

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

**AKTİF AMBALAJLAMA VE MODİFİYE ATMOSFER
PAKETLEME UYGULAMALARININ DİLİMLENMiŞ
EKMEĞİN RAF ÖMRÜNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif POSTOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zehra AYHAN

Mart 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


**AKTİF AMBALAJLAMA VE MODİFİYE ATMOSFER
PAKETLEME UYGULAMALARININ DİLİMLENMİŞ
EKMEĞİN RAF ÖMRÜNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Elif POSTOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : GIDA MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 23/03/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr.
Zehra AYHAN
Jüri Başkanı


Dr. Öğretim Üyesi
Serpil ÖZTÜRK
Üye


Dr. Öğretim Üyesi
Semin Özge ÖZKOÇ
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Elif POSTOĞLU

23/03/2018



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, tez çalışmamın belirlenmesi, planlanması ve yürütülmesi aşamalarında büyük titizlikle benle ilgilenen ve destek olan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Zehra AYHAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada emeği geçen ve bana büyük destekte bulunan değerli Arş. Gör. Elif SEZER'e, yüksek lisans arkadaşlarım değerli Meliha ÖZTÜRK'e ve Tuncay TİRİBOLULU'ya teşekkür ederim.

Ayrıca değerli jüri üyelerim Dr. Öğretim Üyesi Serpil ÖZTÜRK ve Dr. Öğretim Üyesi Semin Özge ÖZKOÇ'a değerli vakitlerini ayırdıkları için teşekkür ederim.

Bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına (Proje No: 2017-50-01-019) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1. Ekmek ve Ekmeğin Raf Ömrünü Etkileyen Etmenler.....	4
2.2. Modifiye Atmosfer Paketleme.....	5
2.3. Aktif Ambalajlama Sistemleri.....	7
2.4. Ekmekte Raf Ömrü Çalışmaları.....	10
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Örneklerin hazırlanması ve ambalajlama.....	17
3.2.2. Tepe boşluğu gaz analizi	20
3.2.3. Renk	20
3.2.4. Tekstür	21

3.2.5. pH	22
3.2.6. Su aktivitesi.....	22
3.2.7. Mikrobiyolojik analiz	23
3.2.8. Duyusal analiz.....	23
3.2.9. İstatistiksel analiz	25
BÖLÜM 4.	
BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1. Tepe Boşluğu Gaz Bileşimi	26
4.2. Renk	30
4.3. Tekstür	35
4.4. pH	37
4.5. Su Aktivitesi	39
4.6. Mikrobiyolojik Analiz	42
4.7. Duyusal Analiz.....	46
BÖLÜM 5.	
SONUÇ	53
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	63

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BOPP	: Çift yönlü gerdirilmiş polipropilen
EVOH	: Etilen vinil alkol
LDPE	: Düşük yoğunluklu polietilen
LLDPE	: Lineer düşük yoğunluklu polietilen
MAP	: Modifiye atmosfer paketlenme
OPP	: Gerdirilmiş polipropilen
OTR	: Oksijen geçiş hızı
PA	: Poliamid
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen tereftalat
PP	: Polipropilen
PVDC	: Poliviniliden klorür
WVTR	: Su buharı geçiş hızı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Ambalajlanmış ekmek örnekleri	19
Şekil 3.2. Depolanan ekmek örnekleri	20
Şekil 3.3. Renk ölçüm analizi.....	21
Şekil 3.4. Tekstür analizi	22
Şekil 3.5. Duyusal değerlendirme formu	24
Şekil 4.1. MAP ve aktif ambalajlamanın depolama süresince ambalaj tepe boşluğu oksijen oranına etkisi	26
Şekil 4.2. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ambalaj tepe boşluğu karbondioksit oranına etkisi	27
Şekil 4.3. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince L* değerine etkisi	31
Şekil 4.4. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince a* değerine etkisi.....	31
Şekil 4.5. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince b* değerine etkisi	32
Şekil 4.6. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri sayısına etkisi	42
Şekil 4.7. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince toplam maya ve küf sayısına etkisi	43
Şekil 4.8. Depolamanın 12. gününde tüm uygulamara ait görüntüler	48

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. MAP teknolojisinin avantaj ve dezavantajları	6
Tablo 2.2. Ticari olarak kullanılan aktif ambalajlama sistemleri	8
Tablo 2.3. Oksijen tutucu sistemlerin bazı gıdalarda uygulaması	10
Tablo 4.1. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince oksijen ve karbondioksit oranına etkisi	28
Tablo 4.2. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince L^* , a^* ve b^* değerine etkisi	33
Tablo 4.3. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmek tekstürüne etkisi.....	36
Tablo 4.4. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmek pH'sına etkisi	38
Tablo 4.5. Renk (L^* , a^* ve b^*), sertlik, pH ve su aktivitesi için deneysel faktörlerin ve etkileşimlerinin p değerleri	40
Tablo 4.6. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmek içi ve ekmek kabuğu su aktivitesine etkisi	41
Tablo 4.7. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince mikrobiyel yüke etkisi	45
Tablo 4.8. Toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya küf sayısı için deneysel faktörlerin ve etkileşimlerinin p değerleri	46
Tablo 4.9. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmekte görünür mikrobiyel gelişime etkisi	46
Tablo 4.10. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince duyuşal özelliklere etkisi	49

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Aktif ambalajlama, MAP, oksijen tutucu, raf ömrü, dilim ekmek

Bu çalışmada aktif ambalajlama ve modifiye atmosfer paketlenme (MAP) teknolojileri birlikte kullanılarak dilimlenmiş ekşi maya ekmeğinin raf ömrünün uzatılması amaçlanmıştır. Ekmek dilimleri BOPP/PVDC ambalaj materyali ile paketlenmiştir. Çalışmada 6 farklı grup oluşturulmuştur. Bunlar: %100 N₂ ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grup, %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup, hava atmosferi ile paketlenmiş ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grup, hava atmosferi ile paketlenmiş ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup, %50 CO₂:%50 N₂ içeren grup, ve yalnızca hava atmosferi ile paketlenen grup (kontrol grubu)'tur. Ambalajlanmış üründe kalite parametreleri, tepe boşluğu gaz analizi, renk analizi, tekstür analizi, pH, su aktivitesi ölçümü, mikrobiyolojik analizler (toplam mezofilik aerobik bakteri, toplam maya ve küf ve görünür mikrobiyel gelişim) ve duyusal analizler ile 22°C'de 18 gün boyunca izlenmiştir. Yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplarda başlangıç oksijen seviyesi (%21) 3 gün içerisinde %2'nin altına inerken, düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplarda 6 günden sonra bu seviyenin altına inmiştir. Renk ölçümünde, zamana bağlı olarak tüm gruplarda L* değerinde azalma, a* ve b* değerlerinde ise artma yönünde bir eğilim görülmüştür. Tüm ekmek örneklerinde bayatlama nedeniyle zamana bağlı olarak sertliği temsil eden sıkıştırma kuvveti (N) değerlerinde artış meydana gelirken, depolama sonunda tekstür açısından uygulamalar arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. pH'nın özellikle hava atmosferi ile depolanan örneklerde çok az düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Ekmek içi su aktivitesi uygulamalar arasında fazla değişiklik göstermezken, ekmek kabuğundaki su aktivitesi değerlerinin depolama süresi boyunca artış gösterdiği belirlenmiştir, bu durum ekmek içinden ekmek kabuğuna nem geçişi ile ilişkilendirilebilir. Zamana bağlı olarak tüm gruplarda mikrobiyel yükte artış olmuştur. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ve toplam maya ve küf sayısının genel olarak en düşük olduğu uygulama yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren ve %100 N₂ yapılan uygulama olmuştur ve bu grupta 12 gün boyunca görünür mikrobiyel gelişim gözlenmemiştir. Ekmekte dikkate alınan duyusal nitelikler açısından tüm uygulamalarda zamana bağlı olarak düşüş meydana gelmiştir. Yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren ve %100 N₂ yapılan grup renk, tekstür ve tat değerlendirmesinde tüm uygulamalar arasında en yüksek duyusal puanı almıştır ve 12 gün boyunca kabul edilebilir bulunmuştur. Çalışma sonunda, %100 N₂ ile yüksek kapasiteli oksijen tutucu kombine edildiğinde, 22°C'de dilim ekmeğinin raf ömrü 12 gün bulunmuştur.

EFFECT OF ACTIVE PACKAGING AND MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING ON THE SHELF LIFE OF SLICED BREAD

SUMMARY

Keywords: Active packaging, MAP, oxygen scavengers, shelf-life, sliced bread

The objective of this study was to extend the shelf-life of sliced sourdough bread by active packaging combined with modified atmosphere. The bread slices were packaged using BOPP/PVDC bags and six different groups were prepared as follows: MAP (100 %N₂) and air atmosphere (21% O₂; 79% N₂) in combination with low (100 cc) and high (300 cc) capacity oxygen scavengers, and only MAP (50% CO₂; 50% N₂) and air atmosphere (control). The quality indices of packaged product stored at 22 °C were monitored with headspace evolution, color, texture, pH, water activity, microbiological analysis (total mesophilic aerobic bacteria, total yeasts and molds and visual microbial growth) and sensory evaluation for 18 days. The initial level of oxygen (21%) decreased quickly below 2% in 3 days in the package headspace containing high capacity oxygen scavengers, while it took 6 days for the packages with low capacity scavengers. L* value tended to decrease and a* and b* values tended to increase during storage for all applications. The compressive force (N) representing hardness increased in all applications during storage period possibly due to staling ($p \leq 0.05$). There was no significant difference between applications in terms of texture at the end of the storage ($p > 0.05$). pH values slightly increased for the product packaged with air during storage. The water activity of crumb did not change much among applications. However, the water activity of the crust increased during storage at all applications which could be related to the transfer of moisture from crumb to crust. There was an increase in microbial growth in all applications throughout the storage. However, the least total mesophilic aerobic bacterial, and yeasts and molds growth were observed on the product packaged with 100% N₂ and high capacity scavenger with no visual microbial growth on the product for 12 days. During increased storage time, there was a decrease in perceived sensory attributes for all applications. Nevertheless, the product packaged with 100% N₂ in combination with high capacity oxygen scavenger received highest sensory scores among all applications in terms of color, texture and taste, and was found to be acceptable for the entire 12 days. Overall, the sliced bread had 12 days of shelf life at 22 °C when packaged with high capacity oxygen scavenger combined with MAP including 100% N₂ at 22°C.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Hammaddeleri un, su, tuz ve maya olan ekmek, bu ürünlerin belirli oranlarda karıştırılıp yoğrulması, elde edilen hamurun uygun süre mayalandıktan sonra şekil verilip pişirilmesiyle elde edilmektedir (Yiğit ve Doğan, 2010, Dirim ve ark., 2014). Farklı katkı maddeleri veya farklı pişirme ve mayalama yöntemleri kullanılarak farklı ekmek çeşitleri elde edilebilmektedir. Geleneksel ekmek üretiminde ise ekşi hamur kullanılmaktadır. Ekşi hamur yöntemi, un ve su karışımının normal kültür mayalarının yanında havadan ve hammaddeden gelen mayalarla ve laktik asit bakterileriyle doğal fermantasyona uğratılması ve buradan elde edilen hamurun bir sonraki hamurda maya olarak kullanılması esasına dayanmaktadır (Ertop ve Hayta, 2016, Bircan ve ark., 2017). Laktik asit bakterileri esas olarak laktik asit ve/veya asetik asit üretiminden sorumlu iken, mayalar esas olarak CO₂ üretiminden sorumludur. Her ikisi birlikte ekşi maya ekmeğinin aromatik ön maddelerinin oluşumundan sorumludurlar (Bircan ve ark., 2017). Ekşi hamurdan yapılan ekmeğin üstün özellikleri, güçlü aromaya sahip olması, ekmeğin uygun hacmi, iyi ekmek içi yapısı ve uzun raf ömrüdür (Kotancılar ve ark., 2006).

Dünyada en çok israf edilen gıda ürünleri arasında ekmek en ön sıralardadır. Toprak Mahsulleri Ofisi'nin 2013 yılında ekmek israfı ile ilgili yaptığı çalışmaya göre, ülkemizde üretilen ekmeğin %4,99'u israf edilmektedir (TMO, 2013). Bu israf, evlere ihtiyaçtan fazla ekmek alınması, insanların ekmek israfını önleme konusunda bilgisiz olması, ekmeğin kalitesiz olması ve raf ömrünün kısa olması gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. Ekmek israfının önüne geçmek amacıyla raf ömrünü uzatmaya yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Ekmek, bayatlama ve mikrobiyolojik bozulmalarla bağlantılı olarak sınırlı bir raf ömrüne sahiptir. Ekmekte doğrudan katkı maddesi kullanarak veya katkı maddesi

kullanmadan ambalajlama yöntemleriyle raf ömrünü uzatmak mümkündür. Günümüzde tüketici talepleri, katkı maddesi kullanılmadan gıdaların ilk günlük tazeliğini uzun süre koruyabilecek metotların geliştirilmesi yönündedir (Gutierrez ve ark., 2009). Bu sebeple katkı maddelerine alternatif olarak çeşitli ambalaj yöntemleri geliştirilmektedir.

Yüksek su aktivitesine sahip olan ekmeğin, mikrobiyel kaynaklı bozulmalara açıktır. Her ne kadar pişirme esnasında mikrobiyel yük azalsa da, soğuma ve taşıma esnasında kontaminasyona maruz kalabilmektedir. Ekmekte mikrobiyolojik açıdan raf ömrünü belirleyen en önemli etkenlerden biri küflerdir (Rodriguez ve ark., 2000). Ekmekte en fazla gelişen küfler *Pencillium expansum*, *Pencillium stoloniferum* ve *Aspergillus niger*'dir (Ayub ve ark., 2003).

Küf gelişimini engellemek ve mikrobiyel raf ömrünü uzatabilmek adına modifiye atmosfer paketleme (MAP) teknolojisi kullanılabilmektedir. MAP teknolojisi, ambalaj içerisindeki gıdayı çevreleyen havanın başka bir bileşime dönüştürülmesi ve böylece gıdanın raf ömrünü uzatılması esasına dayanmaktadır (Sandhya, 2010).

Ambalaj içerisindeki oksijen miktarı aerobik mikroorganizmaların gelişimi üzerine doğrudan etkilidir. MAP, ambalaj içerisindeki oksijen miktarının ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlar (Değirmencioglu ve ark., 2011). Ambalaj içerisindeki aerobik mikroorganizma gelişimini durdurmak için oksijen miktarının %1-2'nin altında olacak şekilde düşük miktarlarda bulunması gerekmektedir (Abellana ve ark., 2000, Stoops ve Van Campenhout, 2012).

MAP ile ortamdaki tüm oksijen uzaklaştırılsa bile, ekmeğin gözenekli bir yapıda olduğu için, gözenekler içerisinde bir miktar oksijen kalabilmektedir (Nielsen ve Rios, 2000). Ekmeğin gözenekleri arasında kalan bu oksijen miktarını minimum düzeye indirebilmek için MAP yöntemine alternatif olarak veya MAP ile birlikte aktif ambalajlama teknolojileri kullanılabilmektedir. Bu yöntemler arasında en popüler olanı oksijen tutuculardır (Nielsen ve Rios, 2000). MAP ve oksijen tutucu

ajanların birlikte kullanılmasıyla ambalaj içerisindeki oksijen miktarı istenilen düzeylerde tutulabilir.

MAP yönteminde sıklıkla kullanılan gazlar karbondioksit ve azot gazlarıdır. Karbondioksit antibakteriyel ve antifungal etkisi sebebiyle kullanılmaktadır. Azot gazı ise inert bir gazdır, renk ve koku içermez, bu özelliği sebebiyle dolgu gazı olarak kullanılır, aynı zamanda anaerobik ortam oluşturabildiği için dolaylı yoldan aerobik gelişimi engelleyici etki göstermektedir (Khoshakhlagh ve ark., 2014).

Literatürde ekmekte aktif ambalaj teknolojisi ile yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Çalışmalarda genellikle mikrobiyel raf ömrü uzatılırken, genel kalite özellikleri korunamamıştır. Bu çalışmanın amacı, tüketime hazır dilimlenmiş ekşi maya ekmeğinin raf ömrü ve genel kalite özellikleri üzerine farklı gaz kombinasyonlarında MAP tekniğinin (%100 N₂, %50 N₂:%50 CO₂) ve aktif ambalajlama teknolojilerinden oksijen tutucuların etkisinin incelenmesidir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Ekmek ve Ekmeğin Raf Ömrünü Etkileyen Etmenler

Ekmek ülkemizde ve dünyada en fazla tüketilen gıda ürünlerinden biridir. Diğer gıdalara göre daha ucuz ve kolay ulaşılabilir olması, besleyici ve doyurucu özelliklere sahip olması nedeniyle tercih edilirliliği yüksektir (Bircan ve ark., 2017). Temel gıda maddelerinden biri olan ekmek, Türkiye’de kişi başı günlük kalori ihtiyacının %44’ünü, protein gereksiniminin ise yaklaşık %50’sini karşılamaktadır (Çelik, 2008). Ülkemizde ekmek tüketimi, farklı bölge, yaş ve gelir gruplarına göre değişmekle birlikte günde 100 ile 800 gram arasında olup ortalama 400 gram civarındadır (Yılmazaslan, 2008).

Mikrobiyel bozulmalar ile fiziksel ve kimyasal değişiklikler ekmek bozulmalarının temel sebepleridir (Göncü ve Özkal, 2017) ve raf ömrünü sınırlayan en temel faktör küf gelişimidir (Piergiiovanni ve Fava, 1997, Galic ve ark., 2009). Ekmekte mikrobiyel bulaşı üretim öncesinde, üretim esnasında ve depolama sırasında gerçekleşmektedir (Değirmencioğlu ve ark., 2011).

Ekmeğin bozulmasını etkileyen üç çeşit mikroorganizma vardır. Bunlardan birincisi küflerdir ve dilimleme ve ambalajlama esnasında kontamine olurlar. İkinci grup bakterilerdir. Özellikle rop problemine neden olan *Bacillus*, en önemli bozulma kaynaklarından biridir. Üçüncü grup ise mayalardır. En yaygın bozulma etmeni maya *Endomyces fibuliger*’dir ve bu türler oksijen tutucu varlığında dahi çalışabilmektedir (Nielsen ve Rios, 2000, Alhendi ve Choudhary, 2013, Göncü ve Özkal, 2017). Ekmekte mikrobiyel bozulmayı etkileyen en önemli faktör, ekmeğin yüksek su aktivitesine sahip olmasıdır (Smith ve ark., 2004).

Ekmekte ekonomik kayıplardan sorumlu diğerk bir etkenin de *Eurotium* mantarı olduğu düşünölmektedir. Bu türler ekmekte geliştikleri zaman, diğerk türlerin (örneğin *Aspergillus* ve *Penicillium*) gelişmesine izin veren mevcut nem içeriğini arttırlar (Saranraj ve Geetha, 2012).

Fiziksel ve kimyasal değışimler sonucunda meydana gelen bayatlama çok büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Ronda ve ark., 2011). Bayatlama, ekmek içi bayatlaması ve ekmek kabuğu bayatlaması olarak iki gruba ayrılır (Kai, 2011). Ekmek kabuğunda meydana gelen bayatlama genel olarak ekmek içerisinden ekmek kabuğuna nem transferinden kaynaklanmaktadır (Gray ve Bemiller, 2003). Ekmek içerisindeki bayatlamanın nedeni daha karışık ve anlaşılması zordur. Ekmekte bulunan nişasta pişirme ve depolama esnasında pek çok forma girse de, ekmek içi bayatlamasının temel nedeni soğumadan sonra nişastanın yeniden kristalleşmesi ve bir araya gelmesidir (Alhendi ve Choudhary, 2013). Fakat bu bayatlamadaki tek faktör nişastanın retrogradasyonu değildir (Baik ve Chinachoti, 2000). Bayatlamaya neden olan bir diğerk etkenin de glüten olduğu düşünölmektedir (Alhendi ve Choudhary, 2013).

Ayrıca ambalajlama teknolojileri ile açıkta satılan ekmeklerde mikrobiyel bulaşığı azaltmak da gerekmektedir ve ekmek raf ömrünü uzatmak ve kalite özelliklerini iyileştirmek için genel olarak kullanılan ambalajlama yöntemleri, modifiye atmosfer paketleme, aktif ambalajlama özellikle oksijen tutucuların kullanımı ve antimikrobiyel ambalajlama yöntemleridir. Bu ambalajlama teknolojileri birlikte veya ayrı ayrı kullanılabilirlerdir.

2.2. Modifiye Atmosfer Paketleme

Modifiye atmosfer paketleme yöntemi, gıda muhafazasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. MAP, doğal kaliteyi koruyan, taze veya minimum derecede işlenmiş gıdaların raf ömrünü uzatan en önemli gıda muhafaza tekniklerinden biridir (Eştürk ve ark., 2015). Fiziksel koruma yöntemlerinden biri olan MAP, gıdaların

mikrobiyel gelişimini önlemek veya kısıtlamak için uygun atmosfer ortamını oluşturarak raf ömrünün önemli bir oranda uzatılması ilkesine dayanmaktadır (Erdoğan ve Acar, 1996). Modifiye atmosferde uygulanan temel teknik işlem, ambalaj ortamındaki havanın uzaklaştırılarak yerine bir gaz veya çeşitli gazların karışımı verilerek ambalajın hermetik olarak kapatılmasıdır (Erkan ve ark., 2000).

MAP tekniği, ambalaj içerisinde bulunan gıdayı çevreleyen havanın farklı bir bileşime sahip bir atmosfere dönüştürülmesini içermektedir (Cortellino ve ark., 2015). Normal hava kompozisyonu %21 oksijen, %78 azot ve %0,1'den az karbondioksitten oluşur. Karbondioksit ve/veya azot seviyelerini arttırırken oksijen içeriğini azaltarak oluşturulan modifiye atmosfer paketlemenin, yapılan çalışmalarda gıdaların raf ömrünü önemli ölçüde uzattığı görülmüştür (Rodriguez ve ark., 2000, Rasmussen ve Hansen, 2001, Del-Nobile ve ark., 2003, Khoshakhlagh ve ark., 2014). Tablo 2.1.'de MAP teknolojisinin avantaj ve dezavantajları verilmiştir.

Tablo 2.1. MAP teknolojisinin avantaj ve dezavantajları (Farber, 1991)

Avantajlar	
-	Potansiyel raf ömrünü %50-%400 arttırır.
-	Ekonomik kayıpları azaltır.
-	Ürünler daha uzun mesafelere ulaştırılabilir, bu da dağıtım maliyetlerinin düşmesine neden olur.
-	Yüksek kaliteli ürün sağlar.
-	Dilimli ürünlerin daha kolay ayrılmasını sağlar
Dezavantajlar	
-	Ek maliyet gerektirir.
-	Sıcaklık kontrolü gereklidir.
-	Her ürün tipi için farklı gaz formülasyonları gereklidir.
-	Özel ekipman ve eğitim gereklidir.

MAP yüksek kalitede ürün sağlamanın yanı sıra; raf ömrünü uzatarak ekonomik kayıpların azaltılması, ürünlerin daha uzak mesafelere dağıtılması ve dağıtım masrafının azaltılması, daha az kimyasal madde kullanımının desteklenmesi ve dilimlenmiş ürünlerin ayrımının kolaylaştırılması gibi birçok avantaja sahiptir (Karagöz ve Demirdöven, 2017).

Modifiye atmosfer paketlemede kullanılan üç temel gaz; karbondioksit, oksijen ve azottur, diğer gazlar nadiren kullanılmaktadır (Farber, 1991, Guynot ve ark., 2003a,

Nielsen, 2004). Gaz seçimi ambalajlanacak ürüne göre belirlenir. Tekli veya kombinasyon halinde kullanılan bu gazlar gıdanın raf ömrünü uzatmak ve organoleptik özelliklerini optimum seviyede tutmak için kullanılırlar (Sandhya, 2010, Soltani ve ark., 2015).

MAP teknolojisinde kullanılan temel gazlardan biri olan karbondioksit, bakteriyostatik ve fungustatik özellikleri nedeniyle önem arz etmektedir (Sivertsvik ve ark., 2000). Küf ve aerobik bakterilerin gelişimini geciktirirken, mayalar üzerindeki etkisi azdır (Erdoğan ve Acar, 1996). Karbondioksitin bakteriyostatik etkisini spesifik olarak nasıl gerçekleştirdiği bilinmemekle birlikte, mikroorganizmaların lag fazını uzatarak ve büyüme hızlarını azaltarak gelişimlerini yavaşlatıcı bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (Farber, 1991). Karbondioksit suda ve yağda çözünmediğinden dolayı, ambalaj içerisindeki tepe boşluğunda gaz hacminin azalması nedeniyle paket çökmesine neden olabilmektedir (Khoshakhlagh ve ark., 2014).

MAP teknolojisinde kullanılan azot gazı, inert bir gazdır ve mikroorganizmalarla ve gıdalarla direkt etkileşime girmez (Erdoğan ve Acar, 1996). Azot, oksijenin yerini alarak aerobik mikroorganizmaların bozulmalarını geciktirir ve gıdaların raf ömrünü dolaylı yoldan etkiler (Narasimha Rao ve Sachindra, 2002). Azot gazı, suda çözünmediğinden ambalaj içerisinde azot bulunması, yüksek karbondioksit konsantrasyonları kullanıldığında meydana gelebilecek paket çöküşünü engeller (Galic ve ark., 2009).

2.3. Aktif Ambalajlama Sistemleri

MAP teknolojisine alternatif olarak aktif ambalajlama sistemleri son zamanlarda ilgi çeken bir teknoloji olmuştur. Aktif ambalajlama, ambalaj içi koşulları değiştiren, raf ömrünü uzatan, gıda kalitesini korurken duyu özelliklerini geliştiren yenilikçi bir ambalajlama yöntemidir (Guynot ve ark., 2003b, Singh ve ark., 2011, Suhr ve Nielsen, 2013). Aktif paketleme sistemleri içerisinde tutucular ve yayıcılar yer

almaktadır (Hempel ve ark., 2013). Tutucular, oksijen, karbondioksit, etilen, nem ve aroma, koku ve ultraviyole ışık gibi bozulma etmenlerine karşı kullanılan sistemlerken; yayıcılar karbondioksit, etanol, antioksidan ve antimikrobiyal yayıcı sistemlerden oluşmaktadır (Göncü ve Özkal, 2017). Tablo 2.2.'de ticari olarak kullanılan aktif ambalajlama sistemleri verilmiştir.

Tablo 2.2. Ticari olarak kullanılan aktif ambalajlama sistemleri (Biji ve ark., 2015)

Marka	Üretici	Prensip	Tip
Ageless	Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd., Japonya	Demir Bazlı	Oksijen Tutucu
Freshilizer	Toppan Printing Co. Ltd., Japonya	Demir Bazlı	Oksijen Tutucu
Bioka	Bioka Ltd, Finlandiya	Enzim Bazlı	Oksijen Tutucu
Dri-Loc®	Sealed Air Corporation, ABD	Absorblayıcı pet	Nem Absorblayıcı
Tenderpac®	Sealpac, Almanya	Çift Gözlü Sistem	Nem Absorblayıcı
Biomaster®	Addmaster Limited, ABD	Gümüş Bazlı	Antimikrobiyal Paketleme
Peakfresh	Peakfresh Products Ltd, Avustralya	Aktif Kil	Etilen Tutucu
Neupalon	Sekisui Jushi Ltd, Japonya	Aktif Karbon	Etilen Tutucu

Aktif ambalaj sistemleri arasında en yaygın kullanılanı oksijen tutuculardır. Oksijen tutucular, gıda ambalajı içerisinde kalan mevcut oksijenin uzaklaştırılmasını veya aktif bir bariyer gibi davranarak bariyer özelliklerini geliştirmesini amaçlayan ana aktif ambalaj teknolojilerinden biridir (Yıldırım ve ark., 2018). Oksijene duyarlı olan gıdalar MAP veya vakum paketleme kullanılarak da uygun şekilde paketlenilmelerine rağmen, bu teknikler her zaman oksijeni tümüyle ortamdan uzaklaştırılmaz. Oksijen tutucular kullanılarak oksijene duyarlı gıdaların bozulmaları en az düzeye indirgenebilir ve anaerobik koşullar oluşturularak aerobik mikroorganizmaların gelişimi geciktirilebilir (Vermeiren ve ark., 1999, Kotsianis ve ark., 2002).

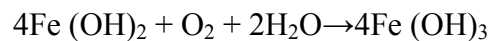
Fırın ürünlerinde ambalaj içerisindeki oksijen seviyesini çok düşük düzeylere indirmek zordur (Galic ve ark., 2009), bu yüzden oksijen tutuculara ihtiyaç duyulabilmektedir. Oksijen tutucular genel olarak paket içerisine konulan küçük torbalar halindedirler (Kwasniewska-Karolak ve ark., 2014).

Oksijen tutucuların avantajları;

- Oksidasyonu, kötü koku oluşumunu, gıdalarda renk kaybını ve oksijene duyarlı besin maddelerinin kaybını engeller.
- Aerobik mikroorganizmaların gelişimini engeller.
- Gıdalarda koruyuculara ve antioksidanlara olan ihtiyacı azaltır veya ortadan kaldırır.
- MAP ve vakum ambalajlamaya kıyasla ekonomik ve verimli bir alternatiftir (Prasad ve Kochhar, 2014).

Tipik olarak kullanılan oksijen tutucu sistemler, kimyasal yollarla demir tozunun oksidasyonuna veya oksijenin enzim kullanımı ile uzaklaştırılmasına dayanmaktadır (Özdemir ve Floros, 2004). Demir tozu, askorbik asit, enzimler ve ışığa duyarlı boyalar kullanılarak ambalajlama sonrasında oksijen absorbe edilebilmektedir (Göncü ve Özkal, 2017). Tablo 2.3.'te oksijen tutucu sistemlerin gıdalarda uygulanma alanları verilmiştir. Günümüzde en yaygın olarak demir temelli oksijen tutucular üzerinde çalışılmaktadır. Bu tür uygulamalar fırın ürünlerinde uygulama alanı bulabilmiştir (Vermeiren ve ark., 1999).

Demir temelli oksijen tutucularda indirgenmiş demir, aşağıdaki denklemde verildiği gibi (Prasad ve Kochhar, 2014) uygun nem koşullarında geri dönüşümsüz bir şekilde toksik olmayan ferrik oksit trihidrat kompleksine okside olur (Yıldırım ve ark, 2018), böylece ortamdaki artık oksijeni tüketir (Galic ve ark., 2009).



Enzimatik oksijen tutucu sistemlerde ise bir enzim bir substrat ile reaksiyona girer ve bu şekilde oksijeni ortamdaki uzaklaştırır. Bu sistemler demir temelli oksijen tutuculara göre daha pahalıdır ve enzimler, sıcaklık, pH ve su aktivitesi gibi etmenlere karşı hassas olduklarından öncelikli olarak tercih edilmemektedirler (Özdemir ve Floros, 2004).

Tablo 2.3. Oksijen tutucu sistemlerin bazı gıdalarda uygulaması (Singh ve ark., 2011)

Oksijen tutucu	Fonksiyonu	Gıda	Ortalama Absorbsiyon Süresi (Gün)
Demir	O ₂ ↓	Çay, Kuru et, Kek	0,5-7
Kateşol	O ₂ ↓	Çerezler	-
Demir + Kalsiyum	O ₂ ↓ ve CO ₂ ↓	Kavrulmuş kahve	3-8
Askorbik asit	O ₂ ↓ ve CO ₂ ↑	Çerezler	1-4
Askorbik asit + Demir	O ₂ ↓ ve CO ₂ ↑	Kekler	-
Demir + Etanol/Zeolit	O ₂ ↓ ve Etanol ↑	Yüksek nemli gıdalar	-

2.4. Ekmekte Raf Ömrü Çalışmaları

Fırın ürünlerinden biri olan ekmek, çok fazla üretilmekte ve tüketilmektedir. Bu yüzden ekmeğin raf ömrünü uzatmak ve genel kalite özelliklerini korumak için geçmişten beri çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların bazıları ekmekte katkı maddeleri kullanılarak raf ömrünü uzatmayı amaçlarken bazılarında ise ambalajlama yöntemleri kullanılmaktadır. Ekmek ve çeşitleriyle yapılan bazı raf ömrü çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Powers ve Berkowitz (1990) yaptığı bir çalışmada, ekmeklerde oksijen tutucu sistemlerin etkisini incelemişlerdir. %0,05 potasyum sorbat içeren ekmekler, sıcak paketlenmiş (51,7°C - 60°C) ve ambalaj materyali olarak oksijen geçirgenliği düşük olan üç katlı (poliester/alüminyum folyo/yüksek yoğunluklu polietilen) torbalar kullanılmıştır. Test örneklerinde her bir ambalaja oksijen tutucu yerleştirilmiştir. Çalışma için *Penicillium*, *Aspergillus versicolor* ve *Aspergillus niger* küf inokülumları hazırlanmıştır ve oksijen tutucu içeren ve içermeyen ambalaj içerisindeki ekmeklere inoküle edilmiştir. Ekmekler 25°C'de 13 ay inkübe edilmiştir. Küf gelişimi göz ile kontrol edilmiştir. Çalışma boyunca oksijen tutucu içeren gruplarda ekmek yüzeyinde karışık küf inokulum gelişimi görülmemiştir. Oksijen tutucu içermeyen gruplarda 14 günde *Penicillium* ve *Aspergillus* gelişimi gözlenmiştir.

Dilimlenmiş çavdar ekmeğiyle yapılan bir çalışmada etanol yayıcıların, oksijen tutucuların ve etanol içeren gazların etkisi incelenmiştir. Ekmekler tepe boşluğu 240 ml olan 500 ml'lik plastik kaplara yerleştirilmiş, 20°C'de 6 hafta depolanmıştır. Büyük kapasitedeki etanol yayıcılar (2 G ve 3 G) ekmeğin görünür mikrobiyel raf ömrünü 8-12 günden 26-27 güne çıkarırken oksijen tutucu kullanılan gruplarda depolama süresinin sonuna kadar mikrobiyel gelişime rastlanmamıştır. Küçük kapasitedeki etanol yayıcılar (0,6 G ve 1 G) ve %1 oranda etanol içeren gazlar o mikrobiyel raf ömrü üzerinde hiçbir etkiye sahip olmamışlardır. Etanol yayıcıların ve oksijen tutucuların tekstür ve nem değerleri üzerine bir etkisi olmamıştır (Salminen ve ark., 1996).

Leuschner ve arkadaşlarının (1999) kısmi pişirilmiş kahverengi soda ekmeği ile yaptığı çalışmada örnekler pişirilip soğutulduktan sonra PA/PE torbalarda ambalajlanmıştır. Örneklere %100 N₂ veya %40 CO₂:%60 N₂ ile MAP uygulanmıştır. Örnekler 4, 20 ve 37°C'de depolanmıştır ve depolanan örneklerin haftada bir analizleri yapılmıştır. Depolama sonunda %40 CO₂:%60 N₂ ile MAP uygulaması ve 4°C'de depolama ile mikrobiyel gelişim 13 hafta boyunca engellenmiştir.

Dilimlenmiş buğday ekmekleriyle yapılan bir çalışmada kalsiyum propiyonat katkı ve katkısız ekmeklere 3 farklı kombinasyonda MAP uygulanmıştır (%100 N₂, %20 CO₂:%80 N₂, %50 CO₂:%50 N₂). Ambalaj olarak Cryovac BB4L torba kullanılmıştır. Boyutları 21x47cm olan torba ambalajların içerisine 20 dilim ekmek yerleştirilmiştir. Örnekler 22-25 °C ve 15-20 °C olmak üzere farklı sıcaklıklarda depolanmıştır ve deney süresince mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Çalışma sonucunda hava atmosferinde paketlenen ve katkı ilave edilmemiş kontrol örneklerinin mikrobiyolojik raf ömrü 22-25 °C'de 3 gün, 15-20°C'de 4 gün bulunmuştur. %50 CO₂:%50 N₂ oranında MAP yapılan katkısız ekmeklerde mikrobiyolojik raf ömrü 22-25 °C'de 14 gün, 15-20°C'de 30 gün bulunurken katkı ekmeklerde bu değerlerin neredeyse iki katına çıktığı görülmüştür (Rodriguez ve ark., 2000).

Buğday ekmekleriyle yapılan bir çalışmada, 2 farklı konsantrasyonda MAP uygulanmış (%100 CO₂, %50 CO₂:%50 N₂) ve hava atmosferinde depolanan örnekler kontrol olarak kabul edilmiştir. Ekmekler lamine edilmiş EVOH ile ambalajlanarak 20 °C'de 49 gün boyunca depolanmıştır. Tekstür ve mikrobiyolojik analizler sonucunda MAP tekniği kontrolle kıyaslandığında bayatlama hızını etkilemediği ve mikrobiyel raf ömrünü uzatmada ise etkili olduğu görülmüştür (Rasmussen ve Hansen, 2001).

Buğday ekmeği ile yapılan bir çalışmada, MAP (%40 CO₂:%60 N₂, %80 CO₂:%20 N₂) ve oksijen tutucular kullanılmıştır. Ambalaj malzemesi olarak iki farklı çok katlı ambalaj materyali kullanılmıştır. Ambalaj malzemelerinden biri PE/EVOH/PE/PET film ve diğeri PE/Nylon 6,6 film olmuştur. Bütün ekmekler 35x30 cm boyutlarındaki ambalajlarda paketlenmiş ve 30°C'de depolanmıştır. Depolama süresince ekmek örneklerinin tekstürel ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiş, tekstürde meydana gelen değişimlerden dolayı raf ömrü 18 günle sınırlandırılmıştır (Del-Nobile ve ark., 2003).

Soya ekmeği ile yapılan bir çalışmada, MAP teknolojisinin kimyasal koruyucu olarak kullanılan kalsiyum propionat ile birlikte ve ayrı ayrı etkisi incelenmiştir. Ekmek örnekleri kontrol olarak LDPE ambalaj ile, LLDPE-Naylon-EVOH-Naylon-LLDPE ve LLDPE-Naylon-LLDPE ile ambalajlanmıştır. Ambalajlama hava atmosferi (kontrol), %50 CO₂:%50 N₂ ve %20 CO₂:%80 N₂ gazları ile yapılmıştır. Örnekler 21°C ± 3°C'de 12 gün depolanmıştır. 0, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12.günlerde toplam maya ve küf ve toplam aerobik bakteri sayımı yapılmıştır. LLDPE-Naylon-EVOH-Naylon-LLDPE ve %50 CO₂:%50 N₂ ve %20 CO₂:%80 N₂ ile MAP yapılan ve kalsiyum propionat içermeyen kombinasyonlarda maya ve küf gelişimi 6 gün, toplam bakteri gelişimi 4 gün süresince geciktirilmiştir. Bu kombinasyon, kimyasal koruyucuya gerek duymadan soya ekmeklerinin raf ömrünü uzatmada en etkili yöntem olmuş ve bu uygulamalar raf ömrünü %200 uzatmıştır (Fernandez ve ark., 2006).

Tost ekmekleriyle yapılan bir çalışmada, oksijen tutucuların ve farklı ambalaj malzemelerinin raf ömrü üzerine etkisi araştırılmıştır. Ambalaj malzemesi olarak 90 µm kalınlığında koekstrüde PA/PE (Polietilen/Poliamid) film ve 70 µm kalınlığında EVOH filmler kullanılmıştır. Kontrol örnekleri 37 µm kalınlığında LDPE film ile ambalajlanmıştır ve örnekler $35 \pm 0,5$ °C'deki iklimlendirme kabinlerine yerleştirilmiştir. Çalışmada tepe boşluğu gaz bileşimi, nem tayini, pH analizi, su aktivitesi ölçümü, renk analizi ve duyuşsal analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda %30 CO₂:%70 N₂ ortamında paketlenen, oksijen tutucu ihtiva eden ve su aktivitesi değeri 14. günde yaklaşık 0,92 olan ekmeklerde 14 gün boyunca küflenme görülmemiş ve tazelik büyük oranda korunmuştur (Öz ve ark., 2006).

Dilimlenmiş buğday ekmekleriyle yapılan bir çalışmada kimyasal katkı maddelerine alternatif olarak oksijen tutucular ve etanol yayıcıların raf ömrüne etkisi araştırılmıştır. Ambalaj materyali olarak yüksek bariyerli PET-SiO_x / LDPE torbalar kullanılmıştır ve örnekler 20 °C'de 30 gün depolanmıştır. Çalışmada mikrobiyolojik analizler, fizikokimyasal analizler (tepe boşluğu gaz ölçümü, tekstür analizi, pH ölçümü) ve duyuşsal analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda kontrol örneklerinin (katkısız) raf ömrü 4 günle sınırlı kalırken, kimyasal katkı ilaveli örneklerin raf ömrü 6 gün, etanol yayıcıların kullanıldığı örneklerin raf ömrü 24 gün, etanol yayıcıyla birlikte oksijen tutucuların kullanıldığı örneklerin raf ömrü ise 30 gün bulunmuştur (Latou ve ark., 2010).

Hematian Sourki ve ark.'nın (2010) Barbari yassı ekmekleriyle yaptıkları çalışmada %70 CO₂:%30 N₂, %50 CO₂:%50 N₂ ve hava atmosferi olmak üzere 3 farklı atmosfer kullanılmıştır. Hava atmosferi ile paketlenen örnekler kontrol grubu olmuştur. OPP, PET-AL-LLDPE ve PET-PET-LLDPE olmak üzere 3 farklı tipte ambalaj materyali kullanılmıştır. 25 ± 1 ° C'de ve % 38 ± 2 bağıl nemde ekmeklerin raf ömrü küf ve maya gelişimi ile tespit edilmiştir. Sonuçlar yüksek karbondioksit uygulanan MAP'ın ve yüksek bariyer özellikli lamine edilmiş vakum torba ambalaj kullanımının Barbari ekmeğinin raf ömrünü yaklaşık 4 günden 21 güne kadar uzatılabileceğini göstermiştir.

Dilimlenmiş ekmeklerde yapılan bir başka çalışmada, MAP (%100 N₂, %70 N₂:%30 CO₂, %50 N₂:%50 CO₂, %30 N₂:%70 CO₂, %100 CO₂) ile potasyum sorbatın mikrobiyel kaliteye etkisi incelenmiştir. Dilimlenmiş ekmekler Poliester/EVOH/Polietilen tabaklara yerleştirilmiş ve PA/PE film ile ambalajlanmıştır. Örnekler, 20±2 °C’de ve %60±2 bağıl nemde 21 gün depolanmıştır. Çalışmada tepe boşluğu gaz ölçümü ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda katkılı ve katkısız örneklerde 14 gün sonunda küf gelişimi gözlenirken MAP gruplarının hiç birinde küf gelişimine rastlanılmamıştır (Değirmencioğlu ve ark., 2011).

Gutierrez ve arkadaşları (2011)’nın glutensiz ekmek ile yaptığı çalışmada, MAP teknolojisi ve aktif/antimikrobiyel ambalajlama teknolojisinin birlikte ve ayrı ayrı raf ömrü üzerine etkisi incelenmiştir. Antimikrobiyel ambalajlama için tarçın uçucu yağı kullanılarak aktif bir etiket oluşturulmuştur ve PE ambalaj içerisine yapıştırılmıştır. Çalışmada hava atmosferi ile paketlenen grup (kontrol), 0,0215 g uçucu yağ içeren aktif ambalajlanan grup, 0,0374 g uçucu yağ içeren aktif ambalajlanan grup, MAP (%60 CO₂:%40 N₂) grubu, MAP ve 0,0215 g uçucu yağ içeren aktif ambalajlanan grup, MAP ve 0,0374 g uçucu yağ içeren aktif ambalajlanan grup olmak üzere 6 farklı grup oluşturulmuştur. Örnekler oda sıcaklığında depolanmış ve 15, 30, 45, 50, 75. ve 90. günlerde analiz edilmişlerdir. Sonuçlara göre aktif antimikrobiyel ambalajlama ile MAP birlikte kullanıldığında mikrobiyel gelişim depolama boyunca tespit edilmemiştir. MAP uygulanan örneklerle göre aktif/antimikrobiyel ambalajlama uygulaması, örneklerin duyuşal özelliklerini geliştirmede daha başarılı olmuştur. Bu yüzden yalnızca aktif/antimikrobiyel ambalajlamanın duyuşal ve mikrobiyel sonuçlar göz önüne alındığında daha iyi bir seçenek olduğunu belirtmişlerdir.

Kalsiyumca zenginleştirilmiş kepek ekmekleriyle yapılan bir çalışmada, %60 CO₂:%40 N₂ gaz karışımı ile MAP uygulanmıştır. PA/PE torbalarda MAP ile ambalajlanan ekmekler 20±1°C’de 32 gün karton kutularda depolanmıştır. Çalışmada duyuşal, mikrobiyolojik, tekstürel ve kimyasal analizler yapılmıştır. İlk mikrobiyel gelişim 27 günlük depolamadan sonra görülmesine rağmen, tekstürde meydana gelen

değişimlerden dolayı duyu kalitede düşüş meydana gelmiştir ve raf ömrü duyu kalite dikkate alındığında 24 gün olarak belirlenmiştir (Fik ve ark., 2012).

Buğday ekmeğiyle yapılan bir çalışmada, aktif ambalajlama sistemi (oksijen tutucu) ve modifiye atmosfer paketleme (%60 CO₂:%40 N₂) kombinasyonunun etkisi ile hava atmosferinde geleneksel olarak paketlemenin etkisi karşılaştırılmıştır. Çalışmada polimer multibariyer 60 (APA/PA/EVOH/PA/PE/PE), PP ve OPP torbalar kullanılmıştır. 40±4 g örnek polimer torbalara (110 mm x 120 mm) yerleştirilmiş ve hermetik olarak kapatılmıştır. Ambalajlanmış ürünler 21,0±0,5°C’de depolanmış ve 7, 14, 21 ve 28. günlerde fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. OPP torba kullanımı ile ekmeğin raf ömrü 7 günle sınırlıyken, multibariyer 60 torba, MAP (%60 CO₂:%40 N₂) ve oksijen tutucu kullanımı ile raf ömrü 28 güne uzatılmıştır (Muizniece-Brasava ve ark., 2012).

Stoops ve Van Campenhout’un (2012) yaptığı çalışmada, dilimlenmiş ekmeğin hava atmosferi, MAP (%30 CO₂: %70 N₂), etanol (%1 m/m), MAP ve etanol, etanol yayıcı (2 G) ve MAP ve etanol yayıcı olmak üzere 6 farklı koşulda ambalajlanmıştır. Ambalaj malzemesi olarak PA/PE kullanılmıştır. Her ambalaja 3 dilim ekmeğin yerleştirilmiş ve örnekler 19,3 ± 1,8 °C’de 46 gün depolanmıştır. Görünür küf gelişimi günlük olarak analiz edilmiştir ve örnekler için raf ömrü ‘ilk görünür küf gelişimi gözlemlenene kadar’ olarak tanımlanmıştır. Örneklerde ortalama raf ömrü hava atmosferinde depolanana için 8 gün, MAP örnekleri için 20 gün bulunmuştur. Etanol yayıcı içeren örneklerde depolama sonuna kadar küf gelişimine rastlanmamıştır. Etanol içeren örneklerde ortalama raf ömrü en az 42 günken, etanol ve MAP kombinasyonu ile ambalajlanan örneklerde raf ömrü en az 39 gün olarak belirlenmiştir.

Vlasek ve arkadaşlarının (2013) yaptığı bir çalışmada, üç farklı çeşitte ekmeğin (glutensiz ekmeğin, Sumava ekmeği ve Bavorsky ekmeği) laboratuvar ortamında dilimlenmiş ve ambalajlanmıştır. Örnekler yalnızca hava atmosferi, %100 azot ve %100 karbondioksit kullanılarak paketlenmiş ve 20°C’de depolanmıştır. Her 3 günde bir analiz yapılmış ve ilk gözle görünür küf oluşumunda o grupta test

sonlandırılmıştır. Analiz günlerinde ekmek içi ve ekmek kabuğunda su aktivitesi ve nem değerleri ölçülmüştür. Çalışmada karbondioksitin raf ömrü açısından daha başarılı sonuçlar verdiği rapor edilmiştir.

Sangak ekmeğiyle yapılan bir çalışmada, 3 farklı MAP uygulanmış olup (%100 CO₂, %30 CO₂:%70 N₂, %20 CO₂:%80 N₂), ambalaj materyali olarak 20x25 cm boyutlarında ve 100 µm kalınlığında poliamid/polietilen torba kullanılmıştır, ve örnekler 25 °C'de 21 gün depolanmıştır. Çalışmada her 3 günde bir renk, tekstür ve mikrobiyolojik analizler yapılmış; %100 CO₂'nin mikrobiyolojik raf ömrünü yaklaşık 21 gün uzattığı görülürken, CO₂ konsantrasyonunun renge, tekstüre ve nem içeriğine bir etkisinin olmadığı görülmüştür (Khoshakhlagh ve ark., 2014).

Hasan ve arkadaşlarının (2014) yaptığı çalışmada, pita ekmeği üç farklı atmosferde (%15 CO₂:%85 N₂; %40 CO₂:%60 N₂; %100 CO₂) ambalajlanmış ve bazı gruplarda oksijen tutucu kullanılmıştır. Örnekler 23°C'de 28 gün depolanmıştır. Çalışmada tepe boşluğu gaz analizi, tekstür analizi, pH, su aktivitesi, duyu analizi ve mikrobiyel analizler yapılmıştır. Çalışma sonunda %15 CO₂ içeren örneklerde 2 gün sonra görünür küf gelişimi başlamıştır. Mikrobiyel bozulma %100 CO₂ içeren örneklerde, %40 CO₂ ve %15 CO₂ içeren ve oksijen tutucu ihtiva eden gruplarda depolama süresinin sonuna kadar geciktirilmiştir.

Yapılan tüm araştırmalar göz önünde bulundurulduğunda, MAP ve aktif ambalajlamanın ekmeğin çeşidine, su aktivitesine ve katkı kullanılıp kullanılmadığına göre kalite ve raf ömrü üzerinde farklı sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir. MAP teknolojisinin tek başına gözenekli yapıya sahip ekmeklerde oksijeni tamamıyla uzaklaştıramadığı, bu nedenle de oksijen tutucularla birlikte daha etkin bir ambalajlama yapılabileceği düşünülmektedir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan ve içeriği %5 tuz, %30 su ve geri kalanı un ve maya olan ekşi maya ekmekler çalışma gününde Sakarya'daki yerel bir fırından tedarik edilmiştir. Dilimlenme sıcaklığına ulaşan ekmekler fırında dilimlenerek Sakarya Üniversitesi, Gıda ambalajlama laboratuvarına getirilmiştir. Dilimlenen ekmeğin boyutları ortalama 12 cm x 11 cm (en x boy)'dir.

BOPP/PVDC ambalaj materyali Polinas firmasından (Manisa) temin edilmiştir. Ambalaj filminin kalınlığı 31 µm, oksijen geçiş oranı 23°C ve % 0 bağıl nemde 30 cm³/m²/24sa, su buharı geçiş oranı 38°C ve % 90 bağıl nemde 3,5 g/m²/24sa'dır.

Çalışmada kullanılan oksijen tutucular (Fresh Life) CML Gıda firmasından (İstanbul) tedarik edilmiştir. Oksijen tutucular, düşük kapasiteli (100 cc) ve yüksek kapasiteli (300 cc) olacak şekilde temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Örneklerin hazırlanması ve ambalajlama

Film olarak temin edilen ambalaj malzemesi, kenarlarından ısı yapıştırma makinası ile yapıştırılarak (yapıştırma sıcaklığı 125°C'dir) torba haline getirilmiştir ve ambalaj materyalinin son boyutu 25cmx35cm'dir. Kaynak sızdırmazlığı boya penetrasyon testi ile belirlenmiştir. Boya penetrasyon test yönteminde 0,5 g Rodamin B boyası (Merck, Almanya) 100 ml isopropanol içinde çözündürüldükten sonra süzülerek boya çözeltisi hazırlanmıştır. Isıl olarak yapıştırılan torba ambalaj ortadan ikiye kesilerek boya çözeltisi kaynak yerinin iç tarafına ince bir pipet yardımıyla 1-2

damla uygulanıp yaklaşık 10 dakika beklendikten sonra boyanın dışarıya sızıp sızmadığı görsel olarak kontrol edilmiştir. Sonuçlar negatif (sızdırmaz) ve pozitif (sızdıran) olarak kaydedilmiştir. Boya penetrasyon testi FDA-BAM'a göre yapılmıştır (Arndt, 2001).

Dilimlenmiş ekmekler Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi her ambalaja 10'ar dilim (350 ± 30 g) olacak şekilde yerleştirilmiş ve farklı gaz kombinasyonları ve 2 farklı kapasitedeki oksijen tutucu kullanılarak ambalajlanmıştır.

MAP1-OT1 grubu: %100 N₂ ve düşük kapasiteli oksijen tutucu (100 cc)

MAP1-OT2 grubu: %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu (300 cc)

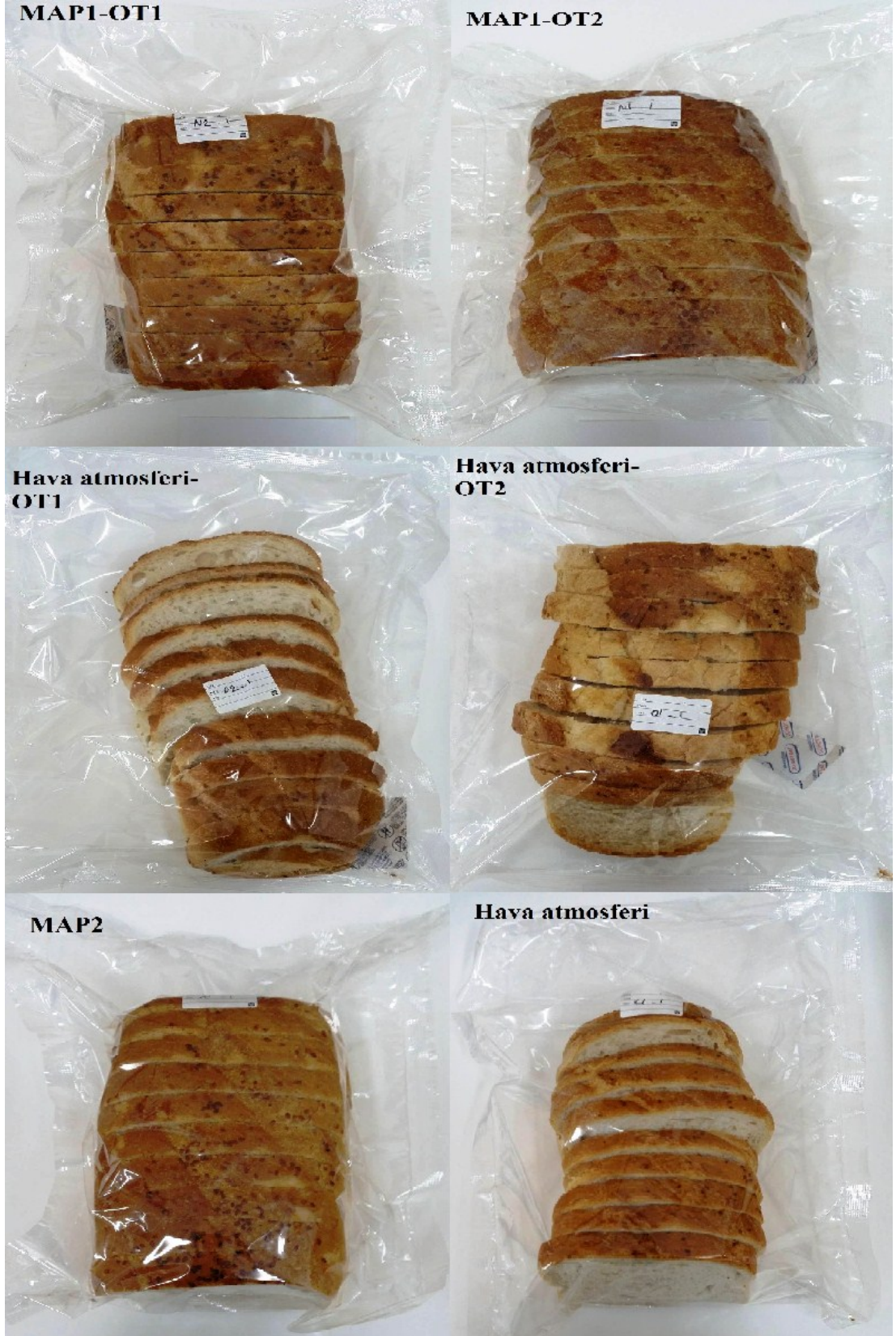
Hava atmosferi-OT1 grubu: %21 O₂ ve %79 N₂ ve düşük kapasiteli oksijen tutucu (100 cc)

Hava atmosferi-OT2 grubu: %21 O₂ ve %79 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu (300 cc)

MAP2 grubu: %50 N₂ ve % 50 CO₂

Hava atmosferi (Kontrol) grubu: %21 O₂ ve %79 N₂

Her gruptan 3 paralel hazırlanmıştır. Örnekler 22°C'de 18 gün iklimlendirme kabinlerinde (Şekil 3.2.) depolanmıştır. 0., 3., 6., 9., 12., 15. ve 18. günlerde tepe boşluğu gaz analizi, fiziksel, kimyasal, duyuşsal ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır.



Şekil 3.1. Ambalajlanmış ekme örnekleri



Şekil 3.2. Depolanan ekmek örnekleri

3.2.2 Tepe boşluğu gaz analizi

Depolama süresi boyunca analiz günlerinde tepe boşluğu oksijen ve karbondioksit konsantrasyonları (%v/v) gaz analizörü (Witt Oxybaby, Almanya) kullanılarak izlenmiştir. Torba ambalajların üzerine ölçüm öncesinde septum yapıştırılmış, gaz analizörünün iğnesi ile septum üzerinden girilerek tepe boşluğundaki gazın ölçümü yapılmıştır. Her bir uygulamanın 3 paraleli için 2 ölçüm gerçekleştirilmiştir ve 6 ölçümün ortalaması alınmıştır.

3.2.3. Renk

Renk ölçümü, renk ölçüm cihazı (PCE-CSM 7, Meschede, Almanya) kullanılarak yapılmıştır, L (L= 0 siyaha eşdeğerdir, L= 100 beyaza eşdeğerdir), a (-a= yeşillik, +a= kırmızılık) ve b (-b= mavilik, +b= sarılık) değerleri belirlenmiştir (Khoshakhlagh ve ark., 2014). Her ambalajdan 5 dilim ekmek alınarak, Şekil 3.3.'te

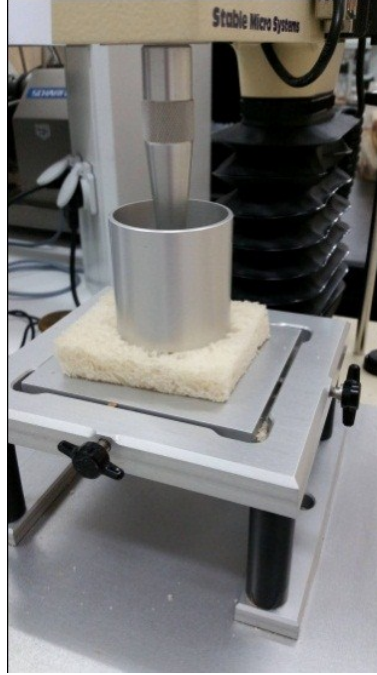
gösterildiği gibi dilimlerin farklı iki noktasından ölçüm yapılmıştır. Her uygulama için 30 ölçümün ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.3. Renk ölçüm analizi

3.2.4. Tekstür

Bayatlamaya bağlı olarak tekstürde gerçekleşen sertleşmenin değişimlerini incelemek için tekstür analizi yapılmıştır. Bu analiz için tekstür analiz cihazı (TA-XT Plus, Surrey, İngiltere) kullanılmıştır. Analizde 50 mm çapında alüminyum silindir prob kullanılarak ekmeklere %40 oranında baskı işlemi uygulanmıştır. Baskı hızı 1 mm/s olarak ayarlanmıştır (Rasmussen ve Hansen, 2001). Her bir ambalajdan 5 dilim ekmek alınmış, ekmek dilimlerinin kenar kısımları kesilerek 8x8 cm boyutuna getirilerek ölçüm yapılmıştır (Şekil 3.4.). Her dilimden 1 ölçüm alınmış ve her uygulama için 15 ölçümün ortalaması verilmiştir. Analiz sonuçları sıkıştırma kuvveti olarak Newton cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 3.4. Tekstür analizi

3.2.5. pH

pH ölçümü AACC Method 02-52.01 yöntemine göre yapılmıştır (AACC, 1999). Her ambalajdan alınan farklı 5 dilim ekmekten toplam 10 gram ekmek içi alınmış, 100 ml saf su ile 1 dk boyunca homojenize edilmiştir. Bu karışımdan 50 ml'lik iki behere 20 ml konulmuştur. pH metre (WTW-315i, Weilheim, Almanya) öncelikle pH 4, 7 ve 10 tampon çözeltileri ile kalibre edilmiştir. Daha sonra beherdeki örneklerin pH'sı ölçülmüştür. Her ambalajdan iki ölçüm yapılmış, her bir uygulama için 6 ölçümün ortalaması alınmıştır.

3.2.6. Su aktivitesi

Ekmeklerin su aktivitesi, Aqualab marka (Model Series 3TE, Decagon Devices Inc., Pullman, Washington) su aktivitesi cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Ekmeğin iç kısmı ve ekmeğin kabuk kısmının su aktiviteleri ölçülmüştür. Örnekler ölçüm cihazının kaplarına, kabın alt yüzeyini kaplayacak şekilde yerleştirilmiş ve ölçüm yapılmıştır (Gerçekaslan, 2006). Her bir ambalajdan 2 ölçüm yapılmış, her bir uygulama için 6 ölçümün ortalaması alınmıştır.
















3.2.7. Mikrobiyolojik analiz

Mikrobiyolojik raf ömrünü test etmek için toplam aerobik bakteri ve toplam maya ve küf sayımları yapılmıştır. Bu analiz için ekmeğin farklı bölümlerinden alınan 10 gram örnek, 90 ml peptonlu su ile 2 dakika boyunca homojenize edilmiş ve böylelikle 10 kat seyreltilerek 10^{-1} dilüsyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan bu 10^{-1} dilüsyonundan ise 1 ml alınarak 9 ml'lik peptonlu su ile 10 kat seyreltilerek 10^{-2} dilüsyonu hazırlanmıştır. Devamında 9 ml'lik peptonlu su ile 10 kat seyreltmeye devam edilerek seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Toplam aerobik bakteri sayımı için plate count agara (PCA) ekim yapılmış ve petriler $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 2 gün inkübe edilmiştir. Toplam maya ve küf sayımı için ise potato dextrose agara (PDA) ekim yapılmış ve petriler $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 3 gün inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra sayılan koloniler gram başına koloni oluşturan birim (kob/g) cinsinden ifade edilmiştir (Khoshakhlagh ve ark., 2014).

Mikrobiyolojik kalite ayrıca görsel olarak da incelenmiş, her analiz gününde paket içerisinde gözle görünür küf gelişimi olan dilimlerin toplam ekmek dilimlerine oranı yüzde olarak ifade edilmiştir (Salminen ve ark., 1996).

3.2.8. Duyusal analiz

Duyusal analizde 3.5.'de verilen duyusal değerlendirme formu kullanılmış ve her analiz gününde 6 panelist tarafından 5 noktalı skala ile değerlendirme yapılmıştır. Analizde Certel ve arkadaşlarının (2009) kullandığı metod modifiye edilmiştir. Değerlendirmede kabuk rengi (1: mat, soluk renk, 5: kendine has parlak renk), iç renk (1: renkte koyulaşma, homojen olmayan iç renk, 5: beyaz krem renkte ve renk homojen dağılmış), koku (1: zayıf ekmek kokusu, belirgin küf kokusu, 5: güçlü belirgin, keskin ekmek kokusu), tat (1: belirgin yabancı, ekşi ve bayat tat, 5: güçlü belirgin taze ekmek tadı), tekstür (1: sert ve kuru yapı, 5: esnek ve elastik, gevrek yapı) ve genel kabul edilebilirlik (1: kötü, 5: mükemmel) duyusal nitelikleri dikkate alınmıştır. Değerlendirmede 3 puan kabul edilebilirlik sınırı olarak dikkate alınmıştır.

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU											
Adı/Soyadı:						Tarih:..../..../.....					
Sayın katılımcı, Size 6 ayrı kodlu ekmek örneği sunulmaktadır. Bu örneklerin kabuk rengi, iç renk, koku, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik derecesini 5 noktalı skalayı dikkate alarak değerlendirmeniz istenmektedir. Önce size verilen 6 örneği sırasını dikkate alarak (soldan sağa doğru) ve 5 noktalı skaladaki açıklamaları dikkate alarak, 1-5 arasında bir rakamla değerlendiriniz ve her bir ürün kodu altında bulunan boşlukta beğeni derecenizi temsil eden rakamı yazınız. Tat ve tekstür, çiğneme sonrası değerlendirilmedi. Genel kabul edilebilirlik dereceniz ürünün bütün özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır.											
Panelimize katılmanızdan dolayı teşekkür ederiz.											
KABUK RENGİ	1	2	3	4	5	289	965	135	683	467	378
											
	Mat, soluk renk					Kendine has renkte ve parlak					
İÇ RENGİ	1	2	3	4	5	289	965	135	683	467	378
											
	Renkte koyulaşma, homojen olmayan iç renk					Beyaz krem renkte ve renk homojen dağılmış					
KOKU	1	2	3	4	5	289	965	135	683	467	378
											
	Zayıf ekmek kokusu, belirgin küf kokusu					Güçlü belirgin, keskin ekmek kokusu					
TAT	1	2	3	4	5	289	965	135	683	467	378
											
	Belirgin yabancı, ekşi ve bayattat					Güçlü belirgin taze ekmek tadı					
TEKSTÜR	1	2	3	4	5	289	965	135	683	467	378
											
	Sert ve kuru yapı					Esnek ve elastik, gevrek yapı					
GENEL KABUL EDİLEBİLİRLİK	1	2	3	4	5	289	965	135	683	467	378
											
	Kötü	Makul	pazarlanabilirlik sınırı	İyi	Mükemmel						
Yorum ve Düşünceler:											

Şekil 3.5. Duyusal değerlendirme formu

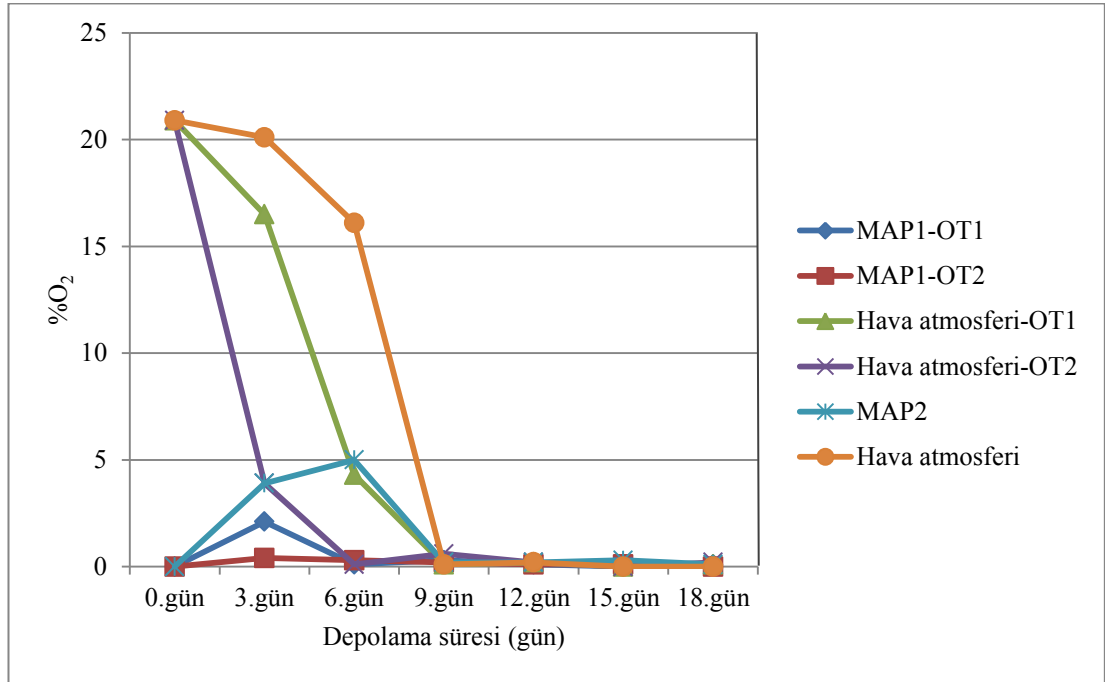
3.2.9. İstatistiksel analiz

Uygulamaların ve depolama süresinin fiziksel, kimyasal ve duyusal kalite üzerindeki etkileri, IBM SPSS 20 istatistik programı kullanılarak iki yönlü ANOVA analizi ile karşılaştırılmıştır. Uygulamalar arasındaki anlamlı farklılıklar, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen istatistik analiz sonuçları $p \leq 0,05$ önem düzeyine göre değerlendirilmiştir.

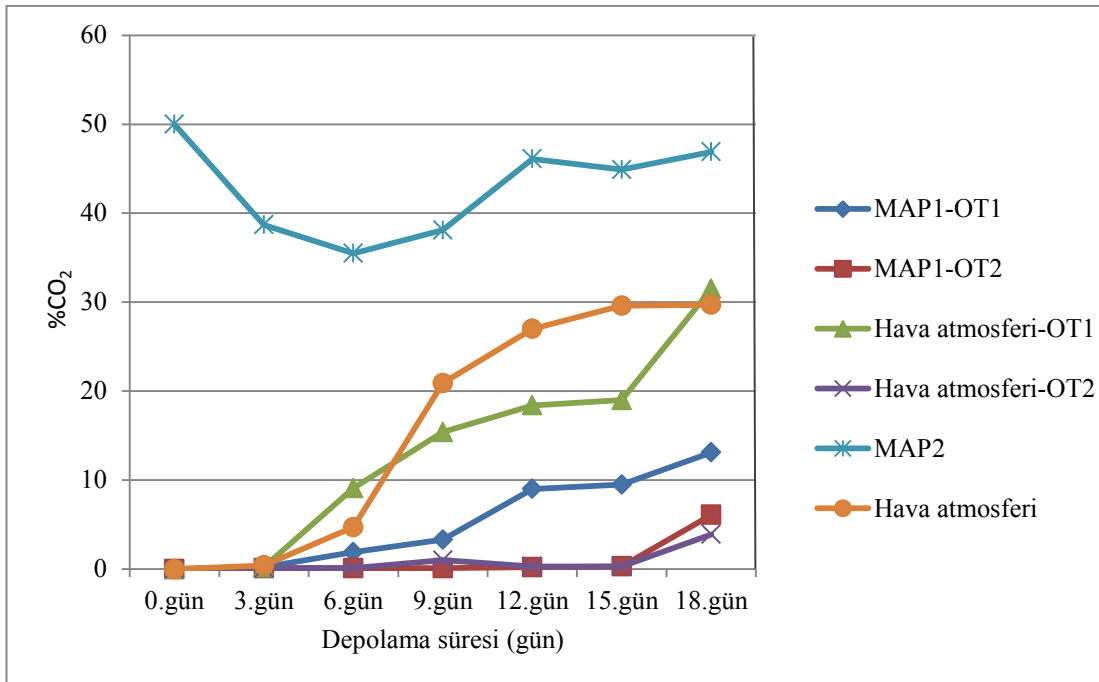
BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tepe Boşluğu Gaz Bileşimi

Ekmek örneklerinde depolama süresince torbalar içerisindeki oksijen seviyesinin % 1-2'nin altında kalması amaçlanmıştır, bu seviye mikroorganizma gelişimi için kritik seviyedir (Abellana ve ark., 2000, Stoops ve Van Campenhout, 2012). Depolama süresince aktif ambalajlamanın ve MAP'ın tepe boşluğu gaz oranları (% O₂ ve CO₂) üzerine etkisi Tablo 4.1. ve ayrıca Şekil 4.1. ve 4.2.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ambalaj tepe boşluğu oksijen oranına etkisi (MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂)



Şekil 4.2. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ambalaj tepe boşluğu karbondioksit oranına etkisi (MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂)

Şekil 4.1. incelendiğinde %50 CO₂ + %50 N₂ içeren gruba (MAP2) başlangıçta oksijen olmamasına rağmen ekmek gözenekleri arasında kalan oksijen 3. ve 6. gün analizlerindeki ölçümlerde tespit edilmiştir. Maya ve küf gelişimine bağlı olarak 6. günden sonra bu seviye tekrardan %1'in altına düşmüştür. Karbondioksit seviyesinin 6. günden sonra artış göstermesi de bu durumu desteklemektedir.

Yüksek ve düşük kapasiteli oksijen tutucu ve %100 N₂ içeren MAP gruplarında, ekmek gözenekleri içerisinde kalan oksijenin oksijen tutucular tarafından tutulduğu görülmüştür. Bu sayede oksijen seviyesi kritik seviyenin altında kalmıştır. Yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta oksijen seviyesi 3. günde %1'in altına düşerken, düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta 6. günde oksijen seviyesi bu değer altına inmiştir. Fakat 6. günden sonra düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren ve %100 N₂ ile MAP yapılmış gruplarda CO₂ seviyesinde mikrobiyel gelişime bağlı olarak artış tespit edilmiştir. Bu grupta 9. günden itibaren görünür mikroorganizma gelişimine de rastlanmıştır. %100 N₂ ile MAP uygulanan ve yüksek kapasiteli oksijen

tutucu içeren grupta ise CO₂ seviyesi 18. güne kadar %1'in altında kalmış ve 18. günde %6,1'e yükselmiştir. Bu durum 15. gün ve sonrasında ortaya çıkan mikrobiyel gelişim ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 4.1. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince oksijen ve karbondioksit oranına etkisi

% O ₂							
Uygulamalar	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	0,0±0,0	2,1±1,1	0,1±0,1	0,3±0,2	0,1±0,1	0,0±0,0	0,1±0,1
MAP1-OT2	0,0±0,0	0,4±0,3	0,3±0,3	0,2±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,0±0,1
Hava atmosferi-OT1	20,9±0,0	16,5±0,7	4,3±3,4	0,1±0,0	0,2±0,1	0,0±0,0	0,1±0,1
Hava atmosferi-OT2	20,9±0,0	3,9±1,3	0,1±0,0	0,6±0,9	0,2±0,1	0,0±0,0	0,2±0,3
MAP2	0,0±0,0	3,9±1,0	5,0±0,4	0,2±0,1	0,2±0,1	0,3±0,4	0,1±0,0
Hava atmosferi	20,9± 0,0	20,1±0,1	16,1±1,4	0,1±0,1	0,2±0,1	0,0±0,0	0,0±0,1
% CO ₂							
Uygulamalar	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	0,0±0,0	0,2±0,1	1,9±0,2	3,3±1,8	9,0±2,6	9,5±3,0	13,1±4,3
MAP1-OT2	0,0±0,0	0,1±0,1	0,1±0,0	0,1±0,1	0,2±0,1	0,3±0,2	6,1±0,3
Hava atmosferi-OT1	0,0±0,0	0,2±0,1	9,1±2,1	15,4±0,1	18,4±1,0	19,0±1,0	31,5±9,6
Hava atmosferi-OT2	0,0±0,0	0,1±0,1	0,1±0,1	1,0±1,2	0,3±0,2	0,3±0,3	3,9±5,5
MAP2	50,0±0,0	38,7±2,3	35,5±0,6	38,1±2,2	46,1±0,7	44,9±3,7	46,9±1,7
Hava atmosferi	0,0±0,0	0,4±0,1	4,7±1,4	20,9±0,4	27,0±0,1	29,6±1,6	29,7±1,4

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+ % 79 N₂

Hava atmosferi ile paketlenen ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta 6. günde, hava atmosferi ile paketlenen ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta 9. günde oksijen seviyesi %1'in altına düşmüştür. Başlangıçta %20,9 olan oksijen seviyesi oksijen tutucular sayesinde azalmıştır. Hava atmosferinde paketlenip yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren gruptaki oksijenin daha kısa sürede azalmasının sebebi yüksek kapasiteli oksijen tutucunun oksijeni daha hızlı tutmasıdır.

Elde edilen sonuçlara benzer olarak, Öz ve arkadaşlarının (2006) yaptığı bir çalışmada da ekmek örnekleri MAP (%30 CO₂:%70 N₂) ile paketlenmiş, ambalaj içerisinde başlangıçta oksijen bulunmamasına rağmen analiz günlerinde oksijen tespit edilmiştir. Buradaki oksijen ekmek gözeneklerinde kalan oksijendir. Hava atmosferinde paketlenen ve oksijen tutucu içeren ambalajlarda ise kısa sürede oksijen kritik seviyenin altına düşebilmiştir (Öz ve ark., 2006).

Kontrol grubunda (hava atmosferi) 6. güne kadar yavaşça düşen oksijen seviyesi, 9. günde hızla %1'in altına inmiştir ve karbondioksit seviyesi hızla artarak 9. günde %20'nin üzerine çıkmıştır. Bu durum paket içerisinde gelişen aerobik mikroorganizmaların gelişimi ile ilişkilendirilmiştir.

Tepe boşluğu gaz analizi sonuçları incelendiğinde oksijen seviyesi depolamanın başlangıcından itibaren kritik seviyenin altında olan tek grup, %100 N₂ ile MAP uygulanmış ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren uygulama olmuştur. Diğer MAP yapılan gruplarda her ne kadar başlangıçta oksijen bulunmasa da ekmek gözenekleri içerisinde kalan oksijen, depolamanın ilerleyen sürecinde tepe boşluğuna geçmiş ve oksijen oranının artmasına yol açmıştır. %100 N₂ ile MAP yapılan ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta 6. günde oksijen seviyesi tekrar kritik seviyenin altına düşmüş ve %0,1 düzeyinde seyretmiştir.

Ekmekle ilgili yapılan başka çalışmalarda da %100 N₂ ve %50 N₂:%50 CO₂ bileşimi en çok kullanılan MAP uygulamaları olmuştur (Rodriguez ve ark., 2000, Rasmussen ve Hansen, 2001, Değirmencioğlu ve ark., 2011, Khoshakhlagh ve ark., 2014). Oksijen içermeyen MAP uygulamaları genel itibariyle mikrobiyel gelişimi belirli düzeylerde yavaşlatmaktadır. Ancak gözeneklerde kalan ve tepe boşluğundan uzaklaştırılmayan O₂'nin olumsuz etkisi oksijen tutucuların da kullanımı ile bu çalışmada da gösterildiği gibi bertaraf edilebilmektedir.

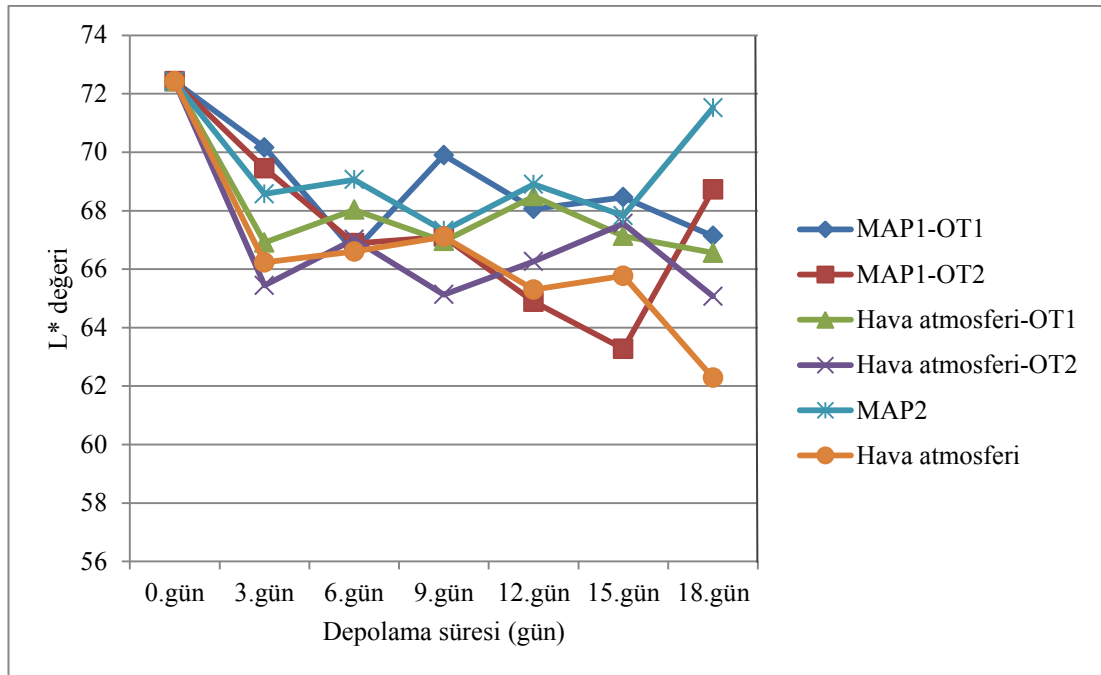
4.2. Renk

Ekmeklerin kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli kalite parametrelerinden biri renktir (Dirim ve ark., 2014). Aktif ambalajlama ve MAP uygulamalarının L^* , a^* ve b^* değerlerine olan etkisi sırasıyla Şekil 4.3., 4.4., 4.5.'te ve Tablo 4.2.'de verilmiştir.

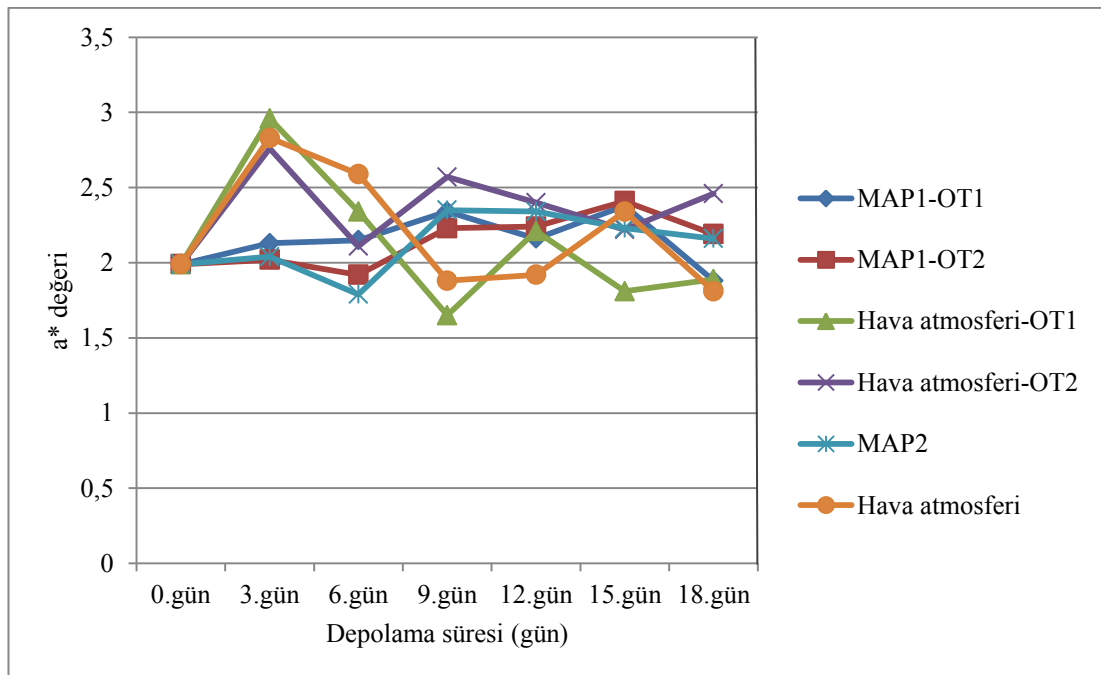
Tablo 4.2. incelendiğinde bütün gruplarda 0. günden sonra parlaklığı simgeleyen L^* değerinde azalma meydana gelmiştir. Ekmeklerin bayatlamasına bağlı olarak matlaşma meydana gelmiş ve bu durum L^* değerinde azalmaya neden olmuştur. Öz ve arkadaşlarının (2006) yaptığı çalışmada da ekmek içi L^* değerinde tüm uygulamalarda depolama süresince düşüş meydana gelmiştir. Majzoobi ve ark., (2011)'nin yaptığı çalışmada da örneklerin L^* değerinde zamana bağlı azalma rapor edilmiştir. Bu durumu nişastanın retrogradasyonu ile ilişkilendirmişlerdir.

L^* değeri açısından hava atmosferi ve %50 CO_2 :%50 N_2 uygulanan ürünler dışındaki diğer uygulamalar arasında 18. günde istatistiki olarak bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). 18. gün sonunda kontrol grubu en düşük L^* değerine sahip olurken, %50 CO_2 :%50 N_2 uygulanan grup en yüksek L^* değerine sahip olmuştur.

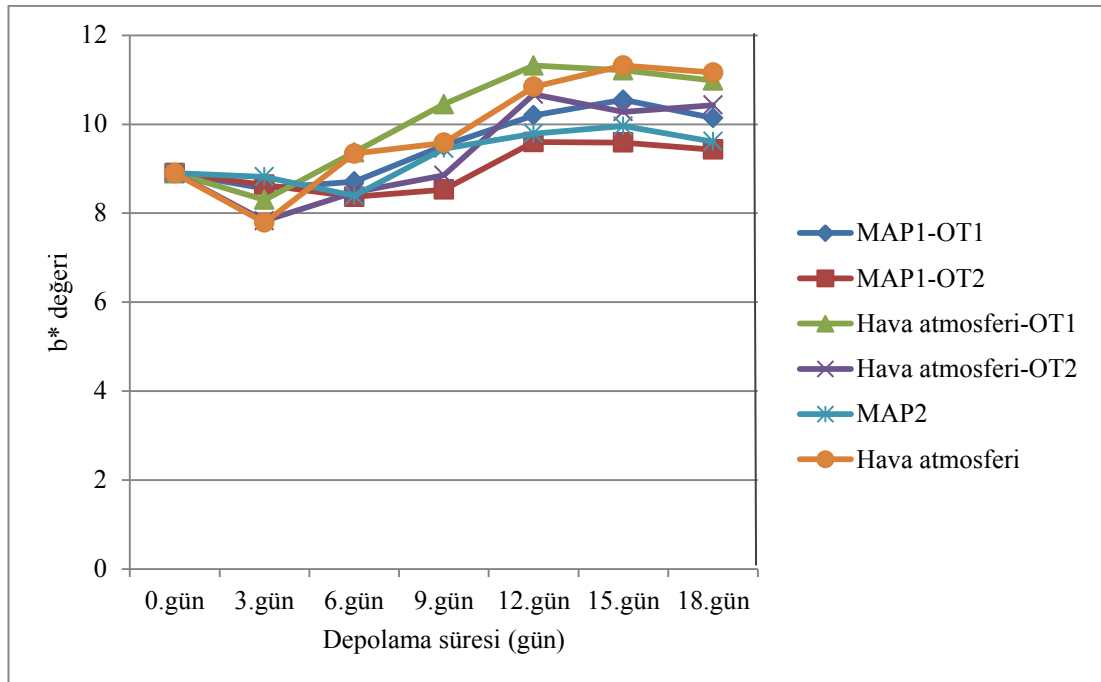
Depolama süresince tüm uygulamalarda genel olarak a^* ve b^* değerlerinde artış eğilimi dikkat çekmiştir. Depolama süresinin a^* ve b^* değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, depolama sonunda uygulamalar arasında anlamlı farklılıklar bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.3. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince L* değerine etkisi (MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂)



Şekil 4.4. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince a* değerine etkisi (MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂)



Şekil 4.5. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince b* değerine etkisi (MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂)

Muizniece-Brasava ve arkadaşlarının (2012) buğday ekmekleriyle yaptığı bir çalışmada oksijen tutucu içeren ve içermeyen tüm gruplarda zamana bağlı olarak L* değerinde düşme ve a* değerinde artma meydana geldiği tespit edilmiştir. Bunu depolama sırasındaki nem kaybıyla açıklamışlardır. Bu çalışmada b* değerinde bazı gruplarda artış bazı gruplarda azalış gözlenmiştir. %60 CO₂:%40 N₂ ile MAP yapılan ve oksijen tutucu içeren grubun b* değerinde artış rapor edilmiştir.

Tablo 4.2. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince L*,a* ve b* değerlerine etkisi

L*							
Uygulamalar	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	72,42±2,54 ^{Aa}	70,16±2,35 ^{Ab}	66,61±3,34 ^{Bd}	69,90±2,20 ^{Ab}	68,06±5,39 ^{ABcd}	68,46±2,60 ^{Abc}	67,13±2,99 ^{BCcd}
MAP1-OT2	72,42±2,54 ^{Aa}	69,45±2,31 ^{ABb}	66,88±3,52 ^{Bc}	67,11±2,83 ^{Bc}	64,88±3,35 ^{Cd}	63,27±2,85 ^{Cd}	68,72±5,84 ^{Bbc}
Hava atmosferi-OT1	72,42±2,54 ^{Aa}	66,91±2,44 ^{Cb}	68,03±2,55 ^{ABb}	66,96±6,06 ^{Bb}	68,49±4,86 ^{ABb}	67,13±4,80 ^{ABb}	66,56±4,80 ^{BCb}
Hava atmosferi-OT2	72,42±2,54 ^{Aa}	65,44±2,97 ^{Dcd}	67,02±3,00 ^{Bbc}	65,13±3,75 ^{Bd}	66,26±3,12 ^{ABCbcd}	67,56±2,81 ^{ABb}	65,07±3,27 ^{Cd}
MAP2	72,42±2,54 ^{Aa}	68,57±2,68 ^{Bb}	69,06±2,52 ^{Ab}	67,32±3,17 ^{Bb}	68,90±3,29 ^{Ab}	67,83±4,10 ^{Ab}	71,52±4,00 ^{Aa}
Hava atmosferi	72,42±2,54 ^{Aa}	66,23±3,11 ^{CDb}	66,60±3,19 ^{Bb}	67,11±5,55 ^{Bb}	65,30±6,28 ^{Cb}	65,77±3,68 ^{Bb}	62,28±6,35 ^{Dc}
a*							
Uygulamalar	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	1,99±0,31 ^{Ab}	2,13±0,27 ^{Bab}	2,15±0,32 ^{Cab}	2,34±0,24 ^{Aa}	2,16±0,69 ^{ABab}	2,38±0,36 ^{Aa}	1,88±0,95 ^{Bb}
MAP1-OT2	1,99±0,31 ^{Ac}	2,02±0,24 ^{Bc}	1,92±0,21 ^{Dc}	2,23±0,27 ^{ABb}	2,24±0,29 ^{ABb}	2,41±0,27 ^{Aa}	2,19±0,35 ^{ABb}
Hava atmosferi-OT1	1,99±0,31 ^{Ab}	2,96±0,29 ^{Aa}	2,34±0,48 ^{Bab}	1,65±2,34 ^{Bb}	2,21±1,01 ^{ABb}	1,81±1,41 ^{Bb}	1,89±1,38 ^{Bb}
Hava atmosferi-OT2	1,99±0,31 ^{Ae}	2,76±0,46 ^{Ba}	2,11±0,30 ^{Cde}	2,57±0,31 ^{Ab}	2,40±0,32 ^{Abc}	2,22±0,27 ^{Accd}	2,46±0,46 ^{Ab}
MAP2	1,99±0,31 ^{Ad}	2,04±0,27 ^{Bcd}	1,79±0,25 ^{De}	2,35±0,29 ^{Aa}	2,34±0,25 ^{ABa}	2,23±0,31 ^{Aab}	2,16±0,21 ^{ABbc}
Hava atmosferi	1,99±0,31 ^{Ab}	2,83±0,34 ^{ABa}	2,59±0,52 ^{Ab}	1,88±1,80 ^{ABb}	1,92±1,43 ^{Bb}	2,34±0,74 ^{Aab}	1,81±1,64 ^{Bb}

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+ % 79 N₂

Tablo 4.2. (Devam) Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince L*,a* ve b* değerlerine etkisi

Uygulamalar	b*						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	8,90±0,55 ^{Ad}	8,56±0,66 ^{ABd}	8,71±0,73 ^{Bd}	9,52±0,58 ^{ABc}	10,20±0,92 ^{BCab}	10,55±0,77 ^{ABa}	10,14±0,66 ^{BCD^b}
MAP1-OT2	8,90±0,55 ^{Ab}	8,64±0,66 ^{ABbc}	8,37±0,73 ^{Bc}	8,53±0,70 ^{Bbc}	9,60±0,74 ^{Ca}	9,59±0,81 ^{Ba}	9,43±1,63 ^{Da}
Hava atmosferi-OT1	8,90±0,55 ^{Abc}	8,30±0,92 ^{Bc}	9,37±0,82 ^{Ab}	10,45±2,89 ^{Aa}	11,32±2,52 ^{Aa}	11,21±3,21 ^{Aa}	10,98±0,92 ^{ABa}
Hava atmosferi-OT2	8,90±0,55 ^{Ac}	7,83±0,59 ^{Ce}	8,47±0,63 ^{Bd}	8,85±0,72 ^{Bc}	10,67±0,93 ^{ABa}	10,28±0,64 ^{ABb}	10,43±0,87 ^{ABCab}
MAP2	8,90±0,55 ^{Ac}	8,82±0,99 ^{Ac}	8,39±0,83 ^{Bd}	9,45±0,88 ^{ABb}	9,79±0,51 ^{Cab}	9,96±0,81 ^{Ba}	9,61±0,54 ^{CDab}
Hava atmosferi	8,90±0,55 ^{Abc}	7,79±0,85 ^{Cc}	9,34±0,89 ^{Ab}	9,58±0,96 ^{Aab}	10,84±1,34 ^{ABa}	11,32±4,13 ^{Aa}	11,16±3,32 ^{Aa}

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler (P>0.05) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+ % 79 N₂

4.3. Tekstür

Tekstür analiz sonuçları Tablo 4.3.'te verilmiştir. Sonuçlar sıkıştırma kuvveti olarak Newton (N) cinsinden belirtilmiş olup artan değerler tekstürdeki sertleşmeyi ifade etmektedir. Sonuçlara bakıldığında ekmek örneklerinde tüm uygulamalarda zamana bağlı olarak sertleşme meydana gelmiştir. Bu sertleşmenin ekmek içi yumuşaklığın azalmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Yumuşaklığın azalmasının nedeni genellikle iki sebebe bağlanmaktadır; bunlardan birincisi ekmek içerisindeki nem kaybı, ikincisi nişastanın retrogradasyonudur (Certel ve ark., 2009).

Depolama süresinin sertlik üzerindeki etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunurken ($p \leq 0,05$), depolama sonunda uygulamalar arasındaki farklar istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Baik ve arkadaşlarının (2000) kabuklu ve kabuksuz ekmeklerde yaptığı bir çalışmada depolama süresine bağlı olarak ekmek sertliğinde artış olduğu, depolamanın ilk haftasından sonra sertlik artışının kabuklu ekmeklerde daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedenini ekmek içinden ekmek kabuğuna geçen nem transferiyle açıklanmıştır.

Licciardello ve arkadaşlarının (2014) buğday ekmeğiyle yaptığı çalışmada, farklı kalınlıktaki ambalaj filmlerinin ekmek üzerine etkisi incelenmiştir. Farklı ambalaj materyallerinin ekmek sertliğine etkisi istatistiki olarak anlamlı bulunmazken, zamana bağlı olarak ekmek içerisindeki sertlik artmıştır. Bu artış ekmek içerisindeki kabuk kısmına nem geçişi ile ilişkilendirilmiştir.

Tablo 4.3. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmek tekstürüne etkisi

Uygulamalar	Sıkıştırma Kuvveti (N)						
	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	4,90±0,97 ^{Af}	13,86±2,25 ^{ABCe}	19,53±4,71 ^{BCd}	26,66±3,32 ^{Ac}	29,52±6,68 ^{ABbc}	37,49±3,86 ^{Aa}	30,26±3,92 ^{Ab}
MAP1-OT2	4,90±0,97 ^{Ae}	14,55±3,50 ^{ABd}	18,54±3,38 ^{CDc}	22,07±2,79 ^{Bb}	23,82±3,28 ^{Cb}	30,82±5,31 ^{BCa}	31,11±6,08 ^{Aa}
Hava atmosferi-OT1	4,90±0,97 ^{Ad}	14,92±1,97 ^{Ac}	27,11±3,52 ^{Ab}	26,58±5,20 ^{Ab}	33,15±6,81 ^{Aa}	32,85±3,79 ^{Ba}	27,08±6,35 ^{Ab}
Hava atmosferi-OT2	4,90±0,97 ^{Ad}	12,23±1,19 ^{Cc}	17,88±3,19 ^{CDb}	20,82±3,34 ^{Bb}	30,83±6,35 ^{ABa}	28,73±6,02 ^{Ca}	28,42±6,59 ^{Aa}
MAP2	4,90±0,97 ^{Af}	13,18±2,22 ^{ABCe}	16,77±2,14 ^{Dd}	26,37±5,37 ^{Ac}	32,48±6,20 ^{Aa}	29,25±5,00 ^{BCb}	29,88±2,36 ^{Aab}
Hava atmosferi	4,90±0,97 ^{Ad}	12,79±2,18 ^{BCc}	21,13±2,68 ^{Bb}	22,16±5,91 ^{Bb}	27,27±4,76 ^{BCa}	28,00±6,35 ^{Ca}	28,31±5,97 ^{Aa}

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+ % 79 N₂

Khoshakhlagh ve arkadaşlarının (2014) Sangak ekmeğiyle yaptığı çalışmada, farklı kombinasyonlarda uygulanan MAP'ın (%100 CO₂, %30 CO₂:%70 N₂, %20 CO₂:%80 N₂) ekmeğe üzerine etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada farklı atmosferlerde depolamanın ekmeğe sertliğine etkisi önemli düzeyde bulunmamıştır. Fakat depolama süresince ekmeğin sertliğinde artış olduğunu ve artışın nişastanın retrogradasyonundan kaynaklandığını rapor etmişlerdir.

4.4. pH

Çalışma boyunca ekmekteki pH değişimi Tablo 4.4.'te verilmiştir. Uygulamaların pH üzerinde anlamlı bir etkisi görülmezken, depolama süresinin pH'yı arttırdığı gözlenmiştir. Depolamanın sonunda başlangıç değerleriyle kıyaslandığında tüm uygulamalarda pH'nın çok düşük düzeylerde arttığı gözlenmiştir. Gerçekaslan (2006) ile Kotancılar ve arkadaşlarının (2009) yaptığı çalışmalarda da depolama süresi arttıkça ekmeklerin pH değerinin arttığı görülmüştür. Kotancılar ve arkadaşlarının (2009) yaptıkları çalışmada ekmeğe içi pH'sıyla ekmeğe içi yumuşaklık arasında pozitif bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 4.4. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmeğin pH'sına etkisi

Uygulamalar	pH						
	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	4,94±0,0 ^{Ab}	5,05±0,17 ^{BCab}	5,06±0,17 ^{BCab}	4,97±0,09 ^{Bb}	5,22±0,16 ^{BCa}	5,11±0,11 ^{Bab}	5,22±0,15 ^{ABa}
MAP1-OT2	4,94±0,08 ^{Abc}	5,05±0,13 ^{BCbc}	4,96±0,21 ^{Cbc}	4,94±0,18 ^{Bbc}	5,31±0,04 ^{ABa}	4,86±0,03 ^{Cc}	5,08±0,24 ^{Bb}
Hava atmosferi-OT1	4,94±0,08 ^{Ade}	4,91±0,04 ^{De}	4,98±0,03 ^{Ccd}	5,02±0,04 ^{Bbc}	5,09±0,05 ^{Da}	5,10±0,04 ^{Ba}	5,04±0,04 ^{Bab}
Hava atmosferi-OT2	4,94±0,08 ^{Ac}	5,19±0,03 ^{Ab}	5,16±0,04 ^{ABb}	4,92±0,23 ^{Bc}	5,31±0,02 ^{ABa}	5,32±0,03 ^{Aa}	5,30±0,05 ^{Aa}
MAP2	4,94±0,08 ^{Abc}	5,00±0,12 ^{CDabc}	5,10±0,10 ^{BCab}	4,92±0,19 ^{Bc}	5,15±0,08 ^{CDa}	5,15±0,18 ^{Ba}	5,07±0,14 ^{Babc}
Hava atmosferi	4,94±0,08 ^{Ac}	5,14±0,04 ^{ABd}	5,25±0,04 ^{Aabc}	5,30±0,04 ^{Aab}	5,35±0,04 ^{Aa}	5,19±0,13 ^{Bbcd}	5,18±0,15 ^{ABcd}

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+ % 79 N₂

4.5. Su Aktivitesi

Ekmek içi ve ekmek kabuğu su aktivitesi değerleri Tablo 4.6.'da verilmiştir. Ekmek içi su aktivitesi sonuçlarına göre depolama sonunda istatistiksel olarak en büyük farklılık kontrol grubunda (hava atmosferi) olmuştur. Hava atmosferi grubunda ekmek içi su aktivitesi değerinde artan depolama sürecinde önemli düzeyde azalma görülmüştür.

Uygulamalar arasındaki farklılıklar, depolama sonunda hava atmosferi grubu haricinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Uygulamalar arasında hava atmosferi grubu en düşük ekmek içi su aktivitesi değerine sahip olmuştur. Renk (L^* , a^* ve b^*), sertlik, pH ve su aktivitesi için deneysel faktörlerin ve etkileşimlerine ait p değerleri Tablo 4.5.'te verilmiştir.

Nem değerindeki azalma su aktivitesinde azalmaya neden olur, bu durumun tam tersi de geçerlidir. Nem ve su aktivitesi parametreleri işlevsel olarak bağımlıdır. (Vlasek ve ark., 2013). Baik ve Chinachoti'nin (2000) ve Ayub ve arkadaşlarının (2003) yaptığı çalışmalarda da ekmekteki nem ve su aktivitesi değerleri birlikte azalmakta veya artmaktadır. Alamprese ve arkadaşları (2017) yaptığı çalışmada su aktivitesi ve nem değeri arasında son derece önemli bir doğrusal korelasyon olduğunu gözlemlemişlerdir. Böylelikle su aktivitesi doğrudan nem değeri ile ilişkilendirilebilir.

Ekmek kabuğunun su aktivitesi değerine bakıldığında bütün uygulamalarda zamana bağlı olarak istatistiksel olarak artış gözlenmiştir ($p\leq 0,05$). Ekmeğin ambalajlamasında kullanılan malzemenin (BOPP/PVDC) WVTR'sinin (su buharı geçiş hızı) düşük olduğu ve dışardan nem geçişinin olmadığı dikkate alındığında, kabuktaki su aktivitesi artışı iç kısımlardaki su moleküllerinin su buharı basıncı farkından dolayı kabuğa doğru transfer olması ile ilişkilendirilebilir (Ertugay, 2006).

Licciardello ve arkadaşlarının (2014) ekmekle yaptığı çalışmada zamana bağlı olarak ekmek içerisindeki nemde azalma, ekmek kabuğunun nem değerinde artış

gözlemlenmiştir. Bu durumu, ekmek içerisinde ekmek kabuğuna nem transferinin olduğu yönünde açıklanmışlardır.

Licciardello ve arkadaşlarının (2017)'nin ekmeklerle yaptığı bir başka çalışmada da zamana bağlı olarak ekmek içi nem değerinde azalış, kabuk neminde artış olduğu görülmüş ve nem değerleri ile su aktivitesi değerleri birbiriyle paralellik göstermiştir.

Tablo 4.6.'daki su aktivitesi değerleri incelendiğinde, ekmek içerisindeki su aktivitesi miktarı tüm analiz günlerinde ve tüm gruplarda ekmek kabuğu su aktivitesi miktarından daha yüksek olmuştur. Vlasek ve ark. (2013)'nin yaptığı çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.5. Renk (L*,a* ve b*), sertlik, pH ve su aktivitesi için deneysel faktörlerin ve etkileşimlerinin p değerleri

	L*	a*	b*	Sertlik	pH	Kabuk aw	Ekmek içi aw
Depolama Süresi	0,000	0,017	0,000	0,000	0,864	0,000	0,161
Uygulama	0,000	0,016	0,000	0,091	0,068	0,918	0,002
Depolama süresi* Uygulama	0,000	0,468	0,001	0,000	0,030	0,904	0,006

*P>0.05 istatistiksel olarak anlamlı değildir

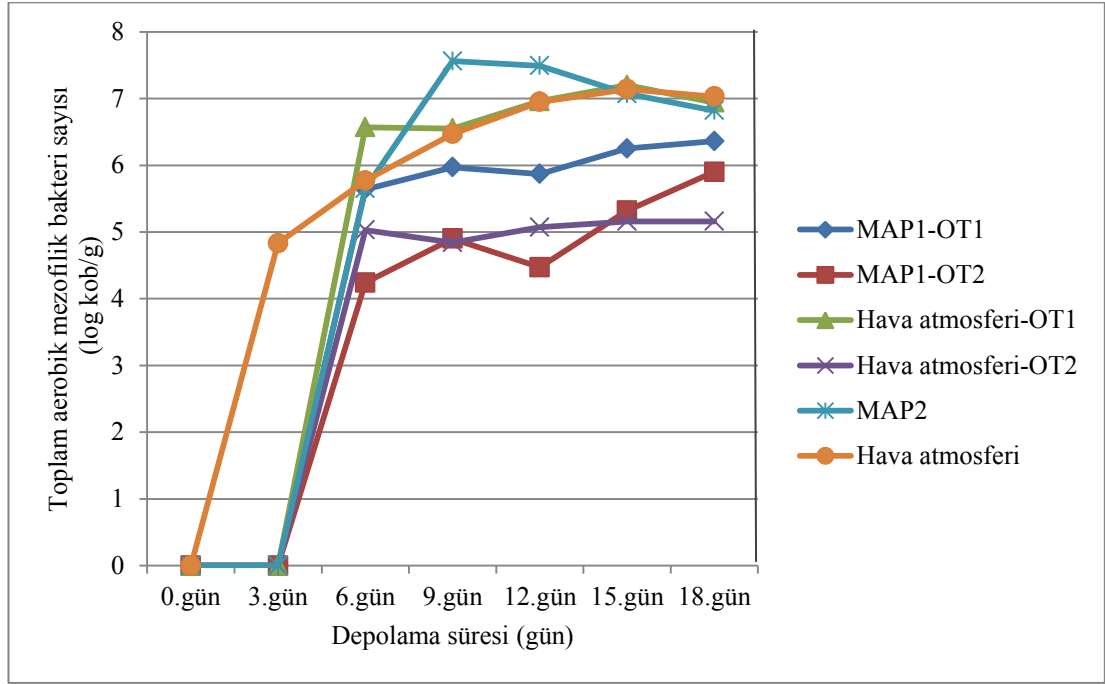
Tablo 4.6. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmeğin içi ve ekmeğin kabuğu su aktivitesine etkisi

Ekmek İçi Su Aktivitesi (a_w)							
Uygulamalar	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAPI-OT1	0,941±0,003 ^{Aabc}	0,949±0,006 ^{Ba}	0,946±0,004 ^{Aab}	0,943±0,003 ^{BCabc}	0,937±0,012 ^{Bc}	0,948±0,002 ^{Aab}	0,940±0,010 ^{Abc}
MAPI-OT2	0,941±0,003 ^{Ab}	0,938±0,005 ^{Cb}	0,950±0,003 ^{Aa}	0,949±0,004 ^{Aa}	0,949±0,004 ^{Aa}	0,939±0,007 ^{Bb}	0,943±0,003 ^{Ab}
Hava atmosferi-OT1	0,941±0,003 ^{Abc}	0,939±0,006 ^{Cc}	0,952±0,002 ^{Aa}	0,938±0,006 ^{Cc}	0,944±0,007 ^{ABbc}	0,947±0,006 ^{Aab}	0,945±0,003 ^{Ab}
Hava atmosferi-OT2	0,941±0,003 ^{Aab}	0,940±0,010 ^{Cab}	0,936±0,006 ^{BCb}	0,944±0,004 ^{ABa}	0,947±0,005 ^{Aa}	0,948±0,006 ^{Aa}	0,943±0,009 ^{Aab}
MAP2	0,941±0,003 ^{Aa}	0,941±0,009 ^{Ca}	0,943±0,08 ^{Aba}	0,942±0,005 ^{BCa}	0,941±0,005 ^{ABa}	0,941±0,009 ^{ABa}	0,944±0,002 ^{Aa}
Hava atmosferi	0,941±0,003 ^{Ab}	0,959±0,003 ^{Aa}	0,933±0,013 ^{Cbc}	0,939±0,007 ^{BCb}	0,941±0,003 ^{ABb}	0,941±0,007 ^{ABb}	0,929±0,008 ^{Bc}
Ekmek Kabuğu Su Aktivitesi (a_w)							
Uygulamalar	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAPI-OT1	0,766±0,023 ^{Ac}	0,908±0,013 ^{ABCb}	0,913±0,006 ^{BCDb}	0,941±0,002 ^{Aa}	0,933±0,007 ^{Aa}	0,937±0,007 ^{ABa}	0,931±0,006 ^{Ba}
MAPI-OT2	0,766±0,023 ^{Ad}	0,892±0,006 ^{Cc}	0,911±0,011 ^{Db}	0,905±0,014 ^{Bbc}	0,926±0,008 ^{Aa}	0,927±0,005 ^{CDa}	0,936±0,005 ^{ABa}
Hava atmosferi-OT1	0,766±0,023 ^{Ad}	0,918±0,021 ^{ABc}	0,929±0,005 ^{Abc}	0,933±0,004 ^{Aabc}	0,928±0,004 ^{Abc}	0,945±0,002 ^{Aa}	0,939±0,003 ^{Aab}
Hava atmosferi-OT2	0,766±0,023 ^{Ac}	0,912±0,018 ^{ABCb}	0,922±0,003 ^{ABab}	0,909±0,005 ^{Bb}	0,930±0,003 ^{Aa}	0,934±0,005 ^{BCa}	0,936±0,007 ^{ABa}
MAP2	0,766±0,023 ^{Ad}	0,899±0,032 ^{BCc}	0,912±0,012 ^{CDbc}	0,933±0,006 ^{Aab}	0,932±0,013 ^{Aab}	0,931±0,010 ^{BCDab}	0,938±0,003 ^{Aa}
Hava atmosferi	0,766±0,023 ^{Ac}	0,928±0,004 ^{Aa}	0,921±0,004 ^{ABCab}	0,910±0,004 ^{Bb}	0,931±0,004 ^{Aa}	0,924±0,010 ^{Da}	0,923±0,010 ^{Ca}

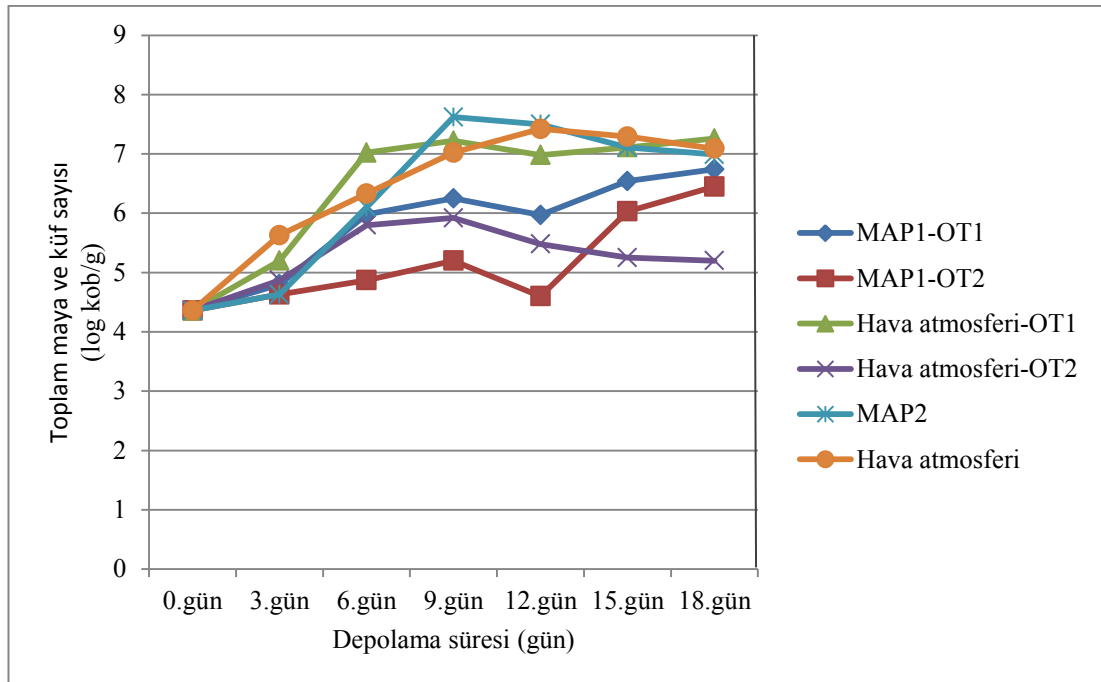
Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAPI-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAPI-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+%79N₂

4.6. Mikrobiyolojik Analiz

Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama boyunca mikrobiyel yüke etkisi Şekil 4.6.'da ve 4.7.'de ve ayrıca Tablo 4.7.'de verilmiştir. Tüm uygulamalarda artan depolama süresi ile birlikte mikrobiyel yükte farklı düzeylerde artış olmuştur.



Şekil 4.6. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri sayısına etkisi (MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂)



Şekil 4.7. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince toplam maya ve küf sayısına etkisi (MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂)

Şekil 4.6. veya Tablo 4.7. incelendiğinde 3. günde kontrol grubu (hava atmosferi) haricinde diğer gruplarda bakteri gelişimi tespit edilememiştir. Depolama süresince toplam bakteri sayısı en düşük olan iki grup, yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren hava atmosferi ile paketlenmiş ve %100 N₂ ile MAP yapılmış olan gruplardır. Kontrol grubu olan hava atmosferinde toplam bakteri sayısı 18. günde 7,03 log kob/g'a kadar yükselmiştir.

Muiznice-Brasava ve ark.'nın (2012) yaptığı çalışmada, oksijen tutucu içeren ambalajların mikrobiyel gelişimi geciktirmede etkili olduğu görülmüştür. Oksijen tutucu kullanımı ile küf gelişimi 14 güne kadar geciktirilmiştir. Hava atmosferinde depolanan örnekler ise tamamen bozulduklarından dolayı sadece 7 gün mikrobiyel analiz yapılmıştır.

Tablo 4.7. incelendiğinde depolama süresi, toplam maya ve küf sayısını tüm gruplarda istatistiki anlamda arttırmıştır ($p \leq 0,05$). Uygulamalar arasında en düşük

maya ve küf sayısı genel olarak yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren %100 N₂ ve hava atmosferi ile ambalajlanmış iki grupta tespit edilmiştir. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ve toplam maya ve küf sayısı için deneysel faktörlerin ve bu faktörlerin etkileşimlerine ait p değerleri tablosu Tablo 4.8.'de verilmiştir.

%100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta, başlangıçta 4,36 log kob/g olan maya ve küf sayısı 12. günde 4,60 log kob/g'a ulaşmıştır. 12. günde en düşük maya ve küf sayısı bu gruba ait olmuştur. Yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplarda oksijen seviyesi çok kısa sürede düşük seviyelere inmiş ve böylece mikrobiyel gelişim geciktirilebilmiştir.

Hasan ve arkadaşlarının (2014) yaptığı çalışmada da MAP yapılmış ekmek örneklerinde kontrol grupları ile kıyaslandığında maya ve küf gelişimi geciktirilmiştir. Karbondioksit seviyesi arttıkça mikrobiyel raf ömrü daha fazla uzamıştır. MAP ile oksijen tutucunun bir arada kullanımı mikrobiyel gelişimi geciktirmede en etkili yöntem olmuştur.

Görünür mikrobiyel gelişim Tablo 4.9.'da verilmiştir. 0. ve 3. günde herhangi bir gelişim gözlenmezken 6. günde %50 CO₂ + %50 N₂ ile MAP yapılmış grupta %10, hava atmosferinde paketlenen ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta %30, ve kontrol grubunda %40 oranında gelişim gözlenmiştir. 9. günde %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup ve hava atmosferinde paketlenen ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta herhangi bir gelişim gözlenmezken, 12. gün sadece %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplarda gelişim gözlenmemiştir. 15. ve 18. günlerde tüm gruplarda gelişime rastlanmıştır. Şekil 4.8.'de 12. günde uygulamalara ait örnekler verilmiştir. Görüldüğü gibi sadece %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta küf gelişimi olmamıştır.

Tablo 4.7. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince mikrobiyel yüke etkisi

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı (log kob/g)							
Uygulamalar	Depolama süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	<2	<2	5,65±0,14 ^{Bd}	7,56±0,25 ^{Aa}	7,49±0,24 ^{Aa}	7,07±0,37 ^{Ab}	6,82±0,46 ^{Ac}
MAP1-OT2	<2	<2	4,24±0,16 ^{Dd}	4,90±0,44 ^{Dc}	4,47±0,25 ^{Ed}	5,32±0,81 ^{Cb}	5,90±0,13 ^{Ca}
Hava atmosferi-OT1	<2	<2	5,64±0,42 ^{Bd}	5,97±0,43 ^{Cbc}	5,87±0,40 ^{Ccd}	6,25±0,42 ^{Bab}	6,36±0,42 ^{Ba}
Hava atmosferi-OT2	<2	<2	5,03±0,42 ^{Ca}	4,84±0,51 ^{Da}	5,07±0,56 ^{Da}	5,16±0,45 ^{Ca}	5,16±0,53 ^{Da}
MAP2	<2	<2	6,57±0,05 ^{Ab}	6,55±0,30 ^{Bb}	6,96±0,12 ^{Ba}	7,20±0,19 ^{Aa}	6,94±0,73 ^{Aa}
Hava atmosferi	<2	4,83±0,26 ^{Ad}	5,77±0,41 ^{Bc}	6,47±0,23 ^{Bb}	6,95±0,34 ^{Ba}	7,14±0,64 ^{Aa}	7,03±0,16 ^{Aa}
Toplam maya ve küf sayısı (log kob/g)							
Uygulamalar	Depolama süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	4,36±0,65 ^{Ae}	4,63±0,40 ^{Cde}	4,87±0,59 ^{Dcd}	5,20±0,58 ^{Dc}	4,60±0,46 ^{Ede}	6,03±0,31 ^{Cb}	6,45±0,40 ^{Ca}
MAP1-OT2	4,36±0,65 ^{Ae}	4,80±0,48 ^{Cd}	5,98±0,23 ^{Cc}	6,25±0,47 ^{Cbc}	5,97±0,31 ^{Cc}	6,54±0,22 ^{Bab}	6,74±0,38 ^{BCa}
Hava atmosferi-OT1	4,36±0,65 ^{Ac}	5,20±0,62 ^{Bb}	7,02±0,14 ^{Aa}	7,22±0,39 ^{Ba}	6,98±0,20 ^{Ba}	7,11±0,31 ^{Aa}	7,26±0,45 ^{Aa}
Hava atmosferi-OT2	4,36±0,65 ^{Ae}	4,87±0,46 ^{BCd}	5,80±0,28 ^{Cab}	5,92±0,57 ^{Ca}	5,48±0,16 ^{Dbc}	5,25±0,41 ^{Dcd}	5,20±0,60 ^{Dcd}
MAP2	4,36±0,65 ^{Ad}	4,63±0,48 ^{Cd}	6,10±0,42 ^{BCc}	7,62±0,26 ^{Aa}	7,50±0,31 ^{Aa}	7,11±0,41 ^{Ab}	6,99±0,49 ^{ABb}
Hava atmosferi	4,36±0,65 ^{Ae}	5,63±0,13 ^{Ad}	6,33±0,48 ^{Bc}	7,02±0,49 ^{Bb}	7,42±0,13 ^{Aa}	7,29±0,21 ^{Aab}	7,09±0,22 ^{ABb}

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. (<2: En düşük dilüsyonda (10^{-2}) bile gelişim gözlenmemiştir).

MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂

Tablo 4.8. Toplam mezofilik aerobik bakteri ve maya küf sayısı için deneysel faktörlerin ve etkileşimlerinin p değerleri

	Toplam aerobik mezofilik bakteri	Toplam maya ve küf
Depolama Süresi	0,000	0,000
Uygulama	0,000	0,000
Depolama süresi* Uygulama	0,000	0,000

*P>0.05 istatistiksel olarak anlamlı değildir

Mikrobiyel gelişimi geciktirmede en etkili yöntemin yüksek kapasiteli oksijen tutucunun kullanıldığı uygulamalar olduğu dikkat çekmektedir. Düşük kapasiteli oksijen tutucular mikrobiyel gelişimi geciktirmede yetersiz olmuştur. Tek başına %50 N₂:%50 CO₂ ile yapılan MAP uygulaması, kontrol grubuna ve hava atmosferi ile paketlenip düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren gruba göre mikrobiyel gelişimi geciktirmede daha etkili olsa da, yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplara kıyasla yetersiz olmuştur.

Tablo 4.9. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince ekmekte görünür mikrobiyel gelişime etkisi

Uygulamalar	Görünür Mikrobiyel Gelişim (%)						
	Depolama Süresi						
	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	0,00	0,00	0,00	53,33	63,33	100,00	100,00
MAP1-OT2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	100,00
Hava atmosferi-OT1	0,00	0,00	30,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Hava atmosferi-OT2	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	36,67	100,00
MAP2	0,00	0,00	10,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Hava atmosferi	0,00	0,00	40,00	100,00	100,00	100,00	100,00

MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂

4.7. Duyusal Analiz

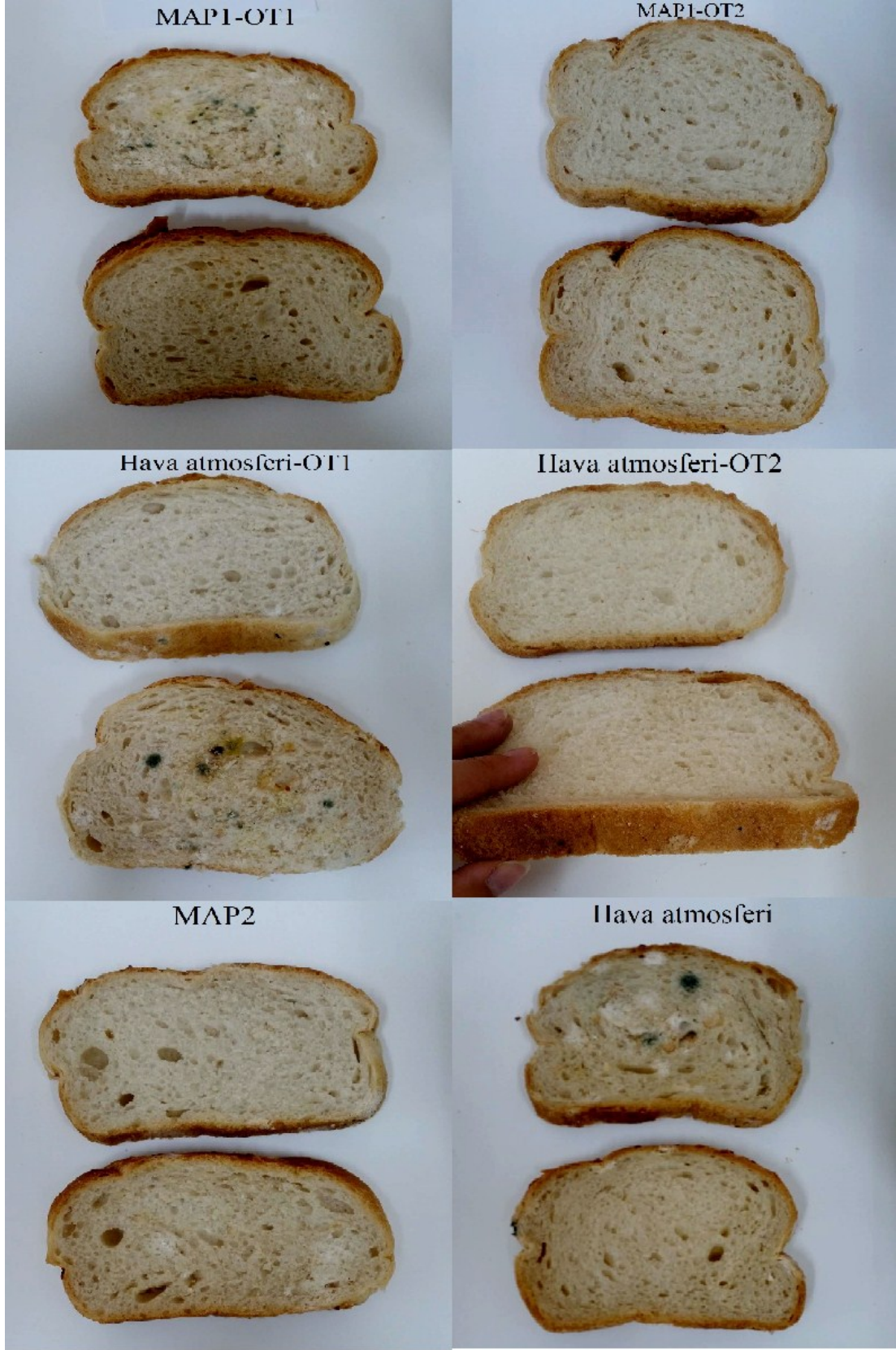
Ekmekte duyusal nitelikler olarak ekme kabuk ve iç rengi, koku, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik değerlendirilmiştir. Tablo 4.10.'da aktif ambalajlamanın ve MAP'ın depolama süresince duyusal özelliklere etkisi verilmiştir. Sonuçlara göre kabuk rengi ve iç renk değerleri depolama süresi ilerledikçe azalmıştır. 9. günde

kabuk rengi açısından %100 N₂ uygulanan yüksek ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplar ve hava atmosferi uygulanan ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup kabul edilebilirken, 12. günde sadece %100 azot uygulanan yüksek ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplar kabul edilebilir bulunmuştur.

Ekmek iç rengi değerleri, kabuk rengi değerlendirmesi ile benzer sonuçlar vermiştir. 12. günde sadece %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup kabul edilebilir bulunmuştur. %50 N₂:%50 CO₂ ile MAP yapılan grupta, hava atmosferi ile paketlenip düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta ve yalnızca hava atmosferi ile paketlenen kontrol grubunda kabul edilebilirlik 6 gün ile sınırlı kalmıştır.

Tablo 4.10.'da koku değerlerinde 12. günde sadece %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup kabul edilebilir sınır puanı olan 3 değerinde kalmıştır. 15. günde ise tüm gruplar koku değerlendirmesi açısından kabul edilebilirlik sınırının altında kalmıştır.

Tat değerlendirmesi açısından 12. günde yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren hava atmosferi ve %100 azot ile paketlenen gruplar kabul edilebilir bulunmuştur. Diğer gruplarda görülen küflenmeler sebebiyle tat değerlendirmeleri yapılamamıştır.



Şekil 4.8. Depolamanın 12. gününde tüm uygulamalara ait görüntüler

Tablo 4.10. Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince duyuusal özelliklere etkisi

Kabuk Rengi							
Depolama Süresi							
Uygulamalar	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Aab}	3,67±0,82 ^{Abc}	3,50±1,22 ^{ABbc}	3,00±0,63 ^{Ac}	2,00±0,63 ^{ABd}	1,00±0,00 ^{Ac}
MAP1-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,17±0,75 ^{Ab}	3,67±1,03 ^{Abc}	3,67±0,52 ^{Abc}	3,33±1,03 ^{Abc}	2,83±0,75 ^{Ac}	2,00±0,00 ^{Ad}
Hava atmosferi-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Aa}	2,83±0,75 ^{Ab}	2,33±1,03 ^{Bbc}	2,00±0,89 ^{BCcd}	1,33±0,52 ^{Bde}	1,00±0,00 ^{Ac}
Hava atmosferi-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,50±0,55 ^{Aa}	3,67±0,82 ^{Ab}	3,33±1,03 ^{ABbc}	2,83±0,75 ^{ABc}	2,83±0,41 ^{Ac}	2,00±0,00 ^{Ad}
MAP2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Aa}	3,50±0,55 ^{Ab}	2,67±1,21 ^{ABc}	2,00±0,63 ^{BCc}	1,83±0,98 ^{Bc}	1,00±0,00 ^{Ad}
Hava atmosferi	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Ab}	3,33±0,82 ^{Ac}	2,50±0,55 ^{ABd}	1,67±0,52 ^{Ce}	1,50±0,55 ^{Bef}	1,00±0,00 ^{Af}
İç Renk							
Depolama Süresi							
Uygulamalar	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,67±0,52 ^{Aab}	4,00±0,63 ^{Abc}	3,33±0,82 ^{Ac}	2,33±1,03 ^{BCd}	1,83±0,75 ^{Bd}	1,00±0,00 ^{Ac}
MAP1-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,67±0,52 ^{Aab}	4,00±0,89 ^{Abc}	3,17±0,41 ^{Ad}	3,33±1,03 ^{Ac}	2,83±0,75 ^{Ad}	1,00±0,00 ^{Ac}
Hava atmosferi-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,67±0,52 ^{Aa}	1,67±0,82 ^{Bb}	1,50±0,84 ^{Bb}	1,17±0,41 ^{Db}	1,50±0,55 ^{BCb}	1,00±0,00 ^{Ab}
Hava atmosferi-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,50±0,55 ^{Aab}	4,00±0,63 ^{Ab}	3,00±1,10 ^{Ac}	2,67±0,52 ^{ABc}	2,67±0,52 ^{Ac}	1,00±0,00 ^{Ad}
MAP2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Aab}	3,83±0,75 ^{Ab}	2,00±0,89 ^{Bc}	1,50±0,84 ^{CDcd}	1,67±0,52 ^{BCcd}	1,00±0,00 ^{Ad}
Hava atmosferi	5,00±0,00 ^{Aa}	4,67±0,52 ^{Aa}	3,33±0,82 ^{Ab}	1,67±0,52 ^{Bc}	2,00±0,63 ^{BCDc}	1,00±0,00 ^{Cd}	1,00±0,00 ^{Ad}

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+ % 79 N₂

Tablo 4.10. (Devam) Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince duyuşal özelliklere etkisi

Koku							
Depolama Süresi							
Uygulamalar	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,67±0,52 ^{Aa}	3,83±0,98 ^{Ab}	3,17±0,75 ^{ABb}	2,17±0,75 ^{BCc}	1,83±0,98 ^{BCc}	1,00±0,00 ^{Ad}
MAP1-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,67±0,52 ^{Aab}	4,00±0,89 ^{Abc}	3,33±0,52 ^{Acđ}	3,00±0,63 ^{Adc}	2,50±0,84 ^{Abc}	3,00±0,00 ^{Adc}
Hava atmosferi-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,50±0,55 ^{Aa}	2,17±0,75 ^{Bb}	1,50±0,84 ^{Cc}	1,00±0,00 ^{Dc}	1,00±0,00 ^{Dc}	1,00±0,00 ^{Ac}
Hava atmosferi-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Aab}	3,83±0,75 ^{Ab}	3,00±1,10 ^{ABc}	2,83±0,75 ^{ABc}	2,67±0,52 ^{Acđ}	2,00±0,00 ^{Ad}
MAP2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,50±0,55 ^{Aa}	3,50±1,05 ^{Ab}	2,17±0,75 ^{BCc}	1,67±0,82 ^{CDcd}	1,50±0,55 ^{CDcd}	1,00±0,00 ^{Ad}
Hava atmosferi	5,00±0,00 ^{Aa}	4,50±0,55 ^{Aa}	3,17±0,75 ^{ABb}	1,50±0,84 ^{Cc}	1,33±0,52 ^{Dc}	1,17±0,41 ^{CDc}	1,00±0,00 ^{Ac}
Tat							
Depolama Süresi							
Uygulamalar	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Aa}	3,50±0,84 ^{Ab}	2,80±1,37 ^{ABc}	-	-	-
MAP1-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Aa}	3,17±1,17 ^{Ab}	2,83±0,75 ^{Abc}	3,00±1,38 ^{Abc}	2,17±0,41 ^{Ac}	-
Hava atmosferi-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Ab}	-	-	-	-	-
Hava atmosferi-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,00±0,63 ^{Ab}	3,33±0,82 ^{Abc}	2,67±1,03 ^{ABcd}	3,00±0,63 ^{Acđ}	2,33±0,52 ^{Ad}	-
MAP2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,00±0,00 ^{Ab}	3,20±1,75 ^{ABc}	2,00±1,21 ^{BCđ}	-	-	-
Hava atmosferi	5,00±0,00 ^{Aa}	3,83±0,41 ^{Ab}	-	-	-	-	-

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. (- : Küflenmeden dolayı tadım yapılamamıştır). MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂ + %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂ + % 79 N₂

Tablo 4.10. (Devam) Aktif ambalajlama ve MAP'ın depolama süresince duyuşal özelliklere etkisi

Tekstür							
Depolama Süresi							
Uygulamalar	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,17±0,41 ^{Ab}	3,50±0,84 ^{Abc}	3,17±0,75 ^{Ac}	2,00±0,63 ^{ABd}	1,83±0,75 ^{Ad}	1,00±0,00 ^{Ae}
MAP1-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,50±0,55 ^{Aa}	3,50±0,84 ^{Ab}	3,00±0,63 ^{Abc}	2,50±0,84 ^{Acđ}	2,00±0,63 ^{Ad}	2,00±0,00 ^{Ad}
Hava atmosferi-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,50±0,55 ^{Aa}	1,83±0,75 ^{Cbc}	2,33±0,82 ^{ABb}	1,67±0,52 ^{BCbcd}	1,33±0,52 ^{Acđ}	1,00±0,00 ^{Ad}
Hava atmosferi-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,17±0,41 ^{Ab}	3,33±0,82 ^{Ac}	2,67±0,82 ^{ABcd}	2,67±0,82 ^{Acđ}	2,00±0,63 ^{Ad}	2,00±0,00 ^{Ad}
MAP2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,33±0,52 ^{Ab}	3,17±1,17 ^{ABb}	1,83±0,75 ^{Bc}	1,17±0,41 ^{Ccd}	1,50±0,55 ^{Acđ}	1,00±0,00 ^{Ad}
Hava atmosferi	5,00±0,00 ^{Aa}	4,17±0,41 ^{Ab}	2,17±0,75 ^{BCc}	2,00±0,63 ^{Bcd}	1,67±0,52 ^{BCcd}	1,50±0,55 ^{Ade}	1,00±0,00 ^{Ae}
Genel Kabul Edilebilirlik							
Depolama Süresi							
Uygulamalar	0.gün	3.gün	6.gün	9.gün	12.gün	15.gün	18.gün
MAP1-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,00±0,00 ^{Ab}	3,33±0,52 ^{Abc}	3,00±0,89 ^{Ac}	1,83±0,75 ^{Bđ}	1,33±0,82 ^{Bde}	1,00±0,00 ^{Ae}
MAP1-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,17±0,41 ^{Ab}	3,33±1,03 ^{Ac}	3,17±0,41 ^{Ac}	3,17±1,33 ^{Ac}	2,17±0,41 ^{Ad}	1,00±0,00 ^{Ae}
Hava atmosferi-OT1	5,00±0,00 ^{Aa}	4,17±0,41 ^{Ab}	1,00±0,00 ^{Cc}	1,33±0,82 ^{Bc}	1,00±0,00 ^{Bc}	1,00±0,00 ^{Bc}	1,00±0,00 ^{Ac}
Hava atmosferi-OT2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,00±0,00 ^{Ab}	3,50±0,84 ^{Abc}	2,83±0,98 ^{Acđ}	3,00±0,63 ^{Acđ}	2,33±0,52 ^{Ad}	1,00±0,00 ^{Ae}
MAP2	5,00±0,00 ^{Aa}	4,00±0,00 ^{Ab}	3,13±1,03 ^{Ac}	1,83±0,75 ^{Bđ}	1,17±0,41 ^{Be}	1,17±0,41 ^{Be}	1,00±0,00 ^{Ae}
Hava atmosferi	5,00±0,00 ^{Aa}	4,00±0,00 ^{Ab}	2,17±0,75 ^{Bc}	1,33±0,52 ^{Bđ}	1,17±0,41 ^{Bđ}	1,00±0,00 ^{Bđ}	1,00±0,00 ^{Ad}

Aynı sütunda benzer büyük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Aynı satırdaki benzer küçük harflerin bulunduğu ortalama değerler ($P>0.05$) istatistiksel olarak anlamlı değildir. MAP1-OT1: %100 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, MAP1-OT2: %100 N₂+Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT1: % 21 O₂+% 79 N₂+Düşük kapasiteli oksijen tutucu, Hava atmosferi-OT2: %21 O₂+% 79 N₂+ Yüksek kapasiteli oksijen tutucu, MAP2: %50 CO₂+ %50 N₂, Hava atmosferi (Kontrol): % 21 O₂+ % 79 N₂

Ekmeğin sertleşmesi ile bayatlamamanın duyuşal değerlendirilmesi arasında negatif bir korelasyon vardır ve ekmeğ sertliği duyuşal değerlendirme açısından çok önemli bir kriterdir (Xie ve ark., 2003). Tekstür değerlendirmesine bakıldığında 6. günde ve sonrasında hava atmosferi ile paketlenen düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grup ve kontrol gurubunda sertleşme gözlenmiş ve 3 puanın altında kalmıştır. 9. günde sadece %100 N₂ ile MAP yapılmış yüksek ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplar kabul edilebilir bulunmuştur. Daha sonraki günlerde tekstür değerlendirmesinde tüm gruplar kabul edilebilir sınırının altında kalmıştır.

Genel kabul edilebilirlik puanlarına bakıldığında 6. gün ve sonrasında hava atmosferi ile paketlenen düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grup ve kontrol grubu kabul edilebilirlik sınırının altına düşmüştür. Bu durum görünür mikrobiyel gelişimden kaynaklanmıştır. 12. günde sadece %100 N₂ ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup ve hava atmosferi ile paketlenip yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren grup kabul edilebilirlik sınırının üzerinde kalmıştır. 15. günde ise tüm gruplar duyuşal olarak kabul edilebilir bulunmamıştır.

BÖLÜM 5. SONUÇ

Dilimlenmiş ekşi maya ekmeğinin raf ömrünü uzatmaya ve genel kalite özelliklerini korumaya yönelik bu çalışmada farklı kombinasyonlarda MAP uygulamaları yapılmış ve aktif ambalajlama yöntemlerinden oksijen tutucular kullanılmıştır.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde ve özellikle de mikrobiyolojik ve duysal değerlendirmelerin önemi dikkate alındığında en etkili uygulamalar, yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren MAP (%100 N₂) ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren hava atmosferi olmuştur. Bu gruplarda yüksek kapasiteli oksijen tutucunun varlığı, oksijenin kısa sürede kritik seviyesinin altına inmesini sağlamıştır. Hava atmosferi ile ambalajlanan grupta oksijen tutucular sayesinde oksijen seviyesi 6. günde kritik seviyenin altına inmiş, %100 N₂ ile MAP yapılmış grupta oksijen seviyesi depolama boyunca kritik seviyenin altında kalmıştır.

%50 CO₂:%50 N₂ ile MAP yapılan grupta her ne kadar MAP yöntemi ile oksijen uzaklaştırılmış da olsa, ekmeğin gözenekli yapısından kaynaklanan artık oksijen kritik seviye olarak verilen %2'nin üzerine çıkmış ve aerobik mikroorganizmaların gelişimine neden olmuştur. Buradan yola çıkarak özellikle bol gözenekli yapıya sahip ekmek için tek başına oksijensiz MAP uygulamasının yeterli olmadığı vurgulanabilir. Bu grup 6. günde duysal açıdan kabul edilir bulunmasına rağmen, %10 oranında görünür mikroorganizma gelişiminden dolayı raf ömrü 3. günden sonra son bulmuştur.

MAP uygulanan (%100 N₂) ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta oksijen seviyesi 6. günde kritik seviyenin altına inmiştir ve 6. günden itibaren karbondioksit seviyesinde artış meydana gelmiştir. Bu grupta 9. günde görünür mikroorganizma gelişimine rastlanılmıştır. Artan karbondioksit miktarının sebebi, aerobik mikroorganizmaların gelişimi ile açıklanabilir. %100 N₂ ile MAP yapılan ve düşük

kapasiteli oksijen tutucu içeren bu grup, 9. günde duyuşal açıdan kabul edilir olsa da, görünür mikroorganizma gelişiminden dolayı raf ömrü 6 günle sınırlıdır.

%100 N₂ ile MAP uygulanmış ve yüksek kapasitede oksijen tutucu içeren uygulamada, oksijen tutucu sayesinde tüm analiz günlerinde oksijen seviyesi kritik sınırın altında kalmıştır. Bu grupta karbondioksit miktarındaki yükselme yalnızca 18. günde görülmüştür. Bu yükselme mikroorganizma gelişiminden kaynaklanmaktadır. Bu grupta ilk görünür mikroorganizma gelişimine 15. günde rastlanılmıştır. 15. günde %20 oranında görünür mikroorganizma gelişimi vardır. Daha öncesinde bu gelişime rastlanılmamıştır. %100 N₂ uygulanan ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren bu grupta, genel kabul edilebilirlik ve mikroorganizma gelişimi dikkate alındığında raf ömrü 12 gün olarak tavsiye edilmektedir.

Hava atmosferi ile paketlenen ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupta oksijen seviyesi 9. günde kritik seviyenin altına düşmüştür fakat bu düşüş yalnızca oksijen tutucudan kaynaklanmamaktadır. 6. günden itibaren artan karbondioksit miktarı ve görünür mikroorganizma gelişimi dikkate alındığında oksijen seviyesindeki düşüşe aerobik mikroorganizma gelişiminin neden olduğu söylenilebilir. Düşük kapasiteli oksijen tutucunun %21'lik oksijen seviyesini düşürmesi daha uzun sürede gerçekleşmiştir (9 gün) ve mikroorganizma gelişimini engellemede yetersiz kalmıştır. Duyusal değerlendirme ve görünür mikroorganizma gelişimine bakılarak hava atmosferinde paketlenen ve düşük kapasiteli oksijen tutucu içeren grupların raf ömrü 3 günle sınırlı kalmıştır.

Hava atmosferinde paketlenen ve yüksek kapasiteli oksijen tutucu içeren gruplarda oksijen seviyesi 6. günde kritik seviyenin altına inmiştir. Bu grupta görünür mikroorganizma gelişimine 12. günde rastlanılmıştır. Her ne kadar duyuşal değerlendirmede bu grup genel kabul edilebilirlik sınırının üzerinde bulunsada, %30 oranında gerçekleşen görünür mikroorganizma gelişiminden dolayı raf ömrü 9. günde son bulmuştur.

Tüm sonuçlar göz önünde bulundurularak genel bir değerlendirme yapıldığında, uygulanan yöntemler ile ekmeğin raf ömrünün 12 güne kadar uzatılabildiği görülmüştür. Ayrıca, yüksek kapasiteli bir oksijen tutucu hava atmosferi ile ambalajlanmış ekmekte oksijen seviyesini düşürerek aerobik mikroorganizmaların gelişimini geciktirebilmiştir. Bunun yanında gözle görünür mikroorganizma gelişimi dikkate alınarak, MAP (%100 N₂) yöntemi ile birlikte yüksek kapasitede oksijen tutucu kullanımının en etkili yöntem olduğu saptanmıştır.

MAP uygulaması ile birlikte ambalaj tepe boşluğu O₂ miktarına ve ekmek miktarına göre uygun kapasitede oksijen tutucu kullanılarak ekmek raf ömrü uzatılabilmektedir.

MAP teknolojisi ve oksijen tutucu kullanımının ekmeğin birim maliyetine etkisine bakıldığında; 1 adet ambalaj maliyeti yaklaşık 0,02 TL, 1 adet oksijen tutucu fiyatı yaklaşık 0,08 TL, MAP için kullanılan gaz maliyeti yaklaşık 0,002 TL'dir (MAP için gerekli olan makina ve teçhizat hariç). MAP teknolojisi ve oksijen tutucuların birlikte kullanımında 1 TL olan ekmek 1,102 TL olmaktadır. Bu teknoloji kullanımı ile maliyet %10,2 artmaktadır. Günümüzde her gün üretilen ekmeğin %4,99'unun israf edildiği göz önüne alındığında (TMO, 2013), 3 günlük raf ömrü uzatmayla bile harcanan maliyet karşılanabilecektir.

KAYNAKLAR

- AACC International, 1999. Approved Methods of Analysis, 11th Ed., Method 02-52.01. Hydrogen- ion activity (pH) - Electrometric method, The Association: St. Paul, MN.
- Abellana, M., Ramos, A.J., Sanchis, V., Nielsen, P.V. 2000. Effect of Modified Atmosphere Packaging and Water Activity on Growth of *Eurotium amstelodami*, *E. chevalieri* and *E.herbariorum* on a Sponge Cake Analogue. Journal of Applied Microbiology, 88, 606-616.
- Alamprese, C., Cappa C., Ratti, S., Signorelli, M., Fessas, D. 2017. Shelf Life Extension of Whole-Wheat Breadsticks: Formulation and Packaging Strategies. Food Chemistry, 230, 532–539.
- Alhendi, A., Choudhary, R. 2013. Current Practices in Bread Packaging and Possibility of Improving Bread Shelf Life by Nanotechnology. International Journal of Food Science and Nutrition Engineering, 3 (4), 55-60.
- Arndt, G. W. 2001. Examination of Flexible Package for Integrity: Chapter 22C. Jackson, G.J., Merker, R.I., Bander, R. (Eds.), Bacteriological analytical manual (8th edition.). AOAC International, Gaithersburg, MD, 16–17.
- Ayub, M., Wahab, S., Durrani, Y. 2003. Effect of Water Activity (Aw) Moisture Content and Total Microbial Count on the Overall Quality of Bread. International Journal of Agriculture and Biology, 5 (3), 274–278.
- Baik, M.Y., Chinachoti, P. 2000. Moisture Redistribution and Phase Transitions During Bread Staling. American Association of Cereal Chemists, 77 (4), 484–488.
- Biji, K.B., Ravishankar, C.N., Mohan, C.O. 2015. Smart Packaging Systems for Food Applications: A Review. Journal of Food Science and Technology, 52 (10), 6125–6135.
- Bircan, D., Güray, C.T., Bostan, K. 2017. Farklı Yöntemlerle Ekşitilmiş Hamurlardan Ekmek Yapımı Üzerine Çalışmalar. Aydın Gastronomy, 1 (1), 1-8.
- Certel, M., Erem, F., Konak, Ü.İ., Karakaş, B. 2009. Dondurulmuş Hamur İle Kısmi Olarak Pişirilip Dondurulmuş Hamurlardan Üretilen Beyaz Ekmeklerin Fiziksel, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (1), 91–102.

- Cortellino, G., Gobbi, S., Bianchi, G., Rizzolo, A. 2015. Modified Atmosphere Packaging For Shelf Life Extension Of Fresh-Cut Apples. *Trends in Food Science & Technology*, 46, 320-330.
- Çelik, E. 2008. Ekmek Yapımında Kullanılan Bazı Katkı Maddelerinin Ekmek Kalitesi ve Bayatlama Özellikleri Üzerine Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Değirmencioglu, N., Göçmen, D., İnkaya, A.N., Aydın, E., Guldaz, M., Gönenç, S. 2011. Influence of Modified Atmosphere Packaging and Potassium Sorbate on Microbiological Characteristics of Sliced Bread. *Journal of Food Science and Technology*, 48 (2), 236–241.
- Del Nobile, M.A., Martoriello, T., Cavella, S., Giudici, P., Masi, P. 2003. Shelf Life Extension of Durum Wheat Bread. *Ital. Journal of Food Science*, 15(3), 383–93.
- Dirim, S.N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp, H., Balkesen, N. 2014. Farklı Unların Ekmeğin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 12 (4), 27-35.
- Erdinç, B., Acar, J. 1996. Gıda Muhafazasında Modifiye Atmosfer Paketleme (MAP). *GIDA*, 21 (1), 17-21.
- Erkan, N., Metin, S., Varlık, C., Baygar, T., Özden, Ö. 2000. Modifiye Atmosferle Paketlemenin (MAP) Paneli Alabalık Marinatlarının Raf Ömrü Üzerine Etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24, 585-591.
- Ertop, M.H., Hayta M. 2016. Ekşi Hamur Fermantasyonunun Ekmeğin Biyoaktif Bileşenleri Ve Biyoyararlanımı Üzerindeki Etkileri. *GIDA*, 41 (2), 115-122.
- Ertugay, M.F. 2006. Ambalajlama İşleminin Ekmeğin Su Aktivitesi üzerine Etkisi. *GIDA*, 31 (1), 43-47.
- Eştürk, O., Ayhan, Z., Gökkurt, T. 2015. Minimal Processing and Modified Atmosphere Packaging of Carrot Discs: Effects of Packaging Film and Product Weight. *International Journal of Food Processing Technology*, 2, 31-38.
- Farber, J.M. 1991. Microbiological Aspects of Modified-Atmosphere Packaging Technology - A Review. *Journal of Food Protection*, 54 (1), 58-70.
- Fernandez, U., Vodovotz, Y., Courtney, P., Pascal, M.A. 2006. Extended Shelf Life of Soy Bread Using Modified Atmosphere Packaging. *Journal of Food Protection*, 69 (3), 693–698.
- Fik, M., Surowka, K., Maciejaszek, İ., Macura, M., Michalczyk, M. 2012. Quality and Shelf Life of Calcium-Enriched Wholemeal Bread Stored in a Modified Atmosphere. *Journal of Cereal Science*, 56, 418-424.
- Galic, K., Curic, D., Gabric, D. 2009. Shelf Life of Packaged Bakery Goods - A Review. *Food Science and Nutrition*, 49 (5), 405-426.

- Gerçekaslan, K.E. 2006. Trabzon Vakfıkebir Ekmeğinin Bayatlamasının Çeşitli Yöntemlerle Takibi ve Francala Ekmeği ile Mukayesesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Göncü, A., Özkal, S.G. 2017. Ekmeklerde Aktif Paketleme Uygulamaları. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi, 5 (11), 1264-1273.
- Gray, J.A., Bemiller, J.N. 2003. Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 1–21.
- Gutierrez, L., Batlle, R., Andujar, S., Sanchez, C., Nerin, C. 2011. Evaluation of Antimicrobial Active Packaging to Increase Shelf Life of Gluten-Free Sliced Bread. *Packaging Technology and Science*, 24, 485–494.
- Gutierrez, L., Sanchez, C., Batlle, R., Nerin, C. 2009. New Antimicrobial Active Package For Bakery Products. *Trends in Food Science & Technology*, 20, 92-99.
- Guynot, M.E., Marin, S., Sanchis, V., Ramos, A.J. 2003a. Modified Atmosphere Packaging for Prevention of Mold Spoilage of Bakery Products with Different pH and Water Activity Levels. *Journal of Food Protection*, 66 (10), 1864–1872.
- Guynot, M.E., Sanchis, V., Ramos, A.J., Marin, S. 2003b. Mold-free Shelf-life Extension of Bakery Products by Active Packaging. *Journal of Food Science*, 68 (8), 2547-2552.
- Hasan, S., Al Naje, S., Abosalloum, S. 2014. Shelf Life Extension Of Pita Bread By Modified Atmosphere Packaging. *Journal of Dairy Science*, 5 (2), 55 - 62.
- Hematian Sourki, A., Tabatabaei Yazdi, F., Ghiafeh Davoodi, M., Mortazavi, S.A., Karimi, M., Razavizadegan Jahromi, S.H., Pourfarzad, A. 2010. Staling and Quality of Iranian Flat Bread Stored at Modified Atmosphere in Different Packaging. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 69, 390-395.
- Hempel, A.W., Papkovsky, D.B., Kerry, J.P. 2013. Use of Optical Oxygen Sensors in Non-Destructively Determining the Levels of Oxygen Present in Combined Vacuum and Modified Atmosphere Packaged Pre-Cooked Convenience-Style Foods and the Use of Ethanol Emitters to Extend Product Shelf-Life. *Foods*, 2, 507-520.
- Kai, T. 2011. Bread Staling. *Seinan Jo Gakuin Üniversitesi, Beslenme Bilimleri Bölümü*, 15, 85-96.
- Karagöz, Ş., Demirdöven, A. 2017. Gıda Ambalajlamada Güncel Uygulamalar: Modifiye Atmosfer, Aktif, Akıllı ve Nanoteknolojik Ambalajlama Uygulamaları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD)*, 6 (14), 09-21.

- Khoshakhlagh, K., Hamdami, N., Shahedi, M., Le-Bail, A. 2014. Quality and Microbial Characteristics of Part-Baked Sangak Bread Packaged in Modified Atmosphere During Storage. *Journal of Cereal Science*, 60, 42-47.
- Kotancılar, H.G., Gerçekaslan, K.E., Karaoğlu, M. M. 2009. Crumb Pasting and Staling Properties of White and Traditional Vakfikebir Breads. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 435-443.
- Kotancılar, H.G., Karaoğlu, M.M., Gerçekaslan, K.E. 2006. Ekşi Hamur Katkısının Beyaz Tava Ekmeğinin Bayatlaması Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniviversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 103-110.
- Kotsianis, I.S., Giannou, V., Tzia, C. 2002. Production and Packaging of Bakery Products Using MAP Technology. *Trends in Food Science & Technology* 13, 319–324.
- Kwasniewska-Karolak, I., Rosicka-Kaczmarek, J., Krala, L. 2014. Factors Influencing Quality and Shelf Life of Baking Products. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 18 (1), 1-7.
- Latou, E., Mexis, S.F., Badeka, A.V., Kontaminas, M.G. 2010. Shelf Life Extension of Sliced Wheat Bread Using Either an Ethanol Emitter or an Ethanol Emitter Combined With an Oxygen Absorber as Alternatives to Chemical Preservatives. *Journal of Cereal Science*, 52, 457-465.
- Leuschner, R.G.K., O’Callaghan, M.J.A., Arendt, E.K. 1999. Moisture Distribution and Microbial Quality of Part Baked Breads as Related to Storage and Rebaking Conditions. *Journal of Food Science*, 64 (3), 543-546.
- Licciardello, F., Cipri, L., Muratore, G. 2014. Influence of Packaging on the Quality Maintenance of Industrial Bread by Comparative Shelf Life Testing. *Food Packaging and Shelf Life*, 1, 19-24.
- Licciardello, F., Giannone, V., Del-Nobile, M.A., Muratore, G., Summo, C., Giarnetti, M., Caponio, F., Paradiso, V.M., Pasqualone, A. 2017. Shelf Life Assessment of Industrial Durum Wheat Bread as a Function of Packaging System. *Food Chemistry*, 224, 181–190.
- Majzoobi, M., Farahnaky. A., Agah, S. 2011. Properties and Shelf-life of Part-and Full-baked Flat Bread (Barbari) at Ambient and Frozen Storage. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 1077-1090.
- Muizniece- Brasava, S.M., Dukalska, L., Murniece, I., Bicka, I.D., Kozlinskis, E., Sarvi, S., Santars, R., Silvjane, A. 2012. Active Packaging Influence on Shelf Life Extension of Sliced Wheat Bread. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 67, 1128–1134.
- Narasimha Rao, D., Sachindra, N.M. 2002. Modified Atmosphere and Vacuum Packaging of Meat and Poultry Products. *Food Reviews International*, 18 (4), 263–293.

- Nielsen, P.V. 2004. Packaging, Quality Control, and Sanitation of Bakery Products. Hui, Y. H., Meunier-Goddik, L., Josephsen, J., Nip, W. K., Stanfield, P. S. (Eds.). Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology. New York, USA, 783-798.
- Nielsen, P.V., Rios, R. 2000. Inhibition of Fungal Growth on Bread by Volatile Components from Spices and Herbs, and the Possible Application in Active Packaging, with Special Emphasis on Mustard Essential Oil. *International Journal of Food Microbiology*, 60, 219–229.
- Öz, S., Özdemir, M., Çevik, T. 2006. Oksijen Emici ve Farklı Ambalaj Malzemeleri Kullanımının Tost Ekmeği Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. Yedinci Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 5-8 Eylül, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Özdemir, M., Floros, J.D. 2004. Active Food Packaging Technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44 (3), 185-193.
- Piergiovanni, L., Fava, P. 1997. Minimizing the Residual Oxygen in Modified Atmosphere Packaging of Bakery Products. *Food Additives and Contaminants*, 14 (6-7), 765-773.
- Power, E.M., Berkowitz, D. 1990. Efficacy of an Oxygen Scavenger to Modify the Atmosphere and Prevent Mold Growth on Meal, Ready-to-Eat Pouched Bread. *Journal of Food Protection*, 53 (9), 767-771.
- Prasad, P., Kochhar, A. 2014. Active Packaging in Food Industry: A Review. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 8, 01-07.
- Rasmussen, P. H., Hansen, A. 2001. Staling of wheat bread stored in modified atmosphere. *LWT-Food Science and Technology*, 34(7), 487-491.
- Rodriguez, M., Medina, L.M, Jordano, R. 2000. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Shelf Life of Sliced Wheat Flour Bread. *Nahrung*, 44, 247–252.
- Ronda, F., Caballero, P.A., Quilez J., Roos, Y.H. 2011. Staling of Frozen Partly and Fully Baked Breads. Study of the Combined Effect of Amylopectin Recrystallization and Water Content on Bread Firmness. *Journal of Cereal Science*, 53, 97-103.
- Salminen, A., Kala, K.L., Randell, K., Hurme, E., Linko, P., Ahvenainen, R. 1996. The Effect of Ethanol and Oxygen Absorption on the Shelf-Life of Packed Sliced Rye Bread. *Packaging Technology and Science*, 9, 29-42.
- Sandhya. 2010. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 381–392.
- Saranraj, P., Geetha, M. 2012. Microbial Spoilage of Bakery Products and Its Control by Preservatives. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 3 (1), 38-48.

- Singh, P., Abas Wani, A., Saengerlaub, S. 2011. Active Packaging of Food Products: Recent Trends. *Nutrition & Food Science*, 41 (4), 249-260.
- Sivertsvik, M., Rosnes, J.T., Bergslien, H. 2000. Modified Atmosphere Packaging. Ohlsson, T., & Bengtsson, N. (Eds.), *Minimal Processing Technologies in the Food Industries*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 61-86.
- Smith, J.P., Daifas, D.P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., El-Khoury, A. 2004. Shelf Life and Safety Concerns of Bakery Products—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 19–55.
- Soltani, M., Alimardani, R., Mobli, H., Mohtasebi, S.S. 2015. Modified Atmosphere Packaging: A Progressive Technology for Shelf-Life Extension of Fruits and Vegetables. *Journal of Applied Packaging Research*, 7 (3), 33-59.
- Stoops, J., Van Campenhout, L. 2012. Effect Of MAP, Ethanol, and the Combination of MAP and Ethanol on the Shelf Life of Sliced Bread. *Proceedings of the Seventeenth Conference on Food Microbiology, Brussels*.
- Suhr, K.I., Nielsen, P.V. 2013. Antifungal Activity of Essential Oils Evaluated by Two Different Application Techniques Against Rye Bread Spoilage Fungi. *Journal of Applied Microbiology*, 94 (4), 665-674.
- Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO). 2013. Ekmek Tüketimiyle İlgili Tutum ve Davranışlar ile Ekmek İsrafı ve İsfaf Üzerinde Etkili Olan Faktörler Araştırması, Türkiye’de Ekmek İsrafı Araştırması. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest., M., De Kruijf, N., Debevere, J. 1999. Developments in the Active Packaging of Foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10 (3), 77-86.
- Vlasek, V., Langova, J., Stencl, J. 2013. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Stability of three kinds of Bread. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 6, 1881–1887.
- Xie, F., Dowell, F.E., Sun, X.S. 2003. Comparison of Near-Infrared Reflectance Spectroscopy and Texture Analyzer for Measuring Wheat Bread Changes in Storage. *Cereal Chemistry*, 80 (1), 25–29.
- Yıldırım, S., Röcker, B., Pettersen, M.K., Nilsen-Nygaard, J., Ayhan, Z., Rutkaite, R., Radusin, T., Suminska, P., Marcos, B., Coma, V. 2018. Active Packaging Applications for Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17, 165-199.
- Yılmazaslan, B. 2008. Bazı Doğal Katkı Maddelerinin Ekmek Özellikleri Üzerine Etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.

Yiğit, A.H., Doğan, İ.S. 2010. Ağrı İlindeki Ekmek Fırınlarının Bazı Özelliklerinin Deđerlendirilmesi Üzerine Bir Anket Çalışması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 20 (2), 75-87.

ÖZGEÇMİŞ

Elif Postoğlu, 30.12.1991'de Kocaeli'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli'de tamamladı. 2009 yılında 24 Kasım Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında başladığı Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nü 2014 yılında tamamladı. 2015 yılında Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen yüksek lisans eğitimi devam etmektedir.