

**İYTE**  
**UKMK 2016**

İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ  
**İYTE**  
Kimya Mühendisliği  
Bölümü

# 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi

23-26 Ağustos 2016  
Wyndham Grand Izmir

Kimya Mühendisliği Temelleri

Biyoteknoloji

Çevre

Tasarım, Modelleme,  
Optimizasyon ve Kontrol

Su, Hava, Toprak

Enerji

Kimya Sektöründeki Gelişmeler

Malzeme Mühendisliği ve Bilimi

Mühendislik Eğitimi

Proses Güvenliği



[www.ukmk2016.org](http://www.ukmk2016.org)

ISBN:978-975-6590-08-9

İYTE  
UKMK 2016

ne  
üretelim?

**BİLDİRİLER KİTABI**



# 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi

23-26 Ağustos 2016  
Wyndham Grand İzmir



## EDITÖRLER

**Fehime ÇAKICIOĞLU ÖZKAN**  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü  
Urla İzmir Türkiye  
fehimeozkan@iyte.edu.tr  
+90 232 750 6642

**Mehmet POLAT**  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü  
Urla İzmir Türkiye  
mehmetpolat@iyte.edu.tr  
+90 232 750 6693

**Didem BERKÜN**  
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü  
Urla İzmir Türkiye  
che-events@iyte.edu.tr  
+90 232 750 6603

## Yayın Kurulu:

Canbike BAR	IYTE
Elif GÜNGÖRMÜŞ	IYTE
Gaye KANALTI	IYTE
Serkan KANGAL	IYTE
Efecan PAKKANER	IYTE
Elif Suna SOP	IYTE
Önder TEKİNALP	IYTE

## Kongre Organizasyon:

EGE KONGRE VE TURİZM HİZMETLERİ  
1402 Sokak No:8 Alsancak – İzmir (232) 464 13 51 (232) 464 29 25 ukmk2016@  
egekongre.com info@egekongre.com

ISBN No: 978-975-6590-08-9

**UKMK2016**

**KONGRE BAŞKANLARI**

Prof. Dr. Fehime ÇAKIÇIOĞLU ÖZKAN (Bölüm Başkanı)  
Prof. Dr. Mehmet POLAT

**KONGRE ONURSAL BAŞKANI**

Timur ERK (TKSD Yönetim Kurulu Başkanı)

**NE ÖRETELİM PROJE YARIŞMASI ONURSAL BAŞKANI**

Prof. Dr. Semra ÜLKÜ (1998-2006 Dönemi IYTE Rektörü )

**KONGRE SEKRETERİ**

Uzman Didem BERKÜN

**KONGRE DÜZENLEME KOMİTESİ**

Prof. Dr. Sacide ALSOY ALTINKAYA  
Prof. Dr. Selahattin YILMAZ  
Doç. Dr. Ekrem ÖZDEMİR  
Yard. Doç. Dr. Ayben TOP  
Yard. Doç. Dr. Aslı YÜKSEL ÖZŞEN

**IYTE ORGANİZASYON**

Ar. Gör. Canbike BAR  
Ar. Gör. Elif GÜNGÖRMÜŞ  
Ar. Gör. Gaye KANALTI  
Ar. Gör. Serkan KANGAL  
Ar. Gör. Efcan PAKKANER  
Ar. Gör. Elif Suna SOP  
Ar. Gör. Önder TEKİNALP

**KONGRE ORGANİZASYON**

**EGE KONGRE VE TURİZM HİZMETLERİ**

**egekongre**

Adres:1402 Sokak No:8 Alsancak – İzmir  
Tel: (232) 464 13 51  
Faks: (232) 464 29 25  
ukmk2016@egekongre.com  
info@egekongre.com

## Farklı Yöntemlerle Şekillendirmenin PP Gıda Ambalajlarında Toplam Migrasyona Etkisi

Duygu Gökdağ<sup>1</sup>, Alev Akpınar Borazan<sup>1a</sup>

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Kimya ve Süreç Mühendisliği Bölümü, Bilecik, TÜRKİYE

<sup>a</sup>Yazışma yapılacak yazar: [alev.akpinar@bilecik.edu.tr](mailto:alev.akpinar@bilecik.edu.tr)

**ÖZET:** Kimyasal migrasyon kavramı, belli koşullar altında ambalaj malzemesinin üretiminde kullanılan kimyasal maddelerin temasta bulunduğu gıda maddesinin etkileşerek gıdaya geçmesi ya da transferi olarak tanımlanır. Gıda ile temas eden gıda dışı ürünler, gıda ambalajlarında, mutfak eşyalarında, gıda üretim donanımlarında, sıhhi eldiven ve kesme işlemlerinde kullanılan malzemeler olarak bilinir. Kimyasal migrasyon; gıdanın yapısına, etkileşim süresine, etkileşim sıcaklığına ve ambalajda kullanılan maddenin miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Polipropilen hammaddesi gıda ile uzun süre temas eden ambalaj malzemeleri arasında hem üretici hem de tüketiciler tarafından güvenilir olduğu için tercih edilmektedir. Bu çalışmada; enjeksiyon, ekstruder ve PMC şekillendirme yöntemleriyle şekillendirilen polipropilen ambalaj materyalleri kullanılmıştır. Gıdaya uzun süre temas eden ambalaj materyalleri için toplam migrasyon hesaplanmıştır (Kasım-Mart 2014-2015 dönemi için). Deneylerde; sulu gıda ürünleri için ultra saf su, alkollü gıda ürünleri için gıda simülantı A (% 10'luk Etil alkol çözeltisi (w/v)), asidik gıda ürünleri için gıda simülantı B (% 3'lük Asetik asit çözeltisi (w/v)) kullanılmıştır. Hangi gıda maddesi için hangi simülantın kullanılması gerektiğinin belirlenmesi adına Türk gıda kodeksine göre ambalaj materyali için tanımlanan en kötü şartlar (700°C'de 10 gün temas) ele alınmıştır. Ayrıca aynı ambalaj materyalleri için çekme basma deneyleri yapılmıştır. En iyi migrasyon sonucu enjeksiyon şekillendirme yöntemi ile simülant A etanol çözeltisi için Ocak 2015'de elde edilmiştir. Toplam migrasyon değeri 0,16 mg/dm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Çekme basma deney sonuçları migrasyonla mukavemet arasında ilişki olmadığını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ambalaj, migrasyon, polipropilen, şekillendirme yöntemi

## 1. GİRİŞ

Gıda ile temas eden gıda dışı ürünler, gıda ambalajlarında, mutfak eşyalarında, gıda üretim donanımlarında, sıhhi işlemler ve kesme işlemlerinde kullanılan malzemeler olarak bilinirler. Ambalajlanmış gıdalarda, gıda ile temas eden malzemeler, plastikler ağırlıkta olmak üzere, kağıt, cam, seramik, silikon ve metal gibi maddelerden oluşur [Begley, 1997]. Ambalaj malzemeleri, gıda güvenliği açısından bir hammadde/ girdi/ yardımcı malzeme olarak ele alınmalı ve yaratabileceği tehlikeler açısından incelenmelidir. Ambalajdan esas beklenen mikrobiyolojik olarak gıdayı bulaşmalara karşı korumak ve gıdanın kalitesi ile güvenliğini sağlamaktır. Ancak aynı ambalaj malzemesi doğru seçilmediğinde gıdaya çeşitli kimyasal maddeleri bulaştırma tehlikesini de beraberinde getirebilir [Coles ve ark., 2003]. Üretim sırasında ve sofraya sunulmadan önce gıdanın temas ettiği eldiven, üretim ve paketlenme cihazları, ambalaj, mutfak materyalleri, kesiciler ve pişirme kapları migrasyonun başlıca kaynaklarıdır. Gıdalar için kimyasal geçiş veya bulaşma ihtimalinin en yüksek olduğu materyal uzun yıllar temas etme ihtimalleri olan ambalajlardır. İyi bir ambalaj hem güvenilir ve görevini tamamıyla yerine getiren hem de temasta bulunduğu gıda maddesine hiçbir bileşenini geçirmeyen yapıda olmalıdır [Silva ve ark., 2008]. Migrasyon ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Coulier ve ark. HDPE ve PP kasaların gıda güvenliğini incelemek için analitik bir çalışma yapmışlardır. Bu analitik protokol muhtemel göçmenleri geniş bir yelpazede kapsamak için kurulmuştur. PP ve HDPE sandıkların her ikisi içinde artan mekanik geri dönüşüm adımları ile hemen hemen tüm migrantların yarı miktar tayini ve tanımlanması önemli ölçüde mümkündür [Coulier ve ark., 2007]. Silva ve ark. tarafından kuru gıdaların içine maddelerin (difenilbütan, triklorosan ve bütillenmiş hidroksi toluenin) migrasyonunun en etkili olduğu koşullar tartışılmış ve hesaplanmıştır. Çalışılan gıda maddeleri içinde difenilbütan ve triklorosan difüzyon

katsayıları hesaplanmıştır [Silva ve ark., 2007]. Brandsch ve ark. çalışmalarında gıda ambalajının kalite güvencesi için bir araç olarak migrasyon modellemesini yapmışlardır. Çok tabakalı yapılar ile ambalaj malzemelerinin migrasyon modellemesi için difüzyon denkleminin sayısal çözümü açıklanmıştır. Bu prosedürde katı ya da yüksek viskoziteli gıda maddeleri içine migrasyon modellenmesi uygulanmıştır [Brandsch ve ark., 2002]. Zygour ve ark. yaptıkları çalışmanın birincil amacı, migrantı çevreleyen ortamın yakınlığı ve ambalaj malzemesinin, spesifik migrasyonu özelliklerini ne ölçüde etkilediğini değerlendirmektir. Çalışmanın ikincil amacı ise işlem görmemiş ambalaj materyallerinde zamanın bir fonksiyonu olarak ATBC (Asetil tribütül sitrat) plastikleştirici düzeyini gözlemlenmenin yanı sıra gama ışınlanmış ambalaj materyallerinde iyonize radyasyonun çevre/migrant/polimer üzerindeki orta ölçekli etkilerini araştırmaktır. Çalışma sonucunda, gıda simülant çözücüsüne spesifik migrasyonun artan polarite ile orantılı olarak azaldığı gözlemlenmiştir [Zygour ve ark., 2011]. Maden suyu konulan pet şişelerin antimon migrasyonunda depolama süresinin ve sıcaklığın etkisi, şeffaf, mavi ve lacivert şişelere alınan numunelerle deney süresi 15-220 gün arasında değişen çalışmaları Carneado ve ark tarafından araştırılmıştır. Antimon migrasyonunda, türleme analizinin toplam tayini HPLC-ICP-MS, HG-AFS ile analiz edilmiştir. Migrasyon çalışmaları, maden suyunun 4°C ve 20°C'lerde migrasyona tabi olmadığını göstermiştir [Carneado ve ark., 2014].

## 2. Malzeme ve Yöntem

### 2.1. Malzemeler

Çalışmada kullanılan malzemeler PMC, enjeksiyon ve ekstruder şekillendirme yöntemleri ile üretilmiş polipropilen ambalaj numuneleridir ve ticari bir ambalaj firmasından temin edilmiştir.

### 2.2. Yöntem

Çalışma kapsamında bahsedilen ambalaj malzemelerine toplam migrasyon testi ve çekme-basma dayanımı testleri yapılmıştır.

### 2.2.1 Toplam Migrasyon Testi

Toplam migrasyon testinde kullanılan malzemeler Simulant A; saf su, Simulant B; asetik asit sulu çözeltisi %3(w/v) ve Simulant C; etanol sulu çözeltisi %10(v/v)'dir. Polipropilen ürünlerin hangi gıdalarla hangi koşullarda temas edeceği bilinmediğinden sulu gıda benzerleri olarak TS EN1186-1 standardında belirtilen simulant A, simulant B ve simulant C çözeltileri kullanılmıştır ve deneyler en kötü koşullarda (70°C/10gün) gerçekleştirilmiştir. Deney numunelerinin hazırlanması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Deney numunelerinin hazırlanması

Her bir numuneden 50x50 mm boyutlarında 4 adet numune plakası hazırlanmıştır. Her bir numune plakası 100 mL'lik beherlere yerleştirildikten sonra üzerlerine 100±2 mL çözelti ilave edilmiştir. Her bir çözelti için 3 adet numuneli ve bir adet numunesiz olmak üzere 4 adet şahit hazırlanmıştır. Bu 4 beher etiketlenip çözelti seviyeleri işaretlenmiştir ve ağızları sıkıca alüminyum folyo ile sarılmıştır. Etüvde 70 °C'de 10 gün süresince bekletilmiştir. Bu

işleme ait görüntü Şekil 2'de paylaşılmıştır.



Şekil 2: Deney numunelerinin kurutulması ve çözeltilerden çıkarılması

Deney süresi tamamlanınca beherler etüvden alınarak soğutulmuştur ve plakalar çıkarılmıştır. Beherlerdeki çözeltiler daha önce 105°C'de sabit tartıma getirilen 100 mL'lik beherlere aktarılmıştır. Beherler kum banyosuna komularak çözelti düşük sıcaklıkta buharlaştırılmıştır ve beher 110°C etüvde 30 dakika bekletilip, desikatörde soğutulduktan sonra tartım alınmıştır. Polimer numunesinin, her bir gıda benzeri çözelti içinde elde edilen 3 test sonucu aşağıda verilen formül ile hesaplanarak ortalama değer bulunmuştur. Bu değer mg/dm<sup>2</sup> cinsinden toplam migrasyon değeri olarak kaydedilmiştir.

### E.1

### 2.2.2 Çekme Kopma Dayanımı Testi

Kopma mukavemeti, kopma anında kauçuk malzemeye uygulanan kuvvettir. Plastik malzemenin çekmeye karşı dayanımını gösterir. MPa cinsinden ifade edilir. Kopma uzaması ise; kopma anında, plastik malzemenin ilk boyuna oranla uzama miktarıdır. % uzama cinsinden ifade edilir.

Bu test ASTM D 412 standardına uygun olarak yapılmıştır. Numunelerin çekme testi ASTM D 412, TS 11187 standartlarına göre DEVOTRANS-Dvt BE marka cihazla yapılmıştır(Şekil 3). Hazırlanan plakalar papyon şeklinde kesilerek teste tabi tutulmuştur. 400 N kuvvet ile çekilerek uzatılan numunenin uzama miktarı ve % uzama miktarı, kopmada gerilme dayanımı test edilmiştir. Her bir örnek için 1 adet numuneye test uygulanmıştır. Deneyler genel olarak  $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de yapılmış ve numuneler bu sıcaklıkta en az 24 saat bekletilmiştir. Çekme testi öncesinde boyutsal ölçüm yapılmıştır. Hazırlanan numunenin kalınlığı üç noktadan dijital kumpas ile ölçülerek ortalaması alınmıştır.



Şekil 3: Çekme-kopma deney cihazı

### 3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 4 ve Çizelge 1 farklı aylarda aynı yöntemlerle üretilen PP ambalaj materyalleri için hesaplanan ortalama migrasyon miktarlarını göstermektedir.

Şekil 4 incelendiğinde toplam migrasyon adına en iyi yöntemin enjeksiyon ile şekillendirme yöntemi olduğu bunun yanı sıra en kötü yöntemin PMC şekillendirme yöntemi olduğu görülmektedir.

Unknown Format

Şekil 4: Farklı aylarda aynı yöntemlerle üretilen PP ambalaj migrasyon değerleri

Çizelge 1: Farklı aylarda aynı yöntemlerle üretilen PP ambalaj migrasyon değerleri

Gıda Simülantı	Şekillendirme Yöntemi	Migrasyon(mg/dm <sup>2</sup> )	Standart sapması
Asetik asit	Enjeksiyon	1.186	0.096
	Ekstruder	1.61	0.183
	PMC	2.396	0.0898
Etanol	Enjeksiyon	0.22	0.0441
	Ekstruder	0.332	0.0576
	PMC	0.76	0.036
Ultra saf su	Enjeksiyon	0.392	0.1319
	Ekstruder	0.564	0.0789
	PMC	0.958	0.0804

Çizelge 2 ise Kasım ile Ocak ayları arasındaki farklı şekillendirme yöntemiyle üretilmiş olan numunelere ait çekme-kopma deney sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 2: PP ambalaj numunelerinin çekme-kopma değerleri

Şekillendirme Yöntemi	Max. Kuvvet (N)	Max. Kavsette Uzama (mm)	Max. Gerilme (N/mm <sup>2</sup> )	Kopma Anında Uzama (mm)	Kopma Uzunluğu (%)
ENJEKSİYON	140	5.68	34	497.18	994.3
EKSTRUDER	140	5.54	18	497.18	994.3
PMC	88	2.5	15	497.18	994.3
ENJEKSİYON	140	4.35	34	497.18	994.3
EKSTRUDER	110	5.31	18	498.44	998.9
PMC	88	4.02	26	497.18	994.3
ENJEKSİYON	140	6.74	29	497.18	994.3
EKSTRUDER	88	1.81	21	497.18	994.3
PMC	78	3.56	25	497.18	994.3

Maksimum kuvvet, maksimum uzama, maksimum gerilme, kopma anında uzama ve kopma uzaması(%) değerleri çizelgede gösterilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde migrasyon ve mukavemet arasında ilişki olmadığı görülmüştür. Ocak ayında enjeksiyon metodu ile üretilen numunedeki maksimum kuvvette maksimum uzama 6,74 mm olarak belirlenmiştir. Maksimum uygulanabilir kuvvet ise 140 N'dur.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Türk Gıda Kodeksine göre gıda maddeleriyle temasta bulunacak plastikler, yüksek molekül ağırlıklı polimerlerden oluşmalı ve kimyasal bakımdan inert yapıda bulunmalıdır. Yapılarda kalabilecek monomer miktarları plastiklere ait teknik özelliklere uygun olmalıdır. Ayrıca bu plastikler kolay kırılmayan, yırtılmayan ve şekil bozukluğuna uğramayan bir yapıda olmalıdır.

Laboratuvar ölçekle yapılan uzun süre temaslı toplam migrasyon çalışmaları TS EN 11186-1 ve TS EN 11186-9 standartlarına dayandırılmıştır. Bunun yanında çekme-kopma testi yapılmıştır. Gıda maddeleriyle temasta bulunacak plastik malzemeler gıda maddelerini emmemeli, gıdayı sızdırmamalı, tat, koku ve rengini değiştirmemeli, taşıma ve depolama şartlarının gerektirdiği fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Migrasyon parametrelerinin optimum olması ambalajın güvenirliliği ve sağlığı açısından önem taşımaktadır. Deney sonuçları incelenen ambalaj

materyallerinin güvenilir olduğunu göstermiştir.

Çalışmada plastik ambalaj şekillendirme yöntemleri içerisinde enjeksiyon, ekstruder ve PMC şekillendirme yöntemlerinin; toplam migrasyona etkisi gerçekleştirilen deneylerle gözlemlenmiştir. Uzun süre temaslı toplam migrasyonda en iyi yöntemin enjeksiyon şekillendirme yöntemi olduğu iyileşen sonuçlarla açıkça görülmüştür. PMC şekillendirme yönteminin sonuçlarının enjeksiyon ve ekstruder ile karşılaştırıldığında daha kötü olmasına rağmen çeşitli ambalajlarda tercih edilen bir ambalaj şekillendirme yöntemi olmasının ana nedenlerinden biri üç boyutlu dairesel ambalajların şekillendirilmesinde sağladığı kolaylık ve kazandırdığı dayanımdır.

Çekme kopma dayanım testleri ile edinilen veriler; tüm fiziksel dayanımların birbirine yakınlığını, hemen hemen hepsinin aynı kopma uzamasına sahip olduğunu göstermiştir. Bu noktadan yola çıkarak toplam migrasyon ve fiziksel dayanım arasında bir ilişkinin varlığına dair yorum yapılamamaktadır.

Uzun süre gıdaya temas eden plastik ambalaj materyallerinde birçok faktörden dolayı bir tercih sebebi olan polipropilen hammaddesi; tüketici ve üreticiyi güvenilir olma adına da yanıltmamıştır. Plastik ambalaj materyalleri, plastik ambalaj tüketim miktarlarına bakıldığında, sektör arzı ve müşteri talebi parametrelerini karşılamaktadır. Bu durum plastik ambalaj materyallerinin uzun yıllar sektörde önemini koruyacağını sinyallerini vermektedir.

#### KAYNAKLAR

Begley T.H., 1997. Methods and approaches used by FDA to evaluate the safety of food packaging materials. *Food Additives and Contaminants*, 14, 545-553.

Brandsch J. Merceay P. Ruter M. Tosa V. and Piringer O., 2002. Migration modelling as a tool for quality assurance of food packaging. *Food Additives and Contaminants*, 19, 29-41.

Cameado S. Hernández-Nataren E. López-Sánchez J.F. and Sahuquillo A., 2014. Migration of antimony from polyethylene terephthalate used in mineral water bottles. *Food Chemistry*, 166, 544-550.

Coles R. McDowell D. and Kirwan M.J., 2003. *Food packaging technology*, London, U.K.: Blackwell Publishing, CRC Press. 1-31.

Coulier L. Orbons H.G.M. and Rijk R., 2007. Analytical protocol to study the food safety of (multiple-)recycled high-density polyethylene (HDPE) and polypropylene (PP) crates: Influence of recycling on the migration and formation of degradation products. *Polymer Degradation and Stability*, 92, 2016-2025.

Silva A.S. Freire C.J.M. Garcí'a R. S. Franz R. and Losada P. P., 2007. Time-temperature study of the kinetics of migration of DPBD from plastics into chocolate, chocolate spread and margarine. *Food Research International*, 40, 679-686.

Silva A.S. Freire C.J.M. Garcí'a R. S. Franz R. and Losada P.P., 2008. Mass transport studies of model migrants within dry foodstuffs, *Journal of Cereal Science*, 48, 662-669.

Zygor D.P. Paleologos E.K. and Kontominas M.G., 2011. Changes in the specific migration characteristics of packaging-food simulant combinations caused by ionizing radiation: Effect of food simulant. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 902-910.