

## MAKALE

## Dondurulmuş Gıdaya Uygun Esnek Ambalaj Tasarımı



**BAK AMBALAJ AR-GE MERKEZİ**  
**Zeliha Sevdiođlu**  
(Bak Ambalaj Arge Müdürü)  
süpervizörlüğünde

**Nazlı Ulutaş**

Bak Ambalaj Analitik  
Ar-Ge Uzman Mühendisi

**Esen Uslu**

Bak Ambalaj Proses  
Ar-Ge Uzman Mühendisi

**Erdal Aydın**

Bak Ambalaj Proses Ar-Ge Uzmanı

**Mine Kulah**

Bak Ambalaj Proses  
Ar-Ge Uzman Mühendisi

**Özge Tekin**

Bak Ambalaj Analitik  
Ar-Ge Mühendisi

**Burçin Yalçın Özkan**

Bak Ambalaj Analitik ve  
Proses Ar-Ge Takım Lideri

### 1. Giriş

**D**ondurulmuş gıda tüketimi günümüzde artan iş yoğunluğu ve değişen yaşam tarzlarına bağlı olarak yükselen bir ivme göstermektedir. Tüketim kolaylığı ve zamandan tasarruf sağlaması bakımından tüketiciler için vazgeçilmez ürünlerdendir. Hızlı ve kolay pişirilmesi, daha uzun süre saklanabilmesi gibi etmenler dondurulmuş gıdaya olan bağlılığı arttırmaktadır. Ambalaj da bu tür ürünlerin tazeliğinin korunması için gerekli olan en önemli unsurdur. Dondurulmuş gıda ambalajları; meyve ve sebzeler, balık, karides, midye gibi dondurulmuş deniz ürünleri, hazır pizza, lahmacun, börek, patates kızartması gibi dondurulmuş fast food ürünlerinde soğutma işlemi uygulama-

siyla kullanılır. Fakat ürünün tazeliğinin korunması konusunda doğru şekilde dondurma işleminin yanında en önemli görev ürün ambalajına düşmektedir.

### 2. Dondurulmuş Gıda Ambalajları

Dondurma işlemi, gıdaların kalite, tat, koku ve besin değerinin en iyi korunduğu gıda saklama yöntemi olarak kabul edilmektedir. -40 °C'de gıdanın hızla dondurulması sayesinde gıdaların içerdikleri su, buz kristallerine dönüşerek bozulmaya yol açan mikroorganizmaların yaşamasını engellemekte, kimyasal ve biyokimyasal değişimler asgariye indirilerek gıdaların en doğal haliyle korunması sağlanmaktadır. Donma işlemi sayesinde ürün içerisinde kalan nem buza çevrilerek ürün daha uzun süre saklanmakta ve tazeliğini korumaktadır.



Tüketim kolaylığı sağlaması açısından, meyve-sebze ve deniz ürünleri dondurularak ambalajlanmaktadır. Bu sayede tüketiciye hem kullanım kolaylığı sağlamakta hem de bozulmadan uzun süre düşük sıcaklıklarda saklanabilmektedir. Diğer ürünlere göre daha hassas saklama koşulları gerektiren sahip olduğu uzun süreli raf ömrünü de bu şekilde koruyan dondurulmuş gıdalar uygun ambalajlama ve muhafaza koşulları ile piyasaya sunulmaktadırlar. Dondurulmuş gıdalar bozulmaya ve olası kokulara karşı daha savunmasızdır. Bu noktada ambalaj yapısının da fiziksel etmenlere karşı dayanıklı olması beklenmektedir. Ürünler dondurulduktan sonra sıcaklık değişimlerinin olmaması, ambalaj bütünlüğünün korunarak ambalaj içerisine oksijen geçişinin engellenmesi gerekmektedir. Ancak bu sayede ürünler tazeliğini koruyabilmektedir. Tüm bunları başarabilmek için de doğru ambalaj tasarımı oldukça önem taşımaktadır.

İyi ve doğru bir şekilde paketlenmiş gıdalarda kalite kaybı, lezzet ve besin değeri kaybı, oksidatif değişimler, raf ömründe azalma, mikrobiyal kontaminasyon, enzimatik, kimyasal ve tekstürel değişimler gözlenmesi beklenmez. Ön hazırlık işlemi tamamlanan ürünler -40°C'de IQF (Individual Quick Frozen) yöntemiyle şoklanarak merkez sıcaklığı -18°C olacak şekilde dondurulur. Besin değerini kaybetmeden paketlenir. Paketlenen ürünler soğuk zincirin kırılmaması için -20°C'deki soğuk hava depolarına alınıp sevkiyatı gerçekleşene kadar soğuk hava depolarında korunur. Genel olarak sektörde kullanılan dondurma yöntemleri Soğuk Hava ile Dondurma, İndirekt Kontak Metoduyla Dondurma, Daldırarak Dondurma ve Kriyojenik Sıvılarla Dondurma olarak listelenebilir (1).

Yapılan literatür araştırmasına göre, dondurulmuş gıdalarda en



çok kullanılan film yapıları polietilen (PE), etilen vinil asetat (EVA) kopolimeri, polipropilen (PP), polivinil klorür (PVC), poliviniliden klorür (PVDC), polietilen tereftalat (PET), polistiren (PS) ve poliamid (PA)'tir. Daha uzun raf ömrü sağlamak için lamine malzemeler PP/PE, PET/PA/PP ve PP/PE veya PET/PE'nin PVDC ile kaplanmış lamine versiyonu tercih edilmektedir.

Ambalaj yapısı tasarlanırken, sadece filmlerin değil, baskı ve laminasyon aşamasında kullanılan diğer ham maddelerin (mürekkep, lak, tutkal) de düşük sıcaklığa dayanımının göz önüne alınması gerekmektedir. Sağlıklı dondurma işleminin gerçekleşmesi için ideal sıcaklık -18 °C iken bazı dondurucularda -22 °C'ye kadar düştüğü gözlenmektedir (2). Kullanılan likitlerin de (mürekkep, lak) nem tutma özelliği ve renk değişimi ambalaj kalitesini etkileyecek potansiyel etmenlerdir. Mürekkebin nem tutmasından kaynaklı çok katlı ambalajlarda yaşanan delaminasyon problemleri ve soğuk zincire uygun olmayan tutkal kullanımı sonucu delaminasyon ve kırılma problemleri potansiyeli yüksek karşılaşılabilecek sorunlardır. Bu problemlerle karşılaşmamak adına her bir ham maddenin ürün ve dondurulma koşullarına uygun tasarlanması gerekmektedir.

Ambalaj geliştirme aşamasında değerlendirilmesi gereken bir diğer parametre de paketlenen ürünün ambalaj bütünlüğünün korunmasıdır. Ambalajın düşük sıcaklıklara dayanımının yanında bir diğer önemli nokta da delinme mukavemetinin yüksek olmasıdır. Dondurulan ürünler, dondurulmadan önceki halleri düşünülduğünde daha keskin ve sert yapıda olmaktadır. Bu durum, ambalajın delinmesine/yırılmasına sebep olabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek için ambalaj yapısının dondurulmuş gıdalara uygun delinme mukavemetine sahip olması beklenmektedir. Ürün oksijen ile herhangi bir temasta bulunduğu donmuş yapıyı kaybedecek ve ürünün bozulmasına sebep olacaktır. Herhangi bir bozulmaya, doku ve tat kaybına zemin oluşturmaması için uygun ambalajlama oldukça önemlidir. Dondurulmuş gıdaların ambalajlama işleminde soğuk ortam dayanımı artırılmalı ve hava geçirgenliği yok edilmelidir. Bu sayede sahip olduğu tat ve doku dengesini içerisinde hapsederek, dış ortamdan gelen nem ve organizmalara karşı dayanıklı olmaktadır.

Delinme mukavemetinin yanında, plastik şeffaf yapıdaki ambalaj tiplerinde kullanılan filmlerin antifog (buğu önleyici) özellikte olması,

0 °C'nin altındaki sıcaklıklarda oluşan su buharını engelleyerek ambalaj yüzeyinin şeffaflık ve parlaklığının korunmasını sağlayacaktır (2).

Oda sıcaklığında ve normal koşullarda çoğu plastiğin benzer esneklik ve kırılmaya karşı direnç davranışı gösterdiği bilinirken sıcaklıkta ki ciddi düşüş, polimer zincirlerinde değişikliğe ve sonuçta plastiğin kırılma direncinde azalmaya neden olmaktadır. Yüksek sıcaklığın aksine düşük sıcaklıklar plastikler üzerinde daha ciddi zararlara sebep olmaktadır. Rijitlik (deformasyona karşı direnç) malzemenin kırılmadan önce dayanabileceği nihai gerilim yükünü temsil eder (3). Çoğu polimerdeki uzun zincirler oda koşulu sıcaklıklarında birbiri üzerinde kayabilir ve malzeme bu durumdan dolayı esneklik kazanır ve kırılmaz. Sıcaklık düşüğe çoğu polimer sertleşmeye başlar ve 'camsı geçiş' (Tg) olarak bilinen eşikten geçerek "camsı katılar" haline gelir. Bu aşamada sert ve aynı zamanda çok kırılabilir hale gelirler. Polimer camsı özellikler sergilerken, camsı geçiş sıcaklığında ve üzerinde daha yumuşak, viskoelastik davranış sergiler. Yani Tg'nin altında kırılabilir, üstünde ise elastik olur (3). Polimerlerin daha kırılabilir olması, dondurulmuş ürün ambalajında bariyer zafiyetlerine sebep olacağından direkt olarak ürün raf ömrünü etkileyecektir. Bu anlamda ambalaj tasarımı yapılırken polimerlerin camsı geçiş sıcaklıkları da dikkate alınmalıdır. Tabloda bazı polimerlerin camsı geçiş sıcaklıkları verilmiştir.

### 3. Sonuç

Dondurulmuş gıdalar; tüketim kolaylığı ve zamandan tasarruf sağlaması bakımından tüketiciler için vazgeçilmez ürünler olup kullanımını giderek artış göstermektedir. Dondurulmuş gıdalar bozulmaya ve olası kokulara karşı daha savunmasızdır. Bu noktada muhafaza edildiği ambalaj yapısının da

fiziksel etmenlere karşı dayanıklı olması beklenmektedir. Dondurucu şartlarına uygun, içerisine giren gıda ürününün raf ömrünü ve diğer özelliklerini koruyan ambalaj yapısı geliştirilmesi oldukça önem taşımaktadır. Doğru bir yapıda iyi bir şekilde paketlenmiş gıdalarda kalite kaybı, lezzet ve besin değeri kaybı, oksidatif değişimler, raf ömrü azalması, mikrobiyal kontaminasyon, enzimatik, kimyasal ve tekstürel değişimler gözlenmektedir.

Dondurucu şartlarına uygun bir ambalaj için düşük sıcaklıklara dayanıklı ve fiziksel etmenlere karşı mekanik dayanımı yüksek bir ambalaj filmi kullanılması gerekmektedir. Ambalaj malzemesi seçerken dikkat edilmesi gereken parametrelerden bazıları; camsı geçiş sıcaklığı (Tg), ısı yapışma sıcaklığı, yapışma kuvveti, delinme mukavemeti, çekme gerdirme ve esneklik dayanımlarıdır. Bununla birlikte mürekkep, tutkal gibi bir ambalaj sisteminde bulunan diğer malzemelerin de filmler ile uyumlu olması ve düşük sıcaklıklara dayanımının yüksek olması; delaminasyon, mürekkebin çizilmesi gibi problemlere sebebiyet vermeyecek şekilde fiziksel etmenlere dayanıklı olması gerekmektedir.

Tablo 1 Plastiklerin Camsı Geçiş ve Ergime Sıcaklıkları (4)

Polymer	Tg (°C)	Tm (°C)
Low-density polyethylene (LDPE)	- 100	110
High-density polyethylene (HDPE)	- 100	130
Polypropylene (PP)	- 25	170
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	100	125
Polycarbonate (PC)	149	149
Nylon 6,6	49	250
Polyethylene Terephthalate (PET)	70	240
Polyphenylene oxide (PPO)	200	300
Polystyrene (PS)	95	240

Günümüz şartları ve sektör ihtiyaçları göz önüne alındığında, dondurulmuş gıdalar için plastik ambalaj sadece gıdanın ihtiyaçları düşünülerek değil, aynı zamanda doğal kaynaklar, enerji tasarrufu ve en önemlisi geri dönüştürülebilirlik açısından çevre de düşünülerek tasarlanmalıdır. Bu kapsamda geri dönüştürülebilir mono poliolefin yapılar, nanokompozit biyopolimer filmler gibi yeni ambalaj malzemeleri konusunda her geçen gün geliştirmeler yapılmaktadır.

### 4. Kaynaklar

1. Çurkan, Tamer, Çopur, 2012, Dondurulmuş Meyve-Sebze İhracatının Analizi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 1 73-82.
2. Sun, 2006, Handbook of frozen food processing and packaging. Chapter 3. doi.org/10.1201/b11204
3. Holliday, 1975, The stiffness of polymers in relation to their structure. Structure and Properties of Oriented Polymers, 242-263.
4. Greene, 2021, Design aspects in Automotive Plastics and Composites. Automotive Plastics and Composites, 301-324.