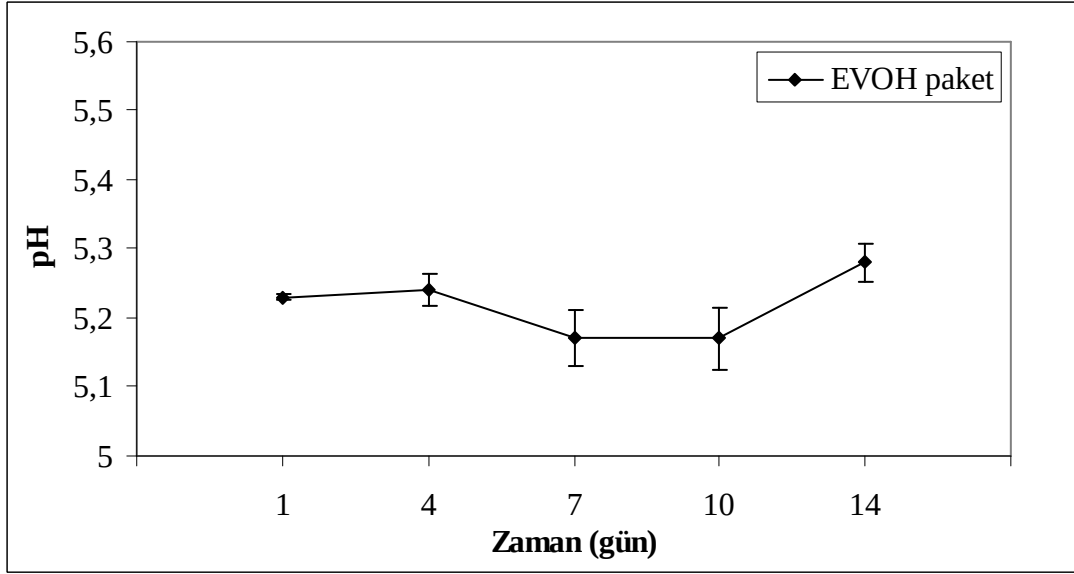
Oksijen emici yerleştirilen PA/PE paketteki ekmeklerin pH değeri 4. gün en düşük değere ulaşmış, 1. gün 5.23 olan pH değeri 4. gün 5.16'ya inmiştir (Grafik 4.10). 7. ve 10. günlerde pH artış göstermiş, sırasıyla 5.18 ve 5.20 olarak ölçülmüştür. 14. günde ise tekrar 5.17 düzeyine inmiştir. 4. gün ile 7., 10. ve 14. günlerdeki pH değerleri arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde bir fark gözlenmemiştir.



Grafik 4.10. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi

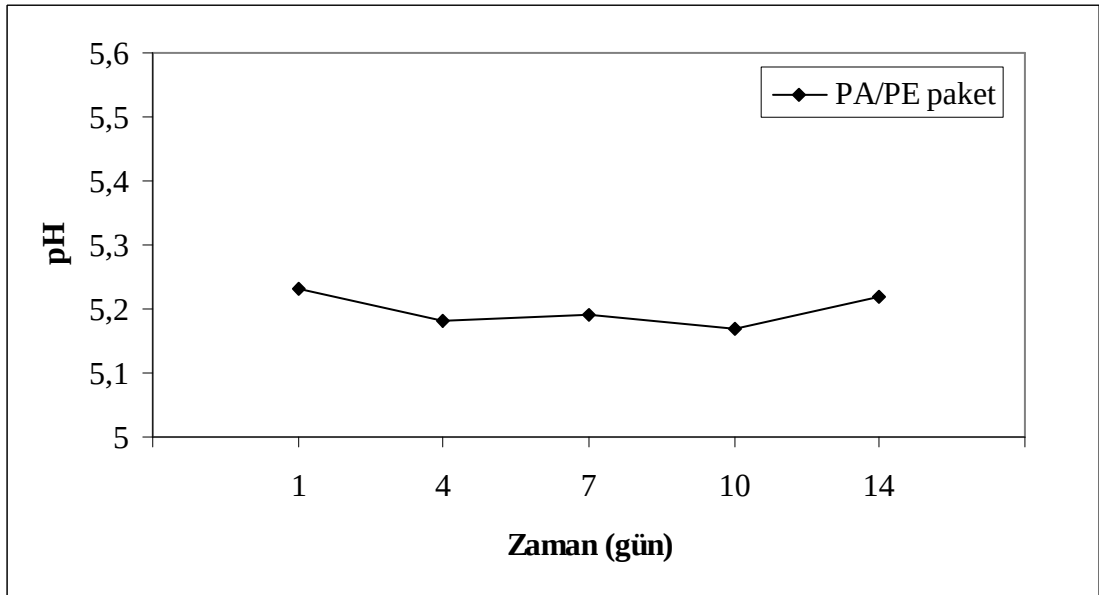
Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde 1. gün pH 5.23 iken, 4. gün 5.24, 7. gün 5.17 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.11). 10. günde de 5.17 düzeyinde kalan pH 14. günde 5.28 olmuştur.

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde 1. gün 5.23 olan pH değeri, 4. gün 5.18'e düşmüştür. 7. gün az miktarda bir artış sonucu pH değeri 5.19'a yükselmiş, 10 gün pH değeri tekrar azalarak 5.17'ye inmiştir. 14. gün ise pH değeri 5.22'ye ulaşmıştır (Grafik 4.12).

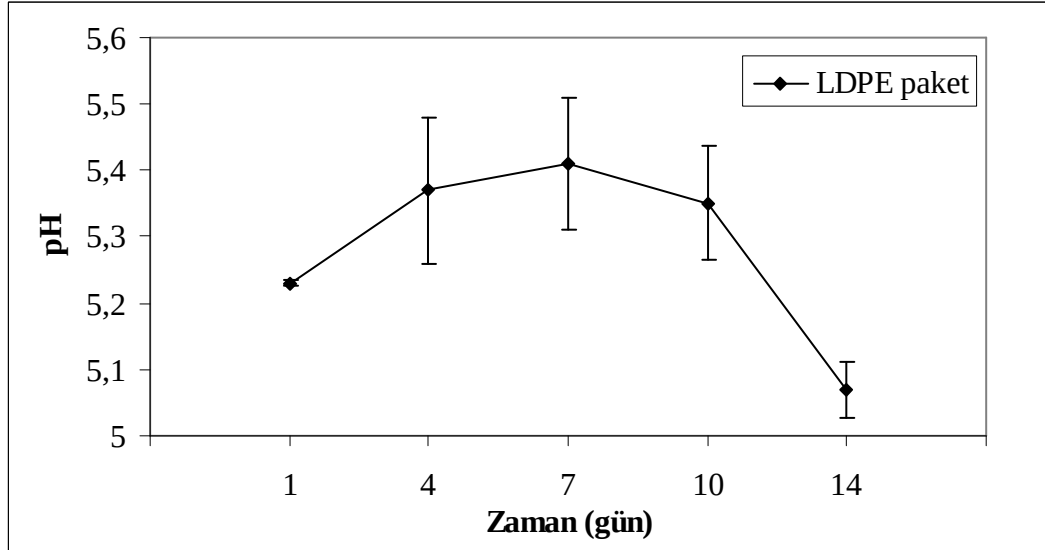


Grafik 4.11. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + % 70N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi

LDPE pakette bulunan ekmeklerin 1. gün 5.23 olan pH değerinde 7. güne kadar artma meydana gelmiştir. pH 4. gün 5.37 ve 7. gün 5.41 düzeyine ulaşmıştır. 7. günden sonra ise azalma meydana gelmiş, pH miktarı 10. gün 5.35 ve 14. gün 5.07 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre LDPE paketteki ekmeklerin diğer paketlerde bulunan ekmeklere oranla pH değerleri daha yüksek olmuştur (Grafik 4.13).



Grafik 4.12. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi



Grafik 4.13. LDPE paketteki ekmeklerde pH değerinin günlere göre değişimi

4.4. Ekmekte Renk Ölçümünün Değerlendirilmesi

4.4.1. a değeri

Farklı paketleme materyalleri ve farklı gaz kompozisyonu ile ambalajlanmış ekmeklerdeki a değerinin değişimi Tablo 4.5’de verilmiş olup, a değerinin artması kırmızı rengin arttığını gösterirken, a değerinin azalması yeşil rengin arttığını göstermektedir.

Tablo 4.5. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin a değerindeki değişim*

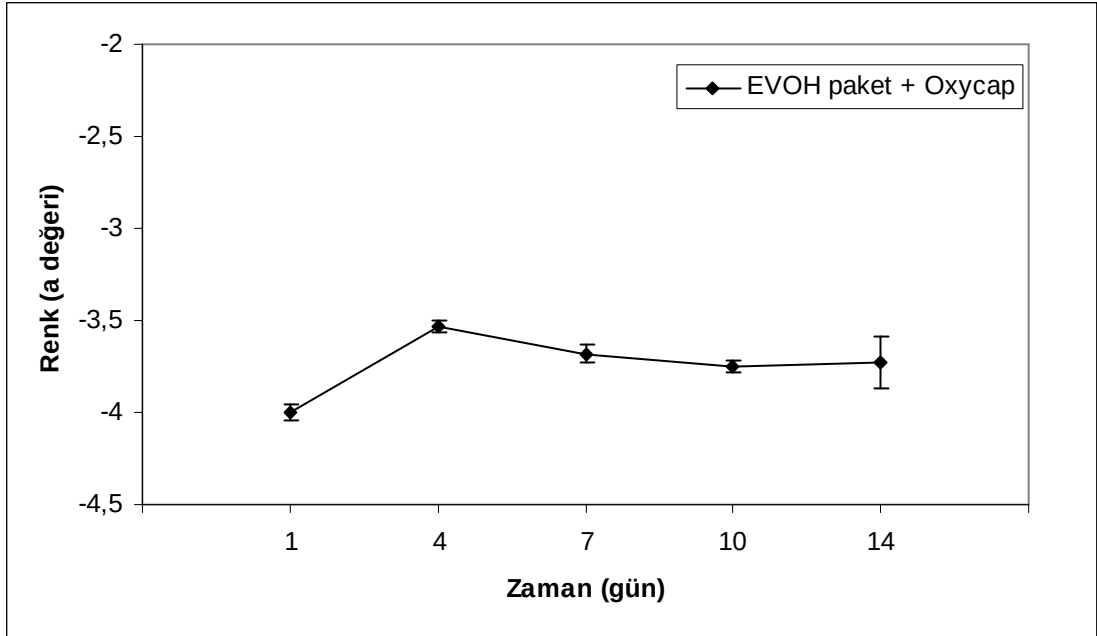
Zaman	a değeri				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, % 30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	-4±0,042a	-4±0,042a	-4±0,042a	-4±0,042a	-4±0,042a
4	-3,34±0,042b	-3,27±0,028b	-3,53±0,035bf	-3,78±0,028ae	-3,25±0,028bf
7	-3,63±0,028cf	-3,77±0,028cf	-3,68±0,045cfg	-3,67±0,210be	-3,54±0,028c
10	-3,78±0,014d	-3,74±0,07df	-3,75±0,035dg	-3,60±0,070ce	-3,30±0,056df
14	-3,60±0,042ef	-3,53±0,11e	-3,73±0,140eg	-3,67±0,060de	-3,13±0,141ef

*a-g: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

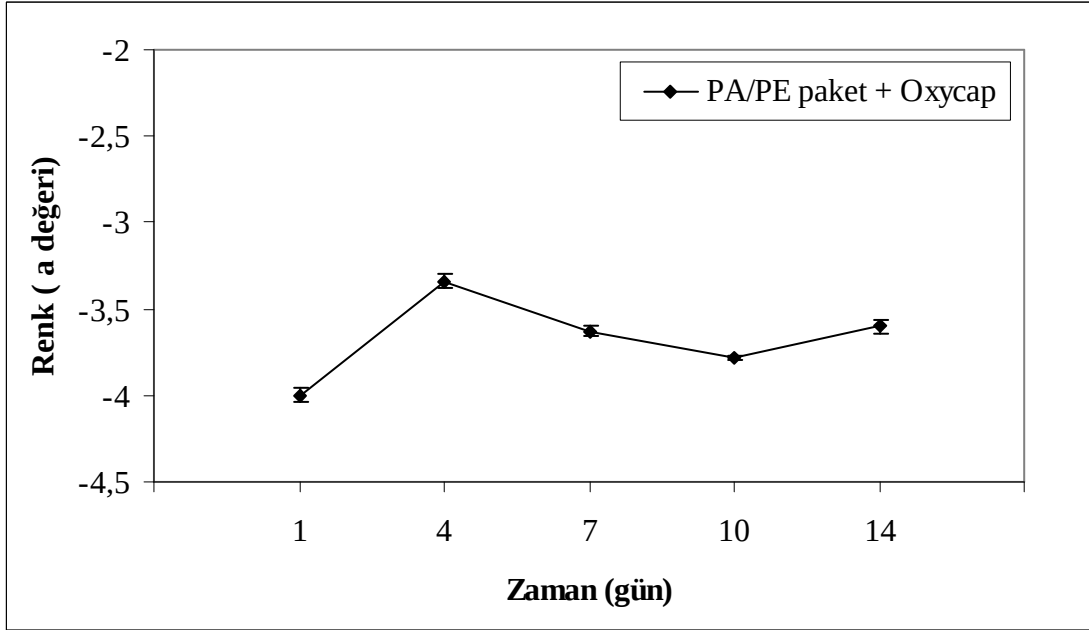
Oksijen emici bulunan EVOH pakette 1. gün -4 olan a değeri, 4. gün artarak -3.53 olmuştur. 4. günden 10. güne kadar a değeri azalmış, 7. günde -3.68 ve 10. günde -3.75 olmuştur. 14. günde ise a değeri az miktarda artış göstererek -3.73 olmuştur (Grafik 4.14). İlk gün ile diğer günler arasındaki a değerlerinde $p \leq 0.05$

seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur. 7., 10. ve 14. günler arasında oksijen emici içeren EVOH paketteki ekmeklerin a değerlerinde $p \leq 0.05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olmamıştır. Oksijen emici içeren PA/PE pakette bulunan ekmeklerin a değerleri 1. gün -4, 4. gün -3.34, 7. gün -3.63, 10. gün -3.78 ve 14. gün -3.60 olarak ölçölmüştür (Grafik 4.15). İlk gün ile diğer günler arasındaki a değerlerinde $p \leq 0.05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik vardır.

Oksijen emici içeren PA/PE pakette bulunan ekmeklerin a değerleri oksijen emici bulunan EVOH paketlerdeki ekmeklerin a değerlerine göre daha yüksektir. Oksijen emici içeren PA/PE pakette bulunan ekmeklerin a değerleri 1. gün -4, 4. gün -3.34, 7. gün -3.63, 10. gün -3.78 ve 14. gün -3.60 olarak ölçölmüştür (Grafik 4.15).

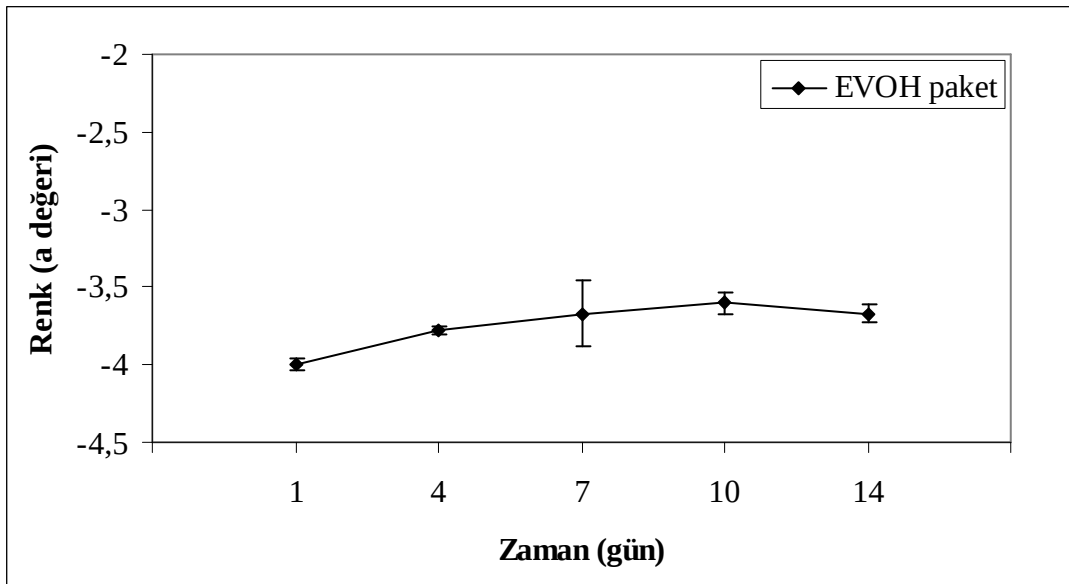


Grafik 4.14. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi



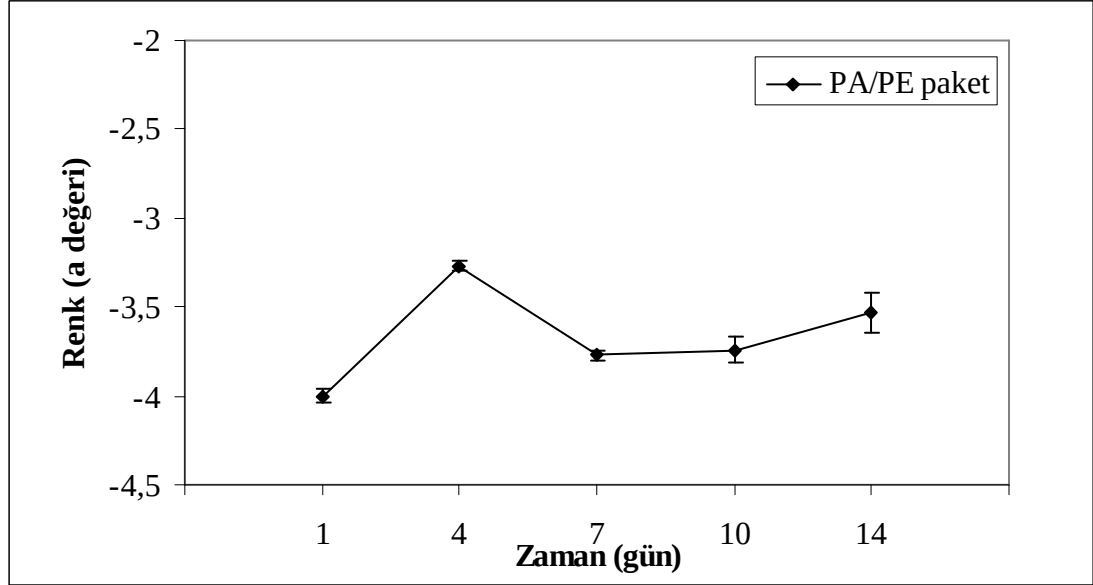
Grafik 4.15. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette 1. gündeki -4 olan a değeri bir miktar artarak 4. günde -3.78 olmuştur. 7. günde -3.67, 10. günde -3.60 ve 14. günde -3.67 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.16). İlk günkü a değeri ile 4. gündeki a değeri arasında $p \leq 0.05$ seviyesinde anlamlı bir fark yok iken, ilk günkü a değeri ile 7., 10. ve 14. günler arasındaki a değerlerinde $p \leq 0.05$ seviyesinde anlamlı bir fark bulunmuştur.



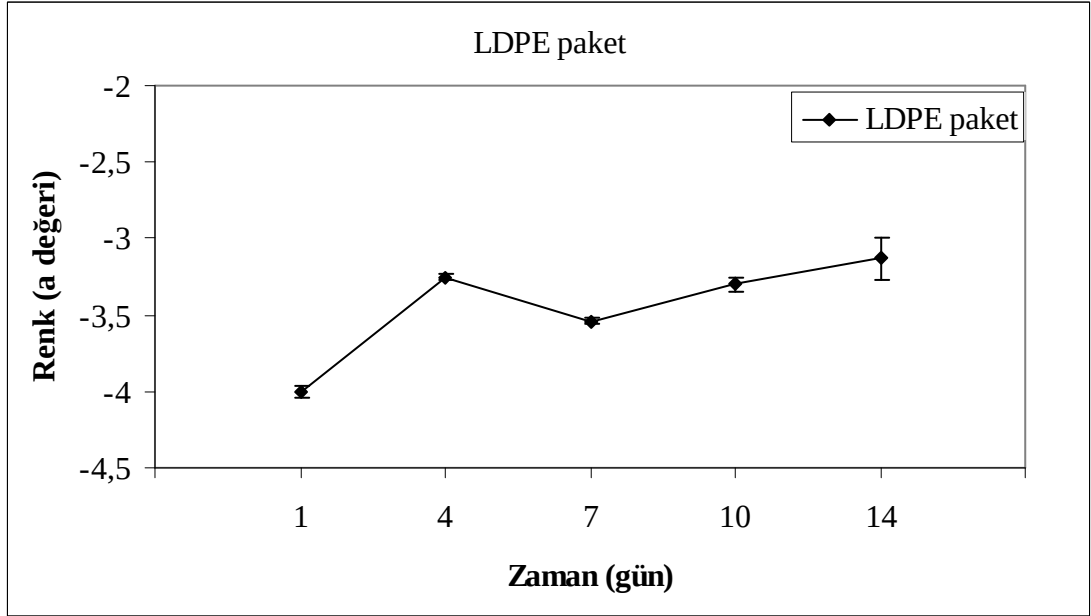
Grafik 4.16. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE ambalajlardaki ekmeklerin a değerleri 1. günde -4, 4. günde -3.27, 7. günde -3.77, 10. günde -3.74 ve 14. günde -3.53 olmuştur (Grafik 4.17). 14. gün ve diğer günler arasındaki a değerlerinde $p \leq 0.05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğu bulunmuştur.



Grafik 4.17. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi

LDPE paketlerdeki ekmeklerin a değerine bakıldığında 1. gün -4 olan a değeri, 4. gün -3.25, 7. gün -3.54, 10. gün -3.30 ve 14. gün -3.13 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.18).



Grafik 4.18. LDPE paketteki ekmeklerde a değerinin günlere göre değişimi

4.4.2. b değeri

Farklı paketlenme materyalleri ve farklı gaz kompozisyonu ile ambalajlanmış ekmeklerdeki b değerinin değişimi Tablo 4.6'de verilmiştir. b değerinin artması sarı rengin arttığını gösterirken, b değerinin azalması mavi rengin arttığını göstermektedir. Ekmekte b değerinin artması oksidasyonun artması şeklinde yorumlanabilmektedir.

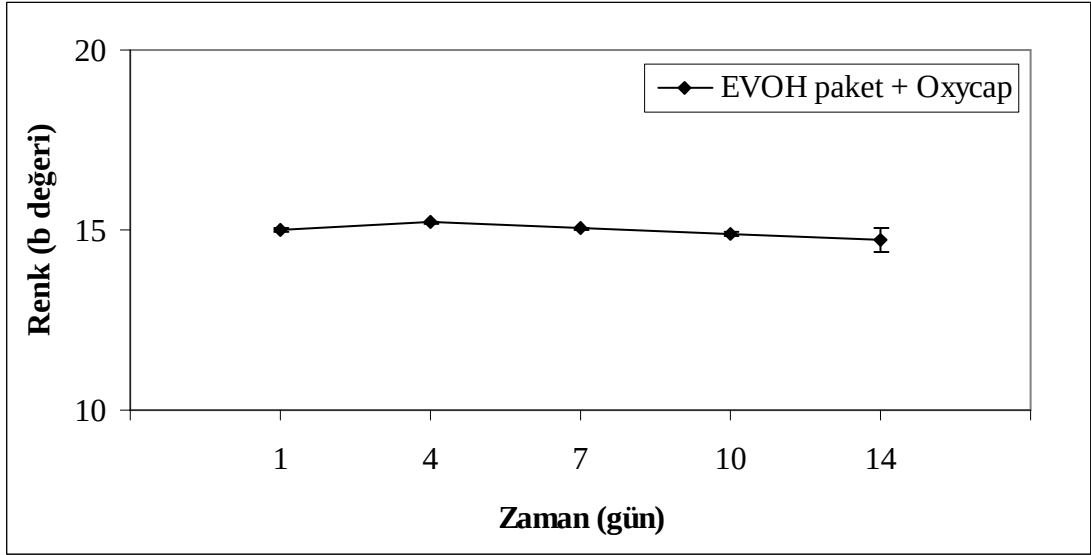
Tablo 4.6. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin b değerindeki değişim*

Zaman	b değeri				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	15,01±0,04a	15,01±0,04a	15,01±0,04ac	15,01±0,04a	15,01±0,04a
4	15,04±0,01a	15,84±0,04bf	15,21±0,03a	14,12±1a	15,90 ±0,62a
7	14,83±0,03be	14,68±0,03c	15,03±0,04ad	15,32±1,22a	16,03±0,99a
10	14,62±0,04c	15,58±0,16df	14,91±0,06ae	17,69±0,23bc	17,85±0,57bd
14	14,79±0,03de	16,78±0,18e	14,72±0,32bcde	15,59±1,06ac	18,29±0,88cd

*a-f: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

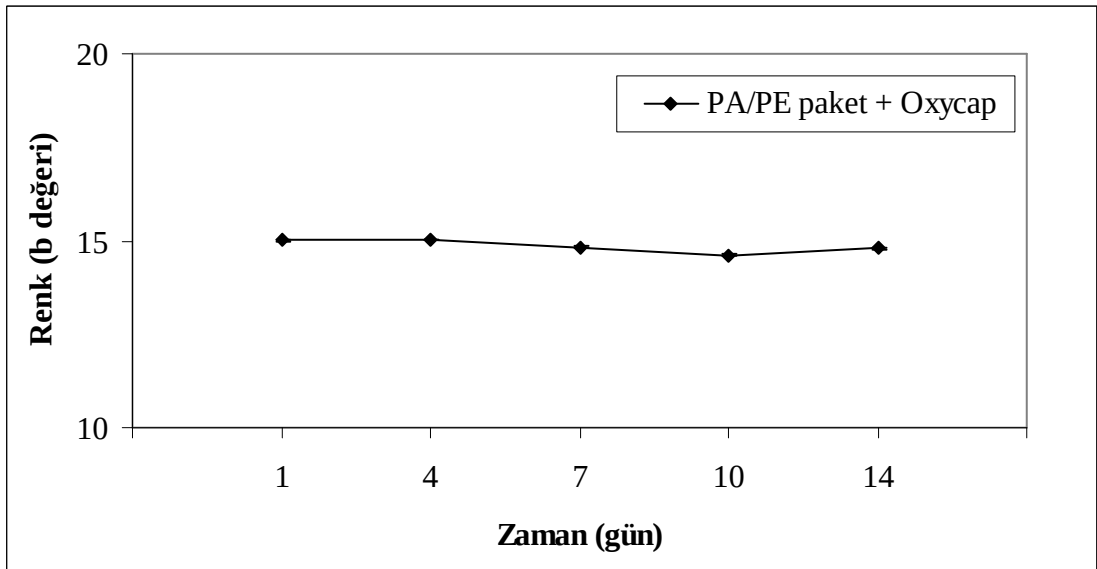
Oksijen emici içeren EVOH paketlerde ilk gün 15.01 olan b değeri bir miktar artarak 4. gün 15.21 olmuştur. 4. günden sonra ise 14. güne kadar azalma meydana

gelmiş, b değeri 7. günde 15.03, 10. günde 14.91 ve 14. günde 14.72 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.19).



Grafik 4.19. Oksijen emici bulunan EVOH paketdeki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici yerleştirilmiş PA/PE pakette bulunan ekmeklerin b değerindeki değişime bakıldığında 1. gün 15.01 olan b değeri, 4. gün 15.04 olmuştur. 7., 10., ve 14. günlerde b değeri sırasıyla 14.83, 14.62 ve 14.79 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.20).



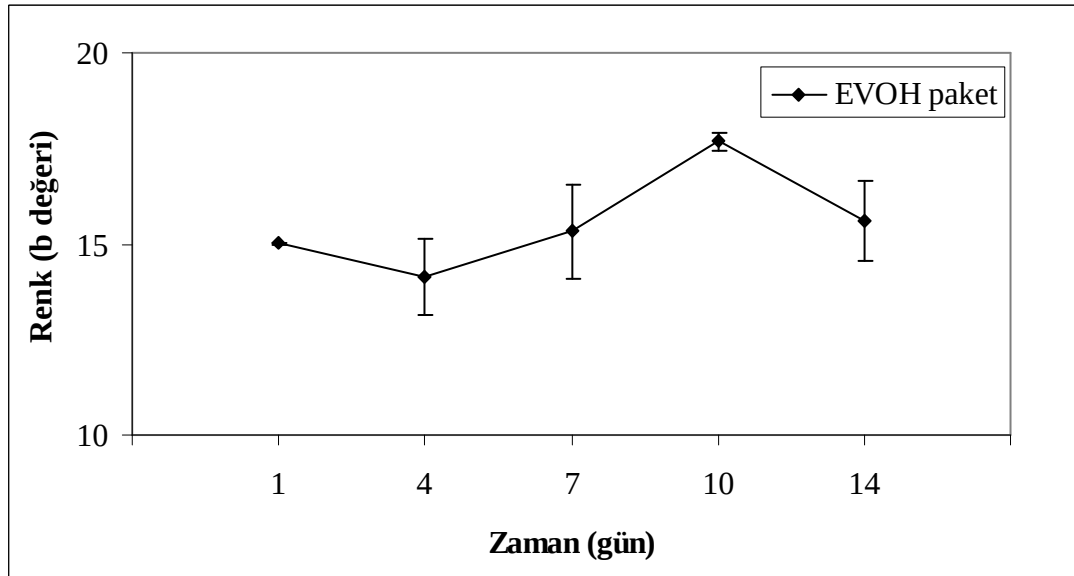
Grafik 4.20. Oksijen emici bulunan PA/PE paketdeki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici içeren EVOH ve oksijen emici içeren PA/PE paketlerdeki ekmeklerin b değerlerindeki değişimin fazla olmaması, bu paketlerde oksijen emicilerin bulunması ve oksijen seviyesinin 4. günden itibaren sıfır olması, dolayısıyla bu paketlerdeki ekmeklerde oksidasyonun meydana gelmemesinden kaynaklanmaktadır.

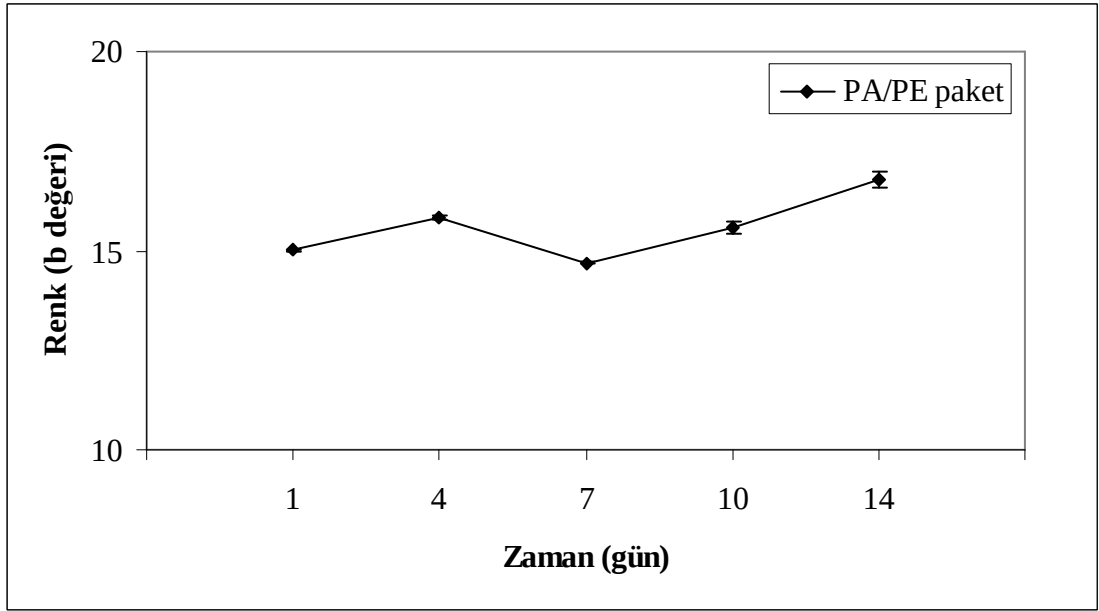
Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette 1. gündeki 15.01 olan b değeri, 4. günde 14.12, 7. günde 15.32, 10. günde 17.69 ve 14. günde 15.59 olmuştur (Grafik 4.21).

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE pakette bulunan ekmeklerin b değeri 1. günde 15.01, 4. günde 15.84, 7. günde 14.68, 10. günde 15.58 ve 14. günde 16.78 olmuştur (Grafik 4.22).

Oksijen emici içermeyen fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH ve PA/PE paketlerdeki ekmeklerin b değeri, oksijen emici bulunan EVOH ve PA/PE paketlerin aksine artış göstermiştir (Tablo 4.6). Bunun nedeni bu paketlerdeki oksijen miktarının oksijen emici içeren EVOH ve PA/PE paketlerden daha fazla olması ve bunun sonucunda bu paketlerdeki ekmeklerde daha fazla oksidasyon meydana gelmesidir.

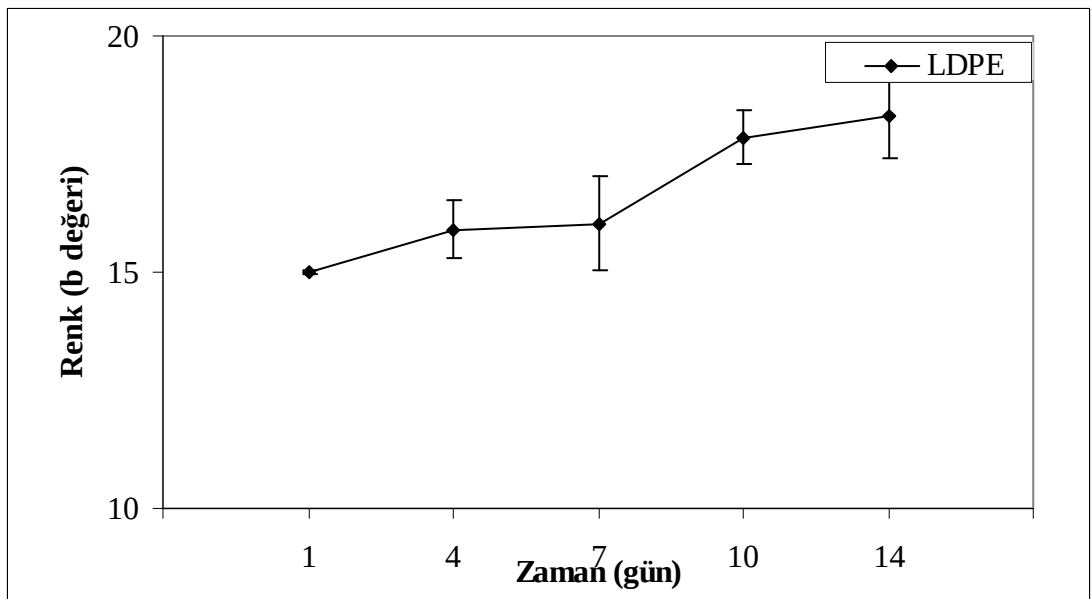


Grafik 4.21. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi



Grafik 4.22. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi

LDPE pakette bulunan ekmeklerin b değerlerine bakıldığında 14 boyunca artış görülmektedir. Bu pakette bulunan ekmeklerin b değeri 1. gün 15.01 iken, 4. gün 15.90, 7. gün 16.03, 10. gün 17.85 ve 14. gün 18.29 seviyesine ulaşmıştır. LDPE paketlerde bulunan ekmeklerin b değerlerinin yüksek olmasının nedeni; paket içinde oksijen düzeyinin fazla olması dolayısıyla, fazla miktarda oksidasyon meydana gelmesidir (Grafik 4.23).



Grafik 4.23. LDPE paketteki ekmeklerde b değerinin günlere göre değişimi

4.4.3. L değeri

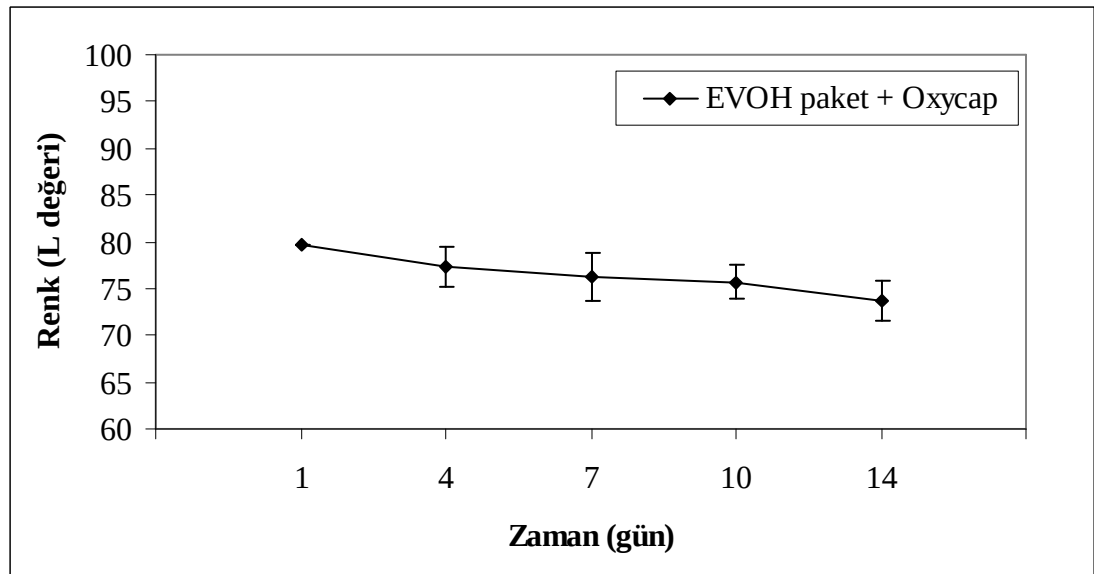
Farklı paketleme materyalleri ve farklı gaz kompozisyonu ile ambalajlanmış ekmeklerin L değerlerindeki değişim Tablo 4.7’de verilmiştir. L değeri gıdadaki parlaklık ve koyuluğu göstermektedir. L değerinin artması parlaklığın arttığını gösterirken, L değerinin azalması koyuluğun arttığını göstermektedir.

Tablo 4.7. Farklı ambalajlama uygulamalarındaki ekmeklerin L değerindeki değişim*

Zaman	L değeri				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, % 30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	79,71±0,06a	79,71±0,06ae	79,71±0,06a	79,71±0,06a	79,71±0,06a
4	71,86±0,03b	74,76±2af	77,40±2,12bf	73,36±0,38bf	70,23±1,30bf
7	75,93±0,01c	73,96±0,37bf	76,25±2,52cf	74,69±0,52cg	74,01±2,98cf
10	74,08±0,13d	73,96±3,63cf	75,69 ±1,78df	73,92±0,70dfg	73,38±1,34df
14	73,72±0,16e	73,25±1,36df	73,68±2,16ef	73,36±0,38ef	72,54±2,04ef

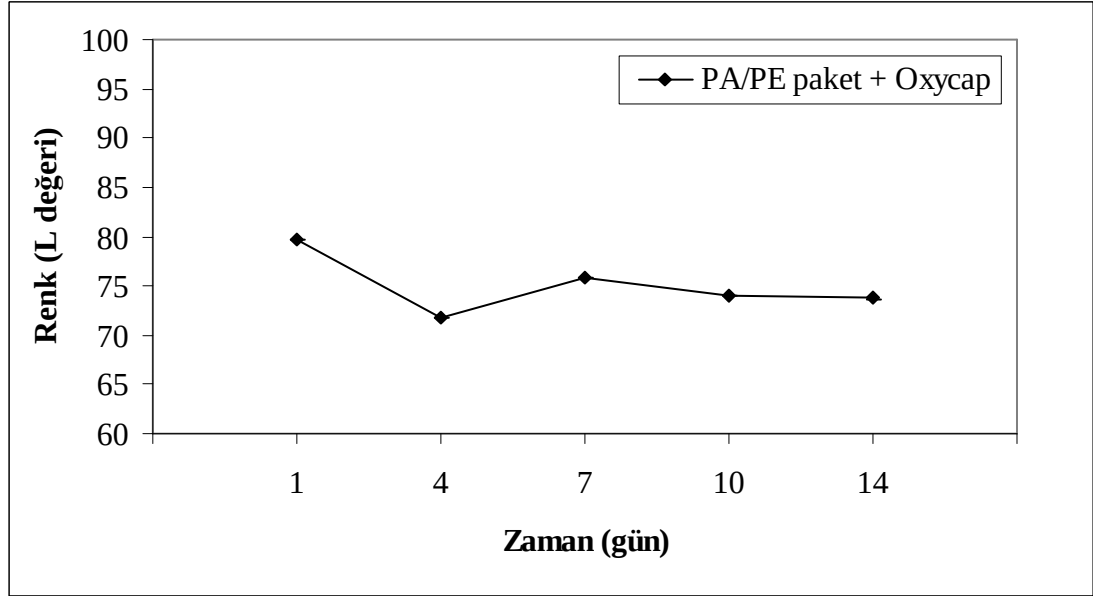
*a-g: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

Oksijen emici içeren EVOH pakette bulunan ekmeklerin 1. gün 79.71 olan L değeri 4. gün 77.40’a düşmüştür. 7. günde 76.25’e düşen L değeri, 10. günde 75.69 ve 14. günde ise 73.68 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.24).



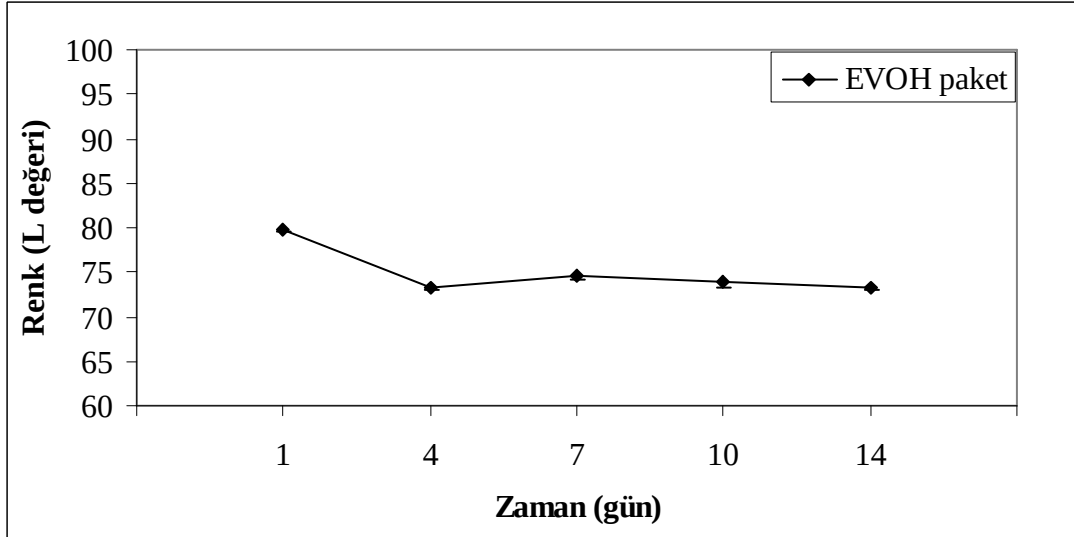
Grafik 4.24. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici içeren PA/PE paketlerde bulunan ekmeklerde 1. günde 79.71 olan L değeri, 4. günde 71.86, 7. gün 75.93, 10. günde 74.08 ve 14. günde 73.72 olmuştur (Grafik 4.25).



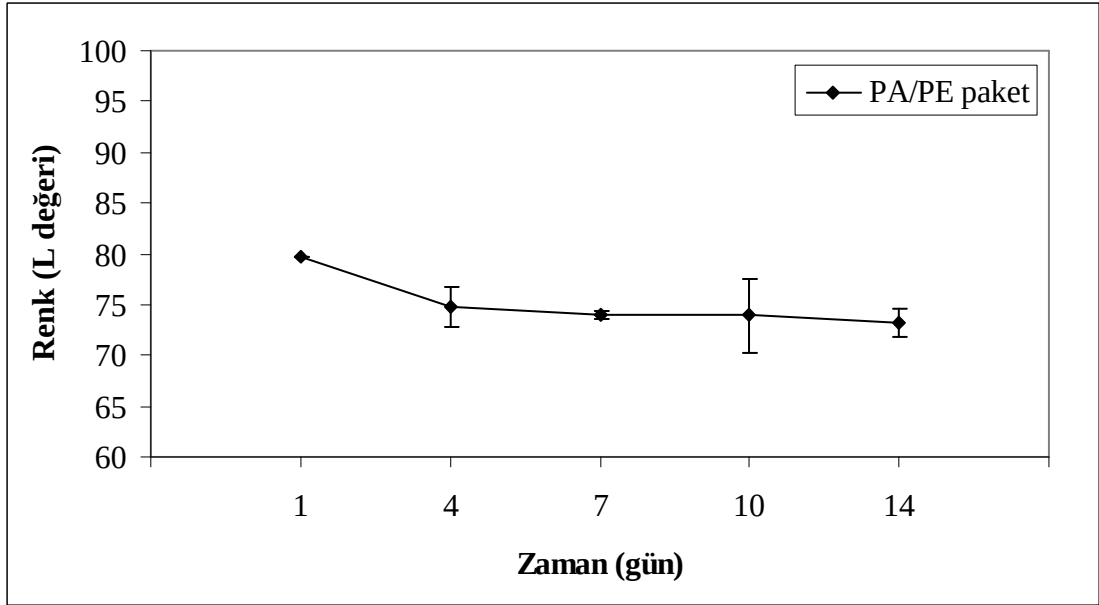
Grafik 4.25. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette bulunan ekmeklerin 1. gün 79.71 olan L değeri, 4. gün 73.36, 7. gün 74.69, 10. gün 73.29 ve 14. gün 73.36 olarak ölçülmüştür (Grafik 4.26).



Grafik 4.26. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paket içindeki ekmeklerin 1. gün 79.71 olan L değeri 4. gün 74.76, 7. gün 73.96'ya düşmüştür. 10. gün aynı değerde kalan L değeri 14. günde azalarak 73.25'e düşmüştür (Grafik 4.27).

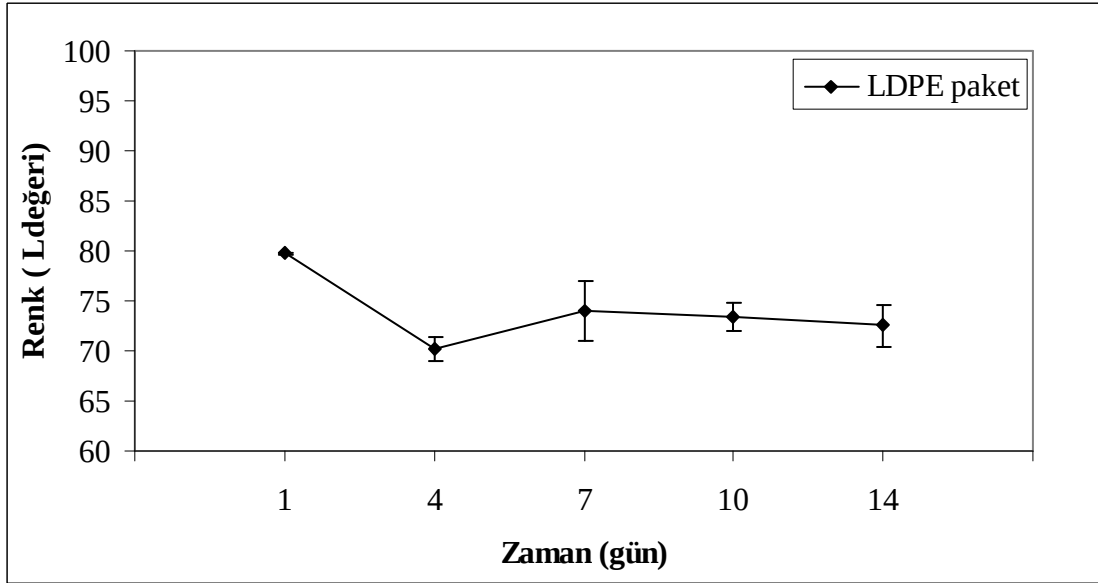


Grafik 4.27. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi

Oksijen emici içeren EVOH ve PA/PE paketlerde 4. günden itibaren oksijen miktarı sıfır olduğundan, modifiye atmosfer şartları oluşturulmuş EVOH ve PA/PE paketlerinde ise ambalaj içinde ekmeğin oksidasyonuna sebep olacak düzeyde

oksijen bulunmadığından bayatlama LDPE ambalaj içindeki ekmeğe göre daha az seviyede gerçekleşmiştir.

LDPE pakette bulunan ekmeklerin 1. günde 79.71 olan L değeri 4. günde 70.23, 7. günde 74.01, 10. günde 73.38 ve 14. günde 72.54 olmuştur (Grafik 4.28). LDPE pakette bulunan ekmeklerin L değerleri diğer paketlerle karşılaştırıldığında daha düşüktür. L değerinin düşük olmasının nedeni, bu pakette oksijen miktarının daha fazla olması nedeniyle ekmeklerde diğer paketlerdeki ekmeklere göre daha fazla oksidasyon olmasıdır.



Grafik 4.28. LDPE paketteki ekmeklerde L değerinin günlere göre değişimi

4.5. Ekmekte Su Aktivitesi Ölçümünün Değerlendirilmesi

Farklı paketleme materyalleri ve farklı gaz kompozisyonu ile ambalajlanmış ekmeklerin su aktivitelerindeki (a_w) değişim Tablo 4.8’de verilmiştir.

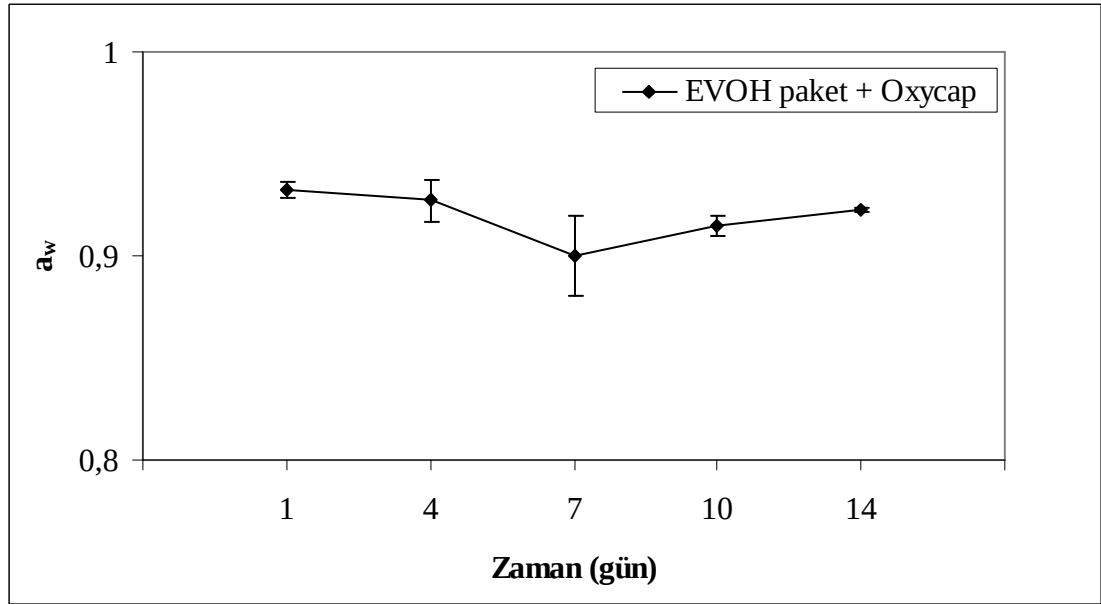
Oksijen emici bulunan EVOH paketler ile oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketlerdeki ekmeklerin su

Tablo 4.8. Farklı paket tiplerindeki ekmeklerin su aktivitelerindeki (a_w) değişim*

Zaman	a_w değeri				
Gün	PA/PE paket + Oxycap	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + Oxycap	EVOH paket, % 30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
1	0,932±0,004a	0,932±0,004a	0,932±0,004a	0,932±0,004a	0,932±0,004a
4	0,912±0,007ac	0,909±0,005bd	0,927±0,010ac	0,857±0,001b	0,828±0,016bd
7	0,912±0,005ad	0,928±0,007ad	0,900±0,020bcd	0,913±0,004ce	0,863±0,027a
10	0,911±0,010ae	0,917±0,004ad	0,915±0,001ad	0,904±0,004de	0,888±0,034ad
14	0,896±0,010bcde	0,909±0,017cd	0,923±0,001ad	0,918±0,010ae	0,890±0,013c

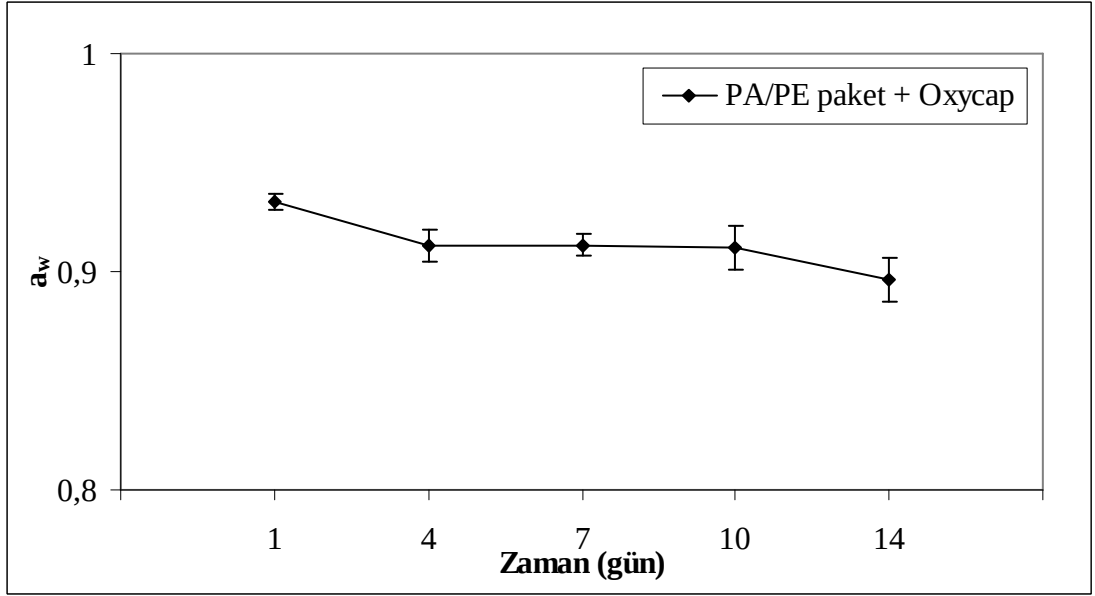
*a-e: Aynı kolonda yer alan ve farklı harfe sahip olan değerler arasında $p \leq 0,05$ seviyesinde anlamlı bir değişiklik olduğunu göstermektedir

aktivitelerinin diğer paketlerdekilere göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Oksijen emici bulunan EVOH pakette 1. günde 0.932 olarak ölçülen su aktivitesi 4. günde 0.927, 7. günde 0.900'e düşmüş, 10. günde bir miktar artarak 0.915 olan su aktivitesi, 14. günde 0.923'e çıkmıştır (Grafik 4.29).



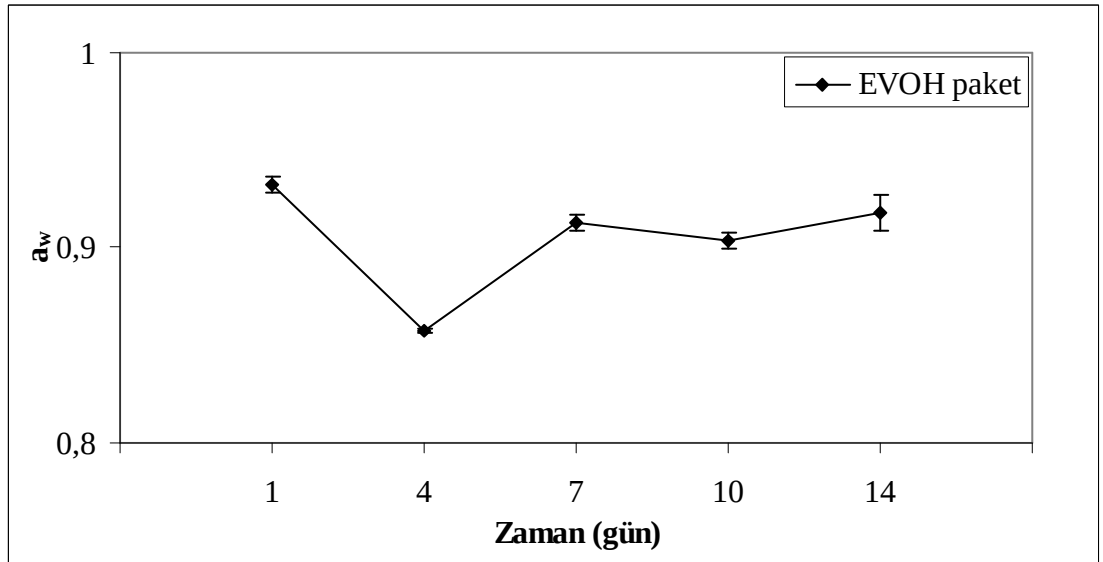
Grafik 4.29. Oksijen emici bulunan EVOH paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi

Oksijen emici içeren PA/PE paketlerdeki ekmeklerde 1. günde su aktivitesi 0.932, 4. ve 7. günlerde 0.912, 10. günde 0.911 ve 14. günde 0.896 olmuştur (Grafik 4.30).



Grafik 4.30. Oksijen emici bulunan PA/PE paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi

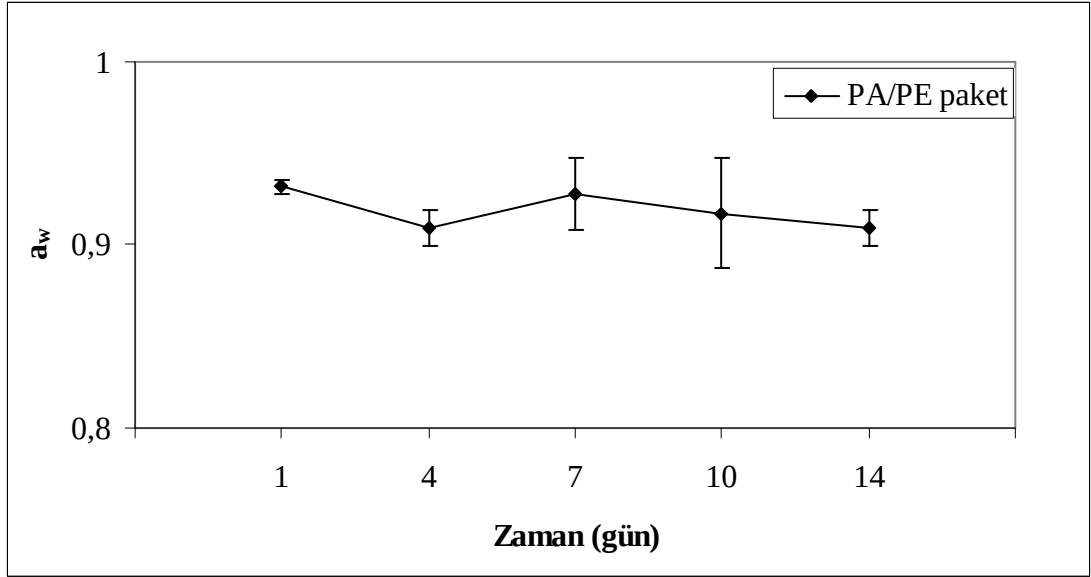
Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette ölçülen su aktivitesi değerleri 1. gün 0.932, 4. gün 0.857, 7. gün 0.913, 10. gün 0.904 ve 14. gün 0.918 olmuştur (Grafik 4.31).



Grafik 4.31. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketlerdeki ekmeklerde 1. gün 0.932 olan su aktivitesi 4 .gün 0.909'a

düşmüş, 7.gün 0.928'e yükselmiş, 10. gün 0.917'ye düşmüş ve 14. gün 0.909 değerine ulaşmıştır (Grafik 4.32).

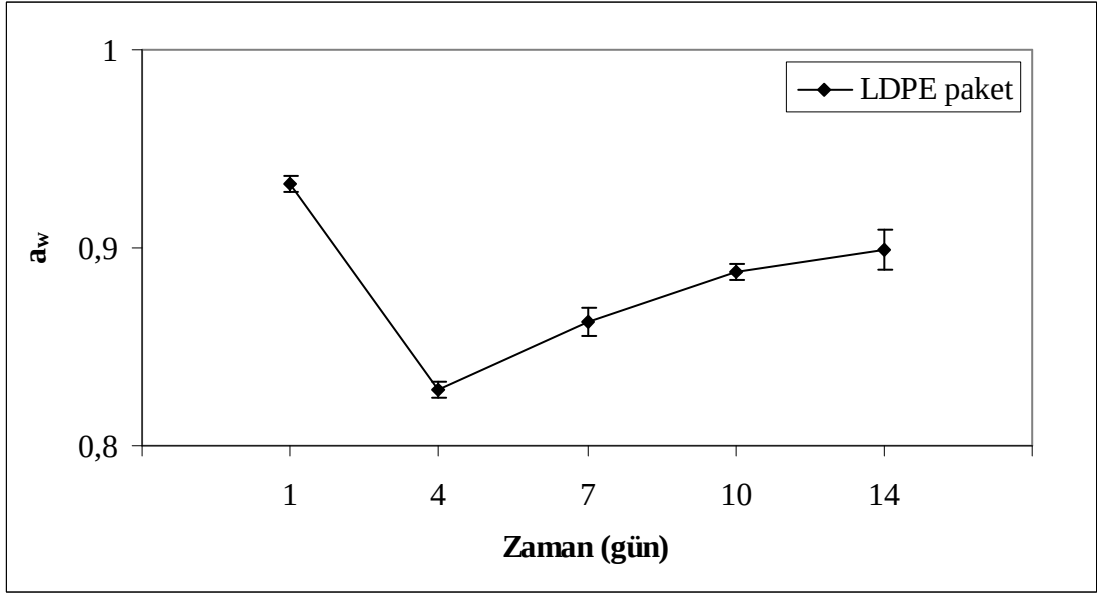


Grafik 4.32. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi

14. gün sonunda oksijen emici içeren EVOH paketteki ekmeklerin su aktivitesi 0.923, oksijen emici içermeyen fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH ve PA/PE paketteki ekmeklerin su aktiviteleri sırasıyla 0.918 ve 0.909, oksijen emici içeren PA/PE paketteki ekmeklerin su aktivitesi 0.896 ve LDPE paketteki ekmeklerin su aktivitesi ise 0.890 olmuştur.

EVOH paketlerdeki ekmeklerin su aktivitelerinin diğer paketlerdekilere göre daha fazla olmasının nedeni EVOH filmin su buharı geçirgenliğinin PA/PE ve LDPE filminden daha az olmasından dolayı paket içinde kalan nemin ekmek tarafından emilmesidir.

Kontrol olarak kullanılan LDPE ambalajlarda 1. gün 0.932 olan su aktivitesi 14 gün boyunca azalarak 14. gün 0.890 olmuştur (Grafik 4.35). En fazla nem kaybı su buharı geçirgenliği diğer paketlere göre daha yüksek olan LDPE paketlerdeki tost ekmeklerinde meydana gelmiş, buna bağlı olarak da tost ekmeklerinin su aktivitelerinde azalma görülmüştür.



Grafik 4.33. LDPE paketteki ekmeklerde su aktivitesinin günlere göre değişimi

4.6. Duyusal Analiz Sonuçları

Oksijen emici içeren EVOH ve PA/PE ambalajlar içindeki ekmekler, oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş ambalajlar içindeki ekmekler ile normal atmosferde LDPE ile ambalajlanmış ekmeklerin 1., 4., 7., 10. ve 14. günlerde küflenme, ufalanma, yumuşaklık ve koku özellikleri değerlendirilmiştir. Yapılan duyusal analizler sonucunda 14 gün süreyle elde edilen veriler Tablo 4.9’da verilmiştir.

4.6.1. Küflenme

Oksijen emici bulunan EVOH ve PA/PE paketlerde oksijen düzeyinin 4. günden itibaren sıfır düzeyinde kalmasına bağlı olarak, bu paketlerde bulunan ekmeklerde küf oluşumu gözlenmemiştir (Resim 4.1).

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakete giren oksijen miktarı, oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE ve LDPE paketlerle karşılaştırıldığında daha az miktarda olmuştur. Buna bağlı olarak da oksijen emici bulunmayan ve gaz

atmosferi oluşturulmuş paketler arasında en az küf oluşumu EVOH pakette gözlenmiştir.

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE pakette günlük oksijen miktarı oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakettekinden biraz daha yüksektir. Buna bağlı olarak gaz atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketlerde gaz atmosferi oluşturulmuş EVOH paketlere göre daha erken ve biraz daha çok küf oluşumu gözlenmiştir. Oksijen emici bulunmayan ve %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paketlerdeki ekmeklerde 10. günde herhangi bir küf oluşumu gözlenmezken, oksijen emici bulunmayan ve %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paketler içindeki ekmeklerde 10. gün çok az düzeyde küf oluşumu gözlenmiştir (Bkz. Tablo 4.9).

LDPE paket normal atmosferde paketlenildiğinden ilk günden itibaren paket içindeki oksijen düzeyi çok yüksektir. Bu pakette 7. gün küf gelişimi gözlenmiş, 14. güne kadar hızla artan küf oluşumu 14. günde çok fazla düzeye ulaşmıştır (Bkz. Resim 4.1).

4.6.2. Ufalanma

Ekmekte bayatlamaya bağlı olarak ufalanma miktarı da artmaktadır. Bayatlamaya neden olan lipaz enziminin aktivitesi ise ortamda bulunan oksijen miktarı ile artış göstermektedir. Oksijen emici bulunan EVOH paketlerdeki ekmeklerde ufalanma 10. gün, LDPE paketteki ekmeklerde 4. gün, diğer paketlerde ise 7. gün başlamıştır.

Oksijen emici içeren EVOH paketlerde filmin oksijene karşı iyi bariyer özellik göstermesi ve paket içinde oksijen emici bulunmasına bağlı olarak ufalanma miktarı oksijen emici içermeyen fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH pakette bulunan ekmeklere göre daha az olmuştur. Oksijen emici bulunan EVOH paketlerde 14. günde az düzeyde ufalanma meydana gelmiştir.

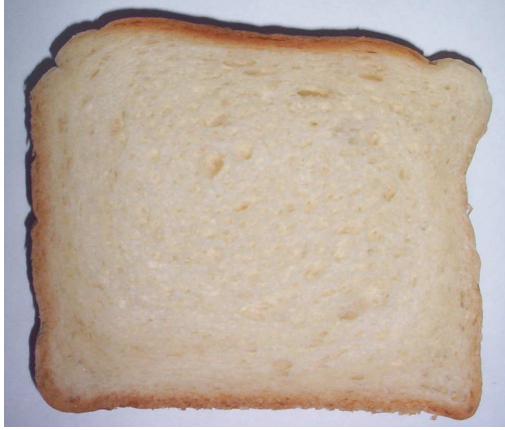
PA/PE paketlerde ambalaj içi oksijen miktarı EVOH paketlere göre daha fazladır. Bunun sonucunda PA/PE ambalajdaki ekmeklerin ufalanması EVOH ambalajdaki ekmeklere göre daha erken ve daha fazla miktarda olmuştur. Oksijen emici içeren PA/PE ve oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferinde paketlenen PA/PE paketlerde bulunan ekmeklerde 14. gündeki ufalanma orta seviyede gerçekleşmiştir.

LDPE pakette, oksijenin etkisiyle artan lipaz aktivitesiyle 4. günden itibaren ufalanma artarak devam etmiştir. 4. gündeki numunelerde çok az olan ufalanma 14. gündeki numunelerde çok fazla düzeyde olmuştur.

Tablo 4.9. Tost ekmeğinde yapılan duyu analizlerinin sonuçları*

Duyusal Analiz	Günler	Uygulama Tipi				
		PA/PE paket + O ₂ emici	PA/PE paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	EVOH paket + O ₂ emici	EVOH paket, %30 CO ₂ + %70 N ₂	LDPE paket
Küflenme	1	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	2
	10	0	1	0	0	3
	14	0	2	0	1	5
Ufalanma	1	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	1
	7	1	2	0	1	2
	10	2	3	1	2	3
	14	3	3	2	3	5
Yumuşaklık	1	5	5	5	5	5
	4	5	5	5	5	4
	7	4	4	5	4	4
	10	3	3	4	4	3
	14	3	3	4	3	1
Koku	1	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	2
	10	0	1	0	0	4
	14	1	1	0	1	5

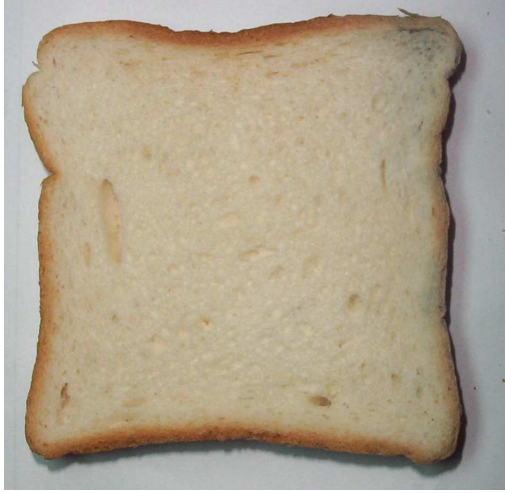
*(0= Hiç yok, 1= Çok az, 2= Az, 3= Orta, 4= Fazla, 5= Çok fazla)



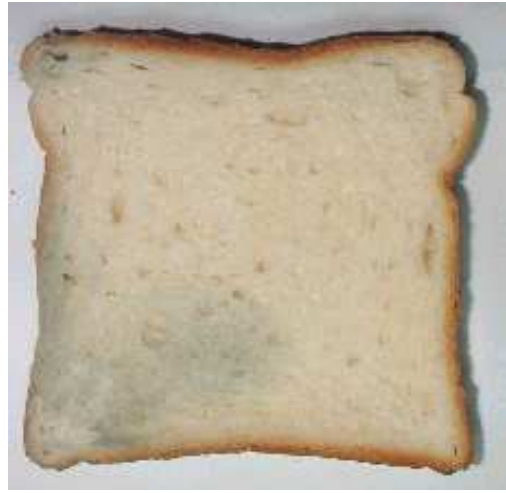
a. O₂ emici bulunan EVOH paket



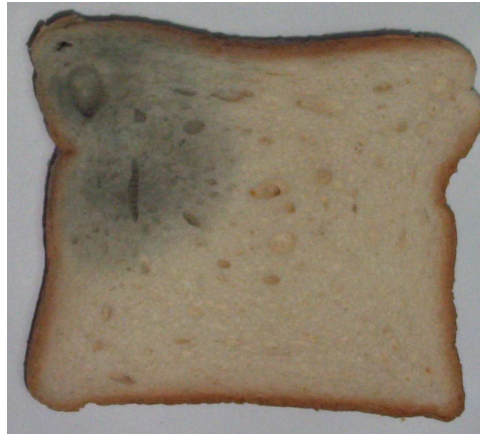
b. O₂ emici bulunan PA/PE paket



c. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH paket



d. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş PA/PE paket



e. LDPE paket (Kontrol)

Resim 4.1. Farklı muhafaza yöntemlerinin 14. gün sonunda tost ekmeği üzerindeki etkileri

4.6.3. Yumuşaklık

Oksijen emici bulunan EVOH ambalaj içindeki ekmekler 7 gün boyunca ilk günkü yumuşaklıklarını korumuşlardır. Oksijen emici bulunan PA/PE ambalaj içindeki ekmekler ile oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH ve PA/PE ambalajlar içindeki ekmekler 4 gün süre ile ilk günkü yumuşaklıklarını korumuşlardır. LDPE ambalaj içindeki ekmeklerin yumuşaklığı ise 4. günde ilk güne göre azalma göstermiştir.

EVOH ambalajın su buharına olan geçirgenliği PA/PE ve LDPE filmlerden daha az olduğundan ve oksijenin bayatlamayı hızlandırdığı göz önünde bulundurulduğunda 14. gün sonunda oksijen emici bulunan EVOH ambalajdaki ekmeğin diğer paketlerdeki ekmeklerden daha yumuşak olduğu gözlenmiştir. Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferi oluşturulmuş EVOH ve PA/PE ambalaj içindeki ekmekler ile oksijen emici bulunan PA/PE ambalaj içindeki ekmeklerin yumuşaklığı 14. gün sonunda orta düzeyde olmuştur. LDPE ambalaj içindeki ekmeklerin yumuşaklığının ise 14. gün sonunda ilk güne göre çok az düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

4.6.4. Koku

Ekmeğe istenmeyen koku oluşumunun nedenleri küf oluşumu ve lipaz enziminin aktivitesi sonucu meydana gelen bayatlamadır. Oksijen emici bulunan EVOH paketlerde 14 gün boyunca istenmeyen koku oluşumu saptanmamıştır. Oksijen emicinin varlığından dolayı bu pakette oksijen düzeyi 4. günden itibaren sıfır seviyesinde kalmış, buna bağlı olarak küf oluşumu gözlenmemiş ve bayatlama en az seviyede kalmıştır.

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferinde EVOH film ile paketlenen ekmeklerde paket içi oksijen seviyesinin düşük ve küf oluşumunun çok az olmasına bağlı olarak, istenmeyen koku oluşumu da çok az miktarda olmuştur.

Oksijen emici bulunan PA/PE paketlerde 14. gün çok az miktarda istenmeyen koku oluşumu saptanmıştır. Bu pakette küf oluşumu incelendiğinde 14 gün boyunca küf üremediği görülmektedir. Buna bağlı olarak koku oluşumuna bayatlananın yol açtığı anlaşılmaktadır.

Oksijen emici bulunmayan fakat %30 CO₂ + %70 N₂ atmosferinde PA/PE film ile paketlenen ekmeklerde 10. günden itibaren küflenme nedeniyle 14. gün çok az miktarda koku oluşumu saptanmıştır.

LDPE pakette bulunan ekmeklerde küf oluşumunun fazla olmasına bağlı olarak istenmeyen koku oluşumu da çok fazla miktarda olmuştur. Küflenmenin meydana geldiği 7. gün az miktarda olan koku oluşumu 14. günde en üst seviyeye ulaşmıştır.

Bu çalışmada oksijen emici bulunan EVOH ve PA/PE ambalajlardaki ekmeklerin, diğer ambalajlarda bulunan ekmeklere göre raf ömürlerinin daha uzun olduğu belirlenmiştir. Oksijen emici bulunan bu iki ambalaj karşılaştırıldığında EVOH ambalajlardaki ekmeklerin duysal kalitelerinin PA/PE ambalajlardaki ekmeklere göre daha iyi olduğu görülmüştür. Bunun sebebi EVOH ambalajların oksijene ve su buharına karşı PA/PE ambalajlardan daha iyi bariyer özellik göstermesidir. Oksijen emici bulunan EVOH ambalajlardaki ekmeklerde 14 gün boyunca herhangi bir küflenme görülmemiş ve bu paketlerdeki ekmeklerin tazeliğini büyük oranda koruduğu gözlenmiştir. Kontrol olarak kullanılan LDPE ambalajdaki ekmeklerde ise 7. günde küf gelişimi gözlenmiş ve ekmekler mikrobiyolojik bakımdan tüketilemez bir hal almıştır. Sonuç olarak, EVOH ambalaj ve oksijen emici sistemlerin kullanılmasıyla tost ekmeğinin raf ömrünün LDPE ambalaj içindeki ekmeklere göre 2 kat daha fazla olduğu görülmüştür. LDPE ambalaj içinde 7 gün olan tost ekmeğinin raf ömrü oksijen emici bulunan EVOH ambalaj ile 14 güne çıkarılmıştır.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma oksijen emici tabletlere karşı bazı tüketicilerin yanlış inancıya sahip olmalarından dolayı oksijen emici filmlerle de yapılabilir. Böylece, hem tüketicinin oksijen emici tabletleri zararlı olarak görmesinden dolayı duyduğu endişe giderilebilir, hem de oksijen emici filmlerin oksijen emici tabletlere kıyasla etkinliği belirlenebilir.

Türk toplumunun günlük beslenmesinde en önemli yeri tutan ekmekte yapılan bu çalışma çabuk bozulmaya eğilimli diğer fırıncılık ürünleri (yaş pastalar, kuru pastalar, kek, vb.) ile yapılabilir. Bu ürünlerde oksijen emici sistemlerin etkinliği ve raf ömrü üzerindeki etkileri belirlenebilir.

Genelde gıda koruyucularına alternatif olan oksijen emici tabletler özellikle son yıllarda tüketicilerin doğal ve organik gıda ürünlerine olan talebi doğrultusunda bu ürünlerde denenebilir. Raf ömrü genelde sınırlı olan doğal ve organik gıda ürünlerinin raf ömürleri oksijen emici sistemler ile arttırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Abe, K. and Watada, A.E., 1991. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, 56: 1589-1592
2. American Association of Cereal Chemists, 2000a. Approved Methods 10th. Edition. Advancing Cereal Science Worldwide, Vol: 2 , St. Paul, MN, USA.
3. American Association of Cereal Chemists, 2000b. Approved Methods 10th. Edition. Advancing Cereal Science Worldwide, Vol: 1, St. Paul, MN, USA.
4. Amosorb Technical Information, 1999. Amoco Chemicals Bulletin, Amoco Chemicals, USA.
5. Brody, A.L., 2001a. What's active in active packaging. *Food Technology*, 55(9): 104-106.
6. Brody, A.L., 2001b. What's the hottest food packaging technology today. *Food Technology*, 55(1): 82-84.
7. Dawson, P.L., 2002. Active packaging-coatings and films for extending shelf-life. *Businessbriefing: Food Technology*, p.1-6.
8. Day, B.P.F., 1998. Active packaging of foods. *CCFRA New Technologies Bulletin*, 17: 23.
9. Doğan, H. ve Savaşçı, Ö.T., 2002. Antimikrobiyal plastik katkıları ve antimikrobiyal zeolitler. *Pagev Plastik Dergisi*, 63: 54-59.
10. Farkas, J.K. and Floros, J.D., 2003. Oxygen absorbtion kinetics of powdered iron for active packaging. Ph. D. Dissertation. Department of Food Science, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.
11. Floros, J.D., Dock, L.L., Han, J.H., 1997. Active packaging technologies and applications. *Food, Cosmetics and Drug Packaging*, 20: 10-17.
12. Han, J.H. and Floros, J.D., 1997. Casting antimicrobial packaging films and measuring their physical properties and antimicrobial activity. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 13: 287-298.
13. Hotchkiss, J.H., 1995. Safety considerations in active packaging. Ch.11. *Active Food Packaging*, M.L. Rooney (Ed.). p. 238-255, Blackie Academic and Professional, London, UK.
14. Labuza, T.P., 1987. Oxygen scavenger sachets. *Food Research*, 32: 276-277.

15. 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: 1-69.
16. Labuza, T.P., 1996. An Introduction to active packaging for foods. *Food Technology*, 50(4): 68, 70-71.
17. Lee, D. S., Shin D. H., Lee D. U., Kim J. C. and Cheigh H. S., 2001. The use of physical carbon dioxide absorbents to control pressure buildup and volume expansion of kimchi packages. *Journal of Food Engineering*, 48: 183-188.
18. Miltz, J., Hoojjat, P., Han, J., Giacini, J.R., Harte, B.R. and Gray, I.J., 1988. Loss of antioxidants from high density polyethylene-its effect on oatmeal cereal oxidation in food and packaging interactions, ACS symposium 365, p. 83-93.
19. Nakamura, H. and Hoshino, J., 1983. Techniques for the preservation of food by employment of an oxygen absorber. Technical Information, p. 1-45. Mitsubishi Gas Chemical Co., Ageless Division, Tokyo.
20. Nielsen, T., 1997. Active packaging –A literature review. SIK- report No 631, p. 20.
21. Nielsen, P.V., 2000. Active packaging of bread. Technical University of Denmark. Department of Biotechnology, Lyngby, Denmark.
22. Özdemir, M., 1999. Antimicrobial Releasing Edible Whey Protein Films And Coatings. Ph.D. Dissertation. Department of Food Science, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.
23. Özdemir, M., 2002. Aktif ambalajlama teknolojileri. *Dünya Gıda*, 9: 30-32.
24. Parry, R.T., 1993. Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods: Introduction, p. 1-17, Blackie Academic and Professional, London, UK.
25. Rooney, M.L., 1995. Active packaging in polymer films. Ch 4. Active Food Packaging, M.L. Rooney (Ed.), p. 74-110. Blackie Academic and Professional, London, UK.
26. Seiler, D.A.L. and Russell, N.J., 1993. Food Preservatives. Blackie Academic and Professional, London, UK.
27. Shin, D.H., Cheigh, H. S., and Lee, D.S., 2002. The use of Na₂CO₃-based CO₂ absorbent systems to alleviate pressure buildup and volume expansion of kimchi packages. *Journal of Food Engineering*, 53: 229-235.
28. Shirazi, A. ve Cameron, A.C., 1992. Controlling relative humidity in modified atmosphere packages of tomato fruit. *Horticultural Science*, 27: 336-339.

29. Smith, J.P., Ooraikul, B., Koersan, W.J., van de Voort, F.R., Jackson, E.D., and Lawrence, R.A., 1987. Shelf life extension of bakery product using ethanol vapor. *Food Microbiology*, 4: 329-337.
30. Smith, J.P., Ramaswamy, H.S. and Simpson, B.K., 1990. Developments in food packaging technology. Part 2: Storage aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 11: 111-118.
31. Smith, J.P., Hoshino, J and Abe, Y., 1995a. Interactive packaging involving sachet technology. Ch. 6. *Active Food Packaging*, M.L. Rooney (Ed.), p. 143-173. Blackie Academic and Professional, London, UK.
32. Smith, J.P., Abe, Y. and Hoshino, J., 1995b. Modified atmosphere packaging-present and future uses of gas absorbents and generators. Ch.12. *Principles of Modified Atmosphere and Sous Vide Product Packaging*, J.M. Farber and K.L. Dodds (Eds.), p. 287-323. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA.
33. Soares, N.F.F. and Hotchkiss, J.H., 1998a. Bitterness reduction in grapefruit juice through active packaging. *Packaging Technology and Science*, 11: 9-18.
34. Soares, N.F.F. and Hotchkiss, J.H., 1998b. Naringinase immobilisation in packaging films for reducing naringin concentration in grapefruit juice. *Journal of Food Science*, 63: 61-65.
35. SPSS, 2002. Versiyon 11.5.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA.
36. Şahin, İ., 2002. Doğal Bitki Ekstraktlı Antimikrobiyal Aktif Kağıt Ambalajlar. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, Kocaeli.
37. Türk Gıda Kodeksi - Ekmek ve Çeşitleri Hakkında Tebliğ, 1997. Tebliğ No: 97-01. Resmi Gazete, Sayı: 23086. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
38. Üçüncü, M., 2000. Gıdaların Ambalajlanması. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
39. Vermeiren, L., Beest, van M., Devlieghere, F., Kruijf, N. De, and Debevere J., 1999. Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 77-86.
40. Vermeiren, L., Devlieghere, F. and Debevere, J., 2003. Effectiveness of some recent antimicrobial packaging concepts. *Food Additives and Contaminants*, 19(4): Supplement 1: 163-171.

41. Weng, Y.M. and Hotchkiss, J.H., 1993. Anhydrides as antimycotic agents added to polyethylene films for food packaging. *Packaging Technology and Science*, 6: 123-128.
42. Wessling, C., Nielsen, T., Leufven, A. and Jägerstad, M., 1998. Mobility of α -tocopherol and BHT in LDPE in contact with fatty food simulants. *Food Additives and Contaminants*, 15: 709-715.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Kocaeli’nde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli’nde tamamladı. Üniversite eğitimine 1995 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü’nde başladı. 1999 yılında Biyolog olarak mezun oldu. 2000 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.