



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

“Erasmus+ Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir.
Ancak burada yer alan görüşlerden Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz.”

Gıda Ambalajlama ve Depolama Kılavuzu



**“YETİŞKİNLERİN GIDA OKURYAZARLIĞI
YETKİNLİKLERİNİN ARTIRILMASI”
PROJESİ**

2020-1-TR01-KA204-092828

2022



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

“Erasmus+ Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir.
Ancak burada yer alan görüşlerden Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz.”

“YETİŞKİNLERİN GIDA OKURYAZARLIĞI YETKİNLİKLERİNİN ARTIRILMASI” PROJESİ

F    **TR**

2020-1-TR01-KA204-092828

2022



TAGEM
AR-GE & İNOVASYON



İçindekiler

Giriş	4
1. Gıda ürünlerinin raf ömrü	5
2. Kalite bozulma süreçleri	10
2.1 Mikrobiyolojik bozunmalar	11
2.2 Fiziksel prosesler	17
2.2.1 Mekanik zarar	17
2.2.2 Nem Değişiklikleri	18
2.3. Kimyasal prosesler	18
2.3.1 Lipit oksidasyonu	19
2.3.2 Biyoaktif bileşiklerin bozulması	20
3. Ambalajlama	23
3.1 Ambalajlama nedir?	23
3.2 Ambalaj malzemesi türleri	26
3.3 Farklı gıda ürünleri için malzeme önerileri	29
4. Ambalajlama ortamları	37
4.1. Vakum ambalajlama	37
4.2. Modifiye atmosfer	39
5. Yeni ambalajlama teknolojileri	41
5.1. Aktif paketleme	41
5.2. Akıllı paketleme	44
5.3. Alternatif yeni ambalajlama malzemeleri	48
6. Gıda depolama kuralları	54
6.1. Uzun raf ömrüne sahip gıdalar ve taze ürünler	54
6.2. Dondurulmuş ve soğutulmuş gıdalar	58
Sonuç	60

Şekiller Dizini

Şekil 1. "Tavsiye edilen tüketim tarihi" ve "Son tüketim" tarihlerinin gösterimi	5
Şekil 2. Gıda ürünlerinin raf ömrünü belirleme adımları	8
Şekil 3. Depolama sırasında gıdada meydana gelen değişiklikler	10
Şekil 4. Su aktivitesi stabilite haritası	12
Şekil 5. Farklı ürünlerin pH skalası	15
Şekil 6. Farklı sıcaklık ve sürelerde depolanan ayva nektarındaki askorbik asit bozunması	21
Şekil 7. Çeşitli gıda ürünlerinin ambalajlanmasında kullanılan gaz örnekleri	39
Şekil 8. Şematik olarak aktif paketleme uygulaması	42
Şekil 9. Renk tepki çizelgeli karbondioksit göstergesi	46
Şekil 10. Radyofrekans tanımlama sisteminin görsel çizimi	48
Şekil 11. Biyobazlı ve geleneksel plastiklerin haritası	50
Şekil 12. Yenilebilir film ve kaplamaların üretimi	52
Tablo 1. Gıda ürünlerinin su aktivite değerleri ve nem içeriği	13
Tablo 2. Yiyecek ve içeceklerde mikroorganizmalara neden olan bazı yaygın bozulma örnekleri	16
Tablo 3. Gıda kaynaklarından elde edilen antioksidanlar	20
Tablo 4. Gıda ürünleri için ambalajlama materyalleri	35
Tablo 5. Vakumlu ve vakumsuz ürünlerin raf ömrü	38
Tablo 6. Gıdalar için aktif paketleme sistemleri	43
Tablo 7. Antimikrobiyal paketleme sistemler	44
Tablo 8. Uzun raf ömrüne sahip gıdalar	55
Tablo 9. Meyve ve sebzelerin raf ömrü	57

Giriş

Avrupa Komisyonu tarafından Erasmus+ Programı kapsamında desteklenen “Yetişkinlerin Gıda-Okuryazarlığı Yetkinliklerinin Artırılması [FOODTR]” başlıklı AB Stratejik Ortaklık projesi, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından koordine edilmekte ve 4 ülkeden proje paydaşları ile birlikte yürütülmektedir. Projenin ulusal paydaşları Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM), Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Bursa İl Tarım), Bursa Büyükşehir Belediyesi (TARIM A.Ş.) ve Bursa Teknik Üniversitesi'dir (BTÜ). İspanya Gıda ve Konservecilik Ulusal Teknoloji Merkezi (CTNC), Estonya Gıda ve Fermantasyon Teknolojileri Merkezi (TFTAK) ve Macaristan Széchenyi István Üniversitesi (SZE) ise diğer projenin uluslararası paydaşlarıdır.

Gıda endüstrisi, dünyanın en büyük ve en karmaşık iş sektörlerinden birisidir. Dünya nüfusunun her geçen gün artmasıyla birlikte gıda üreticileri, mümkün olan en iyi kaliteyi sağlayabilmek adına sürekli çaba sarf etmek zorundadır. Küresel gıda ağının tedarik zinciri çok yönlüdür. Eldeki hammaddeleri tüketiciye yönelik gıda ürünlerine dönüştürmek amacıyla hammadde üreticileri, tedarikçiler, son ürün üreticileri, dağıtım ve perakende zincirini kapsamaktadır. Tüm bu aşamalarda, gıda ürünleri nihai olarak tedarik zincirinin son halkası olan müşteriye ulaşmadan önce söz konusu ürünlerin güvenliği ve kalitesi güvence altına alınmalıdır.

Depolama sırasında gıda ürünlerinin en yüksek düzeyde kalite ve güvenliğini sağlamak amacıyla, uygun ambalajlama yöntemlerinin uygulanması oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Ürünün ihtiyaçlarını karşılayan doğru ambalajlama malzemeleri, olası kalite bozulma süreçlerini geciktirmekte ve ambalajlanmış ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır.

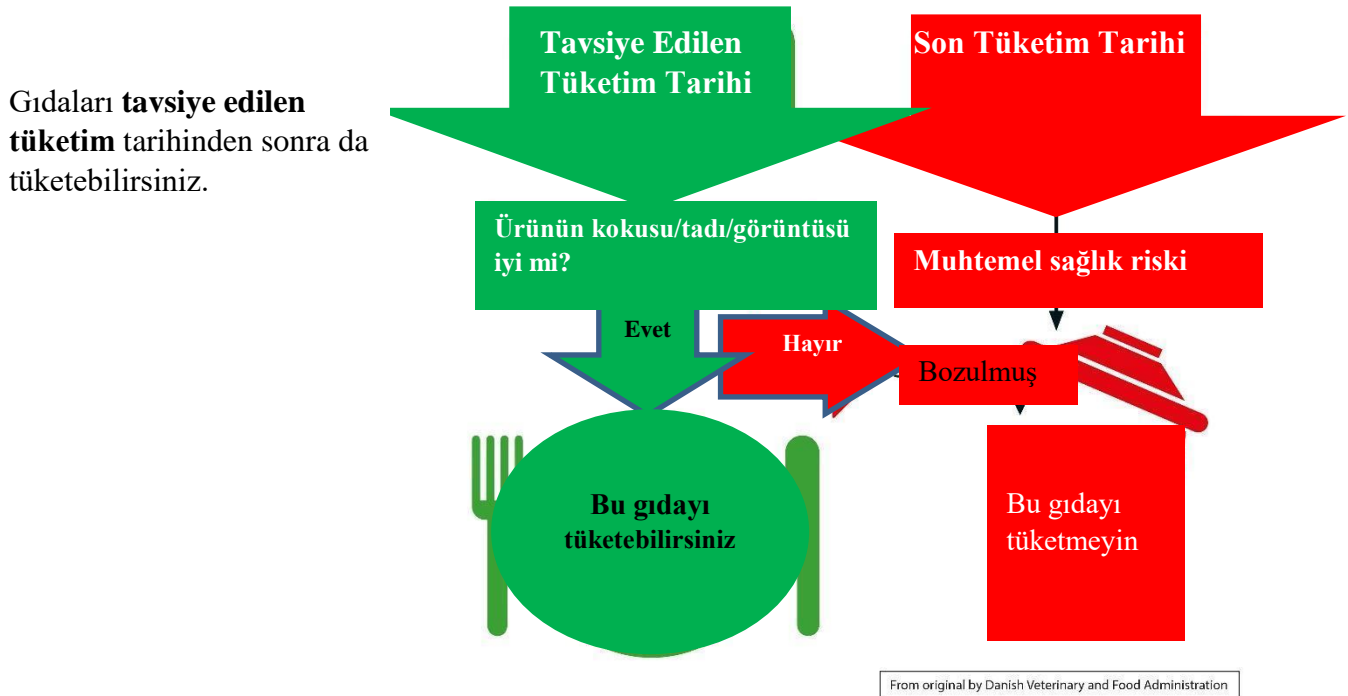
Doğru ambalajlama yöntemlerine ek olarak, doğru depolama koşulları da ürün geliştirme aşamasında belirlenen tahmini raf ömrüne ulaşılmasına yardımcı olmaktadır. Çeşitli gıda ürünlerinin depolama ile ilgili farklı ihtiyaçları bulunmaktadır, gıdanın kalitesini ve güvenliğini muhafaza edebilmek için bu koşulların perakende zinciri boyunca sabit olması hayati önem taşımaktadır. “Yetişkinlerin Gıda-Okuryazarlığı Yetkinliklerinin Artırılması” projesi kapsamında hazırlanmış olan **Gıda ambalajlama ve depolama kılavuzu** yetişkinlere gıda maddelerinin ambalajlanması ve saklanması konusunda önemli bilgiler vermektedir.

1. Gıda ürünlerinin raf ömrü

Raf ömrü, bir gıdanın belirli üretim ve depolama sürecinde kabul edilebilir veya arzu edilen özelliklerini muhafaza ettiği süredir. Raf ömrü; gıda ürününün güvenliği ve kalitesini koruduğu, istenilen duyuşal, kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve besin değeri özelliklerini sağladığı zaman periyodu olarak da tanımlanmaktadır. 1169/2011 sayılı Avrupa Birliği yönetmeliğine göre, gıda ürünlerinin raf ömrünün asgari dayanıklılık ("tavsiye edilen tüketim tarihi") veya "son tüketim" tarihi ile belirtilmesi gerekmektedir (AB Yönetmeliği, Sayı 1169/2011).

Asgari dayanıklılık tarihi veya "tavsiye edilen tüketim tarihi", bir gıda ürününün; tüketicilerin beklentilerine uygun duyuşal özellik ve besin değeri gibi kaliteye dayanan özelliklerini koruduğu tarih olarak tanımlanmaktadır. Mikrobiyolojik bozulmaya yatkın ve çabuk bozulabilen gıdalar için raf ömrü "son tüketim tarihi" olarak tanımlanmaktadır. Bu, bir gıdanın doğru bir şekilde depolandıktan sonra güvenle kullanılabilceği, tüketilebileceği, pişirilebileceği veya işlenebileceği tarihe işaret etmektedir. Bu tarihten sonra gıda güvenli değildir ve satılamaz (Şekil 1) (Singh ve diğeri, 2017).

Gıda ürününün dayanıklılık tarihi geçtiğinde ne yapmalıyım?



Şekil 1. "Tavsiye edilen tüketim tarihi" ve "Son tüketim" tarihlerinin gösterimi (Danimarka Veterinerlik ve Gıda İdaresi)

Tüketilmesi güvenli olan ve kabul edilebilir düzeyde kaliteye sahip bir gıda ürününün doğru raf ömrünü tanımlamak için bir gıda işletmecisinin dikkat etmesi gereken noktalar bulunmaktadır. İlk olarak, ürünün hedeflenen raf ömrü süresince tüketilmesinin güvenli olup olmadığını ve ikinci olarak da ürünün hedef kitle tarafından tüketilemeyecek hale gelmeden önce ne kadar süre dayanacağını bilmek önemlidir. Bir gıda üreticisinin, bu soruları yanıtlayabilmek için ürün, hammaddeler, üretim süreçleri ve olası bozulma mekanizmaları hakkında bilgiye sahip olması gerekmektedir (Man, 2016).

Bir ürünün raf ömrü, Tehlike Analizi Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) ilkeleri temelinde, yasalar uyarınca gerekli gıda güvenliği yönetim prosedürlerine uygun çalışmalar yapılarak belirlenmektedir. Raf ömrü testleri, ürün kalitesinin, dayanıklılığının ve güvenilirliğinin belirli koşullar altında deneye tabi tutulduğu testlerdir. Tanımlanan raf ömrü, AB gıda yasasının gerektirdiği şekilde "son tüketim" veya "tavsiye edilen tüketim tarihi" olarak ifade edilmektedir (Man, 2016).

Bir raf ömrü çalışması birden fazla adımdan oluşmaktadır (Şekil. 2). İlk olarak, hedeflenen ürünün özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. İkinci olarak, gıda bozulmasının veya kalitenin kötüleşmesinin sebepleri mevcut literatürden yola çıkılarak belirlenmelidir. Bu bilgileri elde ettikten sonra ambalaj malzemelerinin, ortamların ve depolama koşullarının doğru seçimi çok önemlidir. Üçüncü olarak, depolama süresini uygun bir şekilde değerlendirebilmek için doğru analizlerin seçilmesi gerekmektedir. Genellikle gıda üreticileri, ürünlerin kalitesini kimyasal, duyuşsal ya da mikrobiyolojik analizlerle değerlendirmektedir. Ürünün güvenilirliğini ve kalitesini test etmek için yapılacak doğru analizler seçildikten sonra ürünün raf ömrünü belirleyen çalışmalar gerçekleştirilebilir (FSAI, 2019; NZFSA, 2005).

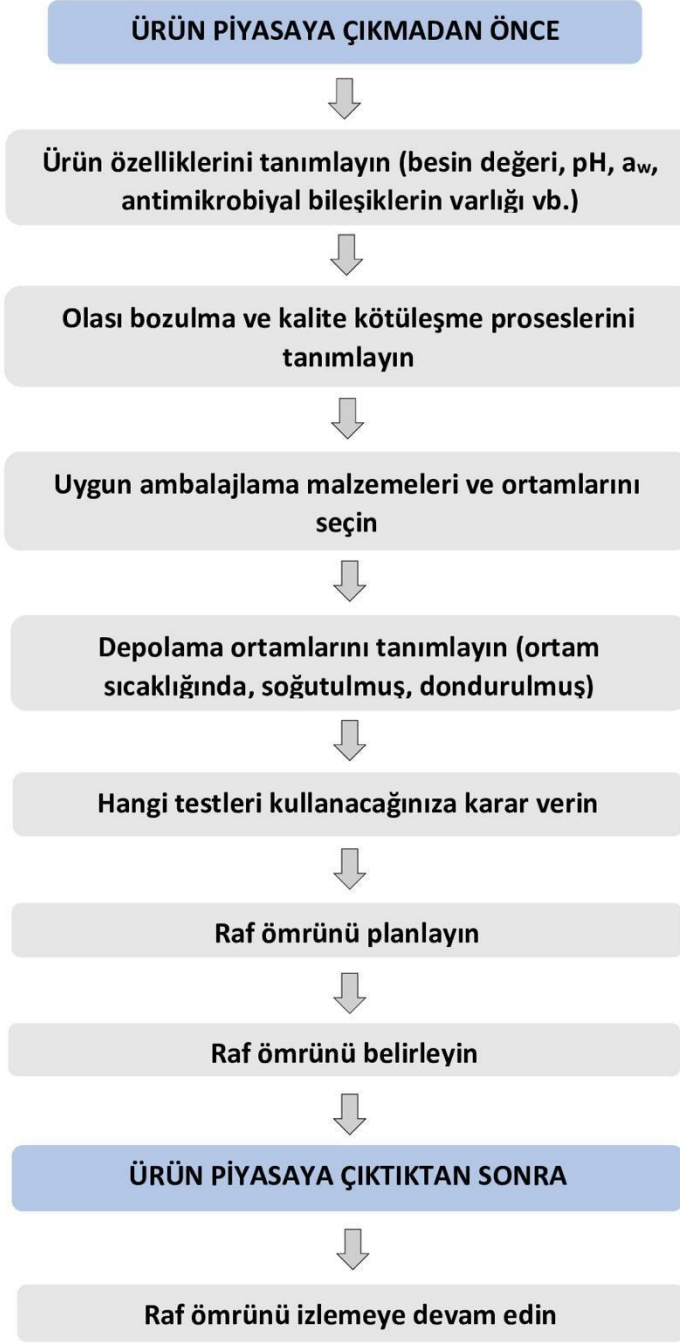


Gıda ürünleri, özelliklerine göre farklı raf ömrüne sahip olabilirler. Kısa raf ömrüne sahip ürünler mikrobiyal bozulmaya eğilimlidir ve "son tüketim" tarihine tabidir (Singh ve diğerleri,

2017). Küf, maya ve bakteri gibi belirli mikroorganizmalar mikrobiyal bozunmalara sebep olarak gıdaların tüketimini güvensiz hale getirmekte ve bu nedenle gıda israfına neden olmaktadır (Lianou ve diğerleri, 2016). Kısa raf ömrüne sahip gıda ürünlerine örnek olarak; süt, kırmızı et, beyaz et, balık, pişmiş hazır yemekler sayılabilir.



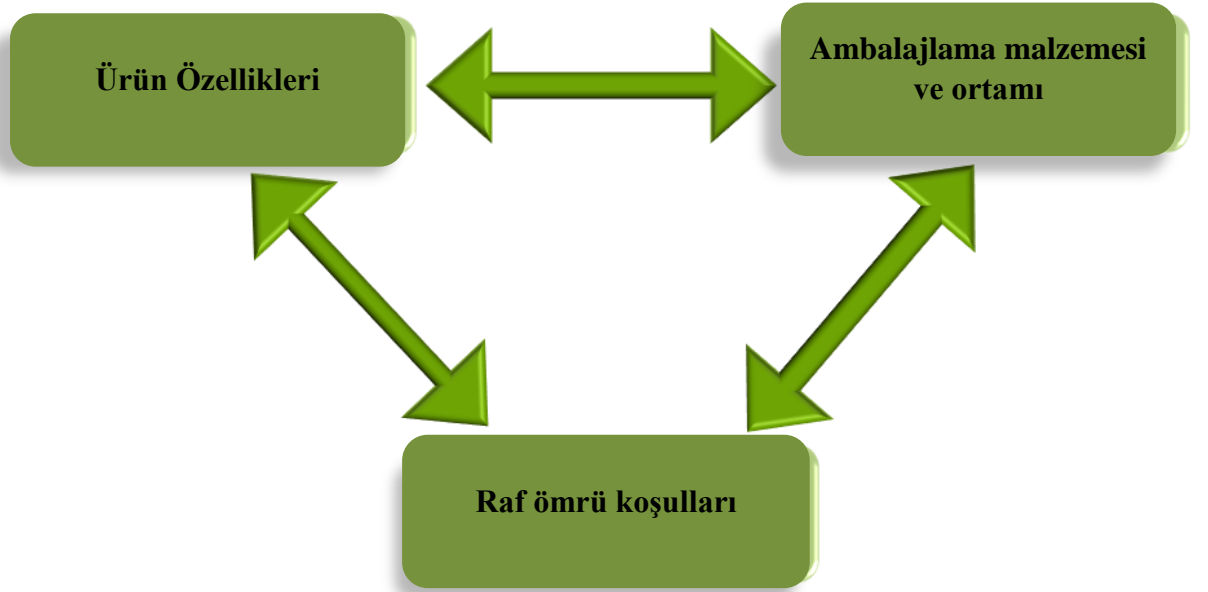
Mikrobiyal açıdan riskli olmayan ve genellikle oksidasyon veya nem soğurumu gibi kimyasal ve fiziksel değişimlere maruz kalan gıdalar; orta veya uzun raf ömrüne sahiptir. Bu ürünlerdeki temel kalite değişiklikleri, karakteristik organoleptik özelliklerin kaybı, kötü tat ve kokuların ortaya çıkmasıdır. Bunun yanında, vitaminlerin ve biyoaktif bileşiklerin bozunması besin değerinde kayıplara sebep olmaktadır (Corradini, 2018). Orta veya uzun raf ömrüne sahip gıda ürünlerinden bazıları; patates cipsi, unlar, kahvaltılık tahıl ürünleri, makarna, süt tozu, kurutulmuş et, pastörize ve konserve gıdalardır.



Şekil 2. Gıda ürünlerinin raf ömrünü belirleme adımları (2005 tarihli NZFSA'dan değiştirilerek alınmıştır)

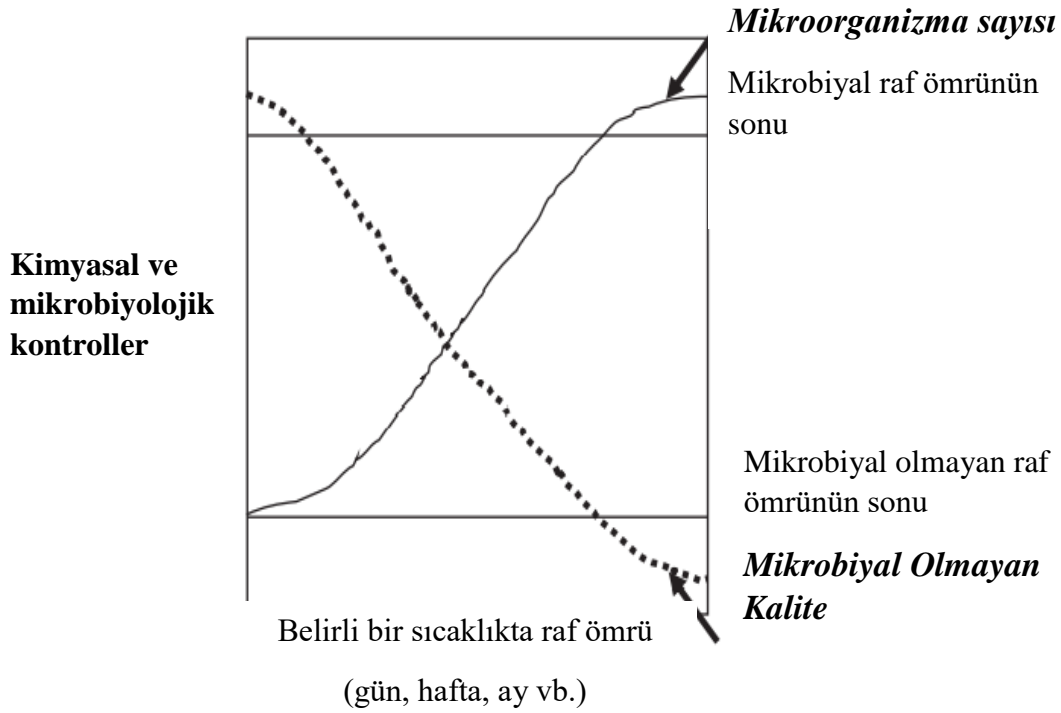
Ürün özelliklerine ek olarak, raf ömrünü etkileyen faktörler arasında ambalaj malzemelerinin seçimi, ambalajlama ortamları ve depolama koşulları da yer almaktadır. Örneğin, depolama sırasında nem soğurumu olan ürünler, ürünün nemlenmesini önleyen ambalajlara ihtiyaç duymaktadır. Bu durum su ve nem bariyerli materyaller de dahil olmak üzere doğru malzeme bileşiminin seçilmesini gerektirmektedir. Yağlı gıdaların raf ömrünü artırmak için genellikle oksijen bariyerli ambalaj malzemeleri kullanılmaktadır. Bunun yanında, bir gıdanın güvenliğini ve kalitesini sabit tutmak için, farklı gazların kullanıldığı paketleme ortamları oluşturulmaktadır. Örneğin, taze etin raf ömrünü uzatmak için oksijen, karbondioksit ve nitrojen karışımı uygulaması yapılmaktadır. Yağlı gıdaların raf ömrünü artırmak için ise, dolgu gazı olarak azot kullanılarak oksijen uzaklaştırılmaktadır.

Depolama koşulları, bir gıda ürününün raf ömrünü etkileyebilecek başka bir faktördür. Örneğin; kırmızı et, beyaz et ve balık gibi taze et ürünlerinin belirli günler içerisinde tüketilmesi halinde buzdolabında saklanması önerilir, ancak tahıllar ve şekerlemeler gibi raf ömrü uzun olan gıdalar oda sıcaklığında saklanabilir. Dondurulmuş gıdaların ise soğuk hava koşullarında muhafaza edilmesiyle raf ömürleri uzatılabilmektedir (Robertson, 2013; Singh ve diğerleri, 2017; Lianou ve diğerleri, 2016; Sancho-Madriz, 2003). Ambalajlama malzemeleri, ortamlar ve önerilen depolama koşulları ile ilgili daha ayrıntılı hususlar 3, 4 ve 5 numaralı bölümlerde verilmektedir.



2. Kalite bozulma süreçleri

Gıda ürünlerinin raf ömrü boyunca mevcut olan kalitesini farklı prosesler etkilemektedir. Bunlar arasında kimyasal, biyokimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik değişiklikler yer almaktadır. Bu prosesler, farklı zaman aralıklarında ayrı ayrı gerçekleşebilir ya da eşzamanlı olarak çok boyutlu kalite kaybına neden olmak suretiyle gerçekleşebilir. Mikrobiyal kalitenin korunması, mikroorganizma sayısının izin verilen maksimum düzeyi aşmaması anlamına gelir. Mikrobiyolojik prosesler meydana geldiğinde mikroorganizmaların sayısı artmakta ve ürünün raf ömrü sona ermektedir. Kimyasal ve fiziksel değişiklikler genel kalitenin düşmesine, kötü kokuların ve kötü tatların gelişmesine, besin değeri kaybına ve hatta olası toksik bileşiklerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Corradini, 2018; Man, 2016). Depolama sırasında gerçekleşen bu proseslere ait görseller Şekil.3'te verilmiştir.



Şekil 3. Depolama sırasında gıdada meydana gelen değişiklikler (Man 2016)

2.1 Mikrobiyolojik bozunmalar

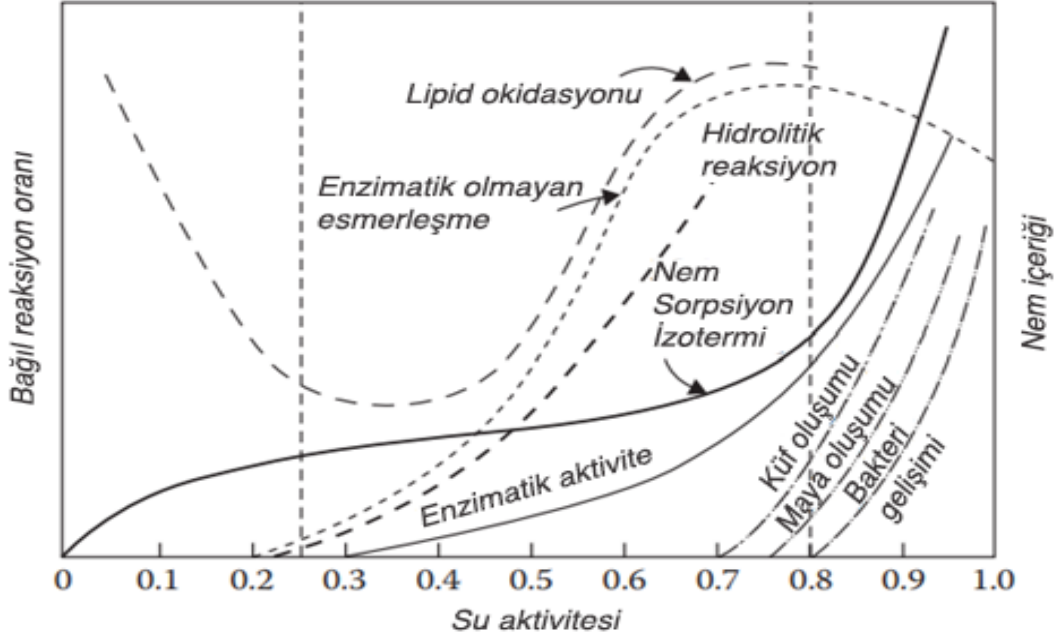
Mikrobiyolojik bozunmalar, ürünü kabul edilemez hale getiren ve tüketilmesini engelleyen gıda bozunmalarıdır. Bu prosesler, yiyecek ve içeceklerde baskın olan küf, maya ve bakteri gibi belirli mikroorganizma gruplarının biyokimyasal aktivitesi ile birlikte meydana gelmektedir (Lianou ve diğerleri, 2016).

Gıdalarda bozulmaya sebep olan çeşitli mikroorganizmalar bulunmaktadır. Örneğin bakteriler; kırmızı et, beyaz et, balık, kabuklu deniz ürünleri, süt ve bazı süt ürünleri gibi farklı gıdalarda hızlı bozulmaya sebep olmaktadır. Küfler ve mayalar genellikle ekmek ve süt ürünleri gibi gıdaların yüzeyinde görülür ve büyümeleri bazı bakterilere kıyasla daha yavaştır. Bununla birlikte, farklı bileşikleri parçalayabilirler ve daha aşırı koşullara karşı bakterilerden daha iyi direnç gösterebilirler (Petruzzi ve diğerleri, 2017).

Gıdalardaki mikroorganizmaların gelişimi farklı iç ve dış faktörlere bağlıdır. İç faktörler arasında pH, su aktivite değerleri, besin ögeleri, fiziksel yapısı ve antimikrobiyal bileşiklerin varlığı sayılabilir (Lianou ve diğerleri, 2016). Her mikroorganizmanın hem besinin kendisine hem de büyümek için karşılanması gereken ortama ilişkin özel şartlara gereksinimleri bulunmaktadır (Singh ve Anderson, 2004).

İlk olarak, gıdanın yapısı önemli bir role sahiptir. Meyve, sert kabuklu yemişler ve yumurta gibi bazı gıdaların, mikroorganizmanın iç kısımlarına ulaşmasını önleyici kabukları bulunmaktadır. Bu durumda, mikroorganizmalar sadece yüzeyde yayılmaktadır. Akışkan gıdalarda ise mikroorganizmalar gıdanın tamamına yayılarak daha hızlı bozulmaya neden olmaktadır (Petruzzi ve diğerleri, 2017).

Gıdadaki nem içeriği ve su, hem bir gıda ürünün özelliklerini (şekil, renk, doku, ağırlık vb.) hem de mikroorganizmaların büyümesini etkilemektedir. Gıda ürünlerinde nem iki şekilde oluşabilmektedir. İlk olarak, su, gıda içerisinde bulunan protein, tuz ve şeker gibi bileşenlere bağlanabilir. İkincisi, su serbest yapıda olabilir, ki bu durum mikrobiyal büyüme için uygundur. Bir ürünün denge bağıl neminin 100'e bölümü su aktivitesi (a_w) olarak tanımlanmaktadır. Daha basitçe ifade etmek gerekirse, gıdadaki mikroorganizmalar tarafından kullanılacak serbest su miktarını ifade eder (Singh ve Anderson, 2004). Su aktivitesi 0-1 arasında değişir (Şekil. 4).



Şekil 4. Su aktivitesi stabilite haritası (Robertson, 2013)

Toplam nem ve su aktivitesi arasındaki ilişki ise karmaşıktır. Yüksek nem içeriğine sahip gıdaların, kuru gıdalardan daha yüksek su aktivitesine sahip olması beklenebilir ancak bu durum her zaman böyle olmayabilir. Bu, ürünlerdeki suyun ne kadarının diğer bileşiklere bağlı olduğu ile alakalıdır. Ayrıca, aynı su içeriğine sahip ürünler farklı su aktivitelerine de sahip olabilir. Taze gıdaların çoğu 0,95'in üzerinde su aktivitesine sahiptir, bu nedenle mikrobiyal bozunmaya karşı hassasiyetleri vardır. Neredeyse hiçbir mikroorganizma 0,6'nın altındaki su aktivitelerinde büyüyemez, ancak bunların hemen hemen hepsi 0,9'un üzerindeki su aktivitelerinde büyüyebilir. Çoğu bakteri 0,91 a_w'nin altında üreyemez, ancak yüksek tuz içerikli gıdalarda 0,75 a_w'ye kadar gelişebilen bazı bakteriler mevcuttur. Mayalar da 0,88'lik bir a_w 'nin altında gelişemez, ancak yüksek şekerli gıdalarda gelişen bazı mayalar 0,6 a_w'ye kadar büyüyebilir. Ayrıca, kuru gıdalarda yüksek dayanıklılığa sahip bazı küfler 0,65 a_w'de gelişebilse de çoğu küf 0,8'lik bir a_w'nin altında büyümmez (Singh ve Anderson, 2004). Bazı yaygın gıda ürünlerinin su aktivite değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

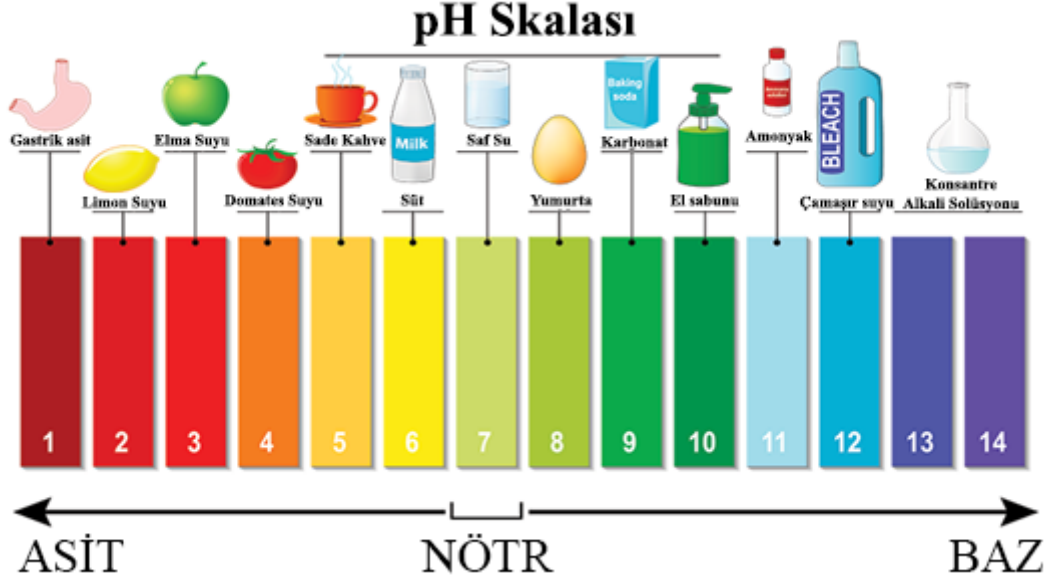
Tablo 1. Gıda ürünlerinin su aktivite değerleri ve nem içeriği (Schmidt ve Fontana, 2020)

Gıda ürünü	a_w değeri	Nem içeriği, %
Ekmek	0,96	37,0
Bisküvi	0,2-0,5	2,0-8,0
Kraker	0,1 - 0,4	1,0-5,0
Çörek, kek	0,84-0,95	21,0-40,0
Granola Barlar	0,21	1,5
Tortilla ekmeği	0,92	30,8
Kahvaltılık gevrek	0,10-0,40	1,0-7,0
Sert kabuklu meyveler	0,20-0,40	0,5-3,0
Patates cipsi	0,09-0,26	0,3 - 1,3
Makarna	0,30	5,4
Ranch sos	0,97	75,0
Çikolata	0,60	1,2
Akçağaç şurubu	0,90	29,0
Bal	0,50	15,0-21,0
Tereyağı	0,90	15,9
Peynir	0,96	40,0
Mayonez	0,93-0,96	14,0-29,0
Süt	0,98	89,2
Elma	0,98	84,6
Limon	0,98	90,8
Meyve suları	0,97	87,0
Patates	0,93	79,1

Domates	0,98	94,9
Dana pizola	0,96	66,5
Dana kıyma	0,99	71,2
Kurutulmuş et	0,69	16,6
Tavuk göğüs eti	0,97	74,6
Somon fileto	0,95	68,3

Mikroorganizmaların büyümesini ve profilini etkileyen diğer bir etmen de ürünün besin bileşimidir. Örneğin; kırmızı et, balık ve yumurta gibi proteinli gıdalarda, protein moleküllerini parçalayan organizmalar hakimken, yağlı ürünler ise lipit moleküllerini parçalayan mikroorganizmalara yatkındır (Nychas ve Panagou, 2011; Petruzzi ve diğerleri, 2017).

Yiyeceklerin pH değeri, içlerinde hangi organizmaların baskın olacağını büyük ölçüde sınırlamaktadır. pH skalası 1 – 14 arasındaki değerler arasında tanımlanır, söz konusu skalada 7 nötr alan, bunun üstü alkali ve altı asit alanı olarak ifade edilebilir (Şekil. 5). Çoğu mikroorganizma, 7,0'a yakın bir nötr pH'da yaşayabilir. Bununla birlikte, bu belirtilen aralığın dışında pH değerlerini tolere edebilen bakteriler de vardır. Örneğin, narenciye gibi çok düşük pH'ya sahip ürünlerde (<3,7), laktik asit bakterileri ve asetik asit bakterileri gelişebilir. Mayalar 4,5-7,0 aralığında ve küfler ise 3,5-8,0 aralığında en iyi şekilde gelişebilir (Singh ve Anderson, 2004; Petruzzi ve diğerleri, 2017).



Şekil 5. Farklı ürünlerin pH skalası (Kaynak: Öğrenciler için Science News web sayfası)

Taşıma, perakende satış ve depolama sırasındaki sıcaklık, mikroorganizmaların büyümesini etkileyen bir dış etmendir. Mikroorganizmalar gelişebildiği sıcaklık değerlerine göre 3 ana gruba ayrılmaktadır. Mezofilik organizmalar 10°C ile 45°C arasında büyüebilir, ancak üremeleri için optimum koşullar 30°C ile 40°C arasındadır. Psikrofil m.o.'lar 20°C ile 30°C arasında yaşayabilir ancak 10°C 'nin altındaki daha soğuk koşullarda da büyüebilirler. Termofiller, daha sıcak koşulları tercih eden ve 45°C - 65°C arasında en iyi şekilde gelişen organizmalardır. Daha yüksek sıcaklıklarda mikroorganizmalar yaşayamazlar (Singh ve Anderson, 2004). Gıda ve içeceklerde bozulmaya neden olan bazı yaygın mikroorganizmalara ait örnekler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yiyecek ve içeceklerde mikroorganizmalara neden olan bazı yaygın bozulma örnekleri (Singh ve Anderson, 2004)

İsim	Mikroorganizma türü	Ürün örnekleri
<i>Candida spp.</i>	Maya	Kırmızı et, beyaz et, deniz ürünleri ve süt ürünleri
<i>Saccharomyces spp.</i>		Şarap, bira ve elma şarabı gibi fermente içecekler
<i>Zygosaccharomyces spp.</i>		Mayonez, turşu, ketçap
<i>Aspergillus spp.</i>	Küf	Tahıllar, meyveler, sebzeler, sert kabuklu meyveler
<i>Fusarium spp.</i>		Sebzeler, meyveler, tahıllar
<i>Mucor spp.</i>		Meyveler, sebzeler, peynir
<i>Penicillium spp.</i>		Kırmızı et, meyveler, sebzeler, tahıllar
<i>Rhizopus spp.</i>		Ekmek, sebzeler, taze et
<i>Bacillus cereus</i>		Balık, taze et, su
<i>Campylobacter spp.</i>	Bakteri	Et, süt
<i>Clostridium botulinum</i>		Uygun hazırlanmamış konserve yiyecekler
<i>Escherichia coli</i>		Sebzeler, kırmızı et, beyaz et, süt
<i>Listeria monocytogenes</i>		Beyaz et, süt ürünleri, kırmızı et, sebzeler
<i>Salmonella spp.</i>		Beyaz et, kırmızı et, süt
<i>Staphylococcus aureus</i>		Kırmızı et, beyaz et
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>		Balık, deniz ürünleri
<i>Yersinia enterocolitica</i>		Taze et, süt, deniz ürünleri
<i>Laktik asit bakterileri</i>		Meyve ve sebzeler, bira, süt, vakumlu paketlenmiş etler
<i>Asetobakter spp</i>		Meyveler, bira, şarap
<i>Bacillus subtilis</i>		Sebzeler, taze etler, beyaz et, ekmek, süt
<i>Enterobacter spp.</i>		Taze etler, beyaz etler
<i>Pseudomonas spp.</i>		Sebzeler, kırmızı et, beyaz et, yumurta

Ambalajlanmış gıdaları depolarken, gaz bileşimi de mikroorganizmaların gelişimini etkileyen önemli bir etmendir. *Bacillus*, *Pseudomonas* gibi bakteriler ve küfler oksijen varlığında gelişirler. Anaerobik organizmalar büyümek için oksijene ihtiyaç duymazlar, bu nedenle sıkıca kapatılmış kutularda ve vakumlu paketlerde hızla gelişebilirler. Anaerobik organizmalara örnek olarak *Clostridium* ve *Bifidobacterium* verilebilir. Fakültatif organizmalar, örneğin mayaların çoğu gibi, her iki koşulda da gelişebilirler (Petruzzi ve diğerleri, 2017).

2.2 Fiziksel prosesler

2.2.1 Mekanik zarar

Gıdaların mekanik olarak zarar görmesi, ürünlerin görünüşlerini değiştirerek kalitelerini düşürmektedir. Taze meyve ve sebzelerde leke oluşması ve patates cipsi gibi kurutulmuş atıştırılabilir yiyeceklerin ezilmesi veya kırılması bu kapsama girmektedir (Kong ve Singh, 2016).



Meyve ve sebzelerde hasat, ambalajlama, nakliye ve depolama sırasında meydana gelen fiziksel zararlar nedeni ile kayıplar olmaktadır. Meyveler de enzimatik ve mikrobiyolojik prosesler nedeniyle su kaybederek renk değiştirirler. Diğer fiziksel zararlar arasında çatlama ve kırılma yer almaktadır. Örneğin, kuru ve kırılabilir ürünler, nakliye ve dağıtım sırasında kırılıp ufalanabilirler ve bu da ürün kalitesinde kabul edilemez hasarlara yol açar. Bu ürünler arasında, patates cipsi, kraker, tüketime hazır tahıllar ve bazı dondurulmuş gıdalar yer almaktadır (Kong ve Singh, 2016).

2.2.2 Nem değişiklikleri

Nem değişimi, depolama sırasında gıdalarda meydana gelen en önemli fiziksel proseslerden biridir. Kuru veya nemli olsunlar, tüm gıdalar nem kaybından veya nem artışından etkilenebilmektedir. Ambalajlanmış veya ambalajlanmamış gıdalardaki nem değişiklikleri, gıdanın özelliklerini etkileyerek, ürünün su içeriğini artırabilir veya azaltabilir. Örneğin; gıdanın dokusu yumuşama, sertleşme, şişme veya büzülme yoluyla değişikliğe uğrayabilmektedir (Roudaut ve Debeaufort, 2010).

Kahvaltılık gevrekler ve patates cipsi gibi kuru ürünler 0,35 ila 0,5 a_w 'nin üzerine kadar nem kazandıktan sonra gevrekliklerini kaybederler, öte yandan, kurutulmuş meyveler ve unlu mamuller nem bakımından 0,5 ila 0,7 a_w 'nin altına düştüğünde kabul edilemez derecede sertleşirler (Kong ve Singh, 2016).



Ayrıca, taze sebzeler nem kaybıyla birlikte solmaya başlayabilir, bisküviler nem kazandıkça yumuşayabilir ve gevrekliğini kaybedebilir. Lâhana salatası (coleslaw) gibi terbiyeli salatalarda sebzelerden soslara nem geçişi olması ile birlikte sebzelerin dokusunda veya sosun kıvamında değişiklikler meydana gelebilir ve soğuk katmanlı tatlılarda ise nem kaybı ile beraber gözle görülür katman kaybı gibi durumlar gelişebilir (Man, 2016). Bu nedenle, depolama sırasında başlangıçtaki nem içeriğinin ve nem kaybının kontrol edilmesi gıdaların kalitesi için oldukça önemlidir.

2.3. Kimyasal prosesler

Gıda ürünlerinde kalite bozulmasına neden olan bir diğer etmen de kimyasal proseslerdir. Bu proseslerin en önemlilerinden bazıları lipit oksidasyonu ile vitaminler, mineraller, diyet lifleri ve fitokimyasallar gibi biyoaktif bileşiklerin bozulmasıdır.

2.3.1 Lipit oksidasyonu

Lipit oksidasyonu, gıda ürünlerinin raf ömrü boyunca mevcut olan kalitesini etkileyen en önemli kimyasal proseslerden biridir. Lipitler, gıdalardaki yüksek enerjili besin öğeleridir ve vücuda gram başına dokuz kalori (USDA) sağlayarak, bir enerji kaynağı görevi üstlenirler. Ayrıca, gıdalarda esansiyel yağ asitleri veya yağda çözünen vitaminler gibi maddeler de içerirler (Olsen, 2009). Ancak, bu önemli özelliklerin yanı sıra lipitler, farklı faktörlerin etkisiyle oksidasyon süreçleri yoluyla gıdalardaki kalite bozulmasını da etkilemektedir (Kong ve Singh, 2016).

Yağ asitleri, lipitlerin yapı taşlarıdır ve fiziko-kimyasal ve fizyolojik özelliklerini belirlemektedir (Shahidi ve Zhong, 2009). Yağ asitleri doymuş veya doymamış şeklindedir. Doymuş yağ asitleri yalnızca bir karbon-karbon (C=C) bağı içerir ve diğer mevcut bağlar hidrojen atomları tarafından kaplanır. Gıdalarda bulunan bazı doymuş yağ asitleri; stearik asit, palmitik asit ve laurik asittir. Bir veya daha fazla C=C çift bağı içeren yağ asitleri doymamış olarak adlandırılır. Bunlara örnek olarak; oleik, linoleik ve linolenik asitler verilebilir (Moghadasian ve Shahidi, 2017).



Doymuş yağ asitleri daha kararlı iken, doymamış yağ asitleri ise oksidasyona karşı daha hassastır. Lipit oksidasyonunun tetikleyicileri; ışık, sıcaklık, gıdadaki enzimler ve metallerdir (Shahidi ve Zhong, 2009). Lipit oksidasyonu sırasında, üründe kötü tat ve kötü kokuların oluşmasına neden olan uçucu oksidasyon bileşikleri meydana gelmektedir. Bozulmuş ürünler “otsu”, “kokmuş balıksı”, “kartonumsu”, “yağlı”, “boyalı” vb. kokularla karakterize olmaktadır (Frankel, 2005). Oksidasyon, organoleptik kaliteyi değiştirmenin yanı sıra vitamin kaybına, renk değişikliğine, proteinlerin bozulmasına ve daha uzun vadede toksik maddelerin gelişimine dahi yol açmaktadır (Kong ve Singh, 2016). Lipit oksidasyonu ağırlıklı olarak sert kabuklu

meyve, balık, bitkisel yağlar, patates cipsi, süt tozu ve bazı etler gibi doymamış yağ asit içeriği yüksek gıdalarda meydana gelmektedir.

Oksidasyon süreçleri farklı yollarla kontrol edilebilir, geciktirilebilir veya önlenir. Örneğin; antioksidanlar, oksidasyonun etkisini kontrol etmede kullanılabilen bileşiklerdir. Gıda kaynaklarından elde edilen antioksidanlar Tablo 3'te verilmiştir. Lipit oksidasyonunun ana tetikleyicilerinden biri oksijen varlığı olduğundan, oksidasyona duyarlı ürünleri oksijenli ortamdan korumak için doğru ambalajlama yöntemleri oldukça önemlidir. Bunlar arasında, modifiye atmosfer paketleme (MAP), vakum paketleme, emicilerin ve uygun bariyerlere sahip doğru ambalaj malzemelerinin kullanımı gibi aktif paketleme yöntemleri yer almaktadır.

Tablo 3. Gıda kaynaklarından elde edilen antioksidanlar (Shahidi ve Zhong, 2009)

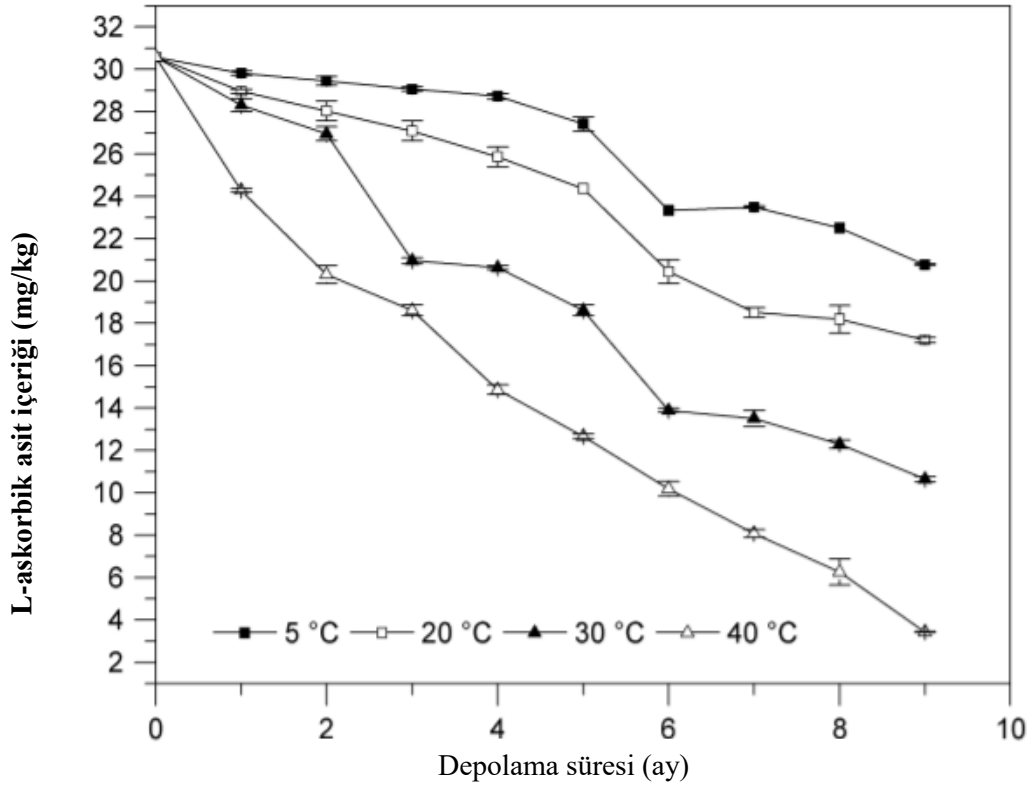
Antioksidanlar	Kaynak
Tokoferol	Tohumlar, tahıllar, sert kabuklu meyveler, bitkisel yağlar vb.
Tokotrienol	Palm yağı, pirinç kepeği yağı
Askorbik asit	Meyveler, sebzeler vb.
Karotenoidler	Havuç, domates, balık/kabuklu deniz ürünleri, deniz yosunu vb.
Fenolikler	Meyveler, sebzeler, sert kabuklu meyveler, tahıllar vb.
Peptit	Süt, yumurta vb.
Enzimler	Bitki ve hayvan organizmaları

2.3.2 Biyoaktif bileşiklerin bozulması

Gıdalardaki biyoaktif bileşikler, kardiyovasküler hastalıklar veya kanser gibi çeşitli kronik hastalıkların önlenmesinde önemli role sahip maddelerdir (Kris-Etherton ve diğerleri, 2002). Örneğin; polifenoller, karotenoidler, vitaminler, omega-3 yağ asitleri, organik asitler ve fitosteroller bunlara dahildir (Kamiloğlu ve diğerleri, 2021). Polifenoller gibi fenolik bileşikler tüm bitkilerde bulunur ve bunların birçoğu antioksidan özellikler taşımaktadır. Elma ve portakal suları, baklagiller ve kırmızı şarap özellikle polifenoller açısından zengindir. Gıdalarda

bulunan biyoaktif bileşiklerin diğer örnekleri olarak; domateslerde bulunan likopen, yulaf, arpa, meyveler, sebzeler, tahıllardaki çözümlü diyet lifleri, soya fasulyesindeki bitki sterollerini sayılabilir (Kris- Etherton ve diğerleri, 2002).

Ancak bu bileşiklerin gıdalardaki kararlılıkları birçok faktöre bağlıdır. Örneğin; askorbik asit, gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılan, gıdaların kalitesini, teknolojik özelliklerini ve besin değerini artıran önemli bir antioksidandır. Bununla birlikte, depolama sırasında bu asidin konsantrasyonu sıcaklık, oksijen ve ışığa bağlı olarak azalır. Örneğin, C vitamini meyve sularında bulunan önemli bir biyoaktif bileşik olduğundan ürün kalitesini önemli ölçüde etkiler. Örnek çalışma olarak, ayva nektarındaki C vitamini içeriğinin azalması araştırılmıştır (Yılmaz ve Karadeniz, 2013). Çalışma ile ayva nektarının toplam fenolik içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin tüm sıcaklıklarda depolama sonrasında azaldığı, ancak sıcaklık artışının ürünlerdeki askorbik asit içeriğini daha da azalttığı ortaya konmuştur. Farklı sıcaklıklarda depolanan askorbik asidin bozunması Şekil. 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Farklı sıcaklık ve sürelerde depolanan ayva nektarındaki askorbik asit bozunması (Yılmaz ve Karadeniz, 2013)

Bunun yanında, narda bulunan biyoaktif bileşiklerin kurutma işlemleri sırasında bozulması da araştırılmıştır. Nar; fenolik asitler, tanenler, antosiyaninler, vitaminler ve organik asitler bakımından zengindir. Kurutma işlemi, narın raf ömrünü uzatır, ancak ürünün kalitesini etkileyebilecek ve değerli biyoaktif bileşiklerin miktarını azaltabilecek ısı ve nem transferini kapsayan karmaşık bir süreçtir (Başlar, 2014).



Yapılan bir araştırmada, nardaki biyoaktif bileşiğin bozunmasının kurutma sıcaklığı ve süresinden önemli ölçüde etkilendiği sonucuna varılmıştır. Toplam fenolik içeriğin bozunma hızı, 55° C ile 75° C arasındaki daha yüksek sıcaklıklarda artış göstermiştir, ancak daha düşük sıcaklıklar ve daha uzun kurutma süresi de biyoaktif bileşiklerin içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir. Bir başka sonuç olarak, kurutma sıcaklığı seviyelerinin numunelerin rengini önemli ölçüde değiştirmediği ortaya konmuştur. Bu çalışma, nardaki biyoaktif bileşiklerin en yüksek miktarda korunması için yüksek sıcaklıkta ancak kısa süreli kurutmanın en iyi çözüm olacağını göstermiştir (Başlar, 2014).

Gıdalarda bulunan fenoller, vitaminler, organik asitler ve diğerleri gibi biyoaktif bileşiklerin bozunmasının sıcaklığa, zamana, oksijen miktarına ve ışığın mevcudiyetine bağlı olarak ön işlem, işleme ve depolama dahil olmak üzere birçok aşamada gerçekleştirilebileceği söylenebilir (Ali ve diğerleri, 2018).

3. Ambalajlama

3.1 Ambalajlama nedir?

Ambalajlamanın ne olduğunu tanımlamadan önce, "ambalaj" ve "ambalajlama" tanımlarını yapmak gereklidir. Ambalaj, ürünü içeren fiziksel malzeme iken, ambalajlama ise müşterilerin satın aldıkları gıdaların üretildiği ve işlendiği andan nihai tüketiciye ulaştığı ana kadar koruma sağlayan bir süreçtir. Ambalaj materyalleri muhafaza, dış etkenlerden koruma, güvenilirliği sağlama, iletişim ve izleme işlevlerini de yerine getirmektedir (Robertson, 2016).

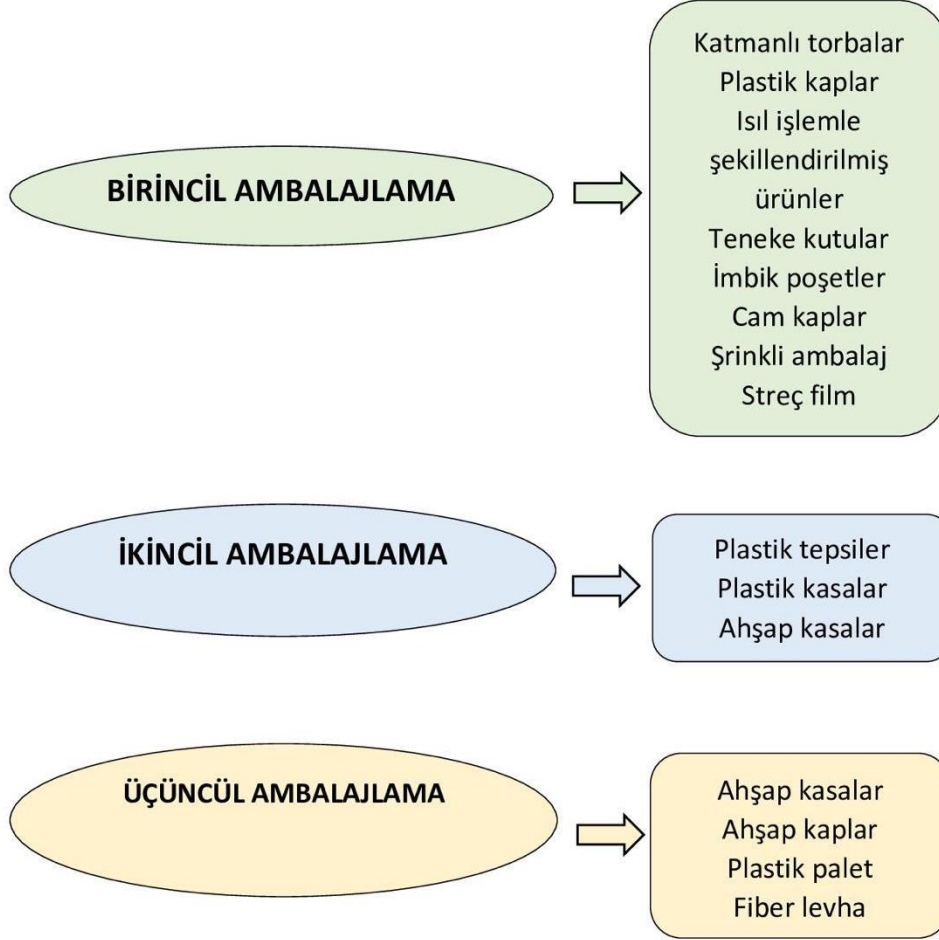


Dış etkenlerden koruma ambalajın birincil işlevidir. Bu işlev, ambalaj içeriğini su, su buharı, gaz, kokular, ışık, mikroorganizmalar vb. gibi faktörlerden korumak için gereklidir. Muhafaza, bir ambalajın sahip olması gereken en belirgin işlevlerden biri olarak kabul edilir; bu, ürünlerin bir yerden diğerine taşınmadan önce muhafaza edilmesi yönündeki ihtiyaçlarının karşılanması

demektir. Ayrıca, ambalajlar kullanım kolaylığı sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Örneğin, ambalajı ilk açıldığında tamamen tüketilmeyen bir ürün, tekrar kapatılabilir olmalı ve ürün tamamen tüketilinceye kadar ürün kalitesini korumalıdır. Buna ek olarak, ambalajlar, tüketimi uygun porsiyon boyutunu belirtecek şekilde tasarlanmalıdır. Son olarak, ambalajlar üzerinde tüketicilere iletilecek gerekli bilgiler bulunmalıdır (Robertson, 2016).



Fiziksel olarak, ambalajda farklı ambalajlama "seviyeleri" kullanılabilir. Birincisi, esas ambalaj gıda ürünü ile doğrudan temas halindedir ve genellikle tüketicinin perakendeden satın aldığı tek ambalajdır. Bu malzeme, ürünlerin ihtiyaç duyduğu temel koruyucu bariyeri sağlar. Kutu, kasa veya diğer türlü kaplar gibi ikincil ambalajlar, bir dizi birincil ambalajı içerir. Bunlar, fiziksel dağıtım işleminde kullanılan taşıyıcı malzemelerdir ve genellikle perakendede birincil ambalajın gösterimi için kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Üçüncül ve dördüncül ambalaj ise taşıma ve dağıtım işlemleri için kullanılan ambalajları içermektedir (Robertson, 2016).



3.2. Ambalaj malzemesi türleri

Ürün geliştirme sürecinde bir ambalajlama malzemesi seçilirken farklı kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Ambalajlama malzemesinin en önemli özelliklerinden biri, genellikle bariyer katmanlarının veya kaplamaların çok katmanlı bir yapı içinde (polimerler gibi farklı malzemelerin kombinasyonu ile oluşan ambalaj) kullanılmasıdır. Bariyerler genellikle oksijen, karbondioksit veya nem giriş/çıkışlarını yönetmek ve ürünü ışıktan, tat, aroma, besin ögesi veya yağ kaybindan korumak amacıyla kullanılmaktadır (Morris, 2017). Ambalajlama malzemesini seçerken dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli faktör de ambalajın istifleme, gazla paketlenme, baskı, biçimlendirme, doldurma veya nakliye sırasında parçalanması olasılığı nedeniyle fiziksel ve mekanik dayanıklılığıdır. Gıda güvenliği açısından, ambalajlama malzemelerinin migrasyon potansiyeli önemlidir. Migrasyon; bir ambalaj malzemesinden gıda ürününe bazı maddelerin geçmesi eylemidir ve bu noktada malzeme, depolama sıcaklığı ve zaman gibi faktörler etkili bir rol oynamaktadır (Singh ve diğerleri, 2017). Ambalaj malzemeleri, kimyasal güvenliğin yanı sıra gıda ürünlerinin temiz kalmasını ve bunların biyolojik güvenliğini de sağlamalıdır (Barone ve diğerleri, 2015).



Ambalajın temel özellikleri göz önünde bulundurularak, farklı tipte ambalajlama malzemeleri tanımlanabilir. Genellikle ambalajlama için en yaygın şekilde kullanılan malzemeler plastik, cam, metal ve kartondur. Kullanılan yaygın plastikler ise termoplastiklerin önemli bir sınıfını oluşturan poliolefinlerdir. Bunlar arasında; alçak yoğunluklu polietilen (LDPE), lineer alçak yoğunluklu polietilen (LLDPE), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve polipropilen (PP) yer almaktadır. Bu malzemelerin tümü iyi bir sızdırmazlığa sahiptir, ancak sahip oldukları bariyer dereceleri farklıdır. LDPE, su buharına karşı iyi bir bariyer ancak gazlara karşı zayıf bir bariyer sağlayan esnek, hafif yarı saydam bir malzemedir. LDPE'nin kullanım sıcaklık aralığı -50 °C ile +80 °C arasında olup, genellikle torba, sliken kapak veya şişe olarak kullanılmaktadır.

LLDPE, LDPE'den daha yüksek dayanıklılığa ve gelişmiş kimyasallara ve delinmeye karşı dirençlidir. Bu malzeme -30°C ila $+100^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında kullanılabilir. Streç filmler genellikle LLDPE bazlıdır. HDPE, LDPE'den daha katı ve daha sert olup, üstün yağ ve gres direnci sağlamaktadır. Üretim sırasında işlenmesi ve şekillendirilmesi kolaydır. HDPE -40°C ila $+120^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında kullanılabilir. Yaygın olarak kullanılan HDPE malzemeleri arasında şişeler, karton kaplamalar, fiçılar ve torbalar bulunur. PP, polietilene kıyasla (LDPE, LLDPE, HDPE) daha iyi bariyer özellikleri taşıyan bir polimerdir. HDPE ile aynı kullanım sıcaklığı aralığına sahiptir ve aynı zamanda mikrodalgada da kullanılabilir. Bilinen diğer bir polimer bazlı plastik grubu, üretiminde en yaygın olarak kullanılan malzemenin polietilen tereftalat (PET) olduğu polyesterlerdir. PET iyi oksijen ve nem bariyerleri sağlarken, ışığa karşı daha az koruma sağlamaktadır. PET ambalajlar, 60°C ila $+200^{\circ}\text{C}$ aralığında en sert ve en geniş kullanım sıcaklığına sahip olarak bilinir. PET, poliolefinlere benzer şekilde gres ve yağa karşı da dirençlidir. Bu malzeme genellikle şişe, kavanoz, fiçi veya film üretmek için kullanılır (Singh ve diğerleri, 2017; Robertson, 2017).



Gıda ambalajlarında kullanılan cam malzemeler genellikle şeffaf, yeşil veya kahverengi renktedir. Doğru şekilde kapatılmaları halinde cam malzemelerin hepsinin mutlak oksijen ve nem bariyerleri vardır, ancak ışığa karşı bariyer sağlamaları nedeniyle renkli camların kullanımı daha faydalıdır (yeşil cam iyi ve kahverengi cam da yüksek bariyere sahiptir). Şeffaf cam ışığa karşı düşük düzeyde bariyere sahiptir. Cam malzemelerin kendisinde herhangi bir sızdırmazlık yoktur. Cam şişelerin veya kavanozların teknik özellikleri arasında yüksek sıcaklık ve basınç kararlılığı, kimyasal direnç ve mikrodalgaya karşı dayanıklılık yer almaktadır (Han, 2005; Singh ve diğerleri, 2017; Campbell-Platt, 2017).

Alüminyum, teneke levha veya kalaysız çelik dahil olmak üzere metal malzemeler mutlak oksijen, nem ve ışık bariyerlerine sahiptir ancak kendileri sızdırmaz özellikte değildir. Bu malzemeler için esnek plastikler gibi en az bir ek sızdırmaz malzeme katmanına ihtiyaç

bulunmaktadır. Öte yandan, metaller yüksek sıcaklık kararlılığına sahiptir ve teneke kutular, fiçılar veya kapak üretiminde kullanılırlar (Han, 2005; Singh ve diğerleri, 2017).

Kağıt ve karton genellikle kutular veya kaplamalar için kullanılır. Oksijen ve neme karşı son derece düşük bariyerleri vardır ve sızdırmazlık özellikleri, ancak ışığa karşı yüksek bariyer imkanı sunarlar. Bu malzemelerin mekanik stabiliteye sahip oldukları da bilinmektedir (Han, 2005; Singh ve diğerleri, 2017; Campbell-Platt, 2017).

Bariyer oluşturan katmanlar veya kaplamalar genellikle alüminyum, polivinil klorür (PVC), etilen vinil asetat (EVA), etilen vinil alkol (EVOH) veya poliamidlerden (PA) oluşmaktadır. Bu malzemeler gazlara, neme, katı ve sıvı yağlara ve kokulara karşı yüksek bariyerlere sahiptir ve sıklıkla malzemelerin birleştirilmesinde kullanılmaktadır (Robertson, 2017).

3.3. Farklı gıda ürünleri için malzeme önerileri

Çeşitli gıda ürünlerinin kalite ve güvenlik açısından farklı ambalaj materyaline ihtiyaçları bulunmaktadır. Piyasaya yüksek kaliteli gıda sağlamanın bir yolu, raf ömrü ihtiyaçlarını karşılayan ve tedarik zinciri boyunca muhafaza, iletişim ve kolaylık gibi etmenleri sağlayan ambalajların kullanılmasıdır.

Tahıllar genellikle plastik ve/veya kağıt/kartondan yapılmış torba veya kutularda ambalajlanır. Örneğin, kahvaltılık gevrekler gibi tahıl ürünleri nem artışına karşı hassasiyete sahiptir ve bu nedenle ürünün tadını ve tazeliğini sağlamak için iyi bir nem bariyerine ihtiyaç duymaktadır. Bunun için de tipik olarak HDPE polimerleri kullanılır. Ambalaj malzemesi aroma veya tat bariyeri gerektirdiğinde, genellikle PA veya EVOH polimerleri kullanılmaktadır (Morris, 2017).



Atıştırılabilir gıdalar genellikle yüksek yağ içeriğine sahiptir ve bu nedenle bunlar için oksijen bariyeri sağlayan bir ambalaj kullanımı gerekmektedir. Ayrıca, nem kazanımını önlemek için nem bariyerine ve ışık bariyerlerine de ihtiyaç duyarlar. Ambalajın yağ ile temas etmemesi için yağ dirençli malzemelere de ihtiyaç vardır. Bu gereklilikleri göz önünde bulundurarak, örneğin, patates cipsi gibi yağlı atıştırılabilir gıdalar folyo, polimer film veya EVOH ya da PVDC gibi bir polimer içeren bariyer filmlerle ambalajlanabilir (Morris, 2017).

Unlu mamuller için nem bariyeri kritik özelliktir. Bu durumda LDPE, LLDPE, HDPE veya PP gibi polimerler kullanılabilir. Paketlerin ağzı genellikle nem kaybını azaltmak amacıyla bir yapışkan bant şeridi veya plastik bir klips ile kapatılır. Sızdırmazlık ve optik özelliklerin karşılanması için genellikle EVA kullanılır. Aroma ve tat bariyerleri gerektiren uygulamalar (örneğin; kek karışımları gibi) PA tabakalı filmlerle ambalajlanır. Ekmek poşetleri için LLDPE ve LDPE'nin bir kombinasyonu kullanılabilir; bu noktada LDPE, paketin daha ince hale gelmesini sağlarken (küçültme), LDPE ise iyi derecede optik özellik ve basılabilirlik imkanını sunar (Cauvain ve Young, 2010; Morris, 2017).

Şekerleme ürünleri; oksijen, nem ve ışık dahil olmak üzere farklı bariyer ihtiyaçları olan çok çeşitli şekerler, bisküviler, çikolatalar, sakızlar, şekerlemeler, kaplamalar vb. içermektedir. Çikolatalar, birincil ambalajın yanı sıra alüminyum ve LDPE katmanlarla paketlenir. Ayrıca, ikincil paketleme olarak kağıt veya karton ile de ambalajlanabilir (Robertson, 2013). Bunun yanında, çikolataların ambalajlanması için en yaygın şekilde kullanılan malzemelerden biri de polipropilendir (Verde ve diğerleri, 2020). Sert şekerlemeler, sakız ve karameller genellikle tek tek sarılır/ambalajlanır ve PE veya PP bazlı solüsyonlar kullanılarak üstten sarmalı bir ambalajla paketlenir.



Kırmızı et, beyaz et ve balık için kullanılan ambalajların; yüksek oksijen, nem, koku ve yağ bariyeri sağlaması gerekmektedir. Etin shrink film ile ambalajlama işlemi, etin tipik olarak EVA, PVDC ve/veya PA'dan oluşan ısıyla büzülebilir bariyer torbaya yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Torba daha sonra 90° C'deki suya yerleştirilerek ısıyla büzülür. Torba, büzülme işleminden sonra eti iyice sarar ve sıkı bir vakumlu paket halini alır. Bu noktadaki diğer bir teknik ise, kapalı bir hazneye konan ve havası boşaltılan termoform plastik torba kullanımınıdır. Bu torbalar genellikle, mukavemet sağlamak için dış katman olarak PET, iyi oksijen bariyeri sağlamak için orta katman olarak PA ve iyi düzeyde nem bariyerleri olan ve sıcak uygulamayla kolayca mühürlenebilen LDPE veya EVA polimerlerinin iç katmanlarını içeren malzemelerden oluşmaktadır. Bunların yanı sıra, termoform yöntemi, derin tepsilerin sıralı olarak ısıyla şekillendirilmesi, etin tepsiye yerleştirilmesi ve plastiklerin üst tabakasının bir kapak oluşturacak şekilde vakum altında ısıyla sızdırmaz hale getirilmesiyle gerçekleştirilir. Isıl şekillendirme için kullanılan malzemeler PA, PET veya PVC levhalardır ve ısıyla yapıştırılan katmanlar ise LDPE veya EVA kopolimeridir (Morris, 2017; Robertson, 2013).



Peynirler çok çeşitli özelliklere göre sınıflandırılmaktadır ve bu nedenle de paketleme konusunda farklı gereksinimleri bulunmaktadır. Peynirler tekstürüne göre sert, yarı sert, yarı yumuşak ve yumuşak peynirler olarak tanımlanabilir. Sert peynirler bakteriler tarafından olgunlaştırılır ve <math>< 51\%</math> nem içeriği (yağsız bazda) ile karakterizedir. Bu ürünler genellikle Parmesan, Romano ve Mozzarella'dır. Yarı sert peynirler %54 - %63 nem içeriğine sahiptir. Bu sınıflardaki peynirler; Cheddar, Edam, Gouda, Cheshire, Gloucester, Derby ve Leicester, Emmental, Gruyere, Provolone, Mozzarella ve Kasserli'dir. Bazı peynirler depolama sırasında zamanla olgunlaştığından, bu işlemler için uygun ambalaj malzemelerine ihtiyaç duymaktadır. Bu malzemeler genellikle PET, LDPE ve PA kombinasyonlarıdır (Robertson, 2013). Küf oluşumunu önlemek için oksijen bariyeri gerektiğinde ise tipik olarak EVOH veya PVDC kullanılmaktadır (Morris, 2017).



Süt ve süt ürünleri için farklı malzemeler kullanılabilir. Süt tozları geleneksel olarak, doğru şekilde kapatıldığında yüksek oksijen, nem ve ışık bariyerleri sağlayan teneke kutularda ambalajlanmaktadır. Son yıllarda, süt tozlarının ambalajlanması işlemlerinde teneke kutuların yerini alüminyum folyo-plastik plakalar almıştır. Genel olarak bu türden bir ambalajın yapısı, bir iç LDPE tabakası (sızdırmaz), dışta yer alan PP veya PET tabakası, orta bölmede yer alan alüminyum folyodan oluşmaktadır. Daha kısa raf ömrüne sahip tozlar için folyo, EVOH veya PVDC ile değiştirilebilir. Sıvı süt geleneksel olarak tekrar doldurulabilir cam şişelerde ambalajlanmaktaydı, ancak günümüzde tek kullanımlık karton kutular ve plastik kaplar da kullanılmaktadır. Plastik olarak HDPE, PET, LDPE veya LDPE/LLDPE tercih edilmektedir (Robertson, 2013).



Meyve, sebze, patates kızartması, kırmızı et, beyaz et ve balık gibi dondurulmuş gıdalar çeşitli ambalaj malzemelerinde ambalajlanmaktadır. Bu malzemelerin ürünü nem kaybından, ışıktan ve oksijenden koruması gerekir. Geleneksel olarak, dondurulmuş gıdalar, genellikle neme dayanıklı bir tabakaya sahip mumlu karton kutularla ambalajlanırdı. Bunların yerini PVDC kaplamalı katlanır karton kutular almıştır. Günümüzde dondurulmuş gıdaların çoğu, ana bileşeni LLDPE olan poliolefin karışımı bazlı polimerik filmlerle ambalajlanmaktadır. Üründe ışığa karşı koruma sağlamak için film yapısına yaygın bir şekilde beyaz bir pigment dahil edilmektedir (Robertson, 2013).



Diğer bir gıda kategorisi, ambalajlama konusundaki temel gereksinimlerin uygun oksijen ve karbondioksit geçirgenliği ve sızdırmazlık bütünlüğünü kapsadığı tüketime hazır gıda ürünleridir. Ürünün raf ömrünü uzatmak için kullanılan filmler, ürüne uygun oksijen geçirgenliği sağlamalıdır. Gazların ambalajdan geçişi kontrol edilerek ambalaj içerisindeki ortam kontrol altına alınır, solunum yavaşlatılır ve raf ömrü uzatılır. Torbaların depolama sırasında plansız gaz transferini önlemek amacıyla tam sızdırmazlık özelliğine sahip olması gerekir. Bu amaçla kullanılan torbalar PP, LLDPE ve EVA malzemeden üretilmektedir (Morris, 2017). Ek olarak, farklı gıda ürünleri için bazı yaygın ambalajlama materyalleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Gıda ürünleri için ambalajlama materyalleri (Morris, 2017; Robertson, 2013)

Gıda ürünü	Ambalaj materyali
Tahıllar	HDPE/EVA (kutu-içi torba)
	HDPE/EVOH/EVA (kutu-içi bariyer torbası)
	Beyaz astarlı suntalar
Tuzlu/yağlı atıştırmalıklar	OPP/met-OPP
	OPP/LDPE/met-OPP
	OPP-met/HDPE-EVA
	OPP/LDPE/OPP
	OPP/PVDC/OPP
Unlu mamuller	PP/EVA
	HDPE/EAA/PA/EAA
	LLDPE/PP/LLDPE
	PA/EVOH/PA/LLDPE
Şekerleme	AL/LDPE
	BOPP
	PE
	PP
Kırmızı et	PA/LLDPE
	PA/EVOH/LLDPE
	LLDPE/LDPE/EVOH/PA/EVA
	OPET/EVOH/LLDPE
	EVA/PVDC/EVA
	OPET/PVDC/LLDPE
	OPA/LLDPE
Beyaz et ve balık	LLDPE/PA/EVOH/PA/LLDPE
Peynir	Alt film PET/LDPE
	Üst film PET/LDPE veya PET/PET/LDPE (gaz üretimi olmayan dilimlenmiş peynir, örneğin, Cheddar)

Gıda Ambalajlama ve Depolama Kılavuzu

	OPA/LDPE (rendelenmiş peynir, örneğin Emmental ve gaz üretimi olmayan peynirler)
	Kapak filmi OPET/AYPE Migrasyon bariyerli PET/HM/LDPE kalıp filmi Tüp şeklinde torba OPA/LDPE (yüksek gaz üretimine sahip dilimlenmiş peynirler)
Süt	LDPE
	LDPE/PA/LDPE
	Pigmentli LDPE
	HDPE
	PET
	Mukavva karton
Süt tozları	Teneke kutu
	LDPE/AL/BOPP
	LDPE/AL/PET
	LDPE/EVOH/BOPP
	AYPE/EVOH/PET
Dondurulmuş gıda	Nem bariyeri katmanlı mumlu karton levha
	PVDC'li katlanır kartonlar
	Pigmentli LLDPE
	Beyaz astarlı sunta
Tüketime hazır ürün	PP ve LDPE (EVA ile birlikte)

4. Ambalajlama ortamları

Gıda ürünlerinin raf ömrünü muhafaza etmenin veya uzatmanın bir yolu, paketlenme ortamlarının uygulanmasıdır. Bunlar, modifiye atmosfer paketlenme (MAP), vakum paketlenme, emicilerin kullanımı ve uygun bariyerlere sahip doğru ambalaj malzemelerinin seçilmesi gibi aktif ambalajlama yöntemlerini içermektedir (Robertson, 2013).

4.1. Vakum ambalajlama

Ortamda bulunan oksijenin bozuşmaya sebep olduğu gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak için vakumlu ambalaj uygulaması yapılmaktadır. Bu eylemin amacı, ambalaj malzemesini ürün ile yakın temasa çekerek oksijeni uzaklaştırmaktır (Embleni, 2013). Vakum paketlenmede, paketlenen ürünün dokusuna bağlı olarak ambalajda kalan oksijen %1'den azdır. Ambalajda bu türden oksijen seviyelerini sağlamak için hermetik sızdırmazlık uygulaması yapmak önemlidir (Değirmencioğlu ve diğerleri, 2011). Vakum paketlenme, havanın dışarı atılmasının don yanığının azaltılmasında faydalı olduğu dondurulmuş beyaz et ve somon gibi yağlı balıkların ambalajlanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Vakumlu ürünlerin diğer örnekleri olarak küçük kahve ve maya paketleri, peynir, kabuklu yemişler, otlar, baharatlar ve et sayılabilir (Embleni, 2013).



Havanın ortamdan uzaklaştırılmasıyla küf ve bakteri üremesi ve oksijenin neden olduğu kimyasal işlemler engellenmektedir. Böylelikle ürünlerin raf ömrü uzatılmaktadır. Tablo 5'te bazı vakumlanıp paketlenmiş ürünlerin depolama süreleri verilmiştir.

Tablo 5. Vakumlu ve vakumsuz ürünlerin raf ömrü (Kaynak: Foodvacbags web sayfası)

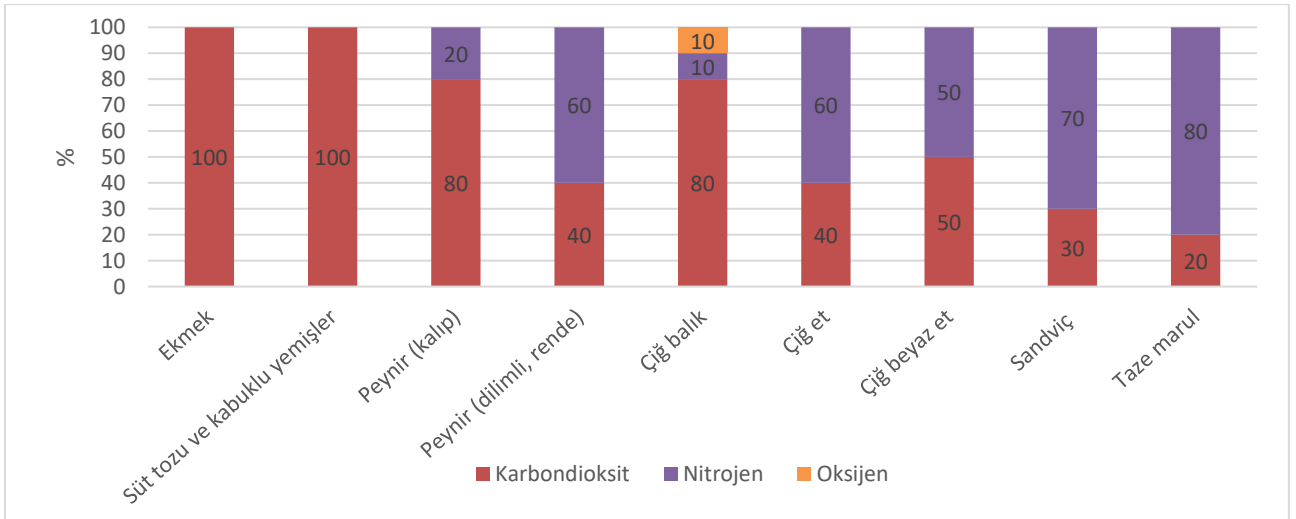
Gıdalar	Depolama türü	Vakumsuz raf ömrü	Vakumlu olarak raf ömrü
Sığır eti, kuzu eti, domuz eti, beyaz et	Dondurucu	6 ay	2 – 3 yıl
Balık	Dondurucu	3-6 ay	2 Yıl
Peynir	Buzdolabı	1-2 hafta	4-8 ay
Sebzeler (taze fasulye, mısır, karnabahar vb.)	Dondurucu	8 ay	2 – 3 yıl
Elma ve armut	Buzdolabı	2-4 yıl	1-3 yıl
Ekmek	Dondurucu	2-3 ay	1-3 yıl
Bisküvi	Kiler/dondurucu	1 ay/12-18 ay	3 ay/2 yıl
Sert kabuklu meyveler	Kiler	6 ay	2 Yıl
Tüketime hazır tahıllar	Kiler	1 yıl	1-2 yıl
Baharat	Kiler	6 ay	1 yıl

Vakumlu depolamanın bir diğer önemli avantajı da diğer ambalajlama türlerine kıyasla paketin hacminin asgari düzeyde olmasıdır. Malzeme ürüne sıkıca temas ettiğinden paket içerisinde boş alan kalmamaktadır. Bununla birlikte, makarna gibi sert dokulu ürünleri vakumlarken, ambalaj malzemesinin güç uygulanması nedeniyle kırılma riski olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Embleni, 2013).



4.2. Modifiye atmosfer

Modifiye atmosfer paketleme (MAP), bir ambalaj içindeki gıda ürününü çevreleyen gaz bileşimini değiştiren bir paketleme mekanizmasıdır (Embleni, 2013). Bu yöntem, depolama sırasında kimyasal, mikrobiyolojik ve biyokimyasal prosesleri etkilemek suretiyle belirli ürünlerin raf ömrünü korumak veya uzatmak için de uygulanmaktadır. Ambalajdaki atmosferi modifiye ederken, farklı gaz bileşimleri kullanılmaktadır. Örneğin, ambalajdaki diğer gazların miktarını azaltmak için dolgu gazı olarak azot kullanılır. Oksijenin değiştirilmesi gerekiyorsa, azot (N₂) gıdalardaki oksidatif reaksiyonları azaltan inert bir gaz görevi görür. Buna ek olarak, karbondioksit (CO₂) mikrobiyolojik bozulmayı önlemek üzere uygulanan, yaygın olarak tercih edilen bir diğer paketleme gazıdır. Gıdalardaki yüksek çözünürlüğü nedeniyle, yağ ve su ile reaksiyona girerek karbonik asit oluşturabilir ve bu da antimikrobiyal bir gaz özelliği taşımaktadır (Lucas, 2003; Fik ve diğerleri, 2012; Fernandez ve diğerleri, 2006). Oksijen genellikle düşük seviyelerde bulunur, bu nedenle de kimyasal ve mikrobiyolojik bozulma sorunlarına yol açmaz. Bununla birlikte, solunum yapan ürünleri (örneğin, meyve ve sebze gibi) paketlerken oksijen kullanmak önemlidir. Bu durumda, oksijenin varlığı, fermantasyona ve kötü kokuların ve tatların gelişmesine neden olabilecek oksijensizlik durumuna kıyasla daha uygundur. MAP'ta oksijen kullanmanın başka bir yolu, ürünün kırmızı rengini koruması nedeniyle et ve et ürünleri için uygulanır (Embleni, 2013). Bazı gıda ürünleri için önerilen gazlar ve miktarları Şekil. 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Çeşitli gıda ürünlerinin ambalajlanmasında kullanılan gaz örnekleri (Kaynak: AGA tavsiye broşürü)

Şekil.7' görüldüğü gibi, MAP için kullanılacak çeşitli gaz bileşimleri vardır. Bununla birlikte, bu ürünlerin bazılarının gaz bileşiminin ürün özelliklerine bağlı olarak farklı

olabileceğinin altı çizilmelidir. Örneğin, dökme peynir için %80-100 CO₂ ve %0-20 N₂ kullanılmasını önerilmektedir. Çiğ balık için gaz bileşimi; %40-90 CO₂, %10 O₂ ve %0-50 N₂ arasında değişebilir. Çiğ et; %60-80 O₂ ve %20-40 CO₂ oranında paketlenir. Taze marul için gaz bileşimi %5 O₂, %5-20 CO₂ ve %75-90 N₂ oranında veya grafikte verilen gazların oranı şeklinde olabilir.

Yukarıda da belirtildiği gibi, gıda ambalajlarında MAP kullanımının raf ömrünü uzatmak, ürünün görünümünü, kokusunu, tadını ve dokusunu muhafaza etmek gibi birçok faydası bulunmaktadır. Ancak MAP uygulamasında bazı hususlara dikkat edilmelidir. İlk olarak, ürün tipine göre doğru gaz seçimi ve bileşimleri çok önemlidir. Bir diğer önemli husus, seçilen gazın/gazların kararlılığını sağlamak için ambalajdaki doğru bariyer seçimidir. Buna ek olarak, ambalajın sızdırmazlığı, gaz bileşimini korumak ve muhafazayı sürdürmek için hayati önem taşımaktadır (Embleni, 2013).



Modifiye Atmosfer Paketleme



5. Yeni ambalajlama teknolojileri

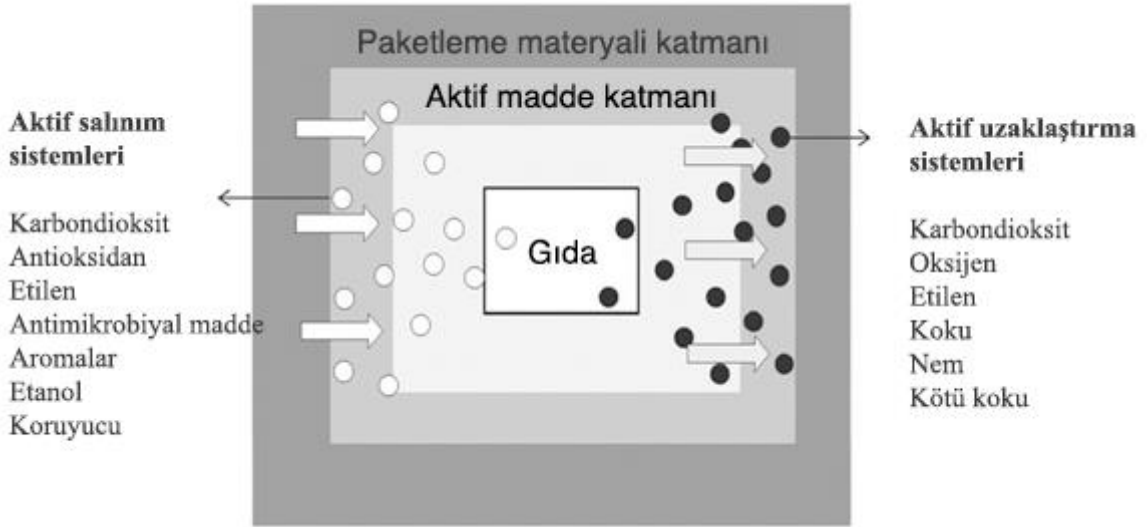
Doğru ambalajlama, gıda ürünlerinin depolanması sırasında güvenli ve kaliteli kalmasını sağlayan en önemli faktörlerden biridir. Önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, gıda ambalajlarının ürünü koruması ve muhafaza etmesi, tüketime uygun hale getirmesi ve üzerinde yer alan bilgiler sayesinde tüketici ile iyi bir iletişim kurabilmesi gereklidir. Geleneksel ambalajlama faaliyeti kapsamında uygun ambalaj malzemeleri ve ortam seçimi işlemleri yer almaktadır. Ambalaj malzemelerinin bileşimi, gerekli bariyerleri sağlayarak ürünün kalitesini korumak; ürünü kimyasal veya mikrobiyal bulaşmadan, kirden, böceklerden, tozdan uzak tutmak ve ürünü fiziksel yaralanmalardan koruyacak mekanik özellikleri barındırmak amacıyla gıda özelliklerine göre uygulanmalıdır. Öte yandan, ambalaj ortamları ise gıdalar için uygun çevreyi oluşturarak ürün özelliklerini depolama sırasında sabit tutmaktadır. Bu geleneksel ambalajlama gereksinimlerine ek olarak, gıda ürünlerinin raf ömrünü daha da artırmak, güvenilirliği, güvenliği, korumayı ve bilgi yayımını iyileştirmek için yeni teknolojiler uygulanmaktadır. Bunlar arasında aktif ve akıllı ambalajlamanın uygulanması yer almaktadır. Bunun yanında, ambalaj üretiminin neden olduğu ekonomik yükleri hafifletmek amacıyla yenilebilir veya biyobozunur ambalaj malzemelerinin uygulanması daha da popüler hale gelmiştir (Lee ve Rahman, 2014; Han, 2014).

5.1. Aktif paketleme

Aktif paketleme, ambalajlanmış gıdanın kalitesini korurken, raf ömrünü uzatmak veya duyuşal özelliklerini iyileştirmek amacıyla yapılan paketleme türüdür (Ahvenainen, 2003). Ambalaj içerisine küçük tablet veya kesecikler eklenmesi veya ambalaj malzemesine çeşitli aktif bileşenlerin ara katman olarak eklenmesi ile ambalaja ek işlevler kazandırılmaktadır (Conte ve diğerleri, 2013; Topuz ve Uyar, 2020; Lee, 2016). Aktif paketleme sistemleri; tutucu, yayıcı sistemlerinden ve antimikrobiyel madde içeren filmlerden oluşmaktadır (Şekil.8). Tutucular depolama sürecinde ambalaj materyali içerisinde nem, oksijen, etilen, karbondioksit seviyelerinin düşürülmesi amacıyla kullanılmaktadır. Öte yandan, yayıcılar ise pakete bileşikler eklemek suretiyle antimikrobiyal bileşik, karbondioksit, antioksidan, aroma, etilen veya etanol içeriğini arttırmaktadır (Yıldırım ve diğerleri, 2017; Lee ve diğerleri, 2015).



Aktif paketlenme bağlamında bakıldığında, ambalajlar gıdanın korunmasında önemli bir rol oynayan gıda ve çevresindeki ortamlarla etkileşime girmektedir. Ambalajlar, gıda muhafazasında dış koşullara karşı bariyer teşkil etmek istenen bazı özellikleri elde etmek amacıyla da kullanılmaktadır. Ayrıca, raf ömrünü uzatmak veya güvenliği artırmak için paketlenmiş gıdanın durumunda değişiklikler yapan paketlenme işlemi olarak da tanımlanmaktadır (Vinay Pramod Kumar ve diğerleri, 2018).



Şekil 8. Şematik olarak aktif paketlenme uygulaması (Lee ve diğerleri, 2015)

Oksijen tutucular gıda paketinde bulunan oksijeni ortamdaki oksijeni uzaklaştırmak amacıyla aktif paketlenmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Oksijen tutucu üretiminde demir tozu, askorbik asit, sülfidler, enzimler, oleik, linoleik ve linolenik asitler gibi doymamış yağ asitleri, glikol ve şeker alkollerinden yararlanılmakta ve ambalajlama sonrası ortamda kalan oksijeni absorbe

ederek istenmeyen tat gelişimini ve mikrobiyal üremeyi önemli ölçüde engellemektedir. Buna ek olarak, mikrobiyolojik bozulmaların engellenmesi amacıyla uygun koşullar oluşturulmak istendiğinde karbondioksit tutucular da kullanılmaktadır. Tutucu sistemden yayılan karbondioksit pakette antimikrobiyal etki oluşturmaktadır. Bu işlemin mekanizması, üründeki nemi soğuran ve CO₂ salınımını tetikleyen bir küçük torbaya dayanmaktadır (Yıldırım ve diğerleri, 2017). Gıda muhafazasına yönelik aktif paketleme yöntemlerinin örnekleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Gıdalar için aktif paketleme sistemleri (Yıldırım ve diğerleri, 2017)

Aktif paketleme türü	Gıda ürünü	Olası fayda
Oksijen emici	Kızarmış atıştırmalıklar, sert kabuklu yemişler, yüksek yağ içerikli tozlar, kurutulmuş et	Bozulmanın önlenmesi
	Pişmiş et ürünleri	Renk bozulmasının önlenmesi
	Rendelenmiş peynir, unlu mamuller	Küf oluşumunun önlenmesi
Nem emiciler	Mantar, domates, çilek, mısır, tahıllar, tohumlar, taze balık ve et	Fazla nemin emilmesi, nem yoğunlaşmasının azaltılması, esmerleşme veya renk bozulmasının azaltılması
Etilen emiciler	Meyve ve sebzeler	Olgunlaşmanın azalması
Karbondioksit yayıcılar	Taze balık ve et	Mikrobiyolojik raf ömrünün uzatılması
Antioksidan salıcı	Yüksek yağlı taze balık ve et, tozlar, sert kabuklu yemişler, kızarmış ürünler	Bozulmanın önlenmesi
Antimikrobiyal paketleme	Taze et, balık, süt ürünleri, meyveler, sebzeler, tahıllar, baklagiller, unlu mamuller, tüketime hazır yemekler	Bakteriyel büyüme inhibisyonu

Depolama sırasında gıdaların kalitesini aktif olarak muhafaza eden bir diğer tür ise ambalajlara antimikrobiyal ajanların dahil edilmesidir. Bu, ambalaj malzemelerine antimikrobiyal ajanlar ekleyerek veya antimikrobiyal polimerler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu malzemelerin amacı, gıda ürünüde depolama sırasında mikroorganizmaların büyümesini kontrol altına almaktır (Altaf ve diğerleri, 2017). Belirli gıda ürünlerinde hangi mikroorganizmaların yoğun

olduğuna bağlı olarak, ambalaj malzemesine dahil edilmek üzere belirli tipte antimikrobiyal ajan kullanılabilir. Paketleme malzemelerine dahil edilen bazı antimikrobiyal bileşik örnekleri Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Antimikrobiyal paketleme sistemleri (Altaf ve diğerleri, 2017)

Antimikrobiyal bileşik	Ambalaj malzemesi	Mikroorganizma
Benzoik asit	PE	Toplam bakteri
Paraben	LDPE	<i>S. cerevisiae</i> , <i>A. niger</i> , <i>Penicillium spp.</i>
Benzoik ve sorbik asit	PE	<i>S. cerevisiae</i>
Asetik, propiyonik asit	Kitosan	<i>Penicillium spp.</i>
Eugenol, sinnamealdehit	Kitosan	<i>Enterobacteriaceae</i> , <i>laktik asit bakterileri</i>

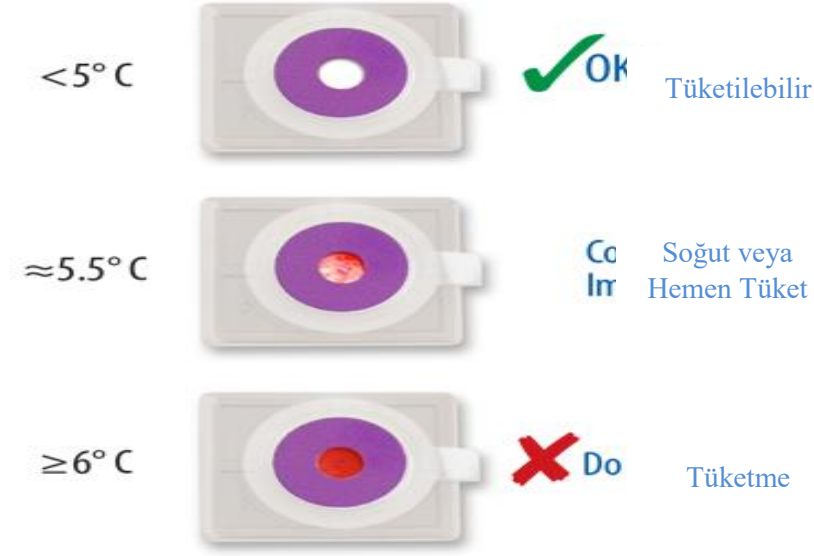
5.2. Akıllı paketleme

Akıllı paketleme, aktif ambalaj prosesinin bir parçası olabileceği gibi, ambalajlı gıdanın ve ambalajın içindeki ortamın durumunu izleme ve bu bilgiyi kullanıcılara sağlama özelliği ile ayrı bir sistem olarak da kullanılabilir (Han, 2014). Bu nedenle akıllı paketleme ürün kalitesini izlemek, kritik noktaları takip etmek ve tedarik zinciri boyunca daha ayrıntılı bilgi sağlamak amacıyla gelişmiş olanaklar sunan ve bir gıda ambalaj malzemesine işlenen veya üzerine basılan etiketler veya diğer sistemler şeklinde uygulanmaktadır (Han ve diğerleri, 2005).

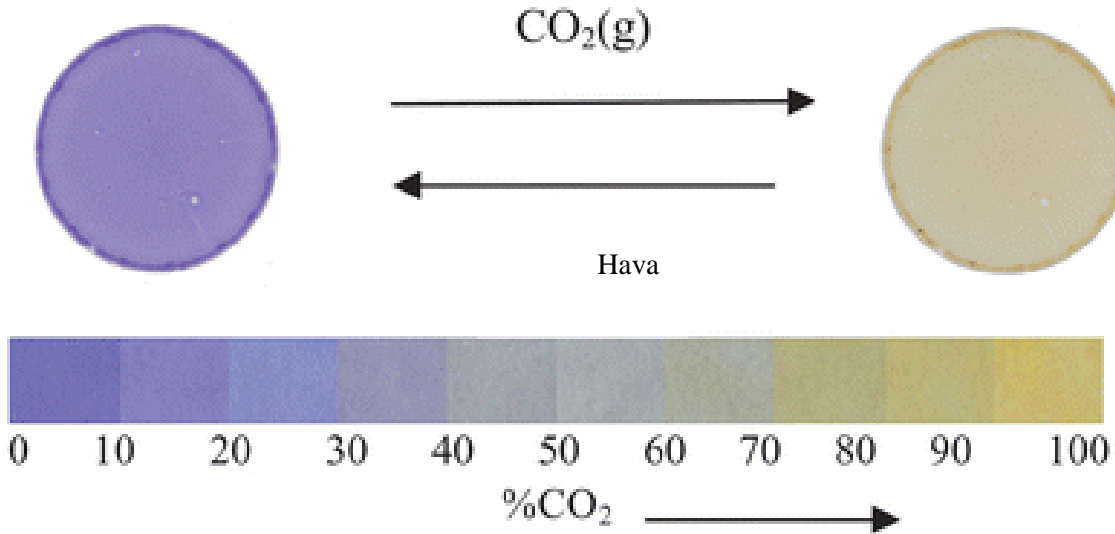


Gıda ambalajlarına yönelik akıllı paketlenme sistemlerinin örnekleri arasında göstergelerin, barkodların, radyo frekansı tanımlama etiketlerinin veya sensörlerinin kullanımı yer almaktadır (Lee ve Rahman, 2014).

Göstergeler; ürünün ve çevresinin durumu hakkında zaman, sıcaklık, gaz ve tazelik (mikrobiyal bozulma) gibi bilgiler sağlar. Bilgileri doğrudan görsel değişiklikler yoluyla iletir. Örneğin, gıda zinciri boyunca soğutulmuş ürünlerin zaman ve sıcaklık geçmişini izlemek için zaman-sıcaklık göstergeleri kullanılmaktadır. Sıcaklık, özellikle soğutulmuş veya dondurulmuş ürünler olmak üzere belirli gıdaların kalitesini ve güvenliğini etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğundan, depolama ve tedarik zinciri boyunca bu ürünlerin kararlılığını gözlemlemek önemlidir. Zaman-sıcaklık göstergeleri; mekanik, kimyasal, elektrokimyasal, enzimatik veya mikrobiyolojik reaksiyonlara dayanan sistemdeki değişikliği kolayca görselleştiren basit cihazlar olmalıdır. Bu, etiket üzerinde görünür bir renk değişimine neden olmaktadır (Lee ve Rahman, 2014).



Gaz göstergeleri, ambalaj içindeki gaz bileşiminin bütünlüğü hakkında bilgi vererek, ürünlerin güvenliğinin ve kalitesinin izlenmesine yardımcı olmaktadır. Ambalaj üst boşluğundaki gaz bileşimi, sızıntı, nüfuz etme veya taze gıdaların solunumu nedeniyle kolayca değişebileceğinden, raf ömrü boyunca ürünlerin kararlılığını gözlemek önemlidir. Gaz göstergeleri; ambalajın üzerine yerleştirilen, kimyasal veya enzimatik reaksiyonla rengini değiştiren, genellikle oksijen veya karbondioksitin varlığı veya yokluğu hakkında bilgi veren uygulamalardır. Örneğin, gaz bileşimindeki değişikliği algılamak için renk değiştiren gaz göstergeleri, oksijen veya karbondioksit maruz kaldığında orijinal pembe renginden maviye veya mora döner. Gazın seviyesi düştüğünde ise renk orijinaline döner (Şekil. 9) (Lee ve Rahman, 2014).



Şekil 9. Renk tepki çizelgeli karbondioksit göstergesi (Mills ve Skinner, 2010)

Ürün tazelik ve bozulma göstergeleri; glikoz, asetik veya laktik asit gibi organik asitler, etanol, uçucu nitrojen bileşikleri, karbondioksit ve sülfürik bileşikler gibi metabolitler üreterek ürünün kalitesini düşüren ambalajdaki mikrobiyal büyüme hakkında bilgi verir. Bu maddelerin izlenmesi, meyvelerin mikrobiyal bozulma veya olgunlaşma süreçlerinin derecesini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Örneğin, meyvelerin olgunluğunu gözlemlemek için meyvenin üretmiş olduğu doğal aroma bileşiklerini tespit etmeye yönelik kolorimetrik etiketler kullanılmaktadır (Lee ve Rahman, 2014).

Barkodlar, paket üzerindeki optik tarayıcı tarafından okunabilen verileri depolamak için kullanılır. Örnek vermek gerekirse, bu durum, ürünün tedarik zincirindeki konumunun izlenmesine yardımcı olmaktadır. En yaygın olarak kullanılan barkodlar, altlarında farklı boyutlarda farklı sayılar bulunan 12 basamaktan oluşur. Bu uygulama yaygın olarak kullanılmasına rağmen sınırlı bilgi sağlama gibi dezavantajı da bulunmaktadır (Lee ve Rahman, 2014).



Diğer taraftan, radyo frekans ile tanımlama (RFID) cihazları ise, ürün tanımlamayı ve takip etmeyi otomatikleştirmek amacıyla mikroçipli bir etiketten veri aktarmak üzere radyo frekansı kullanan bir tür akıllı paketlenme sistemidir (Şekil.10). Bu yaklaşım, etiket üzerinde ürün hakkında daha fazla bilgi toplayarak ürüne dair daha ayrıntılı bir bakış açısı getirmektedir (Lee ve Rahman, 2014; Majid ve diğerleri, 2018).



RFID

Şekil 10. Radyofrekans tanımlama sisteminin görsel çizimi (Altaf ve diğerleri, 2017)

Aynı zamanda, önceden belirtilen akıllı paketleme sistemlerine ek olarak, ürün hakkında bilgi sağlamak, depolama sırasında meydana gelen değişiklikleri izlemek ve ürünü zincir boyunca takip etmek ve konumunu belirlemek amacıyla sensörler de kullanılmaktadır. Sensörler, sürekli sinyal veren cihazlar olarak kabul edilmektedir. Örneğin; biyosensörler, ürün üzerindeki fizyolojik değişiklikler veya paketleme ortamında farklı biyolojik veya kimyasal maddelerin varlığı hakkında bilgi vermektedir. Örneğin *Salmonella* ve *E. Coli* gibi bakteriler nano-gözenekli silikon bazlı bir biyosensör tarafından tespit edilebilmektedir. Bunun yanında gaz sensörleri, ambalajın gaz bileşimi hakkında nicel bilgiler verebilmektedir (Lee ve Rahman, 2014; Majid ve diğerleri, 2018).

5.3. Alternatif yeni ambalajlama malzemeleri

Biyoplastikler, biyobozunur malzemeler ve yenilebilir filmler/kaplamalar gibi alternatif ambalajlama yöntemleri, genellikle geleneksel paketleme sistemlerinde yer almadıklarından gıda ambalajlama konusundaki yenilikçi uygulamalar olarak görülmektedir.

Gıda ürünlerinin büyük bir kısmı farklı türde plastik malzemelerle ambalajlanabilse de geri dönüştürülebilir, yeniden kullanılabilir veya yenilenebilir uygulamalar çevreye daha az zarar verdiği için tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Örneğin, biyoplastikler ve/veya biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler bir alternatif olabilir (Şekil. 11). Biyoplastikler, doğal veya yenilenebilir kaynaklardan elde edilen polimerlerden oluşan bir ambalaj malzemesi türüdür (Rudin ve Choi, 2013). Bunlar arasında, şeker kamışı, mısır veya diğer selüloz formları gibi yenilenebilir kaynaklar veya mayaların kullanımı yer almaktadır (Ashter, 2016).

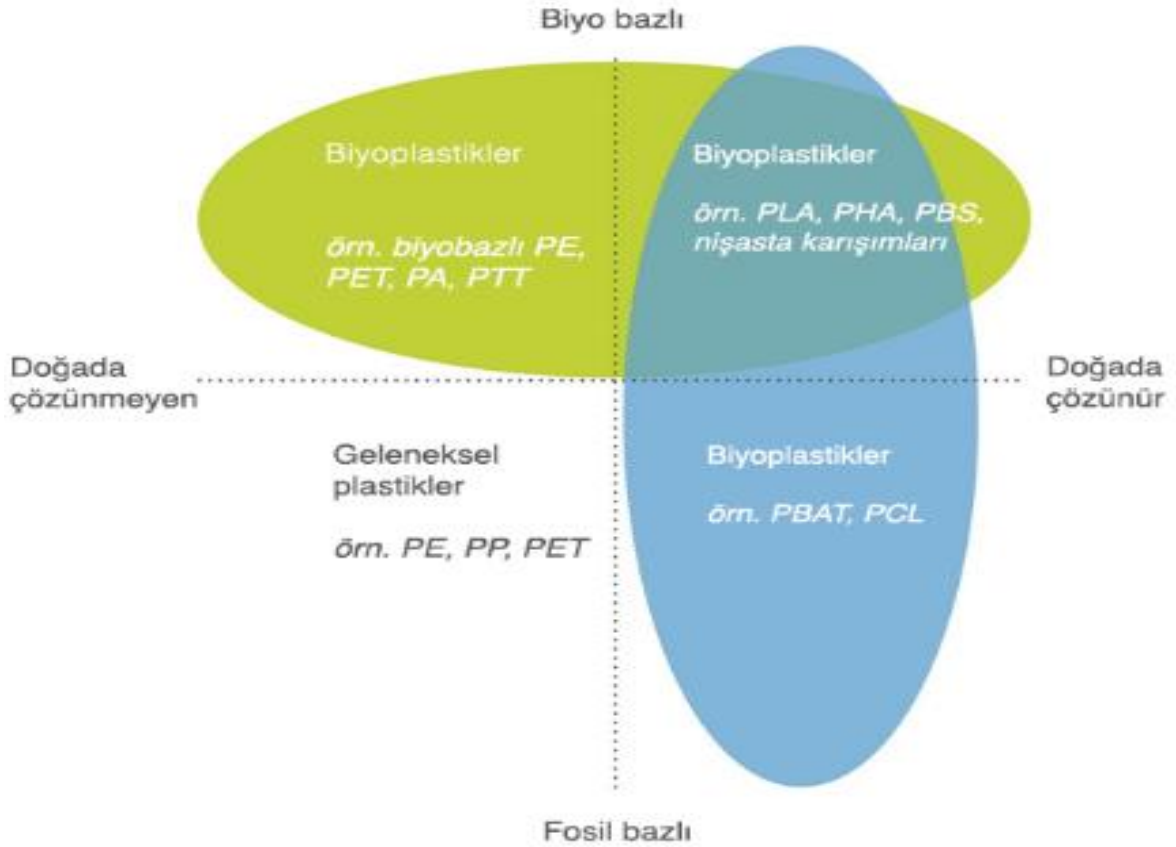


Polilaktik asit yaygın olarak kullanılmakta olup mısır ve şeker pancarı gibi %100 yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alifatik bir polyesterdir. Yapılan bir çalışma ile kırmızı etin polilaktik asit bazlı ambalajlarda gerekli modifiye atmosfer ortamı ile paketlenmesinde, uzun depolama süreleri boyunca duyuşal özellikler, et rengi veya toplam bakteri sayısında geleneksel plastik ve MAP ile önemli bir farklılığın bulunmadığı ortaya konmuştur (Hawthorne ve diğeri, 2020).



Biyoplastik malzemelerin uygulanmasının amacı, fosil yakıtların kullanımını sınırlamak ve çevrenin korunmasına katkı sağlamaktır. Biyoplastikler her zaman doğal veya yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir, ancak bunların raf ömrü farklı olabilmektedir. Örneğin, doğru koşullar altında biyolojik olarak parçalanabilir ve hatta gübreleşebilirler. Tüm gübreleşebilen ürünler biyolojik olarak parçalanabilir olsa da biyolojik olarak parçalanabilen tüm ürünler

gübreleşebilen yapıda değildir. İkinci grup, zamanla organik elementlere bozunabilen ve bozunmadan sonra çevreye toksik element salgılamayan malzemeleri içermektedir. Biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler; kompost, atık sahası ve toprak dahil olmak üzere her koşulda çevrede parçalanıp bozulan, mikroplastiklere dönüşen herhangi bir malzemeyi ifade edebilir (Oceanwatch Australia).



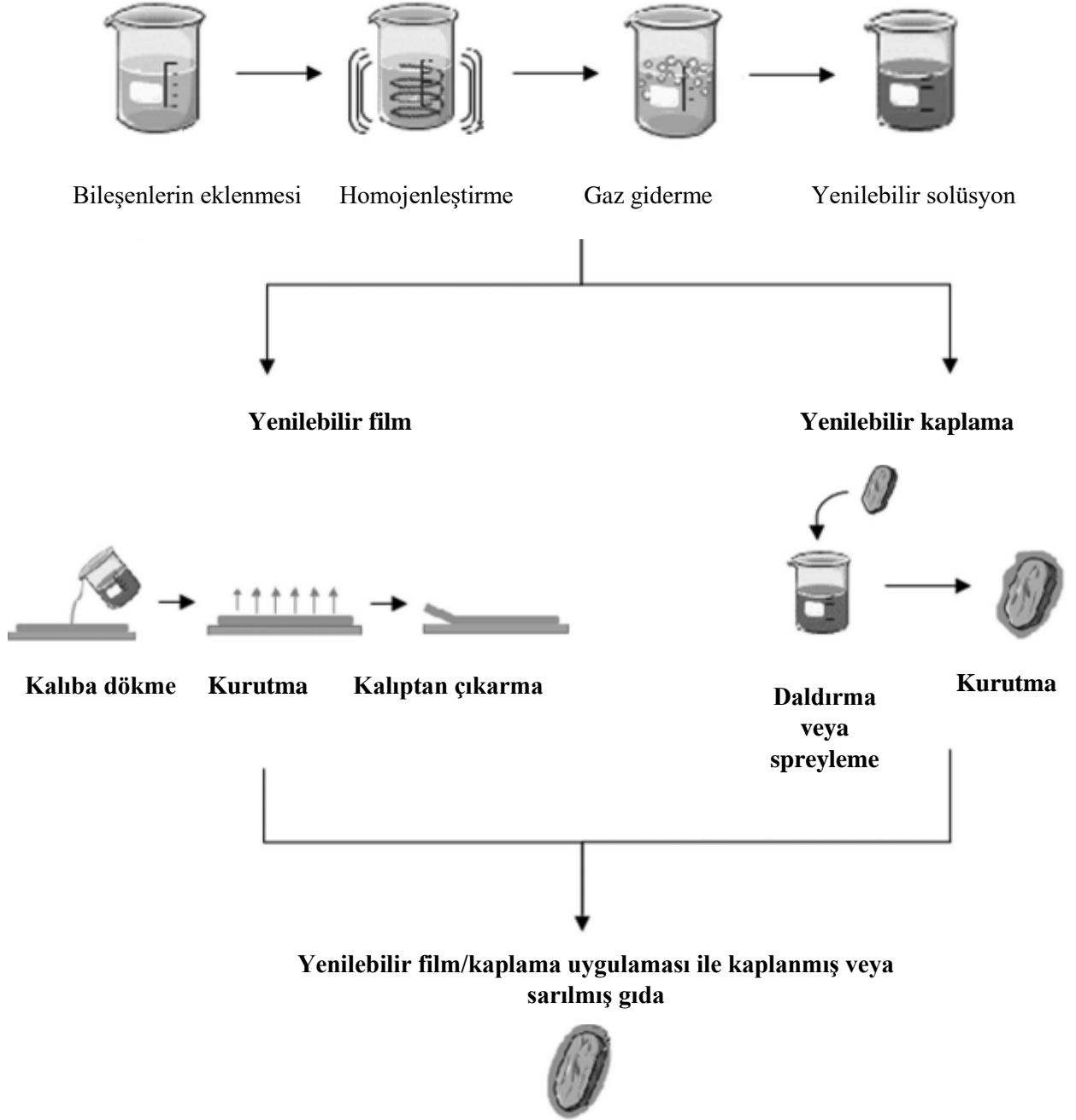
Şekil 11. Biyobazlı ve geleneksel plastiklerin haritası (European Bioplastics web sayfası)

Şekil 11'e bakıldığında, geleneksel olarak bilinen PE, PET ve PA'nın biyo-bazlı polimerlerden de üretilebildiği, ancak biyo-bazlı olmalarına rağmen hem biyolojik olarak parçalanabilir ve biyolojik olarak parçalanamaz yapıda oldukları anlaşılmaktadır. Polilaktik asit (PLA), polihidroksialkanoat (PHA), polibütilen süksinat (PBS) ve nişasta karışımları gibi biyoplastiklerin doğru koşullar altında biyolojik olarak parçalanması mümkün olmaktadır.

Diğer yeni gıda ambalajlama malzemeleri ise proteinler, karbonhidratlar ve lipitler bazlı yenilebilir biyopolimerlerden üretilen malzemeler olan yenilebilir filmler ve kaplamalardır. Bu malzemeler; oksidasyon, nem emilimi veya desorpsiyonu ve mikrobiyal büyümeye karşı

gerekli korumayı sağlayarak gıdaların kalitesini artırabilir. Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların en yaygın işlevleri yağ, gaz veya nem migrasyonuna karşı bariyerler sağlamak ve antioksidan, antimikrobiyal bileşik, renkler ve aroma taşıyıcı görevini üstlenmektir (Han, 2014). Yenilebilir film ve kaplama üretimindeki birincil adımlar benzerdir ve bileşenlerin karıştırılması, homojenleştirilmesi ve çözünmüş gazların sıvılardan uzaklaştırılmasını içermektedir. Yenilebilir filmleri üretmek için yenilebilir çözeltiler daha sonra bir tepsiye dökülür, kurutulur ve ayrıştırılır. Öte yandan, kaplamalar ise yaygın olarak daldırma veya püskürtme solüsyonları olarak kullanılır ve sonrasında her iki durumda da kurutma işlemi uygulanır (Şekil. 12) (Bizymis ve Tzia, 2021).

Yenilebilir solüsyonun hazırlanması



Şekil 12. Yenilebilir film ve kaplamaların üretimi (Bizymis ve Tzia, 2021)

Yenilebilir filmler veya kaplamalar olarak kullanılan malzemeler çok çeşitli olabilir. Örneğin selüloz, kitosan, nişasta, pektin ve aljinat gibi polisakkaritler farklı etkilere sahip olacak şekilde kullanılabilir. Selüloz tatsız, kokusuz, şeffaf olması, yüksek oksijen, karbondioksit ve lipit bariyer özelliklerine sahip olması nedeniyle bu amaç doğrultusunda yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Bununla birlikte, su buharı geçişine karşı direnci düşüktür. Kitosan, kabuklu deniz hayvanlarının dış iskeletlerinden elde edilen bir bileşiktir. Aynı zamanda, nişastanın da şeffaf, kokusuz, tatsız, suda çözünür olduğu ve iyi oksijen ve karbondioksit bariyerlerine sahip olduğu, ancak aynı zamanda zayıf su buharı bariyer özelliklerini taşıdığı da bilinmektedir. Proteinler de yenilebilir film ve kaplama üretimi için kullanılabilir. Bunlar arasında, iyi şeffaflığa, mekanik ve bariyer özelliklerine sahip olan kolajen ve jelatin yer almaktadır. Buğday gluteni de şeffaf, mekanik olarak güçlü ve suda çözünmez olduğu için kullanılmaktadır. Peynir altı suyu proteini, iyi oksijen ve su buharı bariyeri özelliklerine sahip yoğun ve güçlü filmler elde etmek için kullanılabilir. Son olarak, mumlar ve parafinler gibi lipitler iyi düzeyde gaz ve nem bariyerleri sağlamaktadır (Bizymis ve Tzia, 2021).



6. Gıda depolama kuralları

Gıda ürünlerini tüketmeden önce bunların kalitesini ve güvenliğini sağlamaya yönelik uygun gıda muhafazası gereklidir. Daha önce açıklandığı üzere, farklı ürünlerin raf ömrünü etkileyen çok sayıda bozulma mekanizması vardır. Gıdaların bozulması, lezzet, doku, renk ve diğer duyuşsal özellikler dahil olmak üzere belirli kalite özelliklerinin kaybına neden olmaktadır. Ayrıca, yaşanan bozulma süreçleri gıdaların güvenliğini ve beslenme kalitesini etkiler. Koruma yöntemleri, gıda ürünlerinin özelliklerine göre seçilmeli ve gıda üretim hattında mümkün olduğunca erken uygulanmalıdır. Mevcut gıdaların %30'unun kayıp veya israfa gittiği ifade edildiğinden, uygun gıda koruma faaliyetlerinin bir diğer amacı da gıda kaybını azaltmaktır (Gould, 2009; USDA Gıda kaybı ve israfı, 2021).

Farklı ürünler farklı saklama koşullarına ihtiyaç duyduğundan, ürün kategorileri ortam sıcaklıklarında (+20 °C, %75 bağıl nem), dondurulmuş olarak (-18°C veya daha düşük, bağıl nem genellikle %100'e yakın) ve buzdolabında (0 °C ila +5 °C ile maksimum +8 °C, bağıl nem ~%90) saklanan uzun raf ömrüne sahip gıdalar şeklinde ayrılır (Man, 2016).

6.1. Uzun raf ömrüne sahip gıdalar ve taze ürünler

Oda sıcaklığında güvenle saklanan gıdalara “uzun raf ömrüne sahip gıdalar” adı verilir. Bu ürünler genellikle kuru maddeler, düşük nemli, şeker oranı yüksek gıdalar ve ticari olarak veya uygun şekilde evde konserve edilmiş gıdalardır (Andress ve Harrison, 2011). Bu ürünler; pirinç, makarna, un, şeker, baharatlar, yağlar, kurutulmuş et, konserve veya şişelenmiş gıdalardır. Ürünlerin depolanacağı kiler veya dolaplar temiz, zararlılardan arındırılmış, kuru, serin ve karanlık olmalıdır (Andress ve Harrison, 2011). Uzun raf ömrüne sahip gıdaların bazı örnekleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Uzun raf ömrüne sahip gıdalar (Andress ve Harrison, 2011)

Gıda ürünü	Oda sıcaklığı koşullarında raf ömrü	Gıda ürünü	Oda sıcaklığı koşullarında raf ömrü
Çikolata	18-24 Ay	Konserve balık ve et	12 ay
Kurutulmuş meyveler	6 ay	Bal	12 ay
Bisküviler, çörekler, kekler için kuru karışımlar	12-18 ay	Konserve meyve	12 ay
Kraker	8 ay	Jöleler, reçeller	12 ay
Tüketime hazır tahıllar	12 ay	Sert kabuklu meyveler	6 ay
Pişırmeye hazır tahıllar	12 ay	Şeker	24 ay
Kurutulmuş yumurtalı erişte	2 Yıl	Şuruplar	12 ay
Beyaz un	12 ay	Kuru üzüm	6 ay
		Ekmek kırıntıları	6 ay
Pirinç	2 Yıl		
Parmesan peyniri	10 ay	Patates cipsi	6 ay
Süt tozu	12 ay	Baharat	2 – 3 yıl

Ekmekler orijinal ambalajında oda sıcaklığında saklanmalı ve bir hafta içinde tüketilmelidir. Tahıllar, pirinç, krakerler, kurutulmuş meyveler, otlar ve baharatlar gibi kuru ürünler nemi dışarıda tutmak için sıkıca kapatılmış kaplarda saklanmalıdır (Boyer ve McKinney, 2013).

Çikolata, fındık, patates cipsi, yağ, süt tozu, parmesan peyniri, krep ve muffin karışımları gibi yüksek yağlı raf ömrüne sahip ürünlerin karanlık koşullarda saklanması veya opak ambalaj malzemeleri içinde paketlenmesi gerekir. Ayrıca oksijene karşı korumanın doğru ambalaj malzemesi seçimi ile sağlanması gerekmektedir (Robertson, 2013). Konserve gıdalar yüksek sıcaklıklarda işlenir, bu nedenle çabuk bozulmazlar. Bal, jöle ve şurup gibi yüksek şekerli ürünler, düşük su aktivitesi nedeniyle uzun raf ömrüne sahip diğer gıdalardır.

Taze sebze ve meyveler, farklı özellikleri nedeniyle farklı depolama gereksinimlerine sahiptir. Elma, muz, şeftali, domates vb. gibi bazı sebze ve meyveler klimakterik gıdalardır, yani

hasattan sonra olgunlaşabilir ve olgunlaşma süreci içerisinde etilen üretebilirler. Bazı taze ürünler klimakterik değildir, hasattan sonra olgunlaşmazlar, bu nedenle de etilen üretmezler ancak etilene karşı duyarlıdırlar. Bu gıdalar brokoli, lahana, karnabahar vb.'dir.

Klimaterik olmayan meyveler



Klimaterik meyveler



Etilen üretimi ile olgunlaşma süreçlerini geciktirmek için sebze ve meyveler nispeten yüksek nemli havalandırılmış odalarda depolanmalıdır. Bunun yanı sıra, çoğu taze ürün oda sıcaklığında saklanabilir, ancak raf ömürlerini uzatmak için soğutma işlemi önerilir. Örneğin, ambalajdaki havanın alınması, sebzelerin soğuk hava koşullarında saklanması ve yüksek nemin korunması taze sebzelerin raf ömrünü uzatabilir. Buna ek olarak, lahana gibi taze yapraklı sebzeler, solmayı önlemek için nem geçirmeyen torbalara sarılmalıdır. Havuç, turp ve pancar gibi kök sebzeleri saklarken başlarının kesilmesi nem kaybını azaltacaktır. Domates hasattan sonra da olgunlaşmaya devam eden ve oda sıcaklığında saklanması gereken bir sebzedir. Meyveler genellikle nem kaybını önlemek ve olgunlaşmayı geciktirmek için nemli ve serin yerlerde depolanır (Boyer ve McKinney, 2013).



Oda sıcaklığında saklanan elmalar birkaç gün içinde hızla yumuşar, bu nedenle buzdolabında saklanması tavsiye edilmektedir. Armut ve kayısı ise oda sıcaklığında olgunlaştıktan sonra soğutulmuş ortamda saklanmalıdır. Limon ve misket limonu gibi turunçgiller, yüksek asitlik ve yüksek antioksidan içeriği nedeniyle daha uzun raf ömrüne sahiptir. Bu ürünler buzdolabında 2 haftalık bir süre boyunca bile saklanabilirler (Boyer ve McKinney, 2013). Bazı meyve ve sebzelerin ortam sıcaklığında ve soğutulmuş olarak saklanabilecekleri ortalama raf ömürleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Meyve ve sebzelerin raf ömrü (Andress ve Harrison, 2011)

Gıda ürünü	+2 °C ila+4 °C'de raf ömrü	+10 °C ila+21 °C'de raf ömrü
Elma	3 hafta	1-2 gün
Turunçgiller	1-2 hafta	10 gün
Üzüm	1 hafta	1 gün
Kavun	3-4 gün	1-2 gün
Pancar	1-10 gün	1 gün
Patlıcan	3-4 gün	1 gün
Sarımsak	1-2 hafta	1 ay
Yeşillikler, ıspanak	1-2 gün	Bilgi bulunmuyor
Mantar	2-3 gün	Bilgi bulunmuyor
Soğan	1-2 hafta	Bilgi bulunmuyor
Patates	1-2 hafta	1-2 ay

6.2. Dondurulmuş ve soğutulmuş gıdalar

Soğuk depolama, gıda muhafazasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Soğutma sıcaklıkları 0 °C ila +7 °C aralığında olup, taze meyve ve sebzelerin olgunlaşma sürecini yavaşlatır ve mikrobiyal bozulmaya yatkın olan ürünlerde mikroorganizmaların büyümesini engeller. Soğutma, gıda ürününün türüne bağlı olarak bozulabilir gıdaları günlerce veya haftalarca korumaktadır. Nakliye, perakende ve evde depolama gibi tüm dağıtım zinciri boyunca koşulların temin edilmesi gerekmesine rağmen, soğutma ürünlerin duyuusal ve besleyici özellikleri üzerinde düşük bir etkiye sahiptir (Sancho-Madriz, 2003).

Buzdolabında farklı türde ürünler saklanabilir. Örneğin; süt, yoğurt, ekşi krema ve peynir gibi süt ürünleri soğuk olarak saklanmalıdır. Buzdolabında saklanan sıvı sütün raf ömrü, perakende sürecindeki üretim tarihi, ısıtma işlemi ve saklama koşullarına bağlı olarak 8 ila 20 gün arasında değişiklik gösterebilir. Peynirler buzdolabında 1 ay, taze krema 1 hafta, ekşi krema 2-3 hafta ve yoğurt 1-2 hafta saklanabilir. Ekmeğin buzdolabında 2-3 haftalık raf ömrü vardır. Tüketime hazır doğranmış etler buzdolabında 5 güne kadar saklanabilirken, kıyılmış etin üretim süreci ve artan yüzey alanı nedeniyle raf ömrü 1-2 gün daha kısadır. Pastırma gibi kurutulmuş etler havaya maruz kaldıklarında bozulma eğiliminde olurlar, bu da 1 haftalık raf ömrüne sahip olabilecekleri anlamına gelir. Jambonlar da buzdolabında 1 hafta saklanabilir. Taze beyaz et ürünlerinin soğutulmuş koşullarda 1-2 gün raf ömrü vardır ve taze balıklar da soğutulmuş koşullarda 1-2 gün saklanabilir (Andress ve Harrison, 2011; Boyer ve McKinney, 2013).

Gıda ürünlerini buzdolabında saklarken, kontaminasyonu önlemek amacıyla et gibi çiğ gıdalar, pişmiş gıdalardan ve pişirilmeden güvenle yenebilecek gıdalardan ayrı tutulmalıdır. Buzdolabındaki yiyeceklerin hava almayacak şekilde sarılması veya hava sızdırmaz kaplara konulması gerekir (Andress ve Harrison, 2011).

Dondurma, gıdaların raf ömrünü uzatmak için kullanılan bir diğer yöntemdir. Dondurulmuş saklama koşulları, -18°C ve daha düşük sıcaklıkları ifade etmektedir; böylelikle, gıdalar uygun şekilde paketlenirse aylar veya yıllar boyunca korunabilir. Dondurma işlemi, ürünlerdeki su aktivitesini düşürür ve mikrobiyal büyümeyi durdurur, ancak bakteri veya küfleri öldürmez. Ayrıca, duyuusal nitelikleri, özellikle de dokuyu etkilemekle birlikte, gıdanın besleyici kalitesi üzerinde düşük bir etkiye sahiptir. Farklı türdeki gıdalar, raf ömürlerini uzatmak amacıyla donmuş koşullarda saklanabilir. Örneğin, dondurucudaki ekmeğin raf ömrü 3 aya kadar çıkabilir. Kırmızı et, beyaz et ve balık dondurulmuş olarak saklanabilecek diğer besin

gruplarıdır. Uskumru ve somon gibi yağlı balıkların dondurucuda raf ömrü 2-3 ay iken, morina veya pisi balığı gibi yağsız balıkların -18°C 'de saklandığında 4-8 ay raf ömrü vardır. Taze domuz, kuzu veya dana pirzolası dondurucuda 4-6 ay, kıyma 3-4 ay saklanabilir. Jambon ve pastırmanın dondurucudaki raf ömrü 1-2 aydır. Tavuk gibi yağsız beyaz et ürünlerinin raf ömrü 12 aydır (Andress ve Harrison, 2011; Boyer ve McKinney, 2013).

Sonuç

Gıda ürünlerinin depolama sırasındaki kalitesi ve güvenliği, dayanıklılık sağlamaya ve raf ömrünü artırmaya katkıda bulunan farklı uygulamalar ile sağlanmaktadır. Raf ömrü, ürünün özelliklerine ve depolama gereksinimlerine bağlı olarak "tavsiye edilen tüketim tarihi" veya "son tüketim tarihi" olarak tanımlanabilir. Ürünün raf ömrünün ne kadar olduğunu ve nelerden etkilendiğini doğru anlamak için ürünü piyasaya sürmeden önce farklı çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bunlar arasında; ürün özelliklerinin belirlenmesi, olası bozulma süreçlerinin incelenmesi, ambalajlama yöntemlerinin seçimi ve uygun raf ömrü testlerini yürütülmesi yer almaktadır.

Çeşitli gıda ürünlerinin raf ömrü açısından farklı özellikleri ve gereksinimleri olduğundan, mikrobiyolojik, kimyasal veya fiziksel değişiklikleri engellemek amacıyla farklı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Mikrobiyolojik bozulmanın gıdanın sağlıklı bir şekilde tüketilmesini engellerken, kimyasal ve fiziksel değişiklikler genellikle kalite düşüşüne sebep olmaktadır.

Depolama sırasında önemli rol oynayan faktörleri tanımladıktan sonra, doğru seçilmiş ambalajlama yöntemlerinin uygulanması da çok önemlidir. Ambalaj her şeyden önce gıda ürünü için muhafaza, koruma, kullanım kolaylığı ve tüketici iletişimini sağlamalıdır. Bu amaç doğrultusunda farklı teknikler kullanılabilir. Örneğin, geleneksel ambalajlama yöntemleri arasında plastik, cam, metal, kağıt ve karton ambalajlar bulunmaktadır. Buna ek olarak, ürünün kalitesini ve güvenliğini koruması için özel ihtiyaçları olduğunda bariyerli ambalaj malzemelerin kullanılması dikkate alınmalıdır. Gıdaların raf ömrünü daha da artırmaya yönelik hedeflere ulaşmak için vakumlu veya modifiye atmosfer paketleme uygulanabilmektedir.

Geleneksel ambalajların yanı sıra yeni teknolojiler de yaygınlaşmaktadır. Örneğin; raf ömrünü uzatmak, ürün özelliklerini iyileştirmek veya ürün izleme süreçlerini geliştirmek için aktif veya akıllı paketleme sistemleri kullanılmaktadır. Bahsedilen farklı türdeki teknolojiler arasında, depolama sırasında ürün kalitesini daha uzun sürelerle yaymak için tutucular veya yayıcıların kullanımı veya ürünün durumu hakkında bilgi veren göstergeler veya sensörlerin uygulanması yer almaktadır. Biyoplastikler gibi biyolojik olarak parçalanabilen veya kompostlanabilen alternatif ambalaj malzemeleri, yenilenebilir kaynaklardan geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerine yönelik taleplerin artmasıyla daha da popüler hale gelmiştir. Gerekli bariyer korumasını sağlayarak gıdaların kalitesini artırmak hedeflendiğinde yenilebilir filmler ve kaplamalar ile ilgili uygulamalar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Referanslar

- AGA recommendation brochure. https://www.linde-gas.ee/et/images/MAPAX_brochure_EE_tcm607-168264.pdf (11.11.2021)
- Ahvenainen, R. (2003). Active and intelligent packaging: An introduction. *Novel Food Packaging Techniques*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 5-21. <https://doi.org/10.1533/9781855737020.1.5>
- Ali, A., Chong, C.H., Mah, S.H., Abdullah, L.C., Choong, T.S.Y., Chua, B.L. (2018). Impact of Storage Conditions on the Stability of Predominant Phenolic Constituents and Antioxidant Activity of Dried Piper betle Extracts. *Molecules*. 23, 84; doi:10.3390/molecules23020484
- Altaf, Y., Kanojia, V., Rouf, A. (2017). Novel packaging technology for food industry. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7 (1), 1618-1625.
- Andress, E.L., Harrison, J.A. (2011). Food storage for safety and quality. <https://www.ksre.k-state.edu/humannutrition/foodstorage-documents/Georgia.foodstorage2011.pdf> (10.11.2021)
- Ashter, S.A. (2016). New Developments. *Introduction to Bioplastics Engineering*. *Plastics Design Library*. 251-274. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39396-6.00010-5>
- Barone, C., Bolzoni, L., Caruso, G., Montanari, A., Parisi, S., and Seinka, Izabella (2015). *Food Packaging Hygiene*. Springer.
- Başlar, M., Karasu, S., Kiliçli, M., Us, A.A. and Sağdıç, O. (2014). Degradation Kinetics of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Pomegranate Arils during the Drying Process. *International Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0080>
- Bizymis A-P., Tzia, C. (2021). Edible films and coatings: properties for the selection of the components, evolution through composites and nanomaterials, and safety issues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1934652>
- Boyer and McKinney, (2013). Food storage guidelines for consumers. https://www.ksre.k-state.edu/humannutrition/foodstorage-documents/Virginia348-960_pdf.pdf (10.11.2021)
- Campbell-Platt, G. (2017). *Food Science and Technology*. John Wiley & Sons.
- Cauvain, S.P.; Young, L.S. (2010). Chemical and physical deterioration of bakery products. In *Chemical deterioration and physical instability of food and beverages*; Skibsted, L.H., Ed.; Woodhead Publ; CRC Press: Oxford, Cambridge, New Delhi, Boca Raton, Boston, New York, Washington, DC, pp 381–412, ISBN 9781845699260.
- Conte, A., Angiolillo, L., Mastromatteo, M., Del Nobile, M.A. (2013). Technological Options of Packaging to Control Food Quality. In *Food Industry*; Muzzalupo, I., Ed.; InTech, ISBN 978-953-51-0911-2.
- Corradini, M. (2018). Shelf Life of Food Products: From Open Labeling to Real-Time Measurements. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030117-012433>
- Danish Veterinary and Food Administration. Best before vs use by date illustration. <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/matvanor-halsa-miljo/matsvinn/bast-fore--bra-efter-liggande-eng.jpg> (29.11.2021)

Degirmencioglu, N., Göcmen, D., Inkaya, A.N., Aydın, E., Guldaz, M., Gonenc, S. (2011). Influence of modified atmosphere packaging and potassium sorbate on microbiological characteristics of sliced bread. *J Food Sci Technol*, 48, 236–241, doi:10.1007/s13197-010-0156-4.

Embleni, A. (2013). Modified atmosphere packaging and other active packaging systems for food, beverages and other fast-moving consumer goods. *Trends in Packaging of Food, Beverages and Other Fast-Moving Consumer Goods (FMCG)*. *arkets, Materials and Technologies Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, Pages 22-34. <https://doi.org/10.1533/9780857098979.22>

European Bioplastics webpage. Bioplastic materials. <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/materials/> (29.11.2021)

Fernandez, U., Vodovotz, Y., Courtney, P., Pascall, M.A. (2006). Extended Shelf Life of Soy Bread Using Modified Atmosphere Packaging. *Journal of Food Protection*, 69, 693–698, doi:10.4315/0362-028X-69.3.693.

Fik, M., Surówka, K., Maciejaszek, I., Macura, M., Michalczyk, M. (2012). Quality and shelf life of calcium-enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere. *Journal of Cereal Science*, 56, 418–424, doi:10.1016/j.jcs.2012.06.006.

Foodvacbags. <https://foodvacbags.com/pages/storage-time-for-foodvacbags-vacuum-sealed-foods> (11.11.2021)

Frankel, E.N. (2012). Methods to determine extent of oxidation. *Lipid Oxidation*. 99-127. DOI:10.1533/9780857097927.99

FSAI, Validation of products shelf-life. https://www.fsai.ie/publications_gn18_shelf-life/ (16.11.2021)

Gould, G. (2009). Preservation principles and new technologies. DOI:[10.1533/9781845696337.2.547](https://doi.org/10.1533/9781845696337.2.547)

Han, J. H. (2005). *Innovations in Food Packaging*. Elsevier.

Han, J.H. (2014). A review of food packaging technologies and innovations. *Innovations in Food Packaging (Second Edition)*. 3-12. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00001-1>

Han, J.H., Ho, C.H.L., Rodrigues, E.T. (2005). Intelligent packaging. *Innovations in Food Packaging. Food Science and Technology*. 138-155. <https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50041-3>

Hawthorne L.M., Beganovic, A., Schwarz, M., Noordanus, A.W., Prem, M., Zapf, L., Scheibel, S., Margreiter, G., Huck, C.W., Bach, K. (2020). Suitability of Biodegradable Materials in Comparison with Conventional Packaging Materials for the Storage of Fresh Pork Products over Extended Shelf-Life Periods. *Foods*. 9, 1802. doi:10.3390/foods9121802

Kamiloglu, S., Tomas, M., Ozdal, T., Yolci-Omeroglu, P., Capanogly, E. (2021). Bioactive component analysis. *Innovative Food Analysis*. 41-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819493-5.00002-9>

Kong, F., Singh, R.P. (2016). Chemical Deterioration and Physical Instability of Foods and Beverages. *The Stability and Shelf Life of Food*. 44-76.

Kris-Etherton, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E., Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *30;113 Suppl 9B:71S-88S*. doi: 10.1016/s0002-9343(01)00995-0

- Lee, D.S. Carbon dioxide absorbers for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology* 2016, 57, 146–155, doi:10.1016/j.tifs.2016.09.014.
- Lee, S.J., Rahman, A.T.M. (2014). *Intelligent packaging for food products. Innovations in Food Packaging (Second Edition)*. 171-209. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00008-4>
- Lee, S.Y., Lee, S.J., Choi, D.S., Hur, S.J. (2015). Current topics in active and intelligent food packaging for preservation of fresh foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Volume 95, Issue 14, p. 2799-2810. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7218>
- Lianou, A., Panagou, E. Z., Nychas, G.-J.E. *Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. The Stability and Shelf Life of Food*, 2nd Edition. 3-42. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2016.
- Lucas, J. Integrating MAP with new germicidal techniques. In *Novel food packaging techniques; Ahvenainen, R., Ed.; CRC Press: Boca Raton, Cambridge, England, 2003, ISBN 128037294X.*
- Majid, I., Nayik, G.A., Dar, S.M., Nanda, V. (2018). Novel food packaging technologies: Innovation and future prospective. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 17, 454-462. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.11.003>
- Man, C. M. D. *Food Storage Trials. The Stability and Shelf Life of Food*, 2nd Edition. 171-198. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 2016.
- Mills, A., Skinner, G.A. (2010). Water-based colourimetric optical indicators for the detection of carbon dioxide. *Analyst*. 135, 1912-1917. DOI: 10.1039/c000688b
- Moghadasian, M.H., Shahidi, F. (2017). Fatty acids. *International Encyclopedia of Public Health*, 2nd edition, Volume 3, 114-122. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.00157-0>
- Morris, B. A. 8 - Barrier. *The Science and Technology of Flexible Packaging. Multilayer Films from Resin and Process to End Use. Plastics Design Library*. 259-308. 2017.
- Morris, B. A. Appendix B: Examples of Flexible Packaging Film Structures. *The Science and Technology of Flexible Packaging. Multilayer Films from Resin and Process to End Use. Plastics Design Library*. 697-709. 2017.
- Nychas, G.-J.E., Panagou, E. (2011). Microbiological spoilage of foods and beverages. *Food and Beverage Stability and Shelf Life. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, 3-28. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845697013500013?via%3Dihub>
- NZFSA, A guide to calculating the shelf life of foods. <https://blpd.dss.govt.nz/micro/A%20Guide%20to%20Calculating%20the%20Shelf%20Life%20of%20Foods%20-%20New%20Zealand.pdf> (16.11.2021)
- Oceanwatch Australia. Compostable vs biodegradable. <https://www.oceanwatch.org.au/uncategorized/compostable-vs-biodegradable/> (29.11.2021)
- Olsen, Y. (2009). Lipids. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. *Encyclopedia of Inland Waters*. 774-782. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00112-5>
- Petruzzi, L., Corbo, M.R., Sinigaglia, M., Bevilacqua, A. (2017). Microbial spoilage of foods: fundamentals. *The Microbiological Quality of Food. Woodhead Publishing Series in Food Science,*

Technology and Nutrition. 1-21.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005026000029?via%3Dihub>

Regulation (EU) no 1169/2011 of the European Parliament and of the council. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1169&from=ET> (28.04.2021)

Robertson, G. L. (2013). Food Packaging. Principles and Practice. 564. Boca Raton : CRC Press, Taylor & Francis Group.

Robertson, G. L. (2016). Packaging and Food and Beverage Shelf Life. The Stability and Shelf Life of Food, 2nd Edition. 77-106. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.

Roudaut, G., Debeaufort, F. (2010). Moisture loss, gain and migration in foods and its impact on food quality. Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 143-185

Rudin, A., Choi, P. (2013). Biopolymers. The Elements of Polymer Science & Engineering (Third Edition). 521-535. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382178-2.00013-4>

Sancho-Madriz, M.F. (2003). Preservation of food. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), 4766-4772. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00968-8>

Schmidt, S.J., Fontana, A.J. (2020). Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products. Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications, Second Edition. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.app5>

Science News for Students. The pH Scale. [Scientists Say: pH | Science News for Students](https://www.sciencenews.org/article/scientists-say-ph) (25.11.2021)

Shahidi, F., Zhong, Y. (2009). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*. 39, 4067-4079. DOI: 10.1039/b922183m

Singh, A., Gu, Y., Castellarin, S.D., Kitts, D.D., Pratap-Singh, A. (2020). Development and Characterization of the Edible Packaging Films Incorporated with Blueberry Pomace. *Foods*. 9, 1599. doi:10.3390/foods9111599

Singh, P., Wani, A. A., Langowski, H. (2017). Food Packaging materials : testing & quality assurance. Boca Raton : CRC Press.

Singh, R.P., Anderson, B.A. (2004). The major types of food spoilage: an overview. Understanding and Measuring the Shelf-Life of Food. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 3-23.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781855737327500056?via%3Dihub>

Topuz, F., Uyar, T. (2020). Antioxidant, antibacterial and antifungal electrospun nanofibers for food packaging applications. *Food Research International*, 130, 108927, doi:10.1016/j.foodres.2019.108927.

USDA Food loss and waste. [<https://www.usda.gov/foodlossandwaste>] (10.11.2021)

USDA Shelf-stable food safety. <https://www.fsis.usda.gov/food-safety/safe-food-handling-and-preparation/food-safety-basics/shelf-stable-food> (10.11.2021)

USDA. <https://www.nal.usda.gov/fnic/how-many-calories-are-one-gram-fat-carbohydrate-or-protein> (09.11.2021)

Verde, A. B., Alvim, I. D., Luccas, V., & Vercelino Alves, R. M. (2020). Stability of milk chocolate with hygroscopic fibers during storage. *LWT*, 110477. doi:10.1016/j.lwt.2020.110477

Vinay Pramod Kumar, K., Jessie Suneetha, W., Anila Kumari, B. (2018). Active packaging systems in food packaging for enhanced shelf life. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(6): 2044-2046.

Yildirim et al., 2017 <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/1541-4337.12322>

Yilmaz, E. and Karadeniz, F. (2013). Effect of storage on the bioactive compounds and antioxidant activity of quince nectar. *International Journal of Food Science & Technology*. Volume 49, Issue 3, p. 718-725. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12355>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

"Erasmus+ Programı kapsamında Avrupa Komisyonu tarafından desteklenmektedir.
Ancak burada yer alan görüşlerden Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz."

"YETİŞKİNLERİN GIDA OKURYAZARLIĞI YETKİNLİKLERİNİN ARTIRILMASI" PROJESİ

FOODTR


2020-1-TR01-KA204-092828

2022




TAGEM
AR-GE & İNOVASYON



 Foodtr Project

 FOODTR2

 foodtrproject

Adres: Adalet Mah. Hürriyet Cad. No: 128 16160
Osmangazi/Bursa

Telefon: 0224 246 47 20