

Antimikrobiyal Paketleme

*Nilgün Kaba, Hünkar Avni Duyar

Sinop Üniversitesi, Sinop Su Ürünleri Fakültesi, 57000, Sinop, Türkiye
*E mail: nilguneri1@hotmail.com

Abstract: *Antimicrobial packaging.* Antimicrobial packaging is one of the many applications of active packaging. It is the packaging system which can stop or inhibit spoilage and pathogenic microorganisms contaminating foods. Antimicrobial function can be accomplished by adding antimicrobial agents in the packaging system or using antimicrobial polymers that answer conventional packaging requirements. When the packaging system gains antimicrobial activity, the packaging system or material limits or stops microbial growth by extending the lag period and decreasing the growth rate or live counts of microorganisms.

Key Words: Antimicrobial packaging, microbial growth, shelf life, antimicrobial agents, active packaging.

Özet: Antimikrobiyal paketleme, aktif paketleme uygulamalarından bir tanesidir. Antimikrobiyal paketleme besinlere bulaşan patojen mikroorganizma gelişimini ve bozulmayı yavaşlatan ya da tamamen durduran bir paketleme sistemidir. Antimikrobiyal fonksiyon paketleme sistemine antimikrobiyal ajanların ilave edilmesi ile ya da geleneksel paketleme gerekliliklerine cevap verebilen antimikrobiyal polimerlerin kullanımı ile gerçekleştirilebilir. Paketleme sistemi ya da materyali antimikrobiyal aktivite kazandığında; mikroorganizmaların lag periyodunu uzatarak ve büyüme oranını ya da canlı mikroorganizma sayısını azaltarak, mikrobiyal gelişmeyi sınırlandırır ya da önler.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal paketleme, mikrobiyal gelişme, raf ömrü, antimikrobiyal ajanlar, aktif paketleme.

Giriş

Gıda sanayinde içine konulan gıdaların, son tüketiciye, bozulmadan, en az toplam maliyetle güvenilir bir şekilde ulaştırılmasını ve tanıtılmasını sağlayan bir araç olarak tanımlanabilen, tüketicinin satın alma tercihinden önce gördüğü en son şey olan ve sessiz bir satıcı olarak kabul edilen ambalaj, ayrıca içindeki ürünü koruyan, dayanıklılığını artıran yüklenme, boşaltma, stoklama, kullanma kolaylığı sağlayan, tüketiciyi satın almaya özendiren görevlere sahiptir (Üçüncü 2007).

Bir ürünün raf ömrü, ürünün oluşumundaki evrelerin her biri ile ilgilidir. Bu evrelerden biri olan paketleme, raf ömrünü belirleyen bir işlem olarak ele alınmalıdır. Bu nedenle ürünün oluşumunun erken evrelerinde ürünün ne şekilde paketlenmesinin tespit edilmesi önemlidir. Raf ömrünün belirlenebilmesi için öncelikle mikrobiyolojik güvenlik tespit edilmeli ve daha sonra kimyasal ve duyu kalite unsurları ile birlikte değerlendirilmelidir. Birçok gıda için ürünün raf ömrü, ürünün oluşum sürecinde önceden bilinebilen ve o ürüne ait birtakım özellikler tarafından belirlenir. Bu özellikler; ürünün oluşum aşamasında etkili olan iç faktörler, çevreden gelen dış faktörler, son olarak ta iç ve dış faktörlerin bir araya gelmesi sonucu oluşan kombinasyon, raf ömrünü sınırlandırıcı etkenler olarak değerlendirilir. Paketlenmiş ürünler, dış faktörlerden önemli ölçüde etkilenirler. Paketleme birden fazla faktörü kontrol altına aldığı takdirde (örneğin, ışık ve oksijenin tamamen engellendiği durumlarda) tek başına raf ömrünü uzatmada etkili olabilir, aksi takdirde etkisiz kalır. İç ve dış faktörler arasındaki etkileşimler, yeni reaksiyonların

(kimyasal/biyokimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel reaksiyonlar) oluşumuna neden olur ve bu durum raf ömrünü sınırlandırır. Bununla birlikte bazı durumlarda faktörler arasındaki etkileşimler, arzu edilen özelliklerin oluşumuna da neden olabilirler (Brown ve Williams 2003).

Geleneksel besin paketlenmesindeki ana hedefler olan; raf ömrünün uzunluğu, kalitenin korunması ve kalite güvencesine inanç faktörleri göz önüne alındığında, özellikle kontaminasyona karşı hassas, kolay bozulur nitelikteki besinler için antimikrobiyal paketleme sisteminin ana hedefi, bu üç faktör üzerinde etkili olan mikroorganizma gelişiminin kontrol altına alınmasıdır. Günümüzde, besinlerdeki kalite güvencesi çok önemli bir konu olup bu güvencenin sağlanmasında antimikrobiyal paketleme sistemi önemli bir rol oynamaktadır. Antimikrobiyal fonksiyon; paketleme sistemine antimikrobiyal ajanların ilave edilmesi ile ya da serbest kalabilme, absorpsiyon ve sabit kalma şeklinde 3 değişik tarz gösteren antimikrobiyal polimerik materyal kullanılarak gerçekleştirilir. Serbest kalabilen sistemler, besinlerin içine ya da paketin içerisindeki üst boşluğa antimikrobiyal ajanların migrasyonuna imkan sağlar. Antimikrobiyal ajanlar, eriyebilen madde ya da gaz olabilir. Eriyebilen antimikrobiyal ajanlar, besin maddesi ile paket arasındaki tüm boşluklara nüfuz edebilirler. Absorpsiyon tarzındaki antimikrobiyal sistem, besinlerde mikrobiyal gelişmeye sebep olan asıl faktörleri ortadan kaldırır ve mikroorganizma gelişimini inhibe eder. Örneğin, oksijen absorbe edici sistem, paket içindeki küf gelişimini önlemede etkili olabilir. Hareketsiz (sabit kalan) sistem, antimikrobiyal ajanların serbest kalmasına olanak sağlamayıp temas edilen yüzeyde mikroorganizma gelişimini

kontrol eder. Hareketsiz sistem, katı besinlerde sıvı besinlerden daha az etkilidir. Çünkü katı besinlerde antimikrobiyal paket ile besinin tüm yüzeyi temas halinde değildir. Antimikrobiyal ajanlar, paketleme materyali bileşimine karıştırılarak, tüm paketleme sistemine dahil edilebilirler ve besin maddesinin, antimikrobiyal ajanın ve paketleme sisteminin özelliklerine bağlı olarak, paketleme materyalinden besine doğru hareket edebilen hareketli sistem ya da hareketsiz sabit ajan özelliği gösterirler (Han 2003).

Antimikrobiyal Paketleme Sistemleri

Çoğunlukla, katı ve yarı- katı besinlerde, mikrobiyal gelişme öncelikle yüzeyde meydana gelir. Besinin yüzeyi ile temas eden, doğrudan paketleme filmlerinin içine katılan antimikrobiyal ajanların kullanılması fikri, özellikle Japonya'da gelişmiştir (Ben- Yehoshua ve diğ. 1987).

Han (2000)'e göre antimikrobiyal ajanlar, polimer içine ilave edildiklerinde, mikrobiyal gelişme sınırlandırılır veya önlenir. Bu etkili uygulama, sadece filmlere değil, aynı zamanda sandık, varil, şişe gibi materyallere de uygulanır. Besin paketleme materyallerine, yaygın antimikrobiyal maddeler olan radyasyon ya da gaz emülsiyon işlemleri ile antimikrobiyal aktivite kazandırılır. Radyasyon metodları; kullanılan radyoaktif materyalleri, UV'ya maruz bırakılmış filmler ya da kızıl ötesi ışın yayan seramik tozları kapsar. Gaz emülsiyon metodu, küf ve mantar gelişimini kontrol eder. Örneğin, çilek ve üzüm kutularında paketlenenler sonra streçle sarılarak mantar bozulmalarını önlemek için sülfite ile yıkanır. Oksijen tutucu sistemler, paket içindeki oksijen gazını absorblar ve aerobik mikroorganizma gelişimini ve oksidasyonu önler. Antimikrobiyal paketleme materyalleri lag periyodunu uzatarak, mikroorganizmaların gelişme oranını azaltır, besinlerin güvenliğini ve raf ömrünü uzatır. Eğer paketleme materyalleri kendi antimikrobiyal aktivitelerinden dolayı sterilize etme yeteneğinde iseler, paketin kimyasal sterilizasyonu için kullanılan peroksit ve basit aseptik paketleme işlemleri elemine edilebilir.

Besinler için koruyucu olarak kullanılan yaygın antimikrobiyal kimyasallar; organik asitler ve bunların tuzları, sülfidler, nitritler, antibiyotikler ve alkollerdir. Diğer kimyasallar, gazlar, enzimler ve doğal özütler koruyucu ve sterilize edici olarak kullanılmaktadırlar. Bunlar arasında, piropiyonik asit, peroksit, ozon, klorin oksit, öjenol, sinnamealdehit, allilizotiyosiyanat, lizozim, nisin ve EDTA sayılabilir (Han 2000).

Paketlemede antimikrobiyal aktivite için kullanılan organik ve inorganik kökenli antimikrobiyal maddeler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Ticari bir antifungal ajan olan Imazalil'in, sebze ve meyvelerin sarıldığı düşük yoğunluklu polietilen filmlere (LDPE) ilave edildiğinde etkili olduğu ispatlanmıştır. Aynı bileşik yine LDPE filmin içine katılarak, ürün ile teması sonucunda peynir yüzeyindeki küf oluşumunun önlenmesinde etkilidir (Ben- Yehoshua ve diğ. 1987).

Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir araştırmada,

peynir paketlenmesinde kullanımı uygun bulunmamasına rağmen, antifungal filmlerin besinlerin yüzeyindeki küf oluşumunun kontrolünde etkili olabileceği belirtilmektedir. Antifungal bir ajan olan benomil, kimyasal olarak iyoner filmlere ilave edilerek, mikrobiyal büyümeye engel olabilir. Araştırmalar sonucunda, selülozdan yapılan yenilebilir filmlere ilave edilen, yaygın antifungal ajanların etkileri tesbit edilmiştir. Örneğin selüloz türevlerinden ve yağ asitlerinden yapılan filmler, potasyum sorbat ve sorbik asitin serbest kalmasını sağlar. Bu tip filmlerin sebze ve meyvelerin kaplanarak paketlenmesindeki en yaygın uygulama olduğu görülmektedir. Selüloz filmler (örneğin sellofan) genellikle ısının muhafaza edilmesinde yetersiz olup nispi nemin yüksek olması durumunda iyi bir su- buhar bariyeri göstermezler (Ben- Yehoshua ve diğ. 1987).

Tablo 1. Besin paketlenmesinde kullanılan bazı antimikrobiyal ajanlar (Hotchkiss 1995; Suppakul ve diğ. 2003).

Antimikrobiyal madde grupları	Örnekler
Organik asitler	Propiyonik, benzoik, sorbik asit
Bakteriyosinler	Nisin
Özel ekstraktlar	Timol, p-simen (p-cymene)
Tiyosülfinatlar	Allicin
Enzimler	Peroksidaz, lizozim
Proteinler	Konalbumin
İzotiyosiyanatlar	Allilizotiyosiyanat
Fungisitler	Benomil, İmazalil
Şelatlar	EDTA(Etilendiamin tetraasetikası)
Metaller	Gümüş
Parabenler	Heptilparaben
Asit anhidrit	Benzoik anhidrit, sorbik anhidrit
Alkol	Etanol
Amin	Heksametilentetramin (HMT)
Antibiyotik	Natamisin
Yağ asiti	Laurik asit, Palmitleik asit
Yağ asiti esteri	Monolaurin (Lauricidin)
Oligosakkarit	Kitooligosakkarit
Organik asit tuzları	Potasyum sorbat
Polysakkarit	Kitosan, konjak glukomannan

Antimikrobiyal Ajan Olarak Anhidritler

Propiyonik, benzoik ve sorbik asit gibi antifungal ajanların, LDPE gibi polimerlere doğrudan ilave edilmesi sonucunda arzu edilen başarı sağlanamamıştır. Bu nedenle asidin anhidrit formu kullanılmıştır (Hotchkiss 1997).

Peynir, et ürünleri ve unlu mamuller gibi çeşitli gıdaların ambalajlanmasında kullanılan plastik filmlere ve kağıt esaslı ambalajlara uygulanan asitler, anhidrit formunda doğrudan polimerlere ilave edilerek veya bağlayıcı özelliğe sahip karboksimetilselüloz gibi maddelerle birlikte çözelti halinde yüzeylere sürülerek kullanılmaktadır (Üçüncü 2007).

Anhidritler, kuru ve nispeten sabit sıcaklıklarda değişmeyip besinler gibi su içeren maddelerde hidroliz olurlar. Hidroliz, serbest asidin oluşumunu başlatır ve oluşan bu serbest asitler etkili antifungal olarak fonksiyon gösterebilir. LDPE filmlere eklenen benzoik anhidrit, 5 saat içinde hidroliz olur ve film ile temastan sonra üründe benzoik asit olarak tutulur. İçinde %1 benzoik anhidrit içeren LDPE filmleri *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium sp.*, ve *Aspergillus toxicarius* gelişimini tamamen durdurur. Anhidritin daha düşük

konsantrasyonları ise, lag safhasını uzatarak mikrobiyal gelişmeyi geciktirerek, çoğu durumda büyüme oranını azaltır. %0.5 ila %2 benzoik anhidrit eklenmiş LDPE filmler, peynirlerde küf oluşumunu geciktirir. Film, besin ile temas kuruncaya kadar, aktif bileşenler film içinde kalırlar, aktivite besin içindeki nem aracılığıyla başlatılır (Hotchkiss 1997).

Bakteriyosinler

Bakteriyosinler olarak bilinen bir grup antimikrobiyal maddeler, mikroorganizmalardaki proteinler üzerine etkilidir. *Clostridium botulinum* bu mikroorganizmalara örnek olarak gösterilebilir. Bu bileşiklerden biri olan nisin, besinle temas halinde olan filmlerin yüzeyine kaplanır (Ming ve diğ. 1997).

Nisin özellikle gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal etkiye sahiptir. Gram negatif bakteriler üzerine antimikrobiyal etkisinin zayıf olduğu bilinmekle birlikte, bu bakterilerin hücre membranı termal şoka maruz kaldığında veya EDTA gibi şelat yapıcı kimyasal maddelerle muamele edildiğinde nisin gram negatif bakterilere karşı da belirli düzeyde bir antimikrobiyal etki göstermektedir. Başta peynir ve jambon olmak üzere çeşitli gıda ambalajlarına adsorpsiyon (yüze tutma), yenilebilir filmler üzerine immobilizasyon gibi değişik yöntemlerle uygulanan nisin ile başarılı sonuçlar sağlanmıştır (Üçüncü 2007).

Antimikrobiyal Enzimler

Antimikrobiyal enzimler, besinle temas eden film yüzeyinden besinin iç kısımlarına doğru etkili olarak, mikrobiyal toksin üretimine engel olurlar. Antimikrobiyal enzimlere örnek olarak, kuvvetli bir etkiye sahip glukoz oksidaz verilebilir (Brody ve Budny 1995).

Radyasyon Yayıcı Filmler

Besin paketleme filmlerinin içine radyasyon yayıcı materyalin ilave edildiği ve bu uygulamanın, mikroorganizmalara karşı etkili olduğu ve risk taşımadığı bildirilmektedir (Paik ve Kelley 1995).

Gümüş İyonlarının Antimikrobiyal Aktivitesi

Antimikrobiyal ajanların, serbest kalabilen gümüş tuzlarını içermeleri, antimikrobiyal etkilerini yaratır. Metallerin antimikrobiyal aktiviteleri, çok az miktardaki iyon formlarından kaynaklanır. Bakır iyonlarının da mikroorganizmalar üzerinde yok edici etkisi olmakla birlikte, gümüş iyonu, metal iyonlarının arasında en güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Bakır ile karşılaştırıldığında gümüş, iyonlarına kolaylıkla ayrışmaz (Floras ve diğ. 1997).

Gümüşün antimikrobiyal etki mekanizması, gümüş iyonlarının negatif yüklü bakteri yüzeylerinde adsorbe edildiği ve enzimlerle reaksiyona girdiği şeklinde açıklanmaktadır (Üçüncü 2007).

Gümüş Nitratın Antimikrobiyal Aktivitesi

Gümüş nitrat, güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahiptir ve antimikrobiyal etki düzeyinden daha düşük konsantrasyonlardaki aktivite, protein denatürasyonuna sebep olur (Han 2000).

Zeolitler

Japonya'da geliştirilen birçok ticari antimikrobiyal filmlerden bir tanesi sentetik zeolittir. Sentetik zeolitdeki sodyum iyonlarının bir kısmının yerini gümüş iyonları alır ve antimikrobiyal etki

gösterir. Bu tip zeolitler, doğrudan besinle temas eden filme katılırlar. Zeolit, besinin yüzeyindeki gümüş iyonlarının yavaş bir şekilde serbest kalmasına imkan sağlar (Ben-Yehoshua ve diğ. 1987).

Gümüş zeolitin, mayalar üzerindeki antimikrobiyal aktivitesi, hem aerobik, hem de anaerobik koşullarda gözlenmiş ve aktivasyon derecesinin, oksijen konsantrasyonunda ve ışığın varlığında hemen hemen aynı olduğu belirlenmiştir. Zeolit sodyum iyonlarını kapsayıp diğer iyonlar sodyum iyonlarının yerine geçerler. Örneğin gümüş iyonları, sodyum iyonlarının yerine geçerek gümüş zeolit biçimini alır. Gümüş zeolit, bakteriler, maya ve mantarlara karşı hemen hemen eşit etkiye sahiptir (Anonymous 1991).

Paketleme Materyali Olarak Gümüş Zeolitin Uygulanması

Antimikrobiyal paketleme materyali olarak gümüş zeolit ilave edilen çok farklı plastikler geliştirilmiştir. Gümüş zeolit pahalı olmasından dolayı, genellikle ince bir tabaka halinde (3 ila 6 µm kalınlığında) ya da materyalin yüzeyine ince film şeklinde uygulanır. Antimikrobiyal aktivite, filmin yüzeyinde bulunan zeolit partiküllerindeki Ag⁺ iyonları tarafından sağlanır. Bundan dolayı daha ince filmler, filmin tüm yüzeylerinde, Ag⁺ iyonlarının aktivitesini tam olarak sağlayamayabilirler. İlave edilen gümüş zeolit miktarı, filmin ısıyı muhafaza etme ve geçirgenlik gibi diğer fiziksel özelliklerini etkiler. Normal olarak ilave edilen miktar, %1 ila %3 olup, %5'e kadar çıkabilir. Tüm bakteriler, %1 - %3 gümüş zeolit içeren filmlerde 1-2 gün içinde ölürler (Vermeiren 2000).

Mikroban, triklosan temelli bir antimikrobiyaldir. Triklosan temelli antimikrobiyal ajanlar, esnek filmler ve sert plastiklerde kullanılarak, bakteri, maya ve küfler üzerine etki göstererek onların metabolik fonksiyonlarına engel olurlar (Rubinstein 2000).

Hotchkiss (1995) tarafından yapılan araştırmada, benzoik anhidrit içeren LDPE filmlerinin, mikrobiyal ortam ve peynir ile temas halinde, antifungal aktivite sergiledikleri saptanmıştır.

Han ve Floros (1997) ise, LDPE filmlere %1 oranında katılan potasyum sorbatın, kültür ortamındaki küflerin gelişmesini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Han ve Floros (1998) çalışmalarında; çeşitli plastik filmlerin yüzeyinden potasyum sorbatın difüzyonunu tespit etmişlerdir. Potasyum sorbatın difüzyonunu, düşük yoğunluktaki polietilen (LDPE), yüksek yoğunluktaki polietilen, polipropilen ve polietilentereftalat yüzeyleri için 25°C'de sırasıyla; 1.83x10⁻⁸cm²/s, 4.26x10⁻¹³cm²/s, 4.65x10⁻¹³cm²/s ve 5.47x10⁻¹³cm²/s olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, difüzyon ile sıcaklık arasında kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Potasyum sorbat konsantrasyonunun ise, istatistiksel açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir (P>0.05).

Grower ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmalarında, nisin ihtiva eden kaplama materyali ile kaplı paketleme filmini geliştirmeyi ve tanımlamayı amaç edinmişlerdir. Film kaplamasının formülasyonunda kullanılan farklı asit tiplerinin (askorbik asit, asetik asit, hidroklorik asit ve laktik asit) ve farklı nisin düzeylerinin (10.000 IU-9 IU) etkilerini araştırmışlardır. Farklı düzeylerde nisin kullanıldığı, düşük

yoğunluklu polietilen filmler, gerilme kuvveti, elastiklik ve su buharı iletme oranı bakımından değerlendirilmiştir. Çalışmada tüm asitlerin eşit inhibe edici etkiye sahip olduğu ($P>0.05$), fakat asetik asitin en geniş zonların inhibisyonunu sağladığı tespit edilmiştir. Gerilme kuvveti nisin konsantrasyonu ve filmin kalınlığı arttıkça artmıştır. Nisin kaplamanın (10.000 ve 2.500 IU/ml), düşük yoğunluklu polietilen filmlerin su buharı iletmesi üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir.

Dawson ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada, laurik asit (% 8) ve nisin (% 4)'i tek tek ve her ikisini birlikte soya filmlerine ilave etmişler ve *Listeria monocytogenes* inhibisyonu üzerine etkilerini hindi salamı için incelemişlerdir. Kontrol filmlerde, *Listeria monocytogenes* 22°C'de 48 saat sonra 10^6 dan, 10^9 a artmıştır. Sadece nisinin kullanıldığı filmlerde, 2 saat sonra hücre sayısı 1 log cfu/ml olup, hücre sayısı 22°C'de, 24 ve 48 saat sonra 10^8 olmuştur. Laurik asit ve nisin içeren filmlerde, 22°C'de sıvı ortamda 8 saat sonra hücre sayısı 10^6 dir. Buzdolabında saklanan hindi salamı kontrol filmlerinde, 4°C'de 21 gün sonra 0.5 log'dan 10^6 a artmıştır. Nisin ve laurik asit içeren filmlerde olduğu gibi, 21 gün sonra nisin içeren filmlerdeki hücre sayısı hindi salamında 10^6 dan 10^5 e düşmüştür. Sadece laurik asitin kullanıldığı filmlerde *Listeria monocytogenes* kültürü, 48 saat sonra 10^6 dan $<10^2$ ye düşmüştür. 21 gün sonra ise hindi salamında 1 log civarında bulunmuştur.

Chung ve diğ. (2003) tarafından yapılan çalışmada, antimikrobiyal katman olarak triklosan içeren ve styreneacrylate kopolimer'den yapılmış bir kaplama, paketleme materyali olarak değerlendirilmiştir. Mikrobiyolojik testlerde, triklosan kaplama tarafından *Enterococcus faecalis*'in gelişiminin inhibe edildiği gözlenmiştir. Kaplamadaki triklosan suda ayrılmaz. Sulu ve asidik besinler için, %10'luk sulu bir etanol solüsyonunun kullanımında, triklosanın çok az bir kısmı hızla serbest kalır. Yağlı besinler için ise, n-heptan kullanıldığında, triklosanın çoğu ekstrakte edilir.

Ouattara ve diğ. (2000) ince tabaka (44 ila 54 mμ) kitosan içeren antimikrobiyal filmlerin içine katılan asetik ve propiyonik asitin difüzyonunu filmlerin suya daldırılmasından sonra değerlendirmişler ve difüzyon üzerine pH'ın (5.7, 6.4, 7.0) ve sıcaklığın (4°C, 10°C, 24°C) etkilerini araştırmışlardır. Difüzyonun pH tarafından etkilenmediğini belirlemişler. Sıcaklığın 24°C'den 4°C'ye düşmesi, difüzyon katsayısında da düşmeye sebep olmuştur. Difüzyon ile sıcaklık arasında kuvvetli bir ilişki bulunduğu ($r^2 > 0.9785$) tesbit edilmiştir. Kitosan filmlerin içine katılan esansiyel yağların (sinnamaldehit ya da öjenol,) ya da laurik asitin, asetik ve propiyonik asitin difüzyonunda azalma meydana getirdiği belirlenmiş ve maksimum etki konsantrasyonlarının ise laurik asit ve sinnamaldehit için sırasıyla %1 ve %0,5 olduğu tespit edilmiştir.

Han ve Floros (1997), potasyum sorbat tozu ve LPDE reçineler kullanılarak sıkıştırma suretiyle elde edilen antimikrobiyal filmlerin, paketleme materyali olarak esneklik, şeffaflık ve antimikrobiyal aktivitesini tesbit etmişlerdir. Filmlerin esnekliği, potasyum sorbat ilavesi (%3 oranında) ile

önemli ölçüde etkilenmemiştir. Şeffaflık ise, potasyum sorbat konsantrasyonu arttıkça azalmıştır. Antimikrobiyal filmler mayalarda maksimum büyümeyi ve büyüme oranını azaltmıştır ve küf gelişiminin görülmesinden önce lag periyodu uzamıştır. Bundan dolayı düşük viskoziteye sahip sıvılarda ve katı besinlerin temas halinde olan yüzey alanlarında, mikrobiyal bozulma azalmış veya önlenmiştir. Böylece besin maddelerinin raf ömrünün uzatılmasında etkili olduğu belirlenmiştir.

Coma ve diğ. (2001) yaptıkları çalışmalarında; HPMC (hydroxypropylmethylcellulose) ilave edilen yenebilir sellülozik filmlerin, yetersiz nem bariyeri görevi gördüklerini belirlemişlerdir. Su buharı bariyer özelliklerini sağlamak için, farklı hidrofobik bileşenlerin HPMC içine ilave edilebileceğini ve bazı yağ asitleri ve türevlerinin filmin yapılış aşamasından önce, film oluşum solüsyonunun içine katılabileceğini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, antimikrobiyal paketleme sistemleri, besin maddelerinin tazeliğinin korunması, raf ömrünün uzatılması ve kalite güvencesinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır ve bu yeni teknolojinin uygulanma alanlarının yaygınlaşmasında bu konuda yapılmış ve yapılacak olan çalışmalar ışık tutacaktır.

Kaynakça

- Anonymous, 1991. Antimicrobial Zeomic, Shinagawa Fuel Co., Ltd.
- Ben – Yehoshua, S., B.Y. Shapiro, Y. Gutter, and E. Barak. 1987. Comparative Effects of Applying Imazalil by Dipping or by Incorporation into the Plastic Film on Decay Control, Distribution and Persistence of This Fungicide in Shamouti Oranges Individually Seal-Packaged, J. Plastic Film and Sheeting, 3(1): 9-22, January.
- Brody, A.L., and J.A. Budny. 1995. Enzymes as Active Packaging Agents, In: Rooney, M. L., (ed), Active Food Packaging, Glasgow, UK, Blackie Academic Professional, pp.174-192.
- Brown, H., and J. Williams. 2003. Packaged Product Quality and Shelf Life. In: Food Packaging Technology. Edited by: Richard Coles, Derek McDowell and Mark J. Kirwan. Blackwell Publishing, pp :66-69.
- Chung, D., S.E. Papadakis, and K. L. Yam. 2003. Evaluation of a Polymer Coating Containing Triclosan as the Antimicrobial Layer for Packaging Materials, International Journal of Food Science Technology, 38(2): 165-169.
- Coma, V., I. Sebti, P. Pardon, A. Deschamps, and F. H. Pichavant. 2001. Antimicrobial Edible Packaging Based on Cellulosic Ethers, Fatty Acids and Nisin Incorporation To Inhibit *Listeria innocua* and *Staphylococcus aureus*, Journal of Food Protection, 64(4): 470-475.
- Dawson, P.L., G.D. Carl, J.C. Acton, and I.Y. Han. 2002. Effect of Lauric Acid And Nisin- Impregnated Soy-Based Films on the Growth of *Listeria monocytogenes* on Turkey Bologna, Poultry Science, 81: 721-726.
- Floros, J. D., L. L. Dock, and J. H. Han. 1997. Active Packaging Technologies and Applications, Food, Cosmetic and Drug Packaging, 20(1): 10-17.
- Grower, J. L., K. Cooksey, and K. J. K. Getty. 2004. Development and Characterization of an Antimicrobial Packaging Film Coating Containing Nisin For Inhibition of *Listeria monocytogenes*, Journal of Food Protection, 67(3): 475-479.
- Han, J. H. 2000. Antimicrobial Food Packaging, Food Technology, 54(3): 56-65, March.
- Han, J.H. 2003. Antimicrobial Food Packaging, In: Novel Food Packaging Techniques, Edited by Rajja Ahvenainen, Woodhead Publishing in Food Science and Technology, The University of Manitoba Canada, pp: 50-70.
- Han, J.H., and J.D. Floros. 1997. Casting Antimicrobial Packaging Films and Measuring Their Physical Properties and Antimicrobial Activity, Journal of Plastic Film and Sheeting, 13(4): 287-298.
- Han, J.H., and J.D. Floros. 1998. Simulating Diffusion Model and Determining

- Diffusivity of Potassium Sorbate Through Plastics to Develop Antimicrobial Packaging Films, *Journal of Food Processing and Preservation*, 22(29):107-122.
- Hotchkiss, J. H. 1997. Food Packaging Interactions Influencing Quality and Safety, *Food Additives Contaminants*, 14: 601-607.
- Hotchkiss, J. W. 1995. Influence of New Packaging Technologies on The Microbial Safety of Muscle Foods, The Annual Meeting of Institute of Food Technologists, Anaheim, California, June 3-7.
- Ming, X., G.H. Weber, J.W. Ayers, and W.E. Sandine. 1997. Bacteriocins Applied to Food Packaging Materials to Inhibit *Listeria monocytogenes* on Meats, *Journal of Food Science*, 62(2): 413-415.
- Ouattara, B., R. E. Simard, G. Piette, A. Begin, and R. A. Holley. 2000. Diffusion of Acetic and Propionic Acids From Chitosan- Based Antimicrobial Packaging Films, *Journal of Food Science*, 65(5): 768-773.
- Paik, J.S., and M.J. Kelley. 1995. Photoprocessing Method of Imparting Antimicrobial Activity to Packaging Film. Presented at The Annual Meeting of Institute of Food Technologists, Chicago, Illinois, July 24-28.
- Rubinstein, W. S. 2000. Microban Antibacterial Protection For The Food Industry, Proceedings, International Conference on Active and Intelligent Packaging, Campden and Chorleywood Food Research Association, U. K. September, 2000.
- Suppakul, P., J. Miltz, K. Sonneveld, and S.W. Bigger. 2003. Active Packaging Technologies With an Emphasis on Antimicrobial Packaging and its Applications, *Journal of Food Science*, 68(2): 408-420.
- Üçüncü, M. 2007. Food Packing Technology (in Turkish), Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, 896s.
- Vermeiren, L. 2000. Potential Applications of Antimicrobial Films for Food Packaging, Proceedings, International Conference on Active and Intelligent Packaging, Campden and Chorleywood Food Research Association, U. K. September.