



**Alınış tarihi (Received):** 04.11.2016  
**Kabul tarihi (Accepted):** 30.01.2017

**Baş editor/Editors-in-Chief:** **Ebubekir ALTUNTAŞ**  
**Alan editörü/Area Editor:** **Mustafa BAYRAM**

## **Gıda Ambalajlamada Güncel Uygulamalar: Modifiye Atmosfer, Aktif, Akıllı ve Nanoteknolojik Ambalajlama Uygulamaları**

**Şeyda KARAGÖZ<sup>a,\*</sup> Ashhan DEMİRDÖVEN<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>*Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Zile Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, TOKAT*

<sup>b</sup>*Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, TOKAT*

\*Sorumlu yazar e-posta:seyda.karagoz@gop.edu.tr

**ÖZET:** Ambalajlar gıda endüstrisinin ve tüketici ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir yere sahiptir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak tüketicilerin gıda ambalajlarından beklentileri de artmıştır. Bu nedenle son yıllarda araştırmacıların gıda ambalajlarına bakış açısı değişmiş ve ambalajların fonksiyonelliğinin artırılmasına yönelik yeni teknolojiler geliştirmişlerdir. Çalışılan bu yeni teknolojilerle beraber gıda ambalajları diğer görevlerinin yanında tüketiciyi gıda hakkında bilgilendiren, çevreye daha az zarar veren ambalajlar haline gelmeye başlamıştır. Bu gelişmeler içerisinde modifiye atmosferde ambalajlama (MAP), aktif ambalajlama, akıllı ambalajlama teknikleri ile ambalajlara uygulanan nanoteknolojik uygulamalar dikkatleri üzerine çekmektedir. MAP, ambalajdaki gaz atmosferi bileşimini aktif ya da pasif olarak değiştirerek gıdanın raf ömrünü uzatmayı amaçlamaktadır. Tek başına bir ambalajlama metodu olarak kullanılmakla beraber diğer birçok ambalajlama tekniği ile de kombine edilebilmektedir. Gıdanın raf ömrünü uzatmayı amaçlayan diğer bir teknik ise aktif ambalajlamadır. Aktif ambalajlamada ambalaj içerisindeki ortam değiştirilmektedir. Bu değişim “aktif salıcı-yayıcı sistemler” (karbondioksit salıcılar, etanol salıcılar ve tat-koku salıcıları) ve “aktif emici-tutucu sistemler” (oksijen tutucular, karbondioksit tutucular, nem tutucular, tat/koku tutucular, etilen tutucular) ile sağlanmaktadır. Akıllı ambalajlamada ise amaç üreticiye ve tüketiciye gıdanın bazı özellikleri hakkında bilgi vermektir. Bu amaçla barkotlar, radyo frekanslı tanımlama (RFID) etiketleri, indikatörler ve biyosensörler kullanılmaktadır. Tüm bunların yanında nanoteknolojik uygulamalar ambalaj malzemesinin bariyer özelliklerini geliştirmek ve aktif ve akıllı ambalajlama tekniklerinin etkinliğini artırmak amacıyla kullanılabilir. Bu çalışmada gıda ambalajlamada kullanılan bazı yeni teknikler ve uygulamalar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Akıllı ambalajlama, aktif ambalajlama, modifiye atmosferde ambalajlama, nanoteknoloji

## **Current Applications in Food Packaging: Modified Atmosphere, Active, Smart and Nanotechnology Packaging Applications**

**ABSTRACT:** Packages has an important place in meeting of the food industry and consumer needs. Expectations of the consumers have increased from food packaging by the development of technology. Therefore, in recent years the researchers changed the perspective of the packaging of food and the packages have been developed new technologies for increasing the functionality. Working with these new technologies in food packaging began to become informed consumers about the food, less environmentally damaging packaging in addition to their other tasks. Modified atmosphere packaging (MAP), active packaging, smart packaging techniques applied to packaging with nanotechnology applications in these developments has attracted attention. MAP, by changing the composition of the gas atmosphere in the package as passive or active, is intended to extend the shelf life of food. A method of packaging being used as a stand-alone as well

as with many other packing techniques can also be combined. Another technique aimed at extending the shelf life of food is active packaging. Active packaging is changed environment in the packaging. This change are provided by "active releasing-emitting systems"(carbon dioxide and ethanol releasers and odor taste-releasers) and "active absorber-scavenging system" (oxygen, carbon dioxide, moisture, flavor/fragrance, ethylene scavengers). In smart packaging aim is to provide information about some of the features of the food to the consumer and producer. For this purpose, barcodes, radio frequency identification (RFID) tags are used indicators and biosensors. In addition to all these, nanotechnology applications can be used to improve the barrier properties of packaging materials and increase the effectiveness of active and intelligent packaging techniques. In this study, it is aimed to give information about some new techniques and applications used in food packaging

**Keywords** – *Smart packaging, active packaging, modified atmosphere packaging, nanotechnology*

## 1. Giriş

Gıda ambalajı içine konulan gıdaların, son tüketiciye bozulmadan, en az toplam maliyetle güvenilir bir şekilde ulaştırılmasını ve tanıtılmasını sağlayan bir araçtır. Gıda ambalajları içindeki ürünü koruma, dayanıklılığını artırma, taşıma ve stoklama ile kullanma kolaylığı sağlama, ürünü tanıtmaya, ürün durumu hakkında bilgi verme ve tüketiciyi satın almaya özendirme işlevlerinin (Kocamanlar, 2009; Üçüncü, 2011) yanında ülke ekonomisine önemli derecede katkı sağlamaktadır (Anon, 2011).

Günümüz tüketicileri, değişen yaşam koşulları ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak ambalajların koruma özelliğinin yanında farklı özelliklere de gereksinim duymaya başlamıştır. Özellikle kadınların iş hayatında aktif görev almasıyla birlikte kısa sürede hazırlanan gıdalara ve pratik ambalajlara verilen önem artmıştır ve buna bağlı olarak da üretici ve tüketici istekleri doğrultusunda gıda ambalaj sektöründe yeni teknolojiler geliştirilmiştir.

Gıda ambalajları üzerine yapılan araştırmalar hızla devam etmektedir. Araştırmacılar toplumun gelişmesi ve beraberinde getirdiklerini de dikkate alarak ambalajların fonksiyonelliğinin arttırılmasına yönelik yeni çalışmalar yapmaktadır. Çalışılan bu yeni teknolojilerle beraber gıda ambalajları diğer görevlerinin yanında tüketiciyi gıda hakkında daha fazla bilgilendiren, çevreye daha az zarar veren ambalajlar haline gelmeye başlamıştır.

Günümüzde gıda ambalajları sadece gıda ürününü koruma ve pazarlama gibi pasif görevlere sahip değildirler. Aktif ve akıllı ambalajlama kavramları ile gıdanın raf ömrünü uzatmak ya da korumak, gıda kalitesi ve güvenliğini geliştirmek veya izlemek gibi çok sayıda ve yenilikçi çözümler sunmaktadırlar (Dobrucka, 2013a).

Bu derlemede, aktif ve akıllı ambalajlama yöntemleri ile modifiye atmosferde depolama ve nanoteknolojik ambalajlama tekniklerini uygulama yöntemleri, kullanım alanları ve bu kapsamda yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Gıda Ambalajlamada Güncel Uygulamalar

### 2.1. Modifiye Atmosferde Ambalajlama

Modifiye atmosferde paketlenme (MAP), ambalajdaki normal gaz atmosferinin değiştirildiği ve böylece ambalajlı ürünün raf ömrünün uzatıldığı bir metot olarak tanımlanmaktadır (Fişekci, 2013). Yani gıda ambalaj gaz içeriğinin, %78.08 azot, %20.96 oksijen ve %0.03 karbondioksit içeren havadan farklılaşması sağlanmaktadır. Ambalaj atmosferinin değişimleri gazların bileşimlerinin değiştirilmesi ya da çeşitli gazların ilave edilmesi ile gerçekleşebilmektedir (Lavieri ve Williams, 2014). Gaz bileşiminin değişiminde ambalajlama boyunca gazların transferi ve ürünlerin solunumu arasındaki etkileşimler temel alınmaktadır (Arvanitoyannis, 2012).

Modifiye atmosferde depolamada ortam modifikasyonu “pasif” (meyve ve sebzeler için uygulanan) ve “aktif” (tüm gıdalara uygulanabilen) modifikasyon olmak üzere iki ana yolla gerçekleştirilmektedir. Pasif modifikasyon, denge modifiye atmosferde ambalajlama (EMAP)’da gıda uygun bir ambalaj materyali ile ambalajlandıktan sonra ambalaj içerisindeki atmosfer gaz bileşimi gıdanın solunumu sonucu kendiliğinden dengeye ulaşmaktadır. Bu nedenle EMAP, kimyasal madde kullanmadan raf ömrünün arttırılmasını sağladığından organik ürünler için ideal bir paketlenmedir. Buna karşın aktif modifikasyonda denge gaz bileşiminin oluşumu, pasif modifikasyonda olduğu gibi ambalaj içinde kendiliğinden değil, istenilen gaz kompozisyonu direkt ambalaj içine verilerek (enjekte edilmesiyle) sağlanmaktadır (Kocamanlar, 2009).

MAP yüksek kalitede ürün sağlamanın yanı sıra; raf ömrünü arttırmak suretiyle ekonomik kayıpları azaltması, ürünlerin daha uzun mesafelere dağıtılmalarına olanak sağlaması ve dağıtım masraflarını azaltması, daha az kimyasal ajan kullanımını desteklemesi, dilimlenmiş ürünlerin ayırımını kolaylaştırması, kokusuz ve kullanışlı ambalajlamaya izin vermesi gibi birçok avantaja sahiptir. Bununla beraber ek maliyet ve sıcaklık kontrolü gerektirmesi, her ürün için farklı gaz kompozisyonlarının oluşturulması, taşıma esnasında paketlerde meydana gelebilecek yırtılma delinme gibi fiziksel zararların gaz kompozisyonunu değiştirmesi dolayısıyla ürün güvenliğinin bozulması gibi dezavantajlara sahiptir (Stivertsvik ve ark., 2002).

MAP için iz gaz olarak karbon monoksit, nitroz ve nitrik oksitler, sülfür dioksit, etan ve klor gibi gazlar tavsiye edilmektedir ancak ticari olarak kullanılan başlıca gazlar karbondioksit (CO<sub>2</sub>), oksijen (O<sub>2</sub>) ve nitrojen (N<sub>2</sub>) olmaktadır. Bu iz gazların çoğu güvenlik problemi, tüketici tepkisi, yasal kısıtlamalar ve maliyet nedeniyle kullanılamamaktadır (Özoğul ve ark., 2006). Bu nedenle MAP amacı ile en çok kullanılan gazlar; O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>’dir. Çoğu meyve-sebze için bu gazların iki veya üç farklı kombinasyonu ürün ihtiyacına göre seçilerek kullanılır. Bakteri ve fungusların gelişimini engellemesi, protein yapısı ve enzim aktivitesi üzerine etki etmesi ve mikroorganizma faaliyetlerini sınırlandırması açısından MAP de en önemli gaz CO<sub>2</sub>’tir (Çelikkol, 2011).

Karbondioksit hem suda hem de lipitlerde çözünebilir, bakterisit ve fungusit olmamasına rağmen bakteristatik ve fungistatik etkilere sahip olan bir gazdır. Mikroorganizmalar üzerindeki genel etkisi gelişim eğrisindeki lag fazını uzatması ve logaritmik gelişim fazının büyüme hızını azaltmasıdır (Anon, 2014).

Karbondioksitin, bakteriyel gelişim inhibisyonu için kullanılması yeni bir uygulama değildir. 1877'de Pasteur ve Joubert, *Bacillus anthracis*'in karbondioksit kullanılarak inhibe olduğunu gözlemlemişlerdir. Kolbe tarafından 1920'lerde yapılan çalışmada ise düşük oksijen ve yüksek karbondioksit içeren atmosferde depolanan elmaların raf ömrünün arttığı gözlemlenmiştir (Stivertsvik ve ark., 2002).

CO<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> gazları birbirlerinin fonksiyonlarını etkilemektedirler. Bu iki gazın uygun bir bileşiminin hazırlanması durumunda taze ürünlerin raf ömrü uzatılabilmektedir. Her ürünün kendisine özgü tolere edebileceği en düşük O<sub>2</sub> ve en yüksek CO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleri mevcuttur. Depolama ortamlarında bulunan O<sub>2</sub> veya CO<sub>2</sub> miktarlarının tolerans sınırlarının altında veya üzerinde olmaları durumunda ürün fizyolojik olarak bozulmaktadır (Batu, 2009).

Oksijen son derece reaktif ve yanmayı teşvik eden renksiz, kokusuz bir gazdır. Suda (100 kPa' da 0.040 g kg<sup>-1</sup>, 20 °C) düşük bir çözünürlüğe sahiptir. Oksijen yağ oksidasyonu, enzimatik reaksiyon ve pigment oksidasyonu gibi gıdalarda meydana gelen çeşitli bozucu reaksiyonları teşvik etmektedir. Yaygın bozucu bakteri ve fungusların çoğu gelişmeleri için oksijene ihtiyaç duyar. Bu nedenle gıdaların raf ömrünü artırmak için ambalaj atmosferi düşük bir oksijen konsantrasyonu içermelidir (Sandhya, 2010).

Mikrobiyal gelişimin azaltılması veya durdurulması, enzimatik esmerleşmenin inhibisyonu ve solunum üzerinde etkisini içeren temel biyolojik mekanizmaların tam anlaşılabilmesi, meyve ve sebzelerin paketlenmesinin besinsel kalitesine etkisinin bilinmemesi ve ambalajlama sırasında olası güvenlik etkileri ile ilgili kaygıların oluşması nedeniyle sebzelerin yüksek oksijende MAP'sinin ticarileştirilmesi şu an mümkün değildir. Oksijenin %25'ten daha yüksek konsantrasyonlarda olması patlayıcı olarak kabul edilmekte ve bu nedenle çalışma yerlerinde özel önlemlerin alınması gerekmektedir (Jacxsens ve ark., 2001).

Azot, suda ve yağdaki çözünürlüğü düşük olması sebebiyle kendi başına antimikrobiyal özellik göstermeyen ya da çok az gösteren tatsız inert bir gazdır. Modifiye atmosferde paketlenen bir gıdada azotun bulunması, et ürünlerinde yüksek konsantrasyonlarda karbondioksit kullanılması sonucunda karbondioksitin et dokusunda çözünmesi nedeniyle meydana gelen paket çökmesini önleyebilmektedir (Harshavardhan ve Phebus, 2010; Anon, 2014). Buna ek olarak azotun ambalajdaki oksijenle yer değiştirmesi ile oksidatif ransidite geciktirilebilir ve aerobik mikroorganizmaların gelişimi inhibe edilebilir. Örneğin fındık gibi gıdalarda nitrojen yıkama ile oksijenin uzaklaştırılması yağların oksidatif ransiditesinin önlenmesine yardımcı olmaktadır (Anon, 2014).

Azot, nötr bir dolgu maddesi olması sebebiyle kullanılmaktadır. Bazı çalışmalar azot ile raf ömrünün uzadığına dikkat çekerken bazı çalışmalarda herhangi bir bakteriyostatik/antimikrobiyal aktiviteye rastlanmadığına işaret edilmiştir. Bazı çalışmalarda da raf ömrünün değişiklik göstermesinin ambalaj içindeki havanın yeterince uzaklaştırılmaması yani MAP ürünlerinde kalan oksijen konsantrasyonları nedeniyle olduğu belirtilmiştir (Harshavardhan ve Phebus, 2010).

Bu gazlar tek başlarına veya kombinasyon halinde kullanıldıklarında, yaygın olarak gıdaların organoleptik özelliklerini değiştirmeden raf ömrünü uzatmak için

kullanılmaktadır. Argon gibi soy ya da "asal" gazlar, örneğin, kahve ve şekerleme ürünleri gibi ürünler için ticari kullanıma sahiptirler. Ancak, uygulamaları ve etkileri üzerine yapılan çalışmalar literatürde sınırlıdır. Buna ek olarak karbon monoksit (CO) ve sülfür dioksit'in (SO<sub>2</sub>) deneysel kullanımı da mevcuttur (Sandhya, 2010).

## 2.2. Akıllı Ambalajlama

Gıda ambalajlamadaki yenilik faaliyetleri iki binli yıllardan itibaren akıllı ambalajlamanın gelişmesi yönünde olmuştur (Ragaert ve ark., 2014). Akıllı ambalajlama ambalajın tutulduğu çevrenin ya da gıdanın bazı özelliklerini gösteren ve üreticiyi, perakendeciyi ve tüketiciyi bu özelliklerinin durumu hakkında bilgilendiren ambalajlama tekniği olarak tanımlanabilmektedir (Dobrucka, 2013b). Ayrıca; "gıdanın kalitesi ve güvenliği hakkında bilgi sağlayan, üzerinde iç ya da bir dış gösterge içeren ambalaj ya da ambalaj materyali üzerine basılan etiket veya belirteçler" olarak da tanımlanabilmektedir (Huff, 2008; Kocaman ve Sarımehtemtoğlu, 2010). Barkotlar, RFID etiketleri, indikatörler ve biyosensörler akıllı ambalajlarda hissetme, izleme ve işaret etme potansiyelleri nedeniyle kullanılmaktadırlar (Üçüncü, 2011). Bu sistemler algılayıcılar (sensörler), indikatörler ve RFID etiketleri olmak üzere üç ana sınıfta incelenebilmektedir (Tablo 1).

Gıda ambalajlamada kullanılan algılayıcılar, en çok modifiye atmosferde ambalajlanan/depolanan ürünlerde kullanılmaktadır. Algılayıcılar sahip olduğu alıcı ve çevirici kısımları ile ambalajın içindeki gıdada meydana gelen çeşitli fiziksel ve kimyasal tepkimelerin sonucunda oluşan oksijen ve karbondioksit miktarlarını sinyal olarak okuyucuya iletirler ve bu sayede gıda kalitesini ve güvenliğini sağlarlar (Aday ve Caner, 2010).

Akıllı ambalajlamada kullanılan indikatörler sızıntı, tazelik ve sıcaklık-zaman indikatörleridir. Sızıntı indikatörleri bazı gazların varlığını ya da yokluğunu gösteren sistemler olup, ambalaj bütünlüğü ve sızıntıları hakkında bilgi vermektedir. Sızıntı indikatörleri, kimyasal ve enzimatik reaksiyonların bir sonucu olarak renk değiştirirler. Oksijen ve karbondioksit indikatörleri olmak üzere iki çeşit sızıntı indikatörü yaygın olarak kullanılmaktadır (Yezza, 2008; Özçandır ve Yetim, 2010). Tazelik indikatörleri, gıdaların kalitesinde, raf ömrü boyunca kimyasal, biyokimyasal, fiziksel veya fizikokimyasal birçok reaksiyon sonucu ortaya çıkan tazeliğe bağlı kayıpların belirlenmesinde kullanılırlar. Günümüzde pH, uçucu azotlu bileşikler, hidrojen sülfid ve mikrobiyal metabolitlere duyarlı tazelik indikatörleri bulunmaktadır (Üçüncü, 2011). Sıcaklık-zaman-indikatörleri ise tüm dağıtım zinciri boyunca gıdanın sıcaklık geçmişinin, geri dönüşümsüz reaksiyonlarla görsel olarak bildirilmesini sağlayan küçük ölçüm araçlarıdır (Purma ve Serdaroğlu, 2006). Özellikle balık, süt ürünleri, et, kanatlı eti, dondurulmuş meyve ve sebzeler, dondurulmuş etler gibi çabuk bozulabilen gıdalar için kullanılmaktadırlar (Kocaman ve Sarımehtemtoğlu, 2010). Moleküler difüzyona, polimerleşme reaksiyonlarına, enzimatik aktiviteye ve mikrobiyal gelişmeye bağlı olarak etkisini gösteren sıcaklık-zaman indikatörleri bulunmaktadır.

Çizelge 1. Akıllı ambalajların sınıflandırılması

Table 1. Classification of smart packagings

Sınıflandırma		Çalışma Prensipleri	Literatür
Sensörler (Algılayıcılar)	Gaz Sensörleri	Analizi yapılan gazın varlığında sensörün fiziksel parametrelerini değiştirerek cevap veren ve harici bir aygıt tarafından izlenen cihazlardır. Bu sensörlerin kullanımında ambalaj bütünlüğü bozulduğundan sistemin ticari ürünler için kullanılması mümkün değildir. Geri kapatma ile aynı ambalajların sonraki analizler için kullanımı sakıncalı bulunmamaktadır.	Kerry ve ark., 2006
	Floresans Bazlı Gaz Sensörleri	Polimer kalıpların içine floresan veya fosforan boyalar yerleştirilir. Gıda ambalajı içerisinde bulunan gaz, söz konusu polimere difüzyonla nüfuz ederek floresan boyaya ulaşır ve ambalajın ışıldamasını sağlar. Ortamdaki gaz miktarı ışıldama parametrelerinin ölçülmesiyle sayısallaştırılır.	Shimoni, 2001;Gök, 2007
	Biyosensörler	Ambalajlanmış gıdalarda meydana gelen biyolojik reaksiyonları belirleyen, kayıt eden ve ileten cihazlardır. Biyosensörler, bir biyoreseptör (enzim, antijen vb.) ve enerji dönüştürücüden (transducer) oluşmaktadır. Food Sentinel System™ (FSS) gıda ambalajlarındaki patojenleri sürekli algılama yeteneğine sahip bir biyosensör sistemidir.	Kerry ve ark., 2006
	Nanosensörler	Gıdaların bozulması sonucu oluşan gazlara karşı hassas bir dizi nanosensörden oluşmaktadır ve gıdaların taze olup olmadığını bir renk skalasına göre belirtmektedir.	Kocaman ve Sarımehtem-oğlu, 2010
İndikatörler	Sızıntı İndikatörleri	Sızıntı indikatörleri, kimyasal ve enzimatik reaksiyonların bir sonucu olarak renk değiştirirler. Buna Ageless-Eye® markalı oksijen gazı indikatörleri örnek verilebilir. Bu indikatörün yerleştirildiği ambalaj içerisindeki oksijen gazı seviyesi %0.1'in altına düştüğünde indikatör etiketin rengi pembeye, %0.5 in üzerine çıktığında ise maviye dönüşmektedir.	Purma ve Serdaroğlu, 2006; Yezza, 2008; Özçandır ve Yetim, 2010
	Tazelik İndikatörleri	Gıdaların raf ömrü boyunca gösterdikleri reaksiyonlar sonucu tazeliğe bağlı oluşan pH, uçucu azot bileşikleri, hidrojen sülfür ve çeşitli mikrobiyal metabolitlere duyarlı olarak renk değişiminin gözlenmesi prensibine dayanır.	Üçüncü, 2011
	Sıcaklık- Zaman İndikatörleri	Mekanik, kimyasal, elektrokimyasal, enzimatik ve aynı zamanda geri dönüşümsüz olan renk değişimlerine dayanır. Bu değişim oranları sıcaklığa bağlıdır; sıcaklığın artmasıyla renk değişim oranında da artış gözlenir.	Gök, 2007; Üçüncü, 2011
RFID Etiketleri	Radyo dalgaları ile tanımlama yapan ve ürünü uzaktan izleme imkanı veren bir sistemdir. RFID sisteminde bulunan etiket, bir okuyucu antenden aldığı sinyallere yanıt verir ve okuyucuya sayıları geri iletir. RFID etiketleri basit bilgileri (barkod numaraları gibi) tutabilir veya örneğin sıcaklık ve bağıl nem verileri, beslenme bilgileri, pişirme talimatları gibi daha karmaşık bilgileri de taşıyabilir.	Weiss ve Gibis, 2013	

RFID etiketleri, ürün akış yönetimi, kategorize etme ve tanımlama yeteneğinden dolayı tedarik zinciri yönetimi ve izlenebilirlikte kullanılan (Ruiz-Garcia ve Lunadei, 2011), otomatik ürün tanımlama ve izlenebilirlik için tasarlanmış veri taşıyıcısının gelişmiş bir şeklidir (Yam ve ark., 2005). RFID etiketler, gıda ile birlikte hareket ederek ürün ve ürünün geçmiş hakkındaki tüm bilgileri taşırlar (Üçüncü, 2011). Tipik bir RFID sisteminde, bir

RFID etiketi veri yakalamak için bir okuyucu ile radyo dalgaları yayar ve daha sonra bu veriler analiz ve karar vermek için (yerel ağa veya internet'e) bir ana bilgisayar üzerinden geçirilir (Yam ve ark., 2005).

### 2.3. Aktif Ambalajlama

Aktif ambalaj, bozulma reaksiyonlarının hızının azaltılması ve gıdanın raf ömrünün daha da uzatılabilmesi amacıyla ambalaj içindeki ortamın modifiye edilmesi ya da değiştirilmesidir (Üçüncü, 2011). Aktif ambalajlama sistemleri korunacak olan kalite özelliğine bağlı olarak farklı çözümler sunmaktadır. Örneğin ürününün oksidasyonunun yavaşlatılması gerekiyorsa, ambalaj ortamında oksijen tutucu ya da antioksidan içeren aktif sistemler kullanılmalıdır ya da ortamda nemi azaltmak gerekiyorsa ambalaj ortamında bir nem emici kullanılmalıdır (Pereira ve ark., 2012).

Aktif ambalajlama sistemleri çalışma prensiplerine göre “aktif salıcı-yayıcı sistemler” ve “aktif emici-tutucu sistemler” olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (Üçüncü, 2011). Aktif salıcı-yayıcı sistemlerde karbondioksit salıcılar, etanol salıcılar ve tat-koku salıcılar, aktif emici-tutucu sistemlerde ise oksijen tutucular, karbondioksit tutucular, nem tutucular, tat/koku tutucular, etilen tutucular kullanılmaktadır (Tablo 2).

Oksijen tutucular ambalajlama sonrasında paket içinde kalan O<sub>2</sub>'i bünyesinde tutarak, oksijene duyarlı gıdalardaki kalite değişimlerini minimuma indirir, O<sub>2</sub>'e duyarlı besin öğelerini koruyarak da gıdanın besin değerini kaybetmesini önler (Bağdatlı ve Kayaardı, 2010). Oksijen tutucular oksijen varlığında gelişen mikroorganizmaların çoğalmasını engellemek ve gıdalarda oksijenin meydana getirmiş olduğu zararlı etkilerinden kurtulmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Ambalaj materyaline girecek olan ya da materyalde var olan oksijen, oksijen tutucular (kesecikler, filmler, kapaklar) vasıtasıyla tutulabilmekte ve böylece oksijene hassas gıdalardaki kalite değişimleri minimize edilebilmektedir (Kartal, 2014).

Günümüzde oksijen tutucular ticari olarak çok sayıda gıdada kullanılmaktadır. Bu uygulama özellikle; taze pasta, fındık ve kurutulmuş domuz bifteğindeki ransiditenin önlenmesinde; kırmızı ve beyaz et içeren et ürünlerinin ransidite ve renk bozulmalarından korunmasında, ekmek, pasta, peynir ve pizza hamurlarının yüzeyinde küf gelişiminin engellenmesinde; kurutulmuş meyvelerin renk bozulmalarının önlenmesinde; kavrulmuş kahvenin aromasının korunmasında; bira, şarap ve yumuşak alkollü içeceklerin aromalarının korunmasında kullanılmaktadır (Kartal, 2010).

Nem emiciler solunum yapan ve diğer yüksek su içerikli gıdaların ambalajları içindeki yoğunlaşmayı azaltmakta ve bunun dışında gıda kurutulmadan gıda üzerindeki su tabakasını ortadan kaldırmaktadır (Pereira ve ark., 2012). Bunun için istenilen düzeyde su buharı geçirgenliğine sahip filmler, nem çekici filmler ya da nem düzeyini kontrol edebilen kesecikler veya pedlerden yararlanılmaktadır (Üçüncü, 2013).

Antimikrobiyal madde etkili ambalajlama sistemi ise, antimikrobiyal maddelerin ilave edilmesi (antimikrobiyal madde veya gaz şeklinde) ya da antimikrobiyal polimetrik materyallerin kullanılması şeklinde olur. Genellikle ambalajlarda antimikrobiyal işlev

salınım (besine ya da ambalaj üst boşluğuna migrasyon şeklinde), absorpsiyon (örneğin oksijen absorbe eden sistemler) ve de immobilizasyon şeklinde olmaktadır (Han, 2003).

Çizelge 2. Aktif ambalajlama sistemleri ve uygulamaları  
Table 2. Active packaging systems and their applications

Aktif ambalajlama sistemi	Mekanizma	Gıda uygulamaları (Dobrucka, 2013a; Üçüncü, 2013)
Oksijen tutucular	Demir esaslı metal / asit metal (örneğin platin) katalizörü askorbat / metalik tuzları enzim temelli	Ekmek, kek, pişmiş pirinç, bisküvi, pizza, makarna, peynir, salam ve balık, kahve, aperatif yiyecekler, kurutulmuş gıdalar ve içkiler
Karbondioksit tutucular / salıcılar	Demir oksit / kalsiyum hidroksit demir karbonat / metal halide kalsiyum oksit / aktif kömür askorbat / sodyum bikarbonat	Kahve, taze et ve balık, fındık ve diğer aperatif gıda ürünleri ve sünger kek
Etilen tutucular	Aktive edilen potasyum permanganat karbon aktive killer / zeolitler	Meyve, sebze ve diğer bahçecilik ürünleri
Koruyucu salıcı	Organik asitler, gümüş zeolit baharat ve bitki özleri BHA/BHT antioksidanlar, E vitamini antioksidan Uçucu klor dioksit/ kükürt dioksit	Tahıllar, et, balık, ekmek, peynir, aperatif yiyecekler, meyve ve sebze
Etanol salıcılar	Alkol sprej kapsüllü, etanol	Pizza kek, ekmek, bisküvi, balık ve unlu mamuller
Nem tutucular	PVA battaniye aktive killer ve mineraller silika jeli	Balık, et, kümes hayvanları, aperatif yiyecekler, hububat, kurutulmuş gıdalar, sandviç, meyve ve sebzeler
Lezzet / koku tutucular	Selüloz triasetat asetatları kağıt sitrik asit Demirli tuz / askorbat aktif karbon / kil / zeolitler	Meyve suları, kızarmış aperatif yiyecekler, balık, tahıllar, kümes hayvanları, süt ürünleri ve meyve
Sıcaklık kontrolü ambalaj	Plastikler dokunmamış çift duvarlı kaplar hidrofluorokarbon gaz Kireç / su amonyum nitrat / su	Hazır yemekler, et, balık, kümes hayvanları ve içecek

Polimetrik ambalaj materyalleri, bileşenleri nedeniyle gıdaların organoleptik özellikleri üzerinde kayıplara neden olabilir. Bu kayıplar ambalajın sahip olduğu bileşenlerinin gıdada bulunan tat ve lezzetleri absorbe etmesi şeklinde görülebilir. Her ne kadar bu durum istenmese de gıdalarda seçici istenmeyen koku ve tatları emmek için olumlu bir şekilde kullanılabilir. Örneğin turunçgil gibi meyvelerin kendilerine özgü acılık veren bileşiklerinin giderilmesi amacıyla kullanılırlar (Vermeiren ve ark., 1999). Nitekim meyve suyu endüstrisinde kullanılan gıda ambalaj bileşenlerinin içerisinde sadece adsorpsiyon özelliği olan veya iyon değiştirme özelliği olan adsorbentlerin kullanılma ihtimali vardır ve bu durumda da aroma bileşenleri ambalaj tarafından emilebilmektedir. İşte bu gibi durumlarda ambalaj içine gıdanın karakteristik aromasını yayan aroma salıcılar yerleştirilmektedir (Üçüncü, 2013).



Kükürt dioksit salıcı ambalajlar yaygın olarak küf gelişiminden üzümleri koruması amacıyla kullanılmaktadır. Kullanılan ambalajların bazıları nem ile kalsiyum sülfidin reaksiyonuna dayanırken, bazıları da metabisülfid hidrolizine dayalıdır (Dainelli ve ark., 2008).

#### 2.4. Gıda Ambalajlarında Nanoteknoloji Uygulamaları

Günümüzde nanoteknolojinin gıda teknolojisinde uygulanması oldukça sınırlıdır, ancak nanoteknolojinin ve nanopartiküllerin uygulamalarına yönelik çalışmalar giderek artmaktadır (Farhang 2009; Weiss ve Gibis, 2013; Var ve Sağlam, 2015).

Gıda biliminde, nanoteknolojinin en fazla uygulandığı alan gıda ambalajlama olarak bilinmektedir. Özellikle gıdaların raf ömrü ve kalitesi açısından işlenmiş et ve su ürünleri ile taze meyve-sebzelerin ambalajlanmasında nanoteknoloji uygulamalarını içeren çalışmalar devam etmektedir (Sürengil ve Kılınç, 2011).

Nanoteknoloji gıda ambalajlanmasında üç farklı şekilde kullanılabilir (Duncan, 2011; Polat ve Fenercioğlu, 2014):

- 1) Ambalaj malzemesinin bariyer özelliklerini geliştirmek amacıyla; nanopartiküller ( $\text{SiO}_2$ , montmorillonit vb.) sentetik polimer ve/veya biyopolimer bazlı ambalaj malzemelerinin üretiminde kullanılarak, bariyer ve mekanik özellikleri daha iyi olan ambalajların geliştirilmesinde,
- 2) Antimikrobiyel veya oksijen emme gibi aktif özelliklere sahip nanoparçacıklar (Ag, ZnO,  $\text{TiO}_2$  vb.) kullanılarak aktif ambalaj malzemelerinin geliştirilmesinde,
- 3) Gıdanın maruz kaldığı depolama koşullarını, küçük organik molekülleri, gazları ve mikroorganizma kontaminasyonunu gösteren belirteçlerin üretiminde farklı nanopartiküller ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  vb.) kullanılarak nanosensörlerin üretiminde ve akıllı ambalajların geliştirilmesinde kullanılabilir.

Nanoteknolojinin gıda ambalajlarına uygulanması çalışmalarının bir kısmı, nanoparçacık içeren filmler veya ambalaj materyaline gömülü olan ve istenmeyen mikroorganizma varlığını algılayabilen nanosensörler üzerine yoğunlaşmıştır (Yılmaz ve Altay, 2014).

Gıda ambalajlamada, çevre dostu, gıda raf ömrünü arttıran ve gıdanın kalitesi ve güvenliğini en iyi şekilde koruyan ambalaj malzemesi arayışı, nano-biyokompozit malzemelerin gelişmesine öncülük etmiştir. Nano-biyokompozitler, bitkisel veya hayvansal kaynaklı polisakkaritler, proteinler, lipidler, vb. biyopolimer matrislerin içerisine, nanopartiküllerin, dolgu malzemesi olarak ilave edilmesiyle elde edilen nano-hibrit biyokompozitlerdir. Biyopolimerlerin içerisine genellikle, katmanlı silikat nano-partiküller, kütlece %1–5 oranlarında, dolgu malzemesi olarak eklenmekte ve bu şekilde elde edilen nano-biyokompozit materyalin, biyobozunur olma özelliği korunurken ambalaj malzemesi olarak kullanımını sınırlandıran zayıf yönleri iyileştirilmektedir. Örneğin düşük gaz ve sıvı geçirgenliği, yüksek solvent direnci, yüksek ısıl stabilite, gelişmiş mekanik özelliklere sahip olması sağlanmaktadır (Boyacıoğlu, 2015).

Nanoteknolojinin uygulandığı diğer bir uygulama olan nanosensörler, toksin üreten veya gıda zehirlenmesine yol açan mikroorganizmaları, neden oldukları renk, kütle ve sıcaklık

değişiklikleri ve moleküler tanıma sistemleri ile hızlı bir şekilde algılayabilmektedir. Örneğin, MAP uygulanan, nano-TiO<sub>2</sub> ve nano-SnO<sub>2</sub> oksijen sensörü yerleştirilen ambalajlarda mikrobiyel gelişme sonucu paketteki oksijen konsantrasyonu arttığında bu nanoparçacıklar polimer ortamındaki redoks boyaalarını ışığa duyarlı hale getirmekte ve paketteki sensör renginde ağarma görülmektedir (Azeredo, 2009; Mills ve Hazafy, 2009; Yılmaz ve Altay, 2014).

Nanoteknolojinin bu gibi kullanımlarının yanında besin zincirine nanopartiküllerle üretilmiş gıdaların dahil olması, gıdalarda toksisiteye ve bu toksisitenin insan vücudunda birikimine neden olabilir. Burada önemli olan nanoteknoloji ile üretilen gıdaların yeni mi yoksa doğal olmayan materyaller olarak mı sınıflandırılacağıdır. Nanopartiküller karakteristik özelliklerinden dolayı hücreyi geçebilir veya direk olarak akciğerler yoluyla kan dolaşımına girebilirler ve tüm organlara ulaşabilirler. Bu yüzden kendilerinden büyük materyallere göre çok daha tehlikeli olabilirler. Gıda biliminde nanoteknolojik gelişmelerin uygulanmasının yanında, riskli nanomateryaller ve toksisite ile ilgili düzenlemeler de dikkatle göz önünde bulundurulmalıdır (Kokangül ve Fenercioğlu, 2012; Erol-Demirbilek, 2015).

### 3. Sonuç

Gıda ambalajlama alanında ortaya çıkan yenilikler tüketicilerin daha kaliteli ve uygun ürünler almasına olanak sağlamıştır. Kaliteli gıdaya olan talep ambalajlamada yenilikleri mecbur kılmış ve ambalajlama alanındaki yenilikler sayesinde yeni ürün kategorileri oluşmuştur.

Tüm gıda zinciri boyunca farklı aktörlerin ihtiyaç ve isteklerine cevap verebilmek ve onlara farklı bakış açıları kazandırabilmek amacıyla çeşitli yeni teknolojiler hayata geçirilmektedir. Bu yeni teknolojiler üzerinde halen araştırmalar devam etmektedir. Yeni teknolojilerden akıllı ambalajlama; gıdaların kalitesini, güvenliğini ve dağıtımını izleme imkanı vermektedir.

Ambalajlar gıda endüstrisinin ve tüketici ihtiyaçlarının karşılanmasında oldukça önemli bir yere sahip olmuştur. Bu ihtiyaçları karşılayabilmek için aktif ambalajlama, akıllı ambalajlama ve modifiye atmosferde ambalajlama sistemleri gibi ambalajlama modelleri geliştirilmiştir. Bu sistemlerin etkinliğini gösteren birçok bilimsel çalışma ve uygulama mevcuttur. Şu anda oksijen tutucular ve nem absorblayıcılar daha popüler ve kullanışlı iken antioksidan ve antimikrobiyal aktif ambalajlama, tazelik ve/veya olgunlaşma indikatörleri gıda sektöründe giderek daha önemli hale gelmektedir. Modifiye atmosferde ambalajlama ise bu iki sisteme göre çok daha eski bir yöntemdir. Ancak bu sistemlerin kombinasyonu ile çok daha güvenilir bir ambalajlama gerçekleşeceği muhakkaktır. Aktif ve akıllı ambalajlama yöntemlerinin doğru kullanımı ile gıdaların raf ömrünün ve güvenliğinin arttırılacağı kesindir. Gıda ambalajlamada nanoteknoloji uygulamaları da dikkat çeken konular arasında yer almaktadır. Fakat tüm ambalajlama tekniklerinin sanayi ve tüketici açısından kabul edilebilir ve uygun maliyette olması ve uygulama alanlarının genişletilmesi gerekmektedir.

#### 4. Kaynaklar

- Aday, M.S., Caner, C., 2010. Ambalajlamada Yeni Teknolojiler; Akıllı Gıda Ambalajları. *Bilim ve Teknik*, 86-89.
- Anon, 2011. Bingöl İli Gıda Profili Fırat Kalkınma Ajansı. [http://www.fka.org.tr/SayfaDownload/bingol\\_gida\\_profili.pdf](http://www.fka.org.tr/SayfaDownload/bingol_gida_profili.pdf).
- Anon, 2013. Innovative Research and Products Inc., Nano-enabled Packaging for the Food and Beverage Industry—A Global Technology, Industry and Market Analysis, 2009.
- Anon, 2014. Modified Atmosphere Packaging. [http://www.unido.org/fileadmin/import/32124\\_23MODIFIEDATMOSPACAGING.5.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/32124_23MODIFIEDATMOSPACAGING.5.pdf).
- Arvanitoyannis, İ.S., 2012. Modified Atmosphere and Active Packaging Technologies. CRC Press., 791.
- Azeredo, H.M.C., 2009. Nanocomposites for food packaging applications, *Food Research International*, 42 (9):1240-1253.
- Bağdatlı, A.B., Kayaardı, S., 2010. Et ve et ürünlerinde kullanılan Paketleme yöntemleri. *Akademik Gıda*, 8 (2): 24-30.
- Batu, A., 2009. Kayısının Modifiye Atmosferde Paketlenerek Depolanması Önerisi. Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fak, Gıda Mühendisliği Bölümü. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4 (1): 9-19.
- Boyacıoğlu, D., 2015. Gıda Ambalajlamada Nanoteknoloji Uygulamaları. [http://dilekboyacioglu.com/Gida\\_Ambalajlamada\\_Nanoteknoloji.pdf](http://dilekboyacioglu.com/Gida_Ambalajlamada_Nanoteknoloji.pdf).
- Çelikkol, I., 2011. Bazı Ön Uygulamaların Ve Modifiye Atmosferde Paketleme (Map)'nin Taze ve Tüketime Hazır (Fresh-Cut) Alphonse Lavallée Üzüm Çeşidinin Kalitesi Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Beukend, E.Z.V.D., Tobbacke, P., 2008. Active and Intelligent Food Packaging: Legal Aspects and Safety Concerns. *Trends in Food Science & Technology*, 19: 103-112.
- Dilber, F., Dilber, A., Karakaya, M., 2012. Gıdalarda Ambalajın Önemi ve Tüketicilerin Satın Alma Davranışlarına Etkisi (Karaman İli Örneği). Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi. *Elektronik Dergisi*, 3 Mart: 160-190.
- Dobrucka, R., 2013a. The Future of Active and Intelligent Packaging Industry. *Scientific Journal of Logistics*.9 (2): 103-110.
- Dobrucka, R., 2013b. Application of Active Packaging Systems In Probiotic Foods. *Scientific Journal of Logistics*, 9 (3): 167-175.
- Duncan, T.V., 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors. *J Colloid Interface Sci.*, 363 (1): 1-24.
- Erol-Demirbilek, M., 2015. Tarımda ve Gıdada Nanoteknoloji. *Gıda ve Yem Bilimi - Teknolojisi Dergisi / Journal of Food and Feed Science and Technology*, 15: 46-53.
- Farhang, B., 2009. Nanotechnology and applications in food safety. In: *Global issues in food science and technology*, Barbosa-Canovas, G (chiefed), Academic Press, 401-410.
- Fişekci, B., 2013. Lor Peynirinin Raf Ömrü Üzerine Modifiye Atmosfer Paketlemenin ve Co<sub>2</sub>Uygulamasının Etkilerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Isparta.
- Gök, V., 2007. Gıda Paketleme Sanayinde Akıllı Paketleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1: 45-58.
- Harshavardhan, T., Phebus, R.K., 2010. Modified Atmosphere Packaging (MAP): Microbial Control and Quality. A National Pork Board/ American Meat Science Association Fact Sheet.
- Han, J.H. 2003. Antimicrobial Food Packaging, In: *Novel Food Packaging Techniques*, Edited by Raija Ahvenainen, Woodhead Publishing in Food Science and Technology, The University of Manitoba Canada. 50-70.
- Huff, K., 2008. Active and Intelligent Packaging: Innovations for the Future. <http://www.iopp.org/files/public/VirginiaTechKarleighHuff.pdf>.

- Jacxsens, L., Van Der Steen, F.D.C., Debevere, J., 2001. Effect of High Oxygen Modified Atmosphere Packaging on Microbial Growth and Sensorial Qualities of Fresh-Cut Produce. *International Journal of Food Microbiology*, 71 (2-3): 197-210.
- Kartal, S., 2010. Çileğin Raf Ömrünün Mikroperfore Filmler ve Oksijen Tutucular Kullanılarak Denge Modifiye Atmosfer İle Arttırılması. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Çanakkale.
- Kartal, S., 2014. Oksijen Tutucular. [http://www.idealkariyer.org.tr/?sayfa=OKSIJEN\\_TUTUCULAR](http://www.idealkariyer.org.tr/?sayfa=OKSIJEN_TUTUCULAR).
- Kerry, J.P., Hogan, S.A., O'Grady, M.N., 2006. Past, Current and Potential Utilisation of Active and Intelligent Packaging Systems for Meat and Muscle-based Products. *Meat Science*, 74: 113-130.
- Kocamanlar, E., 2009. Ambalaj ve Fonksiyonları. *Ambalaj Bülteni Dergisi*, Ekim: 34-38.
- Kocaman, N., Sarımehtemoğlu, B., 2010. Gıdalarda Akıllı Ambalaj Kullanımı. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 81 (2): 67-72.
- Kokangül, G., Fenercioglu, H., 2012. Gıda Endüstrisinde Akıllı Ambalaj Kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (2): 31-43.
- Lavieri, N., Williams, S.K., 2014. Effects of Packaging Systems and Fat Concentrations on Microbiology, Sensory and Physical Properties of Ground Beef Stored at  $4 \pm 1$  °C For 25 Days. *Meat Science*, 97 (4): 534-54.
- Mills, A., Hazafy, D., 2009. Nanocrystalline Sno2-Based, UVB-Activated, Colourimetric Oxygen Indicator. *Sensor and Actuators B: Chemical*, 136 (2): 344-349.
- Özçandır, S., Yetim, H., 2010. Akıllı Ambalajlama Teknolojisi ve Gıdalarda İzlenebilirlik. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5 (1): 1-11.
- Özoğul, Y., Özoğul, F., Küley, E., 2006. Modifiye Edilmiş Atmosfer Paketlemenin Balık ve Balık Ürünlerine Etkisi. *Su Ürünleri Dergisi*. 23 (1-2): 193-200.
- Pereira De Abreu, D.A., Cruz, J.M., Losada, P.P., 2012. Active and Intelligent Packaging for The Food Industry. *Food Reviews International*, 28: 146-187.
- Polat, S. ve Fenercioglu, H., 2014. Gıda Ambalajlamasında Nanoteknoloji Uygulamaları: İnorganik Nanopartiküllerin Kullanımı. *Gıda*, 39 (3): 187-194.
- Purma, Ç., Serdaroğlu, M., 2006. Akıllı Ambalajlama Sistemlerinin Gıda Sanayinde Kullanımı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*; 24-26 Mayıs, Bolu.
- Ragaert, M.V.P., Devlieghere, F., Meulenaer, B.D., 2014. Intelligent Food Packaging: The Next Generation. *Trends in Food Science & Technology*, 39: 47-62.
- Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., 2011. The Role of RFID in Agriculture: Applications, Limitations and Challenges. *Comput Electron Agric*, 79: 42-50.
- Sandhya, 2010. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce: Current Status and Future Needs. *Food Science and Technology*, 43 (3): 381-392.
- Shimoni, E., Anderson, E.M., Labuza, T.P., 2001. Reliability of Time Temperature Indicators Under Temperature Abuse. *Journal of Food Science*, 66: 1337-1340.
- Stivertsvik, M., Rosnes, J.T., Bergslien, H., 2002. Modified Atmosphere Packaging. *Minimal Processing Technologies*, Ohlsson T., Bengtsson N. (ed). Woodhead Puplicing, 282.
- Sürengil, G., Kılınç, B., 2011. Gıda - Ambalaj Sektöründe Nanoteknolojik Uygulamalar ve Su Ürünleri Açısından Önemi. *Journal of Fisheries Sciences*, 5 (4): 317-325.
- Üçüncü, M., 2011. Gıda Ambalajlama Teknolojisi. *Ambalaj Sanayiciler Derneği*. İstanbul.
- Üçüncü, M., 2013. Aktif Ambalajlama Teknolojisi ve Akıllı Ambalajlar. *Plastik, Ambalaj, Makina ve Kalıp Sektörünün Aylık Teknik Dergisi*; Plastik ve Ambalaj Teknolojisi. 20 Mart. <http://www.plastik-ambalaj.com/tr/>.
- Var, I., Sağlam, S., 2015. Gıda Endüstrisinde Nanoteknoloji Uygulamaları. *Gıda*, 40 (2): 101-108.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, Y.M., Kruijff, N.D., Debevere, J., 1999. Developments in The Active Packaging of Foods. *Belgium Trends in Food Science & Technology*, 10: 77-86
- Weiss, J., Gibis, M., 2013. Nanotechnology in the Food Industry. *Ernaehrungs Umschau International*, 4: 44-51.
- Yam, K.L., Takhistov, P.T., Miltz, J., 2005. Intelligent Packaging: Concepts and Applications. *Journal of Food Science*, 70 (1): 1-10

- Yezza, I.A., 2008. Active/Intelligent Packaging: Concept, Applications and Innovations. Technical Symposium, New Packaging Technologies to Improve and Maintain Food Safety, September: 18-19, Toronto.
- Yilmazer, M., Altay, F., 2014. Gıda Ambalajlarında Nanoteknolojik Uygulamalar ve Faz Değişim Materyalleri. Gıda, 39 (6): 371-378.