



Ekmeklerde Aktif Paketleme Uygulamaları

Ali Göncü¹, Sami Gökhan Özkal^{2*}

¹Adnan Menderes Üniversitesi, Çine Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, 09500 Aydın, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 20070 Denizli, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Derleme Makale

Geliş 27 Mart 2017
Kabul 04 Ekim 2017

Anahtar Kelimeler:

Ekmek
Paketleme
Aktif paketleme
Raf ömrü
Bayat ekmek

*Sorumlu Yazar:

E-mail: sgozkal@pau.edu.tr

ÖZET

Tüketicilerin tercihlerindeki değişikliklerle birlikte paketleme teknolojilerinde yenilikler ve gelişmeler meydana gelmiştir. Bu yeni gelişmelerin bir sonucu olarak sadece koruma fonksiyonuna sahip olan pasif paketleme tekniklerinin yerini gıda ürünlerinin muhafazasının yanında daha birçok fonksiyona sahip aktif ve akıllı paketleme teknolojileri almaya başlamıştır. Yenilikçi paketleme çeşitlerinden biri olan aktif paketlemenin kullanımı gıdaların raf ömrünü önemli oranlarda artırmaktadır. Ekmeklerin paketlemesinde de aktif paketleme uygulamaları kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada ekmekte kullanılan aktif paketleme uygulamaları özetlenmiştir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(11): 1264-1273, 2017

Applications of Active Packaging in Breads

ARTICLE INFO

Review Article

Received 27 March 2017
Accepted 04 October 2017

Keywords:

Bread
Packaging
Active packaging
Shelf life
Stale bread

*Corresponding Author:

E-mail: sgozkal@pau.edu.tr

ABSTRACT

Changes on consumer preferences lead to innovations and improvements in new packaging technologies. With these new developments passive packaging technologies aiming to protect food nowadays have left their place to active and intelligent packaging technologies that have other various functions beside protection of food. Active packaging is defined as an innovative packaging type and its usage increases the shelf life of food significantly. Applications of active packaging have begun to be used for packaging of breads. In this study active packaging applications in breads have been reviewed.

Giriş

Taze gıdalar; yaygın bir şekilde tüketilmekte ve uluslararası gıda piyasasının da en önemli parçasını oluşturmaktadır. Son on yıl boyunca sosyal ve bilimsel gelişmeler, tüketicilerin ihtiyaç ve taleplerindeki artışlar, gıdaların üretimi, taşınması ve satışı sırasındaki temel değişiklikler, gıdaların kalite ve güvenliğinin sağlanmasında yeni teknolojilere başvurulmasını gerektirmektedir (Singh ve ark., 2011). Minimal işlenmiş, kolay hazırlanabilen ve hazır tüketilebilen taze gıda ürünlerine talep ve gıda ticaretinin küreselleşmesi ile gıda maddelerinin dağıtım konuları gıdaların kalite ve güvenliği için mücadele etmeyi gerektirmektedir (Appendini ve ark., 2002).

Gıda paketleme sanayindeki yeni gelişmelerle birlikte paketleme materyali artık ürünü koruma fonksiyonunun yanında, tüketicide merak uyandırma ve bilgilendirme fonksiyonlarına da sahiptir. Bunun sonucu olarak sadece koruma fonksiyonuna sahip olan pasif paketleme tekniklerinin yerini gıda ürünlerinin muhafazasını, satılmasını, kalitesinin iyileştirilmesini ve çevreye olan atık değerlerini azaltan aktif ve akıllı paketleme teknolojileri almaya başlamıştır (Delikanlı ve Özcan, 2014). Ayrıca tüketici tercihlerindeki değişiklikler paketleme teknolojilerinde yeniliğe ve gelişime yol açmaktadır. Bunlardan biri de aktif paketlemedir (Kerry ve ark., 2006).

Aktif paketlemede, paketleme materyalinin içine veya yüzeyine veya paket tepe boşluğuna eklenen yan bileşenler paketleme sisteminin performansını artırmaktadır (Dobruca ve Cierpiszewski, 2014). Aktif paketleme ile gıdanın kalitesi korunurken paket, ürün ve çevre arasındaki etkileşimle gıdanın raf ömrünü uzatmak, güvenliğini artırmak veya duyu özelliklerini korumak amaçlanmaktadır (Labuza ve Breene, 1989; Suppakul ve ark., 2003; Kruijff ve ark., 2002; Suhr ve Nielsen, 2005).

Aktif paketleme, modifiye atmosfer paketleme (MAP) ve kimyasal koruyuculara alternatif olarak ilgi çeken bir yöntemdir. Bu uygulama özellikle taze ve raf ömrü uzatılmış gıdalar için önemli bir gelişme olarak dikkat çekmektedir (Labuza ve Breene, 1989). Aktif paketlemenin MAP'ye göre bir avantajı da gelişmiş paketleme makinelerine ve yüksek bariyerli paketleme materyallerine de ihtiyaç duyulmamasıdır (Gutiérrez ve ark., 2011). Ayrıca, MAP ile fırınlanmış ürünlerin paketlenmesinde oksijenin tamamen elimine edilmesi paketleme materyalinin gözenek yapısından dolayı güçtür. Çünkü oksijen paket içerisine girebilmektedir (Guynot ve ark., 2003).

Ayrıca antimikrobiyel paketleme, antioksidan ve aromaların kontrollü salımı, yenebilir film ve kaplamalar da aktif paketleme tanımı içerisinde yer almaktadır (Yılmaz ve Altay, 2014; Cerisuelo ve ark., 2013).

Şekil 1'de aktif paketleme sistemleri, kapsam ve uygulama matrisi verilmiştir. Aktif sistemler paketleme materyalinin dışına, farklı bölümlerinin arasına ve içine yerleştirilmektedir (Dainelli ve ark., 2008). Aktif paketleme sistemleri işlevlerine göre; tutucular, yayıcılar ve diğerleri olmak üzere 3 farklı kategoride incelenmektedir. Tutucular, oksijen, karbondioksit, etilen, nem ve aroma, koku ve ultraviyole (UV) ışık gibi

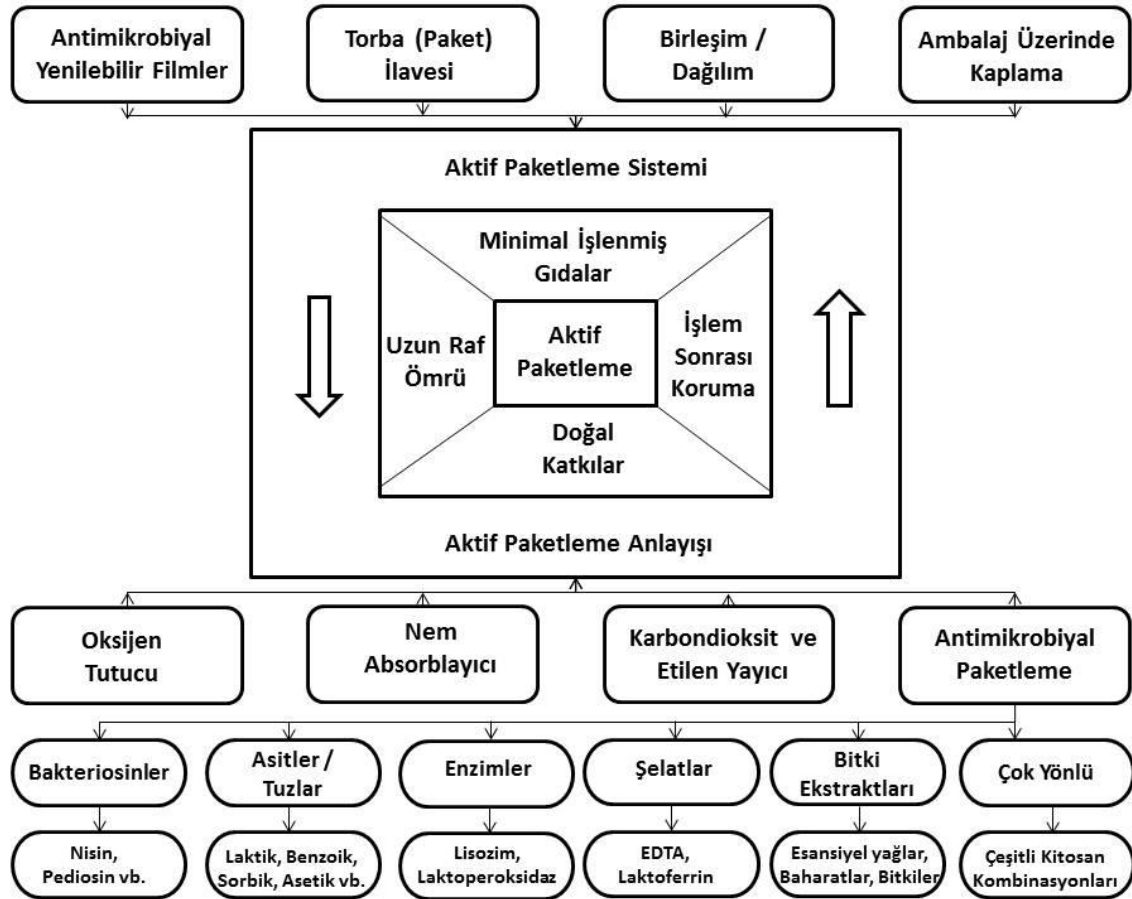
bozulma etmenlerine karşı kullanılan sistemler olup; yayıcılar ise karbondioksit, etanol, antioksidan ve antimikrobiyal yayıcı sistemlerden oluşmaktadır. Diğerleri ise; laktoz ve kolesterol giderici, sıcaklık kontrolü (yalıtım materyalleri, kendi kendine ısınan ve soğuyan malzemeler) ve kalite kontrol amaçlı olarak kullanılanlardır (Restuccia ve ark., 2010; Singh ve ark., 2011; Jideani ve Vogt, 2016). Ticari olarak kullanılan bazı aktif paketleme sistemleri Tablo 1'de verilmiştir.

Gıdalarda aktif paketleme iki temel amaç için kullanılmaktadır; birincisi raf ömrünü uzatmak, ikincisi ise gıdaların üretimini ve tüketimini kolaylaştırmaktır. Birinci grupta; paket içerisinde bozulma mekanizmasını kontrol edebilecek sistemler (oksijen tutucular, nem tutucular, antimikrobiyal ajanlar vb.) üzerinde çalışılmıştır. İkinci grupta ise işleme maliyetlerinin azaltılması veya ürünün geçmişinin ve kalitesinin kontrol edilmesi için paketin gıdanın özelliklerine göre eşleştirilmesini sağlayan sistemler mevcuttur (Singh, 2011).

Gıda sanayinde, oksijen tutucular et, balık ve kuru gıdalarda, karbondioksit tutucular et, balık ve yağlı tohumlarda, etilen tutucular meyve, sebze ve tahıl ürünlerinde, etanol tutucular ekmek, kek, bisküvi ve balıkta kullanılabilmektedir. Nem tutucular tahıl ve kurutulmuş gıdalarda, tat/koku tutucular meyve suları, balık, tahıl ve süt ürünlerinde, koruyucu madde salımı yapan sistemler ise et, balık, meyve ve sebze, tahıl ve peynir ürünlerinde kullanım alanına sahiptir (Vardın ve Gamalı, 2006). Bunların yanı sıra bazı bitki ve baharatlar da antimikrobiyal olarak kullanılmaktadır. Çünkü bu canlılar da kendilerini mikroorganizmalardan koruyabilmek adına doğal antimikrobiyal maddeleri bünyelerinde bulundurmaktadırlar. Bu maddeler genelde esansiyel yağlardır. Bunlardan bazıları karanfilden ojenol, kekikten ve keklük otundan timol, keklük otundan karvakrol, vanilyadan vanilin, sarımsaktan alisin, tarçından sinamik aldehit ve hardaldan allil izosiyonat olarak verilebilir. Bu antimikrobiyal ajanların paketleme materyallerinin içinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Jideani ve Vogt, 2016).

Ekmeğin Raf Ömrünü Etkileyen Faktörler

Gıda paketlemenin en önemli fonksiyonu ürünü mikrobiyal bozulmalardan, kimyasal kirleticilerden, nem ve oksijen gibi olumsuz çevre etkilerinden korumaktır. Mikroorganizmaların sebep olduğu bozulmalar ile kimyasal ve fiziksel değişiklikler ekmek bozulmalarının temel sebepleridir. Ekmek taze olarak tüketilen bir üründür ve ne yazık ki piştikten sonra sadece birkaç saat taze kalabilmektedir (Alhendi ve Choudhary, 2013). Ekmekler için küf sayısının büyüklüğü ile nem absorpsiyonu veya desorpsiyonu raf ömrünü ve kalite özelliklerini belirleyen temel kriterlerdir. Ekmeğin bayatlamasından sorumlu olan nişasta retrogradasyonunun temel nedeni de nem kaybı olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle ekmekler yüksek su bariyeri özelliğine sahip materyallerle paketlenmelidir (Petersen ve ark., 1999).



Şekil 1 Aktif gıda paketlenme sistemleri, kapsam ve uygulama matrisi (Imran ve ark., 2010).

Tablo 1 Ticari olarak uygulanabilen aktif paketlenme sistemleri*

Marka	Üretici	Prensip	Tip
Ageless	Mitsubishi Gas Chemical Co. Ltd., Japonya	Demir Bazlı	Oksijen Tutucu
Freshlizer	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

*Biji ve ark. (2015)

Ekmeğin Bayatlaması

Bayatlama ekmeğin mikrobiyolojik olmayan fiziksel ve kimyasal değişiklikler nedeniyle kabul edilebilirliğinin azalması olarak tanımlanmaktadır. Çok büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Ronda ve ark., 2011). Bu değişikliklerin temel kaynakları nem ve nişastadır. Önceleri ekmeğin bayatlamasının nedeni merkezden kabuğa nem transferi olarak açıklanmaktaydı. Günümüzde ise bu görüş değişmiştir. Ekmeğin en az %50'sini nişasta oluşturmaktadır. Nişastanın ekmeğin kalitesi üzerine çok büyük etkileri vardır. Nişastanın ekmeğin fırınlanmasında ve depolanmasında birkaç farklı forma dönüşmesine rağmen ekmeğin bayatlamasındaki temel sebep ekmeğin soğuduktan sonra nişastanın tekrar kristalleşmesi ve kümeleşmesidir. Ekmeğin bayatlaması üzerine etkisi olan diğer bir bileşenin de glüten olduğu iddia edilmesine karşın bu konuda tam bir fikir birliği sağlanamamıştır (Alhendi ve Choudhary, 2013).

Mikroorganizmalar

Mikrobiyal bulaşı kaynakları ekmeğe üretim öncesinde, üretim esnasında ve depolama sırasında kontamine olmaktadır (Değirmencioğlu ve ark., 2011). Ekmelerde bozulmaya sebep olan üç çeşit mikroorganizma grubu vardır ki bunların birincisi küfler olup ekmekteki bozulmaların temel sebebidirler. Küfler fırın ısısında inaktif olduklarından, pişirme işleminden sonraki dilimleme ve paketlenme gibi aşamalarda kontamine olmaktadır (Alhendi ve Choudhary, 2013). Küfler ekmelerde aroma kayıplarına, mikotoksin oluşumuna ve alerjik bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır (Değirmencioğlu ve ark., 2011). Buğday ekmelerinde *P. commune*, *P. solitum*, *P. Corylophilum* and ve *Aspergillus flavus* küfleri bozulmalara neden olurken, çave ark.ar ekmelerinde ise *P. roqueforti*, *P. corylophilum* ve *Eurotium* türleri bozulma etmeni olan türlerdir (Nielsen ve Rios, 2000). Bakteriler ikinci grubu oluşturmaktadır. Özellikle de rope probleminin nedeni

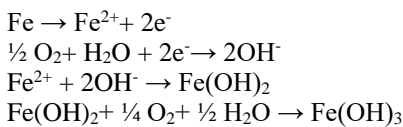
olan *Bacillus*'lar ekmeklerde bozulmalara neden olan bakterilerdir (Alhendi ve Choudhary, 2013). Üçüncü grup ise mayalardır. En yaygın bozulma etmeni maya ise *Endomyces fibuliger*'dir. Bu tür oksijen tutucu varlığında bile çalışmaktadır, karbondioksitçe yoğun ortamda gelişmesi tamamen olmasa da büyük oranda durdurulmaktadır. MAP'e alternatif olarak ve bu mikroorganizmaları tamamen elimine etmek için aktif paketleme kullanılabilir (Nielsen ve Rios, 2000). Günümüzdeki fırın ürünlerinde ki bozulmaların %60'ına *Penicillium spp* ve *Aspergillus niger* sebep olmaktadır (Gutiérrez ve ark., 2011).

Aktif Paketleme Sistemleri

Oksijen Tutucular

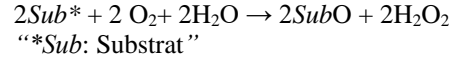
Gıda paketlerindeki yüksek oksijen seviyeleri mikrobiyal yükteki artışı, aroma kayıplarını, istenmeyen koku gelişimini, beslenme kayıplarını ve renk değişimlerini kolaylaştırmaktadır. Böylece gıdaların raf ömründe önemli azalmalar meydana gelmektedir. Gıda paketlerindeki oksijen seviyelerinin kontrol altına alınması bu bozulmaların önlenmesi için önemlidir. Oksijen yakalama sistemleri vakum ve gaz yıkama paketleme sistemlerine göre bir alternatiftir ve maliyeti daha düşüktür (Özdemir ve Floros, 2004). Tablo 2'de oksijen tutucu sistemler ve uygulama alanları özetlenmiştir. Demir tozu, askorbik asit, enzimler ve ışığa duyarlı boyalar kullanılarak paketleme sonrasında oksijen absorbe edilebilmekte ve %0.01'in altına indirilebilmektedir. Günümüzde en yaygın olarak demir temelli oksijen tutucular üzerinde çalışılmaktadır. Paket içerisindeki 1 gram demir tozu 300 cc O₂ ile reaksiyona girebilmektedir. Bu tür paketleme fırın ürünlerinde kullanılabilir (Vermeiren ve ark., 1999). Tipik oksijen yakalama sistemleri kimyasal olarak demir tozu oksidasyonu ya da enzim kullanarak oksijen yakalama temeline dayanmaktadır. Birinci durumda; küçük torbalarda tutulan demir, demir oksite oksitlenir. Torba materyalinin yüksek oranda oksijen ve bazı durumlarda da torbanın verimli olabilmesi için su buharı geçirgenliği yüksektir (Özdemir ve Floros, 2004). Bu torbalar makarna, kek, kurabiyeler, pizza hamuru ve ekmek gibi tahıl ürünlerinde kullanılabilir (Vermeiren ve ark., 1999). Bu demir temelli oksijen yakalama sistemleri düşük, orta ve yüksek nem ve yağ içerikli birçok gıdada etkilidir. Aynı zamanda soğutulmuş ve dondurulmuş gıdalar ile mikrodalgaya uygulanabilen gıdalarda bile çalışmaktadırlar (Özdemir ve Floros, 2004).

Demir tozunun oksijen yakalama reaksiyonu aşağıdaki gibidir (Charles ve ark., 2006);



Oksijen tutuculara bir diğer örnek olarak da enzimler verilebilir. Glukoz oksidaz gibi enzimler bazı substratlarla reaksiyona girerek O₂ miktarını azaltmaktadırlar (Vermeiren ve ark., 1999). Enzimatik oksijen yakalama sistemlerinde; enzimler oksijen yakalama substratı ile reaksiyona girerler. Bu sistemler oksijen yakalamak için

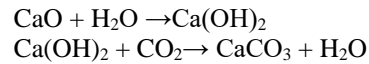
kullanılan enzimlerin maliyetinden dolayı demir temelli sistemlere göre oldukça pahalıdır (Özdemir ve Floros, 2004). Ayrıca enzimatik oksidasyon sistemleri sıcaklık, pH, su aktivitesi ve torbadaki çözücü/substrat dengesi gibi değişkenlere karşı çok hassastır. Bunun sonucunda bu enzim temelli sistemlerin kullanımı sınırlı olmaktadır (Özdemir ve Floros, 2004; Graf, 1994). Oksijen yakalama enzimi olarak ön plana çıkan glukoz oksidaz bir oksidoredüktazdır ve -CHOH glukoz grubundan 2 hidrojeni oksijenin hidrojenperoksit ve glukono-delta-lakton formuna transfer eder. Sonra lakton kendiğinden glukonik asit formuna dönmek için su ile reaksiyona girmektedir. Reaksiyon aşağıdaki gibidir (Labuza ve Breene, 1989):



Oksijen tutucu sistemler torba dışında paketleme filmi şeklinde de kullanılmaktadır. Çok tabakalı oksijen tutucu bir paketleme filminin yapısı Şekil 2'de verilmiştir. Bu sistemlerde oksijen absorplama yeteneğine sahip olan madde oksijen geçirgenliği yüksek bir tabaka içine gömülür (Özdemir ve Floros, 2004). Oksijen tutucuların kullanımı ekmeklerin raf ömrünü uzatmaktadır (Ahvenainen ve Hurme, 1997), yapılan bir çalışmada oksijen tutucuların ekmeğin raf ömrünü 42 güne kadar uzattığı belirtilmiştir (Salminen ve ark., 1996).

Karbondioksit Üretici ya da Tutucular

Karbondioksit (CO₂) bazı gıdalarda bozulma veya solunum reaksiyonları sonucu ortaya çıkmaktadır. Üretilen karbondioksit, gıdanın bozulmasını ve/veya paketin deforme olmasını önlemek için paketten uzaklaştırılmalıdır (Vermeiren ve ark., 1999). Karbondioksit tutucular bu nedenle yararlıdırlar (Labuza ve Breene, 1989). Eğer bu gaz uzaklaştırılmazsa pakette patlamalara neden olabilir. Aktif bileşen olan Ca(OH)₂ ya da CaO yüksek nemde yeterli kadar CO₂ ile reaksiyona girerek CaCO₃ üretmektedir. Su absorbe eden silikajel ve CaO içeren gözenekli bir torba CO₂ tutucu olarak kullanılmaktadır. Reaksiyon aşağıdaki gibidir (Vermeiren ve ark., 1999);



Bazı durumlarda yüksek karbondioksit seviyeleri (%10-80) istenmektedir. Bu sayede gıdanın yüzeyinde oluşan mikrobiyal gelişme önlenmekte ve gıdanın raf ömrü uzamaktadır. Oksijen tutucuların kullanımıyla paketten oksijen uzaklaşmakta ve kısmen vakum oluşmakta, bu da paketin çökmesiyle sonuçlanmaktadır. Ayrıca karbondioksit içeren bir gaz karışımıyla paket doldurulduğunda karbondioksit kısmen üründe çözünmekte ve yine vakum oluşmaktadır. Bu durumlarda kendiliğinden paketteki oksijenin tüketilmesi ve karbondioksitin ortaya çıkarılması istenmektedir. Böyle sistemler ya demir karbonat ya da askorbik asit ve sodyum bikarbonat karışımı esastır. Oksijen tutucular ya da karbondioksit üreticiler temelde gıda paketlerinde hacim artırmak ve cips gibi ürünlerde görünümü korumak amacıyla kullanılırlar (Vermeiren ve ark., 1999).

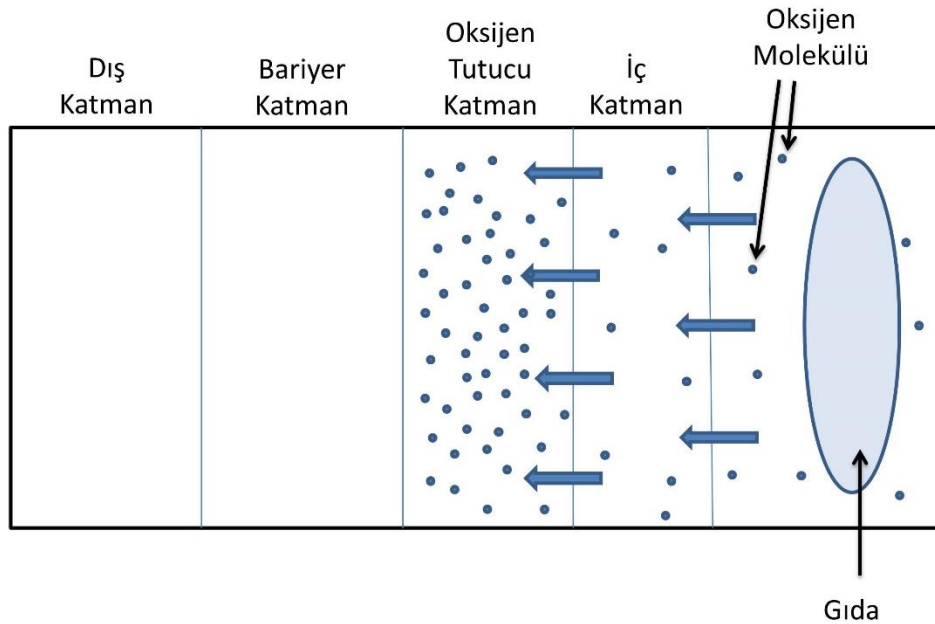
Tablo 2 Oksijen tutucu sistemler ve uygulama alanları (Singh vd, 2011).

Madde	Fonksiyon	Uygulama	Absorbsiyon Hızı (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	

Tablo 3 Aktif paketleme sistemlerine bazı tahıl ürünleri örnekleri

Aktif paketleme sistemi	Mekanizmalar	Tahıl ürünlerinde uygulamaları
Oksijen tutucular	Demir esaslı Metal/Asit Metal (Ör: platinyum) katalist Askorbat /Metalik tuzlar Enzim esaslı	Ekmek, kekler, pişirilmiş pirinç, bisküviler, pizza ve makarna
Karbondioksit tutucular/üreticiler	Demir oksit/Kalsiyum hidroksit Demir karbonat/Metal tuzu Kalisyum oksit/Aktif kömür Askorbat/Sodyum bikarbonat	Çerez gıdalar ve pandispanya
Koruyucu yayanlar	Organik asitler Gümüş zeolit Baharat ve bitki ekstraktları BHA/BHT antioksidantlar Uçucu Klorin dioksit/ Sülfür dioksit	Tahıllar, ekmek ve çerez gıdalar
Etanol üreticiler	Alkol sprey Enkapsüle etanol	Pizza, kek, ekmek, bisküvi ve fırın ürünleri
Nem tutucular	Aktif kil ve mineraller Silikajel	Çerez gıdalar ve tahıllar
Aroma/koku tutucular	Selüloz triasetat Asetillenmiş kağıt Sitrik asit Demir tuzu/askorbat Aktif karbon/kil/zeolit	Fırınlanmış çerez gıdalar ve tahıllar

*Dobrucka (2013)



Şekil 2 Çok katmanlı bir oksijen tutucu aktif filmin yapısı (Özdemir ve Floros, 2004).

Etanol Yayıcılar

Etanol yayıcılar unlu mamuller gibi orta nemli gıdalarda mikrobiyal bozulmaya karşı kullanılmaktadır (Suppakul ve ark., 2003). Bunlar küf gelişmesini yavaşlatarak fırınlanmış ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Dainelli ve ark., 2008). Bunun yanında ürünlerde bayatlama ve oksidatif değişiklikleri azaltmaktadır. Paketlemeden önce ürünlerin üzerine uygulanarak ekmeklerde raf ömrünü uzatmaktadır (Suppakul ve ark., 2003).

Etanol paketlenmiş ekmeklerde raf ömrünü artırmaktadır. Etanol buharı *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri ile çeşitli bozulma etmeni mayaların gelişimini önlemektedir. Etanol uygulaması iki farklı şekilde yapılmaktadır. Birinci yöntemde paket içerisine basit bir şekilde etanol enjekte edilmektedir. İkinci yöntemde ise içerisinde enkapsüle etanol bulunan ve etanol buharı serbest kalabilen paketler kullanılmaktadır. Etanol buharlaşarak paketin tepe boşluğunda sürekli bir koruyucu etki oluşturmaktadır. Bunların dışında çok özel üretim fırınlanmış ürünlerde viski ve brendi gibi alkollü içecekler kullanılmaktadır. Bunlar ürünü mantarlardan korumanın yanında iyi bir aroma da sağlamaktadırlar (Hempel ve ark., 2013).

Etilen Tutucular

Etilen (C₂H₄); taze meyve ve sebzeler üzerine farklı fizyolojik etkileri olan bir bitki hormonu gibi davranmaktadır; solunumu hızlandırarak olgunlaşma sağlar ve bazı meyve çeşitlerinde de yumuşamaya neden olur, ayrıca yeşil sebzelerin sararmasına yol açmaktadır. Etilen tutucular, etilenin ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayarak, meyve ve sebzelerin kalitelerini ve raf ömürlerini uzun süre korumasını ve kabul edilebilir görsel ve organoleptik özelliklerini uzun süre muhafaza etmelerini sağlarlar. Bu amaçla potasyum permanganat (KMnO₄) kullanılmaktadır (Vermeiren ve ark., 1999; Vardın ve Gamalı, 2006). Potasyum permanganat etileni CO₂ ve H₂O oksitlemektedir. Bunun haricinde zeolit, silikajel ve aktif karbon gibi mineraller oksidasyon ajanları olarak ya tek başlarına ya da birbirleriyle kombine edilerek kullanılarak etilen absorpsiyonunu sağlarlar (Pereira ve ark., 2012).

Nem Tutucular

Üründeki nem belli bir miktarda olmak zorundadır. Eğer fazla miktarda nem varsa ürün hem yumuşak olacak hem de mikrobiyal gelişmelere açık olacaktır. Buna karşın nem miktarı az ise üründe kuruma meydana gelerek kalite düşecektir (Alhendi ve Choudhary, 2013). En temel bozulma nedeni nemin varlığıdır. Nemin düşürülmesi ile daha düşük su aktivitesi sayesinde mikrobiyal gelişmeler önlenmektedir (Biji ve ark., 2015; Vardın ve Gamalı, 2006). Yüksek nem miktarı mikrobiyal gelişmenin yanında özellikle de kekler ve kuru çerez gıdalarda yumuşamaya neden olmaktadır. Bu amaçla nem absorbe eden petler, tabakalar ve engelleyiciler kullanılmaktadır (Biji ve ark., 2015). Un için kritik nem düzeyi %14 (Elgün ve ark., 2002) iken ekmek için bu değer %38'dir (Anonim, 2012). Ticari nem tutucular iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Birincisi, nem absorplayan maddeler (pedler, tabakalar) genellikle iki veya daha fazla mikroporoz polimerik materyal içeren katmandan oluşan

higroskopik ajanlardır. İkincisi, dehidrasyon ajanları içeren nem düzenleyici paket ve çantalarıdır (Pereira ve ark., 2012). Aktif kil ve silikajel yaygın olarak kullanılan nem tutuculardandır (Dobrucka, 2013).

Antimikrobiyal Ajanlar

Doğal antimikrobiyal ajanlar içeren antimikrobiyal paketleme materyallerinin gelişimine olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Sentetik mikrobiyal ajanların kullanımını gibi sağlıklı ilişkili konular hakkında tüketici endişeleri bu konuya ilgi çekilmesine neden olmuştur. Sentetik antimikrobiyaller gıdalara doğrudan eklenerek verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak tüketiciler sentetik maddeler olmadan gıdaların daha uzun raf ömrüne sahip olmasını beklemektedir. Bunun neticesinde aktif paketleme için antimikrobiyal ajanlar kullanılmaktadır. Bu antimikrobiyal paketler gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini önlemektedirler (Nielsen ve Rios, 2000; Irkin ve Esmer, 2015). Çoğu gıdalar için antimikrobiyal paketleme soğutma sistemlerinden daha fazla gıda güvenliği sağlamaktadır. Ayrıca antimikrobiyal ajanların çoğu biyobozundur ve çevrede kolayca yok olabilmektedir (Irkin ve Esmer, 2015). Ekmeklerin tek ya da farklı maddelerle birleştirilerek muhafazası sağlanabilmektedir. Bunlardan biri olan sorbatlar ekmeklerin muhafazasında kullanılabilirler. Ancak maya gelişimini olumsuz etkilediklerinden pişirme sonrasında ekmeğe püskürtülerek kullanılabilirler (Jideani ve Gogt, 2016).

Antimikrobiyal paketleme sistemleri; paketleme filmlerinin içerisine doğrudan antimikrobiyal ajanların yedirilmesiyle, bu antimikrobiyal ajanlarla paketleme filmlerinin kaplanmasıyla ve polimerlerden geliştirilen paketleme materyallerinden elde edilebilmektedir. Antimikrobiyal ajanlar 2 farklı yöntemle etki etmektedir. Birincisi migrasyonla gıdaya nüfus ederek ve ikincisi ise migrasyon olmadan gıdanın yüzeyinde oluşabilecek mikrobiyal gelişmeleri önleyerek gerçekleşmektedir (Irkin ve Esmer, 2015). Gıda paketlemede antimikrobiyal ajan olarak alkol, bakteriyosin, antimikrobiyal peptit ve metaller (gümüş, bakır) kullanılabilirler (Suppakul ve ark., 2003). Kitosanla birleştirilmiş filmlerin dilimli ekmeklerde kullanılmasıyla antifungal etki elde edilmiştir (Irkin ve Esmer, 2015). Yapılan bir çalışmada allil izosiyanat (AITC) da dahil olmak üzere uçucu yağların antimikrobiyal etkileri çavdar ekmeğinde araştırılmıştır. Bu maddelerin küçük miktarlarda kullanıldığında bile fungal bozulmalara karşı çok verimli oldukları tespit edilmiştir (Suhr ve Nielsen, 2003).

Antioksidan Ajanlar

Fırınlama endüstrisinde diğer bir problem de oksidasyondur. Çünkü oksidasyonla üründe koku kaybı, aroma kaybı, renk değişimleri ve besinsel kayıplar meydana gelmektedir. Bu kayıpların tamamı fırın ürünlerinin raf ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Geleneksel olarak ürünlere antioksidan ilave edilerek bu sorunlar çözülmektedir. Ancak sentetik olan antioksidanlar insan sağlığına zararlıdır. Bunun yerine çelat aktivitesine sahip karboksilik asit ilave edilerek oksidasyon reaksiyonları azaltılarak ürünün raf ömrü artırılabilir (Tian ve ark., 2012).

Antioksidanlar; temelde kurutulmuş ve oksijene hassas gıdalarda uzun raf ömrü ve lipidlerin oksidasyon stabilitesini geliştirebilmek için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Antioksidanlar aynı zamanda filmleri bozulmadan korumak amacıyla polimer stabilizasyonu için plastik filmlerin içine de dahil edilmektedirler (Vermeiren ve ark., 1999). ABD tahıl endüstrisinde mumlu kağıtlar bazen antioksidan yayıcı olarak kullanılmaktadır (Labuza ve Breene, 1989). Yulaf ezmesi tahıllarında; yüksek oranda (%0,32) Bütillenmiş hidroksi tolüen (BHT) emdirilmiş yüksek yoğunluklu polietilenin (HDPE), düşük oranda (%0,022) BHT emdirilmiş HDPE ile karşılaştırıldığında daha yüksek raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. Altı hafta sonra HDPE’de hiç BHT kalmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca Yüksek oranda BHT emdirilen paketlemede daha az oksidasyon tespit edilmiştir. BHT’nin büyük miktarı migrasyonla dışarı geçerek kaybolmuştur. Son zamanlarda E ve C vitaminleri antioksidatif etkilerinden dolayı önerilmektedirler (Wessling ve ark., 1998).

Diğer Aktif Paketleme Sistemleri

Kendi kendine ısınan hazır yemek paketleme sistemleri geleceğin önemli uygulaması olacaktır. Dışarıdan ısı kaynağı veya güç olmadan kendi kendine ısınabilmektedirler. Kendi kendine havalanabilen paketler ise paketteki buhar ve basıncı kontrol etmektedirler. Mikrodalga uygulanabilen maddelerin kullanımı ile mikrodalga olabilen aktif paketleme sistemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla polyster film gibi substratlara katman olarak alüminyum ve paslanmaz çelik materyaller eklenecek kullanılmaktadırlar (Biji ve ark., 2015).

Kimyasal koruyuculardan başka ultraviyole ışık ve aseptik paketleme de ekmeklerde mikrobiyal gelişmeyi önlemek amacıyla önerilmektedir (Vardın ve Gamlı, 2006). Seçilmiş bazı aktif paketleme sistemleri ve bunların tahıl ürünlerinde uygulamaları Tablo 3’te verilmiştir.

Ekmekler İçin Aktif Paketleme Uygulamaları

Dilimlenmiş buğday ekmeğinin raf ömrünü uzatmak üzerine aktif paketlemenin etkisinin araştırıldığı çalışmada Polimer Multibariyer 60, polipropilen (PP) ve orientpolipropilen (OPP) paketler kullanılmıştır. Demir esaslı oksijen tutucu, paketleme materyali ile beraber kullanılarak buğday ekmeğinin raf ömrü boyunca kalitesi ölçülmüştür. Örnekler oda sıcaklığında hermetik olarak paketlenerek depolanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en iyi sonuç Multibariyer 60 ile alınmıştır. Oksijen tutucu ile birlikte kullanıldığında ekmekler uzun süre kalitesini korumuştur. OPP ve PP paketleme malzemeleri ise kısa dönem (en fazla 7. gün) depolama için kullanılabilirliği bildirilmiştir (Muizniece-Brasava ve ark., 2012).

Rhizopus stolonifer (siyah ekmeğin küfü) kaynaklı gıda bozulmalarına karşı tarçın temelli yeni kâğıt aktif paketlemenin araştırıldığı çalışmada, tarçın esansiyel yağı ve katı wax parafin birleştirilerek yeni aktif kâğıt paketleme materyali geliştirilerek dilimlenmiş ekmeğin üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu hazırlanan aktif kâğıdın *Rhizopus stolonifer*’e karşı antifungal etkileri test edilmiş ve depolamanın 3. gününde %6 (w/w) esansiyel yağ ile birleştirilen paketlemede tamamen çoğalma durdurulabilirken, %4 oranında birleştirilen paketlemede

güçlü bir antimikrobiyal etkinin devam ettiği belirtilmiştir (Rodriguez ve ark., 2008).

Dilimlenmiş tam çavdar ekmeğinin paketli raf ömrü üzerine etanol yayıcı ve oksijen absorpsiyonunun etkisinin çalışıldığı araştırmada, %1 (v/v) oranında etanol içeren gazlar (hava veya nitrojen) ve oksijen absorblayıcının tam çavdar ekmeğinin 20°C’de 6 hafta depolanmasının üzerine etkisi incelenmiştir. Ekmek dilimleri (215 g) tepe boşluğu 240 ml olan 500 ml hacimli plastik (HDPE) kaplarla paketlenmiştir. Büyük boyutlu (0,4 ve 0,6 g) etanol yayıcılar çave ark.ar ekmeklerinin raf ömrünü 8-12 günden 26-27 güne çıkarmışlardır. Benzer şekilde oksijen tutucular 42 günlük depolama sonucunda aynı sonucu vermişlerdir. Küçük boyutlu (0,2 g ve aşağısı) etanol yayıcılar ve %1 (v/v) etanol içeren gazlar raf ömrü üzerine etkili olmamıştır. Etanol ve oksijen tutucuların depolama boyunca nem ve tekstür üzerine bir etkisi olmamıştır. Örneklerin depolama süresince duyu kalitesinde bir değişiklik olmamıştır (Salminen ve ark., 1996).

Koruyucu kullanılmadan üretilen tamamı şekerle kaplı çerezler ve kuru üzüm gibi gıda maddelerinden oluşan 54 bağımsız fırın ürününün kullanıldığı bir çalışmanın sonucunda mikro delikli PP ile tarçın esansiyel yağın kombinasyonunun kullanıldığı aktif paketleme sistemi duyu analiz sonuçlarına göre ürünlerin raf ömrünün 3 günden 10 güne çıkarılmasını sağlamıştır (Gutiérrez ve ark., 2009).

Bir çalışmada sarımsak, tarçın, karanfil, hardal, kekik ve vanilya ekstraktlarından elde edilen seçilmiş esansiyel yağlar ile oleoresinlerin ekmekler üzerinde maya ve küf inhibisyonunun etkisi araştırılmıştır. Ekmeklerde allil izosiyanatın (AITC) potansiyel kullanımı ve inhibisyon için gerekli miktarlar tespit edilmiştir. Aynı zamanda AITC ile paketlenen ekmeklerin duyu özelliklerine bakılmıştır. Ekstraktlar 1, 10 ve 100 µl oranında tek çeşit mantarın inoküle edildiği petri kutusunun kapağına yerleştirilmiş filtre kağıdına ilave edilmiştir. Petri kutusu içinin atmosferinde değişiklik olmaması için hermetik olarak kapatılmıştır. En güçlü etkiyi hardal esansiyel yağı göstermiştir. Tarçın, sarımsak ve karanfil de yüksek etki gösterirken kekik oleoresini zayıf etki göstermiştir. Uygulanan konsantrasyonlarda test mikroorganizmalarının üzerine vanilyanın inhibe edici özelliği tespit edilememiştir. *A. Flavus*’un diğer mikroorganizmalara göre çok dirençli olduğu, *P. Roqueforti*’nin ise en hassas mikroorganima olduğu gözlemlenmiştir. AITC’nin inhibisyon için minimum konsantrasyonunun gaz fazında 1,8-3,5µg/ml aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sonuçlara göre AITC’nin konsantrasyona bağlı olarak hem fungustatik hem de fungusidal etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Gaz fazı konsantrasyonu en az 3,5 µg/ml olan AITC bütün testlerde fungusidal etki göstermiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre sosis ekmekleri AITC’ye çave ark.ar ekmeklerine göre çok daha hassastır. Bulgulara göre AITC ile paketlenmiş çavdar ekmeklerinin raf ömrünün uzatılmasında başarılı olunmuştur. Sosis ekmeklerinde ise yine de diğer koruma yöntemlerinden destek alınması gerekmektedir (Nielsen ve Rios, 2000).

Dilimlenmiş buğday unu ekmeğinin hem etanol tutucu hem de etanol tutucu ile kombine edilmiş oksijen tutucu ile beraber kullanımı ile kimyasal koruculara alternatif

olarak kullanılarak raf ömrünün uzatılmasının araştırıldığı çalışmada aktif paketlenen ekmek dilimleri 20°C de 30 gün depolanmıştır. Depolama süresince örneklerin mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri değişiklik göstermiştir. Dört farklı örnek kullanılmıştır. Bunlar sırasıyla şöyledir: hiç koruyucu içermeyen, kimyasal ticari koruyucu içeren, etanol tutucu içeren ve hem etanol hem de oksijen tutucu içeren. Örneklerin tamamı yüksek bariyerli PET-SiO_x//LDPE paketleme materyali ile paketlenmiştir. Bu örneklerde 30 günlük depolama sonunda küf ve maya sayımı sırasıyla şöyledir: 5,1, 3,8, 2,0 ve 2,0 kob/g. *Bacillus cereus* sayısı ise: 4,7, 2,5, 2,3 ve 2,0 kob/g'dır. Lipid oksidasyonu ve uçucu bileşenlerin kaybindan dolayı koruyucu içermeyen ve kimyasal ticari koruyucu içeren örneklerde depolama süresince aroma kayıpları meydana gelmiştir. Ne etanol tutucu içeren örneklerde ne de hem etanol hem de oksijen tutucu içeren örneklerde koku, tat ve tekstür açısından olumsuz bir etki tespit edilmemiştir. Duyusal (tektürel) ve mikrobiyolojik verilere dayanarak koruyucu içermeyen örnekler için raf ömrü 4 gün, kimyasal ticari koruyucu içeren örnekler için 6 gün, etanol tutucu içeren örnekler için 24 gün ve hem etanol hem de oksijen tutucu içeren örnekler için en az 30 gün olarak belirlenmiştir (Latou ve ark., 2010).

Aktif paketleme uygulamasının ekmeklerde mikrobiyal gelişmeye etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, %0, %2 ve %4 sodyum propiyonat içeren selüloz asetat filmler hazırlanmış ve 3 adet ekmek dilimi bu filmlere sarıldıktan sonra düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) çanta içerisine 15 gün 25±2°C'de depolanmıştır. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre film içerisindeki propiyonat konsantrasyonu arttıkça depolama süresi boyunca küf gelişiminin azaldığı belirlenmiştir. Sodyum propiyonat içermeyen filmlerle kaplanmış ekmek dilimleriyle kontrol amaçlı filmsiz olarak depolanan ekmek dilimleri karşılaştırıldığında kontrol gruplarında küf gelişiminin daha az olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak ekmek dilimlerinin arasının kapalı olmasından dolayı dilimler arasındaki hava eksikliği olabileceği belirtilmiştir. Örneklerin su aktivitesi, pH ve nem içeriğinin depolama süresi boyunca önemli değişiklikler olmadığı ve film kullanımının ekmeklerde raf ömrünü yaklaşık %50 oranında artırdığı saptanmıştır (Soares ve ark., 2002).

Dilimlenmiş glutensiz ekmeğin raf ömrünün antimikrobiyal aktif paketleme ile artırılmasının araştırıldığı çalışmada aktif paketleme (tarçın esansiyel yağlarıyla hazırlanan nitroselüloz lakaplanmış etil asetatlı PP), MAP (%60 CO₂ ve %40 N₂) ve bu ikisinin beraber kullanılmasından oluşan üç farklı paketleme türünün verimliliği karşılaştırılmıştır. Örnekler 90 gün depolanmıştır. Sonuçlara göre aktif paketlemenin raf ömrünü kayda değer bir şekilde artırdığı tespit edilmiştir. Aktif paketleme ile elde edilen duyuşal analiz sonuçları MAP ile elde edilenlere göre daha iyi olmuştur. Karakteristik aroma ve süngerimsi tekstür gibi olumlu özellikler aktif paketlemede gözlenirken; tarçınımsı aroma, ufalanmış tekstür ve sertlik gibi olumsuz özellikler MAP ile gözlemlenmiştir. Sadece mikrobiyolojik açıdan incelendiğinde en iyi sonuç MAP ile elde edilmiştir. Çünkü ne küf ne de maya gelişimi olmamıştır. Böylece

mikrobiyolojik ve duyuşal özellikler incelendiğinde aktif paketleme MAP'ye göre raf ömrünü artırmada daha iyi sonuç vermiştir. Çünkü glutensiz dilimlenmiş ekmeklerde mikrobiyolojik büyüme engellenirken ürün kalitesini de korumuştur (Gutiérrez ve ark., 2011).

Ag/TiO₂ (Gümüş/Titanyumdioksit) nanokompozit temelli aktif paketleme sisteminin ekmeğin raf ömrünün uzatılması için kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada paketlenmemiş ekmek ve HDPE ile paketlenmiş ekmek ile Ag/TiO₂ nanokompozit materyalden yapılan (Ag/TiO₂-P) aktif paketleme ile paketlenmiş ekmeklerin depolama süresi boyunca mikrobiyolojik güvenliği ve raf ömrünü araştırmışlardır. Ekmeklerin kimyasal ve mikrobiyal stabilitesini belirlemek için örnekler toplam yağ, protein, şeker, lipid hidroperoksitleri ve maya, küf ile *Bacillus subtilis* ve *Bacillus cereus* açısından incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre Ag/TiO₂-P kayda değer bir şekilde ekmeğin mikrobiyolojik güvenliğini ve raf ömrünü HDPE ve paketsiz depolamaya göre uzattığı belirlenmiştir (Mihaly Cozmata ve ark., 2015).

Dilimlenmiş ekmeklerin ATCO® (Standa Industrie, Caen, Fransa) oksijen absorblayıcı kullanımı ile raf ömürlerinin ciddi oranda artırıldığı bildirilmiştir. Oksijen miktarının paketlenmeden birkaç gün sonra %0.1' in altına indiğini tespit edilmiştir. Absorblayıcı maddeler ekmeklerin depolanması boyunca duyuşal özellikleri üzerine olumsuz etkide bulunmamışlardır (Cullen ve Vaylen, 1994).

Sonuç

Aktif paketleme sistemlerinin unlu mamuller üzerine kullanımını incelediğimizde en çok ekmekler üzerinde uygulandığı görülmektedir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre bu sistemler tek başlarına ya da başka sistemlerle kombine edilerek kullanıldıklarında ekmeklerin raf ömrünü uzatmak adına başarılı bir şekilde kullanılabilirler. Farklı ekmek türlerinde farklı aktif paketleme sistemleri test edilerek sınanmalıdır. Bu anlamda aktif paketleme sistemleriyle ekmekte çalışmaların yapılması araştırmaya açık bir alan olarak ön plana çıkmaktadır.

Kaynaklar

- Ahvenainen R, Hurme E. 1997. Active and smart packaging for meeting consumer demands for quality and safety. *Food Additives & Contaminants*, 14(6-7): 753-763. DOI: 10.1080/02652039709374586
- Alhendi A, Choudhary R. 2013. Current Practices in Bread Packaging and Possibility of Improving Bread Shelf-life by Nano-technology. *INT J Food SCI Nutr*, 3: 55-60. DOI: 10.5923/j.food.20130304.02
- Anonim. 2012. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. Resmi gazete (04.01.2012-28163).
- Appendini P, Hotchkiss JH. 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2): 113-126. PII: S 1 4 6 6 - 8 5 6 4 0 2 Ž . 00012-7
- Biji KB, Ravishankar CN, Mohan CO, Gopal TS. 2015. Smart packaging systems for food applications: a review. *Journal of food science and technology*, 52(10): 6125-6135. DOI 10.1007/s13197-015-1766-7

- Cerisuelo JP, Bermudez JM, Aucejo S, Catala R, Gavara R, Hernandez-Munoz P. 2013. Describing and modeling the release of an antimicrobial agent from an active PP/EVOH/PP package for salmon. *Journal of Food Engineering*, 116(2): 352-361. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.12.028
- Charles F, Sanchez J, Gontard N. 2006. Absorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering*, 72(1): 1-7. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2004.11.006
- Cullen JS, Vaylen NE. 1994. "Carbon dioxide absorbent packet and process." U.S. Patent No. 5,322,701. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Dainelli D, Gontard N, Spyropoulos D, Zondervan-van den Beuken E, Tobback P. 2008. Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*, 19:103-112. doi:10.1016/j.tifs.2008.09.011
- Değirmencioglu N, Göçmen D, İnkaya AN, Aydın E, Güldaş 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. DOI 10.1007/s13197-010-0156-4
- Delikanlı B, Özcan T. 2014. Probiyotik İçeren Yenilebilir Filmler ve Kaplamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2).
- Dobrucka R. 2013. The future of active and intelligent packaging industry. *LogForum* 9 (2): 103-110. e-ISSN 1734-459X
- Dobrucka R, Cierpiszewski R. 2014. Active and Intelligent Packaging Food—Research and Development—A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(1): 7-15. DOI: 10.2478/v10222-012-0091-3
- Elgün A, Ertugay Z. 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayın No:718, Dördüncü Baskı, Erzurum.
- Graf E. 1994. "Oxygen removal" U.S. Patent No. 5,284,871. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Gutiérrez L, Sánchez C, Batlle R, Nerin C. 2009. New antimicrobial active package for bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 20(2): 92-99. DOI:10.1016/j.tifs.2008.11.003
- Gutiérrez L, Batlle R, Andújar S, Sánchez C, Nerin C. 2011. Evaluation of Antimicrobial Active Packaging to Increase Shelf Life of Gluten-Free Sliced Bread. *Packaging Technology and Science*, 24(8): 485-494. DOI: 10.1002/pts.956
- Guynot ME, Sanchis V, Ramos AJ, Marin S. 2003. Mold-free shelf-life extension of bakery products by active packaging. *Journal of food science*, 68(8): 2547-2552. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb07059.x
- Hempel AW, O'Sullivan MG, Papkovsky DB, Kerry JP. 2013. Use of smart packaging technologies for monitoring and extending the shelf-life quality of modified atmosphere packaged (MAP) bread: application of intelligent oxygen sensors and active ethanol emitters. *European Food Research and Technology*, 237(2): 117-124. DOI 10.1007/s00217-013-1968-z
- Imran M, Revol-Junelles AM, Martyn A, Tehrani EA, Jacquot M, Linder M, Desobry S. 2010. Active food packaging evolution: transformation from micro-to nanotechnology. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(9): 799-821. DOI: 10.1080/10408398.2010.503694
- Irkin R, Esmer OK. 2015. Novel food packaging systems with natural antimicrobial agents. *Journal of food science and technology*, 52(10): 6095-6111. DOI 10.1007/s13197-015-1780-9
- Jideani VA, Vogt K. 2016. Antimicrobial packaging for extending the shelf life of bread—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(8): 1313-1324. DOI:10.1080/10408398.2013.768198
- Kerry JP, O'grady MN, Hogan SA. 2006. Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat science*, 74(1): 113-130. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.04.024
- Kruijff ND, Beest MV, Rijk R, Sipiläinen-Malm T, Losada PP, Meulenaer BD. 2002. Active and intelligent packaging: applications and regulatory aspects. *Food Additives & Contaminants*, 19(S1): 144-162. DOI: 10.1080/02652030110072722
- Labuza TP, Breene WM. 1989. Applications of "Active Packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. 1. *Journal of Food Processing and Preservation*, 13(1): 1-69. DOI: 10.1111/j.1745-4549.1989.tb00090.x
- Latou E, Mexis SF, Badeka AV, Kontominas MG. 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(3): 457-465. DOI:10.1016/j.jcs.2010.07.011
- Mihaly Cozmuta A, Peter A, Mihaly Cozmuta L, Nicula C, Crisan L, Baia L, Turila A. 2015. Active packaging system based on Ag/TiO2 nanocomposite used for extending the shelf life of bread. *Chemical and microbiological investigations. Packaging Technology and Science*, 28(4): 271-284. DOI: 10.1002/pts.2103
- Muizniece-Brasava S, Dukalska L, Murniece I, Dabina-Bicka I, Kozlinskis E, Sarvi S, Silvjane A. 2012. Active packaging influence on shelf life extension of sliced wheat bread. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 67: 1128-1134.
- Nielsen PV, 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(2): 219-229. PII: S0168-1605(00)00343-3
- Özdemir M, Floros JD. 2004. Active food packaging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(3): 185-193. DOI:10.1080/10408690490441578
- Pereira de Abreu DA, Cruz JM, Paseiro Losada P. 2012. Active and intelligent packaging for the food industry. *Food Reviews International*, 28(2): 146-187. DOI:10.1080/87559129.2011.595022
- Petersen K, Nielsen PV, Bertelsen G, Lawther M, Olsen MB, Nilsson NH, Mortensen G. 1999. Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 10(2): 52-68. PII: S0924-2244(99)00019-9
- Restuccia D, Spizzirri UG, Parisi OI, Cirillo G, Curcio M, Iemma F, Picci N. 2010. New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*, 21(11): 1425-1435. DOI:10.1016/j.foodcont.2010.04.028
- Rodriguez A, Nerin C, Batlle R. 2008. New cinnamon-based active paper packaging against *Rhizopusstolonifer* food spoilage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15): 6364-6369. DOI: 10.1021/jf800699q
- Ronda F, Caballero PA, Quilez J, Roos YH. 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(1): 97-103. DOI:10.1016/j.jcs.2010.10.003

- Salminen A, Latva-Kala K, 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(1): 29-42. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1522(199601)9:1<29::AID-PTS351>3.0.CO;2-K
- Singh P, Abas Wani A, Saengerlaub S. 2011. Active packaging of food products: recent trends. *Nutrition & Food Science*, 41(4): 249-260. DOI 10.1108/00346651111151384
- Soares NFF, Rutishauser DM, Melo N, Cruz RS, Andrade NJ. 2002. Inhibition of microbial growth in bread through active packaging. *Packaging Technology and Science*, 15(3): 129-132. DOI: 10.1002/pts.576
- Suhr KI, Nielsen PV. 2003. Antifungal activity of essential oils evaluated by two different application techniques against rye bread spoilage fungi. *Journal of Applied Microbiology*, 94(4): 665-674. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2003.01896.x
- Suhr KI, Nielsen PV. 2005. Inhibition of fungal growth on wheat and rye bread by modified atmosphere packaging and active packaging using volatile mustard essential oil. *Journal of food science*, 70(1): 37-44. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb09044.x
- Suppakul P, Miltz J, Sonneveld K, Bigger SW. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of food science*, 68(2): 408-420. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05687.x
- Tian F, Decker EA, Goddard JM. 2012. Development of an iron chelating polyethylene film for active packaging applications. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(8): 2046-2052. DOI: 10.1021/jf204585f
- Vardın H, Gamlı ÖF. 2006. Soğutulmuş Gıda Maddelerinin Ambalajlanması ve Aktif Ambalajlama Teknikleri, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26.
- 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. PII: S0924-2244(99)00032-1
- Wessling C, Nielsen T, Leufvén A, Jägerstad M. 1998. Mobility of α -tocopherol and BHT in LDPE in contact with fatty food simulants. *Food Additives & Contaminants*, 15(6): 709-715. DOI: 10.1080/02652039809374701
- Yılmazer M, Altay F. 2014. Gıda Ambalajlarında Nanoteknolojik Uygulamalar ve Faz Değişim Materyalleri. *Gıda/The Journal of Food*, 39(6): 371-378. DOI: 10.15237/gida.GD14024