

SFRS

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KURU İNCİR AMBALAJLAMA ACISINDAN BAZI  
ESNEK MALZEMELERİN GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ

Gülden TARHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIM ÜRÜNLERİ TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 15.12.1987 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından  
100. (Yüz)..... Not Takdir Edilerek Oybırılığı/Oyeklüğü  
ile Kabul Edilmiştir.

Unvanı  
Doç. Dr. Aziz EKİŞİ  
(Danışman)

B. Cemeroğlu  
Prof.Dr. Bekir  
CEMEROĞLU

G. Akovalı  
Prof.Dr. Güneri  
AKOVALI

W. G.  
Yüksekoktetim Kurulu  
Dokumentasyon Merkezi

J.

ÖZET  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURU İNCİR AMBALAJLAMA AÇISINDAN BAZI  
ESNEK MALZEMELERİN GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİ

Gülden TARHAN

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarım Ürünleri Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman : Doç.Dr. Aziz EKİŞİ  
1987, 62 sayfa

Jüri : Doç.Dr. Aziz EKİŞİ  
Prof.Dr. Bekir CEMEROĞLU  
Prof.Dr. Güneri AKOVALI

Kuru incir ambalajlanması söz konusu olan, yerli olarak üretilen, 25  $\mu\text{m}$  kalınlığında, nitro selüloz laklı selofan (MST), saran laklı selofan (MXXT), çift yönde oryante edilmiş polipropilen (BOPP), metalize BOPP ve poliviniliklorür (PVC) ile ayrıca 30  $\mu\text{m}$  ve 35  $\mu\text{m}$  kalınlıklarında BOPP filmlerin, su buharı, oksijen, karbon dioksit ve azot geçirgenlikleri belirlenmiştir.

Bulgulara göre; MST selofan ve MXXT selofanın su buharı geçirgenlikleri, BOPP nin oksijen, karbon dioksit ve azot geçirgenlikleri yüksektir. Metalize BOPP nin geçirgenlik değerleri aynı kalınlıktaki BOPP nin geçirgenlik değerlerine göre çok düşüktür. PVC nin su buharı geçirgenliği selofandan; oksijen, karbon dioksit ve azot geçirgenlikleri ise BOPP den daha azdır. MXXT selofan filmin oksijen, karbon dioksit ve azot geçirgenliği diğerlerine göre en azdır. Farklı kalınlıklardaki BOPP filmi su buharı ve karbon dioksit geçirgenlikleri arasındaki fark önemli, oksijen geçirgenlikleri arasındaki fark ise istatistik olarağın önemli değildir. Karbon dioksit geçirgenliği tayininde kullanılan iki ayrı metodla bulunan değerler belirli oranda birbirinden farklıdır.

**ANAHTAR KELİMELER :** Kuru incir, su buharı geçirgenliği, oksijen geçirgenliği, karbon dioksit geçirgenliği, azot geçirgenliği, selofan polipropilen, metalize polipropilen, polivinil klorür



ABSTRACT  
MASTERS THESIS

PERMEABILITY PROPERTIES OF SOME FLEXIBLE  
MATERIALS FOR THE PACKAGING OF DRIED FIGS

Gülden TARHAN

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Agricultural Product Technology

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Aziz EKŞİ  
1987, 62 pages

Jury : Assoc. Prof. Dr. Aziz EKŞİ  
Prof. Dr. Bekir CEMEROĞLU  
Prof. Dr. Güneri AKOVALI

In this thesis, water vapor, oxygen, carbon dioxide, and nitrogen permeabilities of nitro cellulose coated cellophane (MST), saran coated cellophane, biaxially oriented polypropylene (BOPP), metallized BOPP and polyvinyl chloride (PVC) of 25  $\mu\text{m}$  thickness and BOPP films of 30  $\mu\text{m}$  and 35  $\mu\text{m}$  thicknesses, that are locally produced and subject to be used for the packaging of dried figs, are determined.

According to the findings, the water vapor transmissions of MST cellophane and MXXT cellophane and oxygen, carbon dioxide, and nitrogen permeabilities of BOPP are high. The permeability values of the metallized BOPP film are very low with respect to the permeability values of the BOPP film of the same thickness. The water vapor transmission of PVC is low with respect to that of cellophane and the oxygen, carbon dioxide and nitrogen permeabilities of PVC are low with respect to the permeabilities of BOPP. The oxygen, carbon dioxide and nitrogen permeabilities of MXXT cellophane film are lowest with respect to the others. The difference between the water vapor and carbon dioxide permeabilities of the BOPP films of different thicknesses are important, however, the difference between the oxygen permeabilities is not significantly important. The carbon dioxide permeability values obtained by using two different methods are different in a certain ratio.

**KEYWORDS :** Dried fig, water vapor transmission rate, oxygen permeability, carbon dioxide permeability, nitrogen permeability, cellophane, polypropylene, metallized polypropylene, polyvinyl chloride.

## TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminden, son aşamaya gelinceye dek değerli bilgi ve yardımlarından yararlandığım tez danışmanım Doç. Dr. Aziz EKİŞİ' (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü)ye, çalışmalarım sırasında yakın ilgisini gördüğüm Prof. Dr. Bekir CEMEROĞLU' (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü) na, araştırmada gerekli deneyleri yapabilmem için her türlü laboratuvar imkânlarını sağlayan Türk Standardları Enstitüsü'ne, çalışmalarımda değerli yardımıcını gördüğüm Türk Standardlar Enstitüsü'nde çalışan arkadaşlarımı, ayrıca Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalının tüm öğretim üyelerine ve arkadaşlarımı, araştırma süresi boyunca bana destek olan eşim Fizikçi Taner TARHAN' (Türk Standardlar Enstitüsü)a içtenlikle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERİYAL VE METOD.....	34
3.1. Materyal.....	34
3.2. Metod.....	35
3.2.1. Su buharı geçirgenliği tayini.....	37
3.2.2. Oksijen geçirgenliği tayini.....	38
3.2.3. Karbon dioksit geçirgenliği tayini....	39
3.2.3.1. Manometrik metod.....	39
3.2.3.2. Dinamik akümülasyon metodu...	40
3.2.4. Azot geçirgenliği tayini.....	41
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	42
4.1. Esnek Ambalaj Malzemesinin Geçirgenlik Özellikleri.....	42
4.2. Kuru İncir Ambalaj Malzemesi Geçirgenliklerinin Değerlendirilmesi.....	52
KAYNAKLAR.....	55
EKLER	
EK-A. Dinamik Akümülasyon Metodu İle Karbon Dioksit Geçirgenliğinin Hesaplanması.....	59
EK-B. Geçirgenlik Değerlerinin Karşılaştırılması..	61
EK-C. Dinamik Akümülasyon Metodu ve Manometrik Metodla Tayin Edilen Karbon Dioksit Geçirgenlik Değerlerinin Birbirine Oranları.....	62

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1 Kuru İncirin Ortalama Kimyasal Bileşimi...	3
Tablo 2.2 Ambalaj Materyalinde Gaz ve Buhar Geçiş Tipleri.....	19
Tablo 2.3 Esnek Ambalaj Malzemesi Geçirgenlik Özel- liklerinin Değerlendirilmesi.....	28
Tablo 2.4 Selofan Filmelerin Geçirgenlik Özellikleri.	29
Tablo 2.5 BOPP Filmelerin Geçirgenlik Özellikleri....	29
Tablo 2.6 Opak, Koektruze OPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri.....	29
Tablo 2.7 Ambalajlamada Kullanılan Filmelerin Geçir- genlik Özellikleri (I).....	30
Tablo 2.8 Ambalajlamada Kullanılan Filmelerin Geçir- genlik Özellikleri (II).....	30
Tablo 2.9 Ambalajlamada Kullanılan Filmelerin Geçir- genlik Özellikleri (III).....	31
Tablo 2.10 Ambalajlamada Kullanılan Filmelerin Geçir- genlik Özellikleri (IV).....	32
Tablo 3.1 MST ve MXXT Tipi Selofanların Teknik Özellikleri.....	35
Tablo 3.2 BOPP Filmelerin Teknik Özellikleri.....	36
Tablo 4.1 MST Selofan Filmin Geçirgenlik Özellikleri İle İlgili Değerler.....	43
Tablo 4.2 MXXT Selofan Filmin Geçirgenlik Özellikle- ri İle İlgili Değerler.....	43
Tablo 4.3 25 $\mu\text{m}$ Kalınlığında BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri İle İlgili Değerler.....	44

Sayfa

Tablo 4.4	30 $\mu\text{m}$ Kalınlığında BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri İle İlgili Değerler.....	44
Tablo 4.5	35 $\mu\text{m}$ Kalınlığında BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri İle İlgili Değerler.....	45
Tablo 4.6	Metalize BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri İle İlgili Değerler.....	45
Tablo 4.7	PVC Filmin Geçirgenlik Özellikleri İle İlgili Değerler.....	46
Tablo 4.8	25 $\mu\text{m}$ , 30 $\mu\text{m}$ ve 35 $\mu\text{m}$ Kalınlıklarındaki BOPP Filmelerin Geçirgenlik Değerlerinin Ortalamalarının Karşılaştırılması.....	49
Tablo 4.9	25 $\mu\text{m}$ Kalınlığında MST Selofan, MXXT Selofan, BOPP, Metalize BOPP ve PVC Filmelerin Ortalama Geçirgenlik Değerleri.....	50
Tablo 4.10	25 $\mu\text{m}$ Kalınlığında MST Selofan, MXXT Selofan, BOPP, Metalize BOPP ve PVC Filmelerin Ortalama Geçirgenlik Değerleri Arasındaki Farklar.....	51

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Sorpsiyon İzoterm Eğrisi .....	9
Şekil 2.2 Kuru İncir Adsorpsiyon ve Desorpsiyon İzotermleri.....	11
Şekil 2.3 Su Aktivitesinin Herhangi Bir Gıda Madde- sinin Kimyasal, Enzimatik Ve Mikrobiyolo- jik Bozulma Reaksiyonlarının Hızına Etkisi.	13

## SİMGELER

$a_w$	Su aktivitesi
BOPP	Çift yönde oryante edilmiş polipropilen
$CO_2$	Karbon dioksit
MST	Nitro selüloz kaplı selofan
MXXT	Poliviniliden klorür (saran) kaplı selofan
$N_2$	Azot
$O_2$	Oksijen
OPP	Oryante polipropilen
PA	Poliamid
PE	Polietilen
PP	Polipropilen
PVC	Polivinil klorür
RH	Bağıl nem

## 1. GİRİŞ

Bir Akdeniz meyvesi olan incirin ana vatanı memleketimizdir. 1985 yılı istatistiklerine göre, dünya kuru incir üretimi 99.400 ton olup, Türkiye'de üretilen miktar 55.000 tonla bu miktarın % 55 ini teşkil etmektedir. Üretimimizin yaklaşık % 70 i ihrac edilmektedir (Sağdemir 1986). Sezon başından Nisan 1987 ayı sonuna kadar, kuru incir, incir ezmesi ve hurda incir olarak toplam 42.920 ton miktarında, 34 milyon dolar tutarında ihracatı yapılmıştır (Anonymous 1987 c). Beşinci beş yıllık kalkınma planına esas olmak üzere hazırlanan incir raporunda, 1993 yılı için kuru incir üretim hedefi 80.000 ton olarak belirlenmiştir. Kararlı bir politika izlendiğinde bugün 30-35 milyon dolar tutarındaki kurú incir ihracatının 50-60 milyon dolara çıkarılması mümkün olabilecektir (Sağdemir 1986).

Kuru incirin arzu edilen şekilde değerlendirilebilmesi için, yetiştirilmesi ve kurutulması sırasında gerekli özenin gösterilmesinin yanısıra uygun ambalaj seçimi ve depolama da son derece önemlidir.

Meyve ihracatımız içerisinde önemli yeri olan kuru incirle ilgili çeşitli araştırmalar yapılmış olmakla birlikte ambalajlama malzemesinin geçirgenlik özelliklerini dikkate alarak kuru incir için uygun ambalaj seçimesini kapsayan bir araştırma bulunmamaktadır.

Kuru incir ihracatında, tüketici ambalajı olarak, genellikle MST selofan kullanılmaktadır. MST selofan yerine MXXT selofonun kullanılabilmesi, ayrıca PP ve PVC filmlerin selofanın alternatif olarak değerlendirilmesi sebebiyle, belirtilen malzemelerin geçirgenlik özelliklerinin tayin edilerek karşılaştırılması önem kazanmaktadır.

Kuru incir ambalajlanmasında kullanılabilecek çeşitli malzemenin geçirgenlik özellikleri belirlenmiş, bu özelliklerin amaca uygunluğunun değerlendirilmesinde, kuru incirin özellikleri, muhtemel bozulma sebepleri ve farklı ambalajlardaki bozulma şekilleri de dikkate alınmıştır.

Konu, kuru incir ambalajlamasında kullanılabilenek yerli olarak üretilen çeşitli ambalaj malzemesinin geçirgenlik özelliklerine açıklık kazandırılması ve ambalaj malzemesinin geçirgenliğine bağlı olarak kuru incirde meydana gelebilecek bozulmaların irdelenmesi açısından önem taşımaktadır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kuru incir, Ficus carica domestica L. türüne giren ağaçların olgun, doğal veya yapay metodlarla kurutulmuş, işlenmiş veya işlenmemiş meyvesi olarak tanımlanmaktadır. İşlenmiş gruba girenleri, verilen şekle bağlı olarak layer, lokum, cikolat, makaroni gibi tiplere, naturel gruba girenleri ise özelliklerine göre ekstra, birinci sınıf, ikinci sınıf ve tip dışı olmak üzere dört sınıfa ayrılmaktadır (Anonymous 1980).

İşlenmiş kuru incirde nem oranı için öngörülen maksimal limit % 26 dir (Anonymous 1980). En uygun kabul edilen nem miktarı ise % 18-22 arasıdır (Heiss 1970).

Su dışında kuru incirin bileşiminde % 61.5 oranında karbon hidrat, % 3.5 oranında protein ve yaklaşık % 1.3 oranında yağ bulunmaktadır. Kuru incir ayrıca beslenme fizyolojisi açısından önem taşıyan birçok mineral element ve vitamin de içermektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Kuru İncirin Ortalama Kimyasal Bileşimi  
(Soici ve Bosch 1978)

Bileşim Ögesi	100 Gramda	
Protein	3.5	g
Yağ	1.3	g
Karbonhidrat	61.5	g
Sodyum	40	mg
Potasyum	800	mg
Kalsiyum	140	mg
Fosfor	108	mg
Demir	3.3	mg
C Vitamini	2	mg
B <sub>1</sub> Vitamini	120	µg
B <sub>2</sub> Vitamini	85	µg
Niyasin	1.1	µg
Enerji (1130 kj)	270	kcal
Fruktoz	16	g

Kuru incirdeki karbonhidrat esas olarak glukoz ve fruktozdan oluşmaktadır ve işleme tekniğine bağlı olarak invert şeker miktarı % 56.2 - 75.0 arasında değişmektedir (Koyuncu 1981).

Yaş incirin kimyasal bileşimi konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır. Ancak diğer meyve ve sebzelerde olduğu gibi taze incirin bileşimi de yetişme yoresi, yetişme yılı ve çeşit gibi bir çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Nitekim kadota çeşidi incirde çözünür katı madde oranı % 18.9, invert şeker % 15.9 ve kül ortalama % 0.422 iken (Hart ve Fisher 1971), sarızeybek çeşidinde toplam şeker % 20.24, titrasyon asidliği ise % 0.1533 olarak bulunmuştur (Eroğlu ve Küçüksayan 1986).

İncir de diğer gıdalar gibi, koşullara bağlı olarak bozulma özelliğindedir ve genelde gıdalardaki bozulma; biyolojik ve abiyotik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Biyolojik bozulma denildiğinde, canlı organizmaların gelişmesi ve çoğalması sonucu ortaya çıkan olumsuz değişimler anlaşılımaktadır. Bu da daha çok bakteri, maya ve küflerin etkilerinden kaynaklanmaktadır. Abiyotik bozulma ise, maillard tepkimesi, hidrolitik parçalanma, yağların ve pigmentlerin oksidasyonu gibi kimyasal reaksiyonlar ile şişme, kuruma, kristalizasyon, erime ve çözünme gibi fiziksel değişimleri kapsamaktadır (Heiss 1970).

Meyve ve sebzelerde ve bunlardan işlenen gıdalarda daha çok önem taşıyan değişimler; enzimatik esmerleşme, maillard tepkimesi (enzimatik olmayan esmerleşme) ve mikrobiyolojik bozulmadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Mikrobiyel değişimler, meyve ve sebzelerin işlenmesi ve depolanması sırasında yüzeyde bulunan veya sonradan bulan mikroorganizmaların etkisi ile oluşmaktadır. Bu etki sonucunda gıdanın bileşiminde, tadında, kokusunda ve tekstüründe değişme olmaktadır. Meyve ve sebzelerde mikrobiyel bozulma açısından birçok bakteri, maya ve küf büyük önem taşımaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Enzimatik esmerleşme; hasat, taşıma ve proses sırasında meyve ve sebze dokusunun zedelenmesi ile başlamaktadır. Bu değişme de gıdanın tadını, kokusunu ve besleme değerini olumsuz yönde etkilemektedir (Gürses 1986). Enzimatik esmerleşmenin substratı özellikle orto-difenolik yapaklı (klorogenik asid, kateşin, quersetin, kafeik asid gibi) bileşiklerdir. Değişimi katalize eden enzimler ise o-difenoloksidaz (tirozinaz, kateşolaz) ve p-difenoloksidaz (lakkaz) adı ile bilinmektedir (Bruchmann 1976). Tepkimenin birinci basamağında o-kinon, ikinci basamağında trihidroksibenzen, üçüncü basamağında hidrokinon ve dördüncü basamağında ise hidrokinonların polimerizasyonu ile melanin denilen koyu kahve renkli bileşiklerin olduğu varsayılmaktadır (Eskin vd 1976). Bu değişme meyve ve sebzelerin daha çok işlenmeden önceki hazırlama aşamasında söz konusu olmakta ve haşlama, sülfitleme, substratın metilasyonu, tuz katma ve C vitamini katma gibi uygulamalarla kontrol edilmektedir (Ekşi ve Cemeroğlu 1986).

Enzimatik olmayan esmerleşme de, en az enzimatik olanı kadar meyve ve sebzelerde renk değişimi açısından önem taşımaktadır. Bu esmerleşme olayı için; maillard tepkimesi, askorbik asid oksidasyonu ve karamelizeasyon olmak üzere başlıca üç mekanizmadan söz edilmektedir. Bunlardan en önemlisi ise maillard tepkimesidir. Bu tepkime, şekerlerin indirgen karbonil grubu ile proteinlerin amino grubu arasında başlamakta, bir dizi karmaşık ara basamaktan geçmekte ve ara bileşiklerin polimerizasyon ve kondensasyonu sonucunda melanoidin denilen koyu renkli maddeler oluşmaktadır. Bu tepkime sırasında ve strecker degradasyonu denilen tepkimede  $\text{CO}_2$  de oluşmakta ve bu olgu kuru meyvelerin ambalajlanması açısından önem taşımaktadır (Eskin vd 1976).

Maillard tepkimesinin hızı sıcaklıkla ( $0\text{-}90^\circ\text{C}$  arasında) doğrusal olarak artmaktadır (Demann 1980). Cemeroğlu ve Acar (1986), yapılan bir araştırmada kuru kayışılarda esmerleşmenin  $40^\circ\text{C}$  deki depolamada  $0^\circ\text{C}$  dekine göre fazla olduğunu aktarmaktadır. Öte yandan tepkimenin hızı gıda-

daki su oranı ve dolayısı ile  $a_w$  değeri ile de ilişkilidir (Demann 1980).

Gidalardaki enzimatik olmayan esmerleşmelerin önlenmesi için, ıslık işlem ve kurutma sıcaklıklarını olabildiğince düşük ve süre de kısa tutulmalıdır. Kurutmada kürektleme uygulaması esmerleşmenin önlenmesinde yardımcı olur. Meyve ve sebze ürünlerinin hava almayacak şekilde ambalajlanmaları ve dokularından havanın çıkarılması da bu tür esmerleşmeleri sınırlamaktadır. Öte yandan oksijen, meyve ve sebzelerden elde edilen çeşitli ürünlerde görülen hem enzimatik ve hem de enzimatik olmayan renk değişimlerinde etkili olmaktadır. Kuru sebze ve meyvelerde oksijenin etkisiyle oluşacak renk değişimlerinin önlenmesi amacıyla hava almayacak şekilde ambalajlama yanında, ayrıca karbon dioksit ve azot gibi herhangi bir reaksiyona girmeyen gazlar kullanılarak oksijenin ambalajdan uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Heiss 1980, Cemeroğlu ve Acar 1986).

Gidaların dayandırılmasında uygulanan bütün yöntemlerin amacı, mikrobiyolojik ve enzimatik değişimleri önlemek veya sınırlamaktır. Bu yöntemlerden biri ve en eskisi kurutma ile muhafazadır (Loescke 1955).

Gidaların kurutularak korunması metodunda esas, herhangi bir gıda maddesinde, nem miktarnı veya su aktivitesini, mikroorganizmaların gelişmeyeceği kadar düşük bir seviyeye azaltmaktadır. Bunun sonucunda gıdanın ağırlık ve hacminde de azalma olur (Paine ve Paine 1983).

Kurutulan ürünler arasında en yaygın olanları şeker oranı yüksek meyvelerdir. Bu ürünlerden başlıcaları, kayısı, kiraz, hurma, incir, şeftali, erik ve armuttur. Meyvelerin çoğu % 23 veya daha az neme kadar kurutulduğunda küflenmez (Sacharow ve Griffin 1980).

Gidalar, güneş ısısından yararlanılarak veya başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımıyla kurutulur. Bu yön-

temlerden birincisine güneşte kurutma, ikincisine de yapay kurutma denir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Kayısı, incir, şeftali, erik, üzüm ve armut genellikle güneşte kurutulur. Kurutmanın, ekonomik kayba yol açmamak (ağırlık azalması dolayısıyla) üzere fazla olmasına dikkat edilir, diğer taraftan yetersiz kurutma meyvenin bozulmasına yol açar (Sacharow ve Griffin 1980).

Gıdalar, kurutma yolu ile mikroorganizma faaliyetlerine karşı stabil hale gelir, enzimsel ve biyokimyasal bozulmalar sınırlanır (Paine ve Paine 1983). Kurutma uygun olarak yapıldığında, yeteri kadar düşük son nem miktari na erişildiğinde ve bu nem miktarı depolama sırasında korunduğunda tüm biyolojik değişiklikler önlenir (Heiss 1970). Gıdalarda kurutma ile sağlanan diğer yararlar ise ağırlık ve hacim azalması sonucu taşıma maliyetlerinin düşmesi ve soğutma gereksinimi olmadan daha uzun süre korunabileceğidir (Paine ve Paine 1983).

Kurutmanın sakıncaları ise enzimsel olmayan esmerleşme ve bazı gıdaların oksidatif değişimlere uğraması ihtimalidir (Paine ve Paine 1983).

Kurutmada en önemli olumsuzluk rengin esmerleşmesidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında ve/veya depolama süresinde oluşur. Renk esmerleşmesi daha önce değinildiği gibi enzimatik veya enzimatik olmayan yoldan olabilir. Kurutmada uygulanan havanın sıcaklık derecesi, materyaldeki enzimleri inaktif hale getirmeye çoğu kez yeterli değildir. Bununla birlikte kurutulmuş ürünlerde renk esmerleşmesi daha çok enzimatik olmayan yolla meydana gelir. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, kurutma sırasında şiddetle ve depolamada ise koşullara göre belli bir hızla devam eden sürekli olaylardır. Nem düzeyi % 15-20 arasındayken maillard reaksiyonları en hızlı bir şekilde oluşur (Cemeroğlu ve Acar 1980).

Kurutulmuş ürünlerde nem oranı belli bir düzeye inmişse, depolamada mikrobiyolojik açıdan bir bozulma beklenemez. Kurutulmuş ürünlerde canlı mikroorganizma bulunmakta-dır ancak koşullar elverişli olmadığı için faaliyet göstere-memektedir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Gıda maddelerinin çoğunun bileşiminde (kurutulmuş gıdalar dahil) yüksek oranda su bulunmaktadır. Bu bakımından su gıda kalitesine bir çok bakımından etki eder (Paine ve Paine 1983).

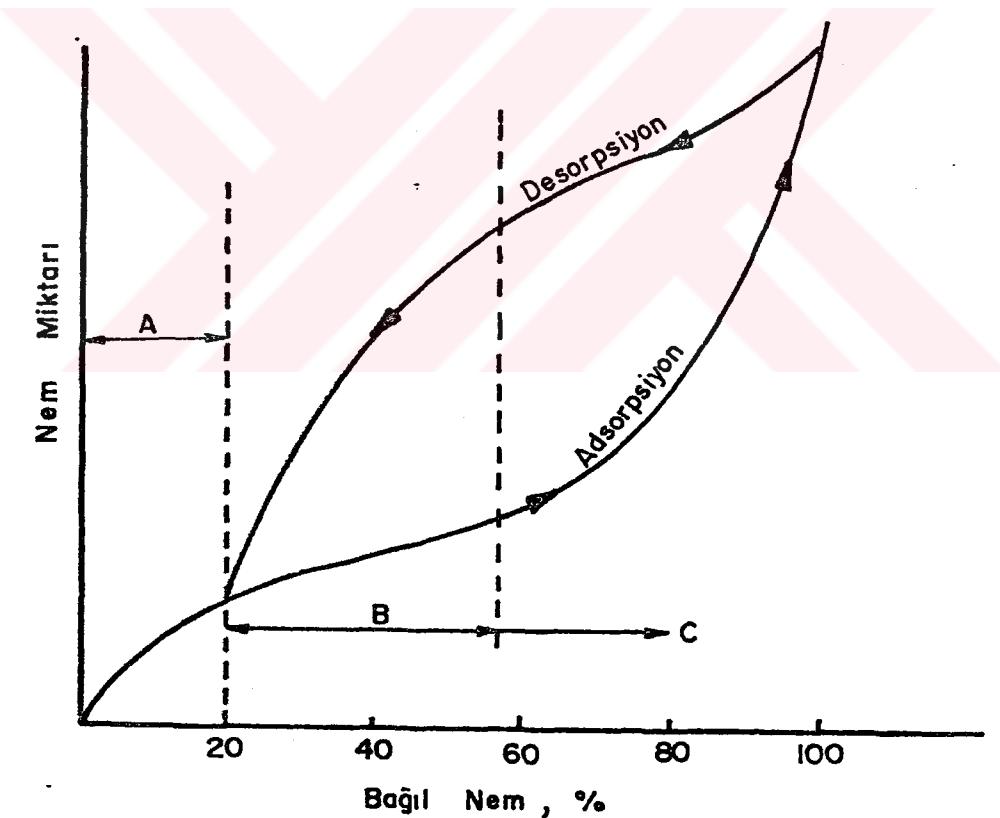
Gıdalarda bulunan su, kendini çevreleyen havanın bağıl nemi ile etkileşim ve ilişki içindedir. Belli bir sıcaklık derecesinde, farklı bağıl nem içeren koşullarda tutularak dengeye erişmiş bir gıdada, gıdanın nem içeriği ile çevre havanın bağıl nemi veya su aktivitesi arasındaki ilişkiye sorpsiyon izotermi denir. Bir gıda maddesinin su aktivite değeri ( $a_w$ ), havanın denge bağıl neminin 100 e oranıdır. Başka bir tanıma göre su aktivitesi, gıdadaki suyun buhar basıncının, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranıdır (Pala ve Saygı 1983, Yiğit 1986, Cemeroğlu ve Acar 1986).

Su aktivitesi, biyolojik ve kimyasal reaksiyonların meydana gelebileceği bir sistemde, bağlı olmayan, serbest haldeki suyun bir ölçüsüdür. Gıda maddelerinde, bakteri, enzim ve kimyasal değişimleri etkileyen faktör mutlak su miktarı değil, su aktivitesidir (Potter 1986).

Değişik gıdalar için sorpsiyon izotermeleri, hem eğrinin biçimini hem de her bağıl nemde mevcut su miktarı bakımından farklılık gösterir. Herhangi bir gıdanın belli bir nemdeki su miktarı, suda çözünebilen bileşiklerin ve kolloidlerin bulunup bulunmadığına bağlıdır. Gıdadaki suda çözünen maddeler serbest su miktarını düşürerek su buharı basıncını azaltır. Şeker bakımından zengin olan gıdaların, düşük bağıl nemlerde düşük nem miktarları vardır. Ancak

bağlı nem belirli bir değerin üzerine çıkınca nem miktarı dik olarak yükselir ve artmaya devam eder (Paine ve Paine 1983).

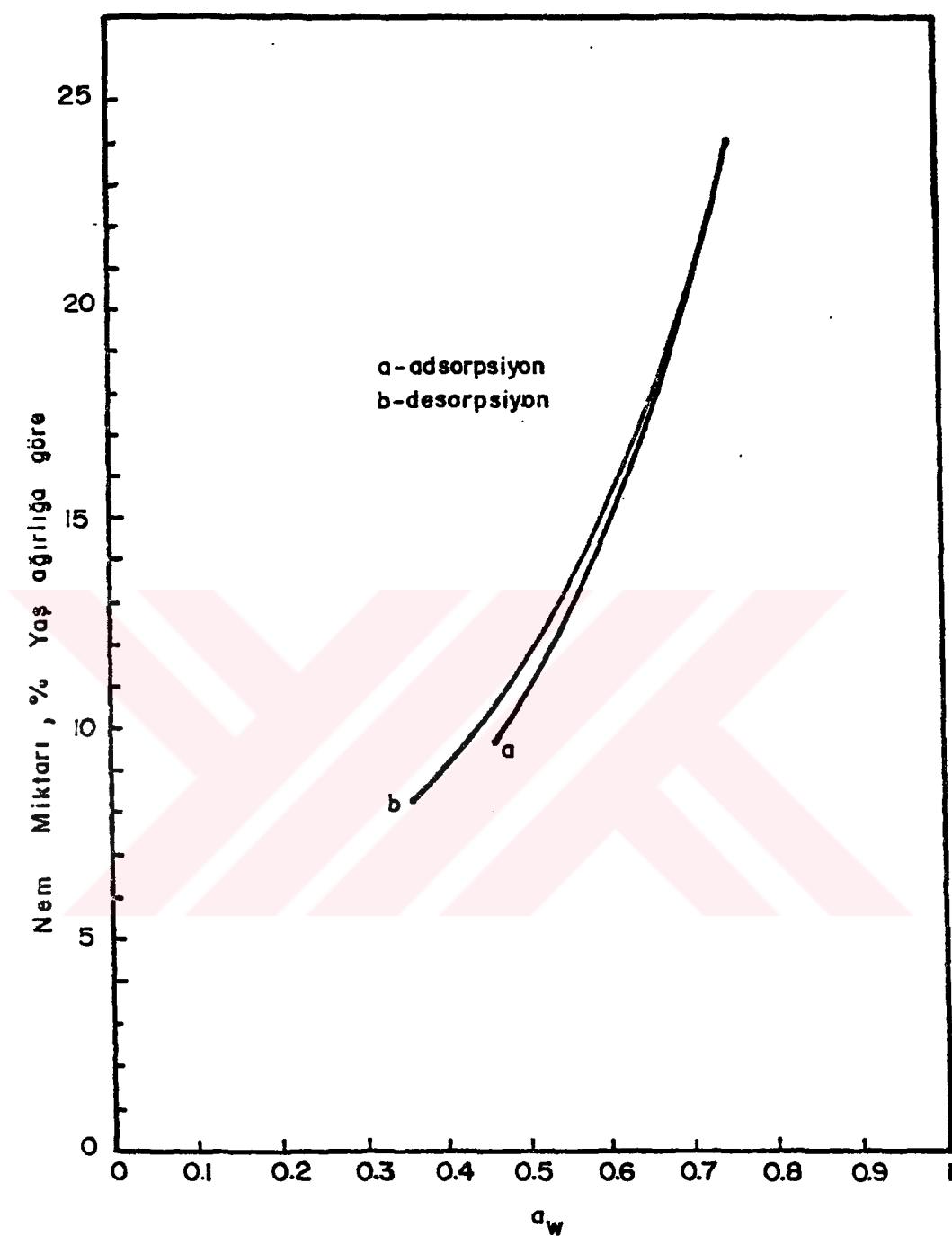
Yaş gıdanın nemini vermesi (desorpsiyon) ile, kuru gıdanın nem kazanması (adsorpsiyon) olgusu tam olarak aynı yolu izleyen bir dönüşüm değildir ve her iki olguya beraberce sorpsiyon izotermi denir (Cemeroğlu ve Acar 1986). Bir gıdanın, belirli bir  $a_w$  değerine kadar kurutulmasıyla elde edilen desorpsiyon eğrisi ile yine aynı  $a_w$  değerine kadar nemlendirilmesiyle elde edilen adsorpsiyon eğrisi arasında fark vardır. Bu olaya histerisis adı verilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Sorpsiyon Izoterm Eğrisi (Yiğit 1983: Yiğit'ten 1986)

Kuru incir için  $25^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta elde edilen adsorpsiyon ve desorpsiyon izotermleri Şekil 2.2 de verilmiştir. Lerida tipi incir kullanılmış, adsorpsiyon izoterminin elde edilmesi için numuneler  $30^{\circ}\text{ C}$  sıcaklıkta hava ile kurutmuş, desorpsiyon izoterminin elde edilmesi için de su ile % 25 (yaş baz) neme kadar nemlendirilmiştir (Pixton ve Warburton 1976: Iglesias ve Chirife'den 1982).

Gıda maddelerinin dayanıklılığı üzerine en etkili faktörlerden birisi, onların su içeriğidir. % 10-12 su içeren bir kurutulmuş sebze mikrobiyolojik yolla bozulabilirken % 30-40 su içeren bir kuru meyvenin dayanıklı kalabilme olgusunun nedeni su aktivitesi ile açıklanabilmektedir. Su aktivitesi, gıdalardaki kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik değişimeleri sınırlayan en önemli etkendir. Su aktivitesi düştükçe gıdanın dayanıklılığı artmaktadır. Su aktivitesi kurutma, şeker ilavesi gibi yollarla azaltılmaktadır. Geleneksel metodlarla kurutulmuş meyve ve sebzeler % 5-15 arasında su içerirler. Bu miktar su monomoleküller ve multimoleküller halde bağlı suyu kapsar. Bunlarda su aktivitesi, mikroorganizmaların çalışmayacağı düzeye kadar düşmüştür. Genellikle, gıda maddelerinde önemli bozulmalara neden olan bakteriler su aktivite değeri 0.90 in altında olan gıdalarda çoğalamazlar, ancak bazı bakteriler su aktivite değeri 0.75 e kadar faaliyet gösterebilmektedir. Ozmofilik mayalar, su aktivite değeri 0.60 a düşene kadar çoğalıp faaliyet gösterebilir ancak bunlar sadece bazı ürünlerin bozulma nedenidir. Genellikle küfler kuraklığa daha dayanıklıdır, bu nedenle su aktivitesi 0.80 e düşünceye kadar kolaylıkla çoğalar, su aktivitesi 0.70 gibi düşük değerlerde dahi bazı küfler çoğalabilmektedir. Küf üremesi su aktivite değeri ancak 0.65 in altına düşünce tüm den durmaktadır. Gıdaların kurutulması, su aktivitesini mikroorganizmaların çalışamayacağı bir sınıra kadar düşürmek demektir (Cemeroğlu ve Acar 1986).



Şekil 2.2 Kuru İncir Adsorpsiyon ve Desorpsiyon İzotermeleri (Pixton ve Warburton 1976; Iglesias ve Chirife'den 1982)

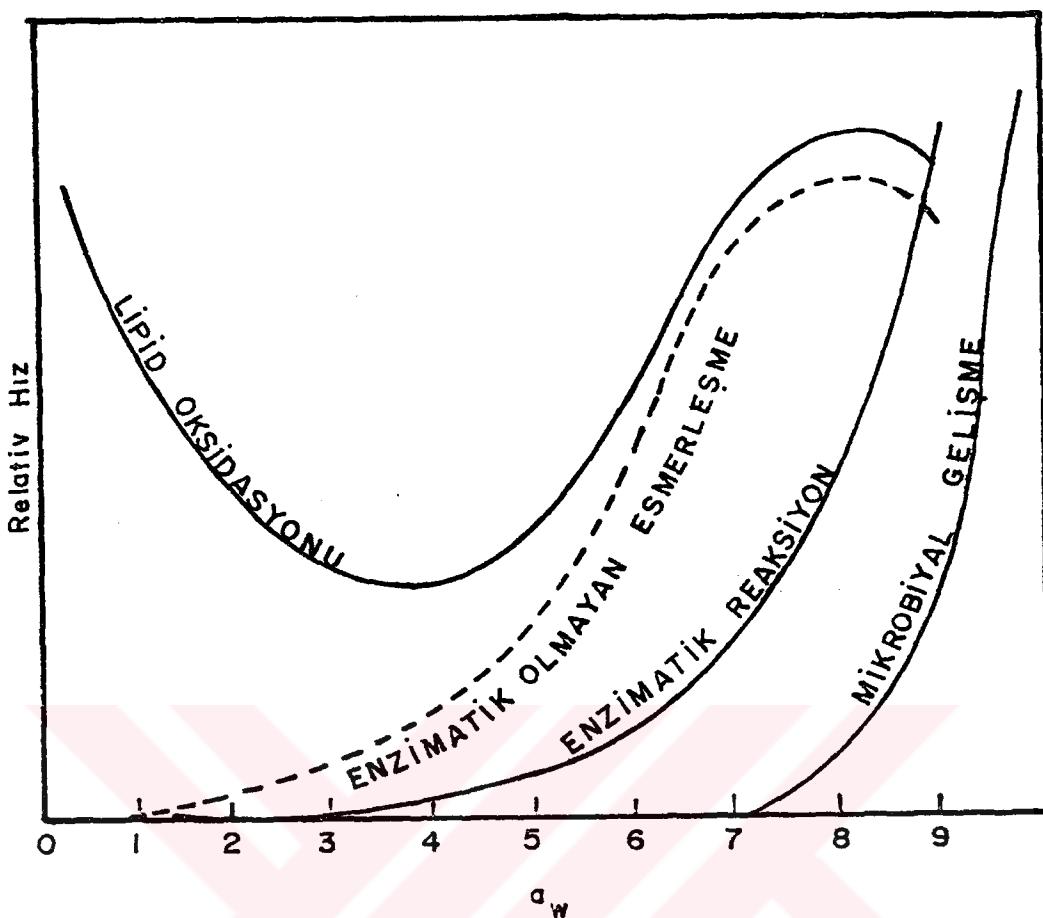
Su aktivite değerinin düşmesi enzimatik değişmeleri de sınırlar veya önler. Amilazlar, peroksidazlar ve fenoloksidaz gibi enzimler su aktivitesi 0.85 den aşağıdaki değerlerde inaktif hale gelmektedirler. Ancak lipaz enzimleri su aktivitesi 0.25-0.30 a kadar aktif kalmakta ve ısiya karşı direnç göstermektedir. Bir çok kuru üründe meydana gelen değişimler esas itibariyle lipaz enzimlerinden ileri gelmektedir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Su aktivitesi kimyasal reaksiyonları da etkiler. Maillard reaksiyonları su aktivitesi 0.6-0.7 civarındayken en üst düzeyde olmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Herhangi bir gıda maddesinin denge bağıl nemi (veya su aktivitesi) o gıda maddesinin bozulma reaksiyonlarına ne derece yatkın olduğunu gösterir (Şekil 2.3).

Kuru incirler, ağaçta bırakılarak mümkün olduğunca bitki üzerinde kurumaya terk edilir, adeta kuruyarak düşenler toplanır ve hasırlar üzerine serilerek gölgede kurutulur. Kuruma 8-10 günde sona erer. Kurutulmuş incirler sandıklar içinde depolanır ve incir işleme tesislerinde bazı işlemler uygulandıktan sonra ambalajlanıp piyasaya sunulur. İncirların işlenmesi eleme, sınıflandırma, yıkama gibi başlıca işlemleri kapsar. Ayrıca, ambalajlamadan önce incirler yumuşatılmak ve istenilen şekil verilmek üzere buharada (125-130°C) basınç altında yaklaşık 3 dakika tutulur. İncirlerin çeşitli ambar zararlardan korunması amacıyla, kurutma sonundan işlemeye geçen süre içinde belirli aralıklarla fümidasyon uygulanmalıdır. Kuru incire özellikle efestia zarar vermektedir. Ülkemizde ayrıca kükürtleme işlemine gerek duyulmamaktadır ve kuru incir bağıl nemi düşük (% 50-60) depolarda ve 0°C ile +4°C arasında bir yıl depolanabilemektedir. Depoda bağıl nemin düşük olması, şekerlenmeyi de önemektedir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Kurutulmuş meyveler nem içerişlerine, depolandıkları sıcaklık derecesi ve süreye bağlı olarak bazı fiziksel,



Şekil 2.3 Su Aktivitesinin Herhangi Bir Gıda Maddesinin Kimyasal, Enzimatik ve Mikrobiyolojik Bozulma Reaksiyonlarının Hızına Etkisi (Evranus, 1984)

kimyasal, duyusal ve mikrobiyolojik değişiklere uğramaktadırlar. Meyvelerdeki su oranı yeterli düzeye kadar düşürebilmisse bunlarda genel olarak mikrobiyolojik bir bozulma beklenmez. Ancak çok yüksek kuru madde bulunan ortamda çalışabilen bazı mikroorganizmaların kuru meyvelerde mikrobiyolojik değişikliklere neden oldukları saptanmıştır. Bunlardan en önemlisi su aktivite değeri 0.70 ve altındaki ortamlarda dahi çalışabilen *aspergillus glaucus*'tur. Ayrıca ozmofilik mayalarla diğer bazı kserofilik (çok az suya gereksinim duyan) küf mantarları da kuru meyvelerde sorunlar oluşturabilmektedir. Kuru incirlerde, *zygosaccharomyces* ve *hanseniaspora* cinsine ait mayaların sorunlar yarattığı belirlenmiştir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Depolamadaki en önemli kimyasal değişim renk esmerleşmesidir. Sıcaklık artışı esmerleşme reaksiyonunu hızlandırdığı için kurutulmuş meyvelerin  $0^{\circ}\text{C}$  ile  $+4^{\circ}\text{C}$  arasında depolanması önerilmektedir. Soğukta depolama aynı zamanda doğal lezzeti korur, küflenme, ekşime gibi mikrobiyolojik değişikliklerle, böcek zararlamaları da önlenmiş olur. Diğer taraftan depo nemi depolanan kuru ürünün denge nisbi nemi civarında olmalıdır, yani depo bağıl nemi en çok % 50 dolaylarında bulunmalıdır. Özellikle üzüm ve incir gibi bazı meyvelerin depolanmasında beliren bir fiziksel olay Şekerlenme dir. Şekerlenmede, meyve yüzeyi veya içinde küf kolonilerine benzer bir görüntü oluşur ve meyve kumsu bir yapı kazanır. Şekerlenme daha çok düşük derecelerde depolamada görülürse de, normal koşullarda ve fakat uzun süre depolama sonucunda da olmaktadır. İncirlerin sandık şeklindeki ambalajlarda bir süre depolanması sonucunda yüzeylerinde şeker ve maya hücreleri karışımından ibaret ince bir tabaka oluştuğu saptanmıştır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Kuru incir kalitesini azaltan faktörlerden başlıcaları, meyve yüzeyindeki çatlaklar, güneş yanıkları, ekşilik böcekleri, incir kurtları, sirke sinekleri ve kanlibalsıralardır (Özgen 1986).

Ambalajlama, gıdaların biyokimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalarını, fiziksel değişimlerini, gıdalara geçen kimyasal maddeler dahil kimyasal değişimlerini, koku, renk ve yapılarını, nem ve oksijen transferi ile ışık ve sıcaklık değişikliklerinin gıdalar üzerindeki etkilerini belirlemektedir. Bu bakımdan ambalajlama gıdaların işlenmesi ve korunmasının ayrılmaz bir parçasıdır ve hatta, ambalajsız, mevcut üretim, pazarlama ve dağıtım metodlarının kullanılması mümkün değildir (Paine ve Paine 1983).

Kurutulmuş ürünlerin saklandığı ambalajların en önemli özellikleri, ürünü nemden, ışiktan, havadan, tozdan, mikrofloradan, yabancı kokudan ve nihayet böcek ve farelerden koruyabilir olmasıdır (Cemeroğlu ve Acar 1983).

Kurutulmuş meyve ve sebzelerin ambalajlanmasıında en büyük sorunlardan biri böcek zararlarıdır. Ürünler, yumurtaları, tırtılları, pupaları ve böcekleri öldürmek üzere tam olarak fümige edilmeli veya mümkünse ısil işleminden geçirilmelidir. Ambalajlar da böceklenmeyi önleyecek şekilde muamele edilmeli ve böcek geçmeyecek malzemeden yapılmalıdır (Sacharow ve Griffin 1980).

Kuru incirler, yeni, temiz, kuru, kokusuz, içindeki malın özelliklerini bozmayan ve sağlığa zarar vermeyen her türlü uygun malzemeden yapılmış değişik boy ve şekillerdeki ambalajlara konulabilir (Anonymous 1980).

Kurutulmuş meyvelerde tüketici ambalajı olarak, içi lamine folyo astarlı ve/veya üzeri sargılı karton kutular, kaplanmış selofan, polietilen veya polipropilen torbalar kullanılmaktadır (Sacharow ve Griffin 1980).

Kuru incir ambalajları konusunda yapılan bir araştırmada, işlenmemiş ve işlenmiş kuru incirler muhtelif şekillerde ambalajlanarak tabii şartlardaki bir depoda muhafaza edilmişlerdir. Depolama süresince ambalaj örneklerinde % şeker miktarı, % serbet su - % kuru madde, iç rengi değişimleri, kabuk rengi değişimleri ve kristalize şeker oluşumu ile ilgili analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; farklı ambalaj örneklerinde kuru incirin şeker miktarında önemli sayılabilecek bir değişim olmamıştır. İşlenerek plastikle ambalajlanan incirlerde % su kaybı ve kuru madde artışı az, selofanla ambalajlamada su kaybı ve % kuru madde artışı fazla olmuştur. İç rengi değişimleri ve kabuk rengi değişimlerinde ambalajın etkisi olmamıştır. Kristalize şekerin oluşmasında ambalajın etkisi olmuş, en az kristalize şeker oluşumu plastik ambalajda görülmüş, selofan ambalajlarda kristalize şeker oluşumu ilk aylarda az depolama süresinin sonuna doğru fazla olmuştur (Koyuncu 1981).

Kuru kayısı ambalajları ile ilgili yapılan bir araştırmada, tüketici tipi küçük selofan ve polipropilen ambalajlara paketlenen kuru kayıslardaki değişimler, ticari soğuk depo ve normal depo şartlarında bir yıl süresince, üçer ay ara ile incelenerek uygun ambalaj ve muhafaza şekli tespit edilmiştir. Normal depo şartlarında muhafaza edilen selofan ambalajdaki kayısların nem miktarında önemli oranda azalmalar ve buna bağlı olarak dokuda bir kuruma (sertleşme) olmuştur. Normal depo şartlarında muhafaza edilmiş polipropilen ambalajlardaki kayıslar ile soğuk depoda ki her iki ambalajdaki kayısların nem miktarlarında dikkate değer bir değişme olmamıştır. Ancak normal depoda ki polipropilen ambalajdaki kayısların dokusunda da selofan ambalajdaki kayısların kadar olmamakla beraber bir miktar sertleşme görülmüştür. Paketlenmiş kuru kayıslardaki nem miktarı, sıcaklık, bağlı nem, başlangıçtaki nemi ile ambalaj malzemesinin cinsine bağlı olarak değişme göstermektedir. Renk yönünden ise, normal depo şartlarında saklanan polipropilen ambalajdaki kayıslarda renk bir miktar koyulaşırken soğuk depoda saklanan kayısların renklerinde önemli bir değişme gözlenmemiştir. Bu, rengin esmerleşmesinde sıcaklığın etkisi yanında, polipropilen ambalajdaki kayısların selofan ambalajdakilerine göre daha az su kaybına bağlıdır. Gerek selofan ve gerekse polipropilen ambalajda depolanmış kuru kayısların başlangıç ile yıl sonu şeker miktarlarında önemli bir değişme olmadığı görülmüştür (Erdoğan ve Acu 1987).

Kalitesi sudan etkilenmeyen hiçbir gıda maddesi yoktur. Suyun etkisi az veya çok olabilir ancak genellikle kalite tayininde önemli rol oynar. Gıdaların bozulmasında rol oynayan en önemli iki faktör sıcaklık ve nem olmakla birlikte diğer önemli faktörler de oksijen, fiziksel hasarlar, koku kaybı ve ışık etkisidir (Paine ve Paine 1983).

Gıdaların ambalajlanması havanın oksijeni ile olan temas, uygun bir ambalaj malzemesi kullanılarak ortadan kaldırılır. Oksijene daha duyarlı olan bazı besinlerde

ise sadece hava ile teması kesmek yeterli değildir. Ambalaj içi boşluklarındaki, hatta ürün içinde çözünmüş ve kapiller yapılardaki oksijenin de uzaklaştırılması gereklidir. Bu amaçla vakum ambalajlama tekniği geniş ölçüde uygulanmaktadır (Ural ve Pazır 1984).

Çeşitli gıda maddelerinin (meyve, sebze, et, et ürünler, deniz ürünleri, hububat ve hububat ürünleri, kuru gıdalar, kurutulmuş gıdalar, süt ve süt ürünleri vb.) tazelığını veya işlendikleri özelliklerini daha uzun süre korumak, raf ömrlerini uzatmak, mikrobiyolojik bozulmalarını önlemek ve aromalarını korumak amacıyla gıda ambalajlarında vakum ve koruyucu gaz uygulamaları yapılmaktadır. Vakum ve koruyucu gaz uygulamalarında ambalaj içindeki oksijenin gıda üzerine olumsuz etkileri önlenmektedir. Koruyucu gaz olarak çoğunlukla karbon dioksit ve azot kullanılmaktadır (Ural ve Pazır 1984, Ekşi ve Tarhan 1986).

Vakum ambalajlama, gıdanın raf ömrünü uzatmaktan ziyade, sıcaklığına bağlı olarak, doğal ömrü boyunca kalitesini daha yüksek tutmak amacıyla kullanılır. Bunun sebebi, oksijenin ortamdan tamamen uzaklaştırılmasının mümkün olmaması, az miktarda da olsa gıdanın bünyesinde tutulması ve ayrıca oksijenden etkilenmeyen bazı anaerobik organizmlar gibi bozulmayı etkileyen diğer faktörlerin de azaltılmasıdır. Vakum ambalajlamada kullanılacak malzemenin gazlara ve su buharına direnci fazla olmalı, çok iyi kapatılabilir ve mekanik dayanıklılığı yüksek olmalıdır (Paine ve Paine 1983).

Ambalajlardaki oksijenin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasında diğer bir yol koruyucu gazların kullanılmasıdır. Koruyucu gazların kullanılması ile sağlanacak yararlar; oksijene duyarlı bileşiklerin korunması sonucu gıdanın rengi, görünüşü, lezzeti, besleme değeri gibi özelliklerinin korunması, otooksidasyon sonucu oluşan, özellikle enzimatik olmayan değişimlerin engellenmesi, vakum ambalajlama ile oluşan sakıncaların, vakumu izleyen bir koruyucu

gaz uygulaması ile giderilmesi, koruyucu gazların mikroorganizma aktivitesi üzerindeki önleyici etkilerinin saklama sürelerinin uzamasına yardımcı olmasıdır (Ural ve Pazır 1984).

Bazı gıdalarda, örneğin unlu mamullerde, nem kaybını kontrol etmek ve küf gelişimini desteklemeden kurumayı önlemek üzere, ambalajların içine karbon dioksit verilmektedir. Bu tip gıdalarda, karbon dioksitli atmosferde, gıdanın koku ve aromasına olumsuz hiçbir etki olmaksızın, mikrobiyolojik bozulma hızı büyük ölçüde azalmaktadır. Karbon dioksit gıda maddesinin neminde çözündüğü zaman pH sini düşürür, yani gıda maddesinin asitliğini yükseltir. Ortamın asitliğinin yükselmesiyle mikroorganizmaların çögünün faaliyeti engellenir. Bu tip ambalajlamada kullanılacak olan malzemenin su buharı geçişine direnci yüksek olmalıdır, bu da raf ömrünün uzatılmasını sağlar (Paine ve Paine 1983).

Esnek ambalajlarda, yağlı ve vitaminli gıdaların oksijenden korunmaları, su buharından korunmalarından çok daha zordur çünkü bozulmaya yol açabilen oksijen miktarı genellikle çok düşüktür. Ancak, ambalajın içine azot gazı gibi inert bir gaz verildiğinde oksidasyona karşı bir ölçüde koruma sağlanabilir. Peynir, kuru meyveler, kahve gibi ürünler için, raf ömrü oldukça kısa olduğunda, esnek ambalaj malzemesi olarak alüminyum folyosuz lamine plastik filmler, kaplı selofan/polietilen gibi, kullanılabilir (Paine ve Paine 1983).

Ceşitli yöntemlerle kurutulmuş ürünlerin ambalajlanması koruyucu gazlar geniş ölçüde kullanılmaktadır. Dondurularak kurutma gibi pahalı yöntemlerle kurutulmuş ürünlerle,  $O_2$  duyarlılığı fazla olanlarda karbon dioksit ve azot kullanılması kalite değerini koruma için zorunlu gibidir (Ural ve Pazır 1984).

Muhtemel klimatik şartlarda beklenen raf ömrünün sağlanması, gıdaların ambalajlanması temel kuraldır.

Bunun için iki temel faktörün dikkate alınması gereklidir. Bunlardan birincisi gıdanın duyarlık durumu, ikincisi ise malzemenin geçirgenlik özellikleridir. Bu faktörlerden birisi bilinmeden, teknik ve ekonomik açıdan yeterli bir ambalajlamadan söz edilemez. Diğer bir ifadeyle ambalajda engel özellikleri ve düzeyi gıdanın duyarlılık durumuna göre yönlenmektedir (Ekşi 1986 b).

Raf ömrü, belirlenen depolama şartlarında ambalajlı mamulün özelliklerinin satılabilir veya kabul edilebilir durumda kaldığı süredir (Anonymous 1985 b).

Klimatik etkilere karşı duyarlı gıdalarda depolama sırasındaki kayıpların başlaması ve hızı ile ambalajın geçirgenlik özellikleri arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Geçirgenlik, gaz (oksijen, karbon dioksit, azot) ve buharın inert bir malzemeden geçiş kolaylığını göstermektedir. Ancak, geniş anlamda, gıda ambalajları için gaz ve buhar yanında aroma, sıvı ve ışık geçirgenliğinden söz edilmektedir (Ekşi 1986 b).

Ambalaj materyalinden gaz ve buhar geçışı, materyalin gözenekli olup olmama durumuna göre değişik şekillerde olmaktadır. Gözenek yokluğunda yalnızca çözelti difüzyonu söz konusudur. Buna karşılık gözenekler yolu ile geçiş; poiseuille akışı, knudsen akışı ve fick difüzyonu olmak üzere üçer ayrılmaktadır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Ambalaj Materyalinde Gaz ve Buhar Geçiş Tipleri  
(Ekşi 1986 b)

Madde Transfer Faktörü	Gözenek Varlığında	Gözenek Yokluğunda
Toplam basınç ve kismani basınç farkı	Poiseuille Akışı Knudsen Akışı	Çözelti Difüzyonu
Kismani basınç farkı	Fick Difüzyonu	Çözelti Difüzyonu

Gözenekleri oluşturan makroskopik ve mikroskopik çatlak ve deliklerle, sübmikroskopik kapiller ve kanallar poiseuille akışı ile knudsen akışına sebep olur. Malzeme-nin yapısına bağlı olan moleküller arası ve moleküller içi boşluklar aktive edilmiş difüzyon (çözelti difüzyonu) yoluyla gaz geçişine yol açar. Ambalajlamada kullanılan plastik filmlerden gaz ve buhar geçişi genellikle aktive edilmiş difüzyondur, malzemede delik ve çatlaklar bulunduğunda diğer difüzyon tipleri de görülebilir (Paine ve Paine 1983).

Gıda ambalajlarında en önemli olan çözelti difüzyonudur. Diğerleri daha çok fabrikasyon hatası ve mekanik zedelenme sonucu ortaya çıkar. Çözelti difüzyonunda, gaz ve ya buhar molekülleri önce konsantrasyonun yüksek olduğu tarafta malzeme üzerinde yoğunlaşır, sonra konsantrasyon farkı nedeniyle malzeme içine difüze olarak konsantrasyonun düşük olduğu tarafa ulaşır ve daha sonra malzeme yüzeyinden buharlaşır (Ekşi 1986 b). Kısa bir süre sonra dengeye ulaşılır ve iki taraftaki basınç farkı sabit kalmak şartıyla gaz veya buhar malzeme içinden sabit bir hızla geçer. Bu denge şartlarında fick difüzyon yasası geçerlidir ve geçiş şu formülle ifade edilir:

$$Q = - \frac{AtD}{l} \frac{dc}{dx} \quad (1)$$

Burada; ( $Q$ ) t zamanda, A film alanından geçen gaz miktarı, ( $D$ ) difüzyon sabiti, ( $dc/dx$ ) konsantrasyon gradyanı ve ( $l$ ) film kalınlığıdır.

$D$  konsantrasyondan bağımsız olduğunda bu denklemin integrali alınarak aşağıdaki bağıntı elde edilir:

$$Q = \frac{AtD}{l} (c_1 - c_2) \quad (2)$$

Burada,  $c_1$  ve  $c_2$  filmin iki yüzeyindeki gaz konsantrasyonlarıdır.

Gaz konsantrasyonları genellikle, gazın filmle denge halinde olduğu basınçla ölçülür. Buna göre  $c = SP$  olarak ifade edilebilir (henry yasası). Burada; S gazın filmde çözünürlük katsayısidır. Bu bağıntı (2) numaralı denklemde yerleştirildiğinde (3) numaralı denklem elde edilir.

$$Q = \frac{At}{l} DS (P_1 - P_2) \quad (3)$$

DS çarpımına geçirgenlik sabiti ( $\bar{P}$ ) denir. Buna göre;

$$\bar{P} = DS = \frac{lQ}{At(P_1 - P_2)} \quad (4)$$

Yukarıdaki (4) no'lu denklemde D ve S nin konsantrasyondan bağımsız olduğu varsayılmıştır. Bu varsayıım, gaz kanunlarına uyan oksijen, azot, hidrojen vb. gazlar için geçerlidir. Filmle, geçen gaz veya buhar arasında önemli derecede bir etkileşim söz konusu olduğunda teori geçerli değildir (Paine ve Paine 1983).

Su buharı geçirgenliğini ifade etmek için, su buharı geçiş hızı, su buharı geçiği ve su buharı geçirgenliği ifadeleri kullanılmaktadır (Anonymous 1987 a).

Su buharı geçiş hızı, belirli sıcaklık ve malzemenin her iki yüzeyindeki belirli nem koşullarında, malzemenin paralel yüzeylerine dik olarak birim alandan, birim zamanda, kararlı durumda, geçen su buharının hızıdır. Birimi,  $g/24 h.m^2$  dir (Anonymous 1987 a)..

Su buharı geçiği, belirlenen sıcaklık ve nem koşullarında, belirli iki yüzey arasındaki birim buhar basıncı farkının etkisiyle düz bir malzeme veya yapının birim alanından, geçen su buharının zamana göre hızıdır. Su buharı geçiği malzemenin bir özelliği değil bir performans değerlendirmesidir. Birim,  $g/24 h.m^2 mm Hg$  dir (Anonymous 1987a).

Su buharı geçirgenliği (geçirgenlik sabiti), belirlenen sıcaklık ve nem koşullarında, belirli iki yüzey arasındaki birim buhar basıncı farkının etkisiyle, birim kalınlıkta düz bir malzemenin birim alanından, geçen su buharının zamana göre hızıdır. Geçirgenlik (sabiti) malzeminin bir özelliği ve geçiş ile kalınlığın çarpımına eşittir. Birimi,  $\text{g}\cdot\text{cm}/24 \text{ h}\cdot\text{m}^2 \text{ mm Hg}$  dır (Anonymous 1987 a).

Oksijen geçirgenliğini ifade etmek için, oksijen geçiş hızı, oksijen geçisi ve oksijen geçirgenlik katsayısı ifadeleri kullanılmaktadır (Anonymous 1986 c).

Oksijen geçiş hızı, belli deney koşullarında, plastik bir filmin paralel yüzeylerinin birim alanından, birim zamanda, geçen oksijen miktarıdır. SI birimi  $\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$  dir. Sıcaklık ve filmin her iki tarafındaki kısmı oksijen basıncı belirtilmelidir. Genel olarak kullanılan birim, bir atmosfer basıncı farkta, normal sıcaklık ve basınçta  $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ . 24 h dır (Anonymous 1986 c).

Oksijen geçisi ( $P_{O_2}$ ), oksijen geçiş hızının, filmin her iki tarafındaki kısmı basınç farkına oranıdır. SI birimi  $\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s Pa}$  dır. Oksijen geçiş hızının ifadesinde belirtilen deney koşulları belirtilmelidir (Anonymous 1986 c).

Oksijen geçirgenlik katsayısı ( $\bar{P}_{O_2}$ ), oksijen geçisi ile filmin kalınlığının çarpımına eşittir (Anonymous 1986 c).

Geçirgenlik sabiti (katsayısı)nin genel birimi aşağıdaki gibi ifade edilir (Anonymous b):

$$\bar{P} = \frac{(\text{Kütle Miktarı}) \times (\text{Kalınlık})}{(\text{Alan}) \times (\text{Zaman}) \times (\text{Kısmi Basınç Farkı})}$$

Birimler; Kütle Miktarı: g,  $\text{cm}^3$  (N), mol  
 Kalınlık : cm, mm, mil, gauge  
 Alan :  $\text{cm}^2$ ,  $\text{m}^2$ ,  $\text{in}^2$   
 Zaman : s, min, h, d(24h)  
 Kısmi Basınç  
 Farkı : atm, mm Hg, cmHg, psi

Geçirgenlik sabitini etkileyen dört faktör vardır. Bunlar; gazın özellikleri, filmin özellikleri, gazla film arasındaki etkileşim ve çevre koşulları (sıcaklık, bağıllı nem, diğer maddeler) dir (Anonymous 1985 b).

Gazla ilgili faktörler; gaz moleküllerinin şekli, büyülüğu ve filmde çözünürlük derecesini kapsar (Anonymous 1985 b). Gaz molekülünün çapı arttıkça geçirgenlik azalır. Gazın filmde çözünürlüğü her ikisinin karşılıklı uyumuna bağlıdır ve "benzer benzerde çözünür" prensibi geçerlidir. Gazla buhar arasındaki ayırım, belli bir sıcaklıkta yoğunlaşmadaki kolaylık esas alınarak yapılmaktadır. Kolay yoğunlaşan buharlar genellikle filmlerde daha fazla çözünür. Herhangi bir film için, farklı gazların geçirgenlikleri, gazların yoğunlaşma ile ilgili fiziksel sabitlerine bağlıdır (Paine ve Paine 1983).

Filmle ilgili faktörler, filmin yapısı, kalınlığı ve alanıdır (Anonymous 1985 b). Kinetik atomik teoriye göre maddenin çeşitli şekillerde biraraya gelmiş ayrı partiküllerden oluştuğu kabul edilir. Bu partiküller düzenli bir biçimde biraraya geldiğinde madde kristal yapıda, düzensiz olarak gelişigüzel biraraya geldiğinde ise amorf yapıda olur. Kristal ve amorf yapının her ikisinde de madde tam olarak sürekli değildir, arada deliklerin bulunduğu bir ağ tabakasını içerir. Deliklerin sayısı ve sert veya elastik olması maddeyi oluşturan atom veya moleküllerin titreşim derecesine bağlıdır. Sert olan ağ tabakalarından küçük moleküller, daha esnek olanlardan ise daha büyük moleküller geçebilir (Paine ve Paine 1983). Öte yandan

kristalinite arttıkça geçirgenlik azalmaktadır (Anonymous 1985 b).

Filmin yapısı, arrhenius ilişkisine göre şu formülle ifade edilir:

$$D = D_0 e^{-E_d/RT}$$

Burada, ( $E_d$ ) difüzyon aktivasyon enerjisi, ( $D_0$ ) polimer yapısındaki gevşeklik ölçüsü veya herhangi bir anda latisteki deliklerin ölçüsü, (D) difüzyon sabitini göstermektedir.

Difüzyon aktivasyon enerjisi, bir delik oluşturmak üzere atomları ayırmak için gereken enerji veya diğer bir ifadeyle polimerin kohezif enerjisinin ölçüsüdür. Gevşek yapıdaki polimerlerin difüzyon sabiti, dolayısıyla geçirgenliği yüksektir (Paine ve Paine 1983).

Geçirgenlik filmin alanı ile doğru orantılı, kalınlığı ile de ters orantılıdır (Paine ve Paine 1983).

Geçen gaz veya buharla film arasında etkileşim olmazsa geçirgenlik sabiti basınca bağlı değildir aksi takdirde bağlıdır. Geçirgenlik sıcaklığı eksponensiyel olarak bağlıdır (Paine ve Paine 1983).

Gıda ambalajlamasında kullanılan başlıca esnek ambalaj malzemesi; aluminyum folyo, kağıt, polietilen (PE), poliester, polivinil klorür (PVC), poliamid (PA), polipropilen (PP), selofan ve bu malzemenin çeşitli şekillerde birlikte kullanılmasıyla elde edilen kaplama, lamine veya koekstruze malzemedir (Tarhan 1986).

Selofan, rejenere selülozdur (Ekşi 1986 a) ve özel saf odun hamurundan kimyasal bir işlemle elde edilir. Önce lifler çözeltiye geçer sonra çöktürerek şeffaf film elde edilir (Tarhan 1986). Bugün, ürün ve işleme ihtiyaçlarını

karşılamak üzere geliştirilmiş yaklaşık 30 çeşit selofan kullanılmaktadır. Kaplanmamış selofanın kullanım alanları sınırlıdır (Reiter 1985). Termoplastik olmadığı için, kaplanmamış haldeyken ısıyla yapıştırılamaz (Hanlon 1971). Kaplama, laminasyon gibi çeşitli teknolojiler kullanılarak selofanın özellikleri geliştirilmiştir. Bugün kullanılmakta olan selofanın % 95'i kaplanmıştır. Kaplanmış selofan çeşitlerinden en ucuzu nitro selüloz kaplı selofandır, su buharı geçirgenliği düşüktür ancak yağa karşı direnci yoktur. Yağa karşı dirençli, görünüşü iyi, gaz ve buhar geçirgenliği düşük gibi özellikler gerektiren uygulamalarda poliviniliden klorür (saran) kaplı selofan kullanılmaktadır (Reiter 1985). Selofanın avantajları; parlak ve saydam olduğu için iyi baskı yüzeyi sağlar, ısıl kapatma aralığı geniş, hızı yüksek makinalarda kolaylıkla çalışır, çekme dayanımı ve darbe dayanımı yüksektir, gaz ve buhar geçirgenliği düşüktür, amaca göre kontrol edilebilir. Dezavantajları ise, kuru ortamda boyutları sabit değildir, büzülür, dayanıklılığı azalır, kırılınca hale gelir ayrıca yırtılma dayanımı düşüktür (Hanlon 1971). Selofanın, gıda sanayiinde başlıca kullanım alanları; unlu mamuller, çerez tipi gıdalar, kahve, çay, çiklet ve şekerlemeler, işlenmiş etler, yağlı gıdalar, kuru gıdalar, yaş ürünler (ambalaj atmosferi % 95 N<sub>2</sub> ve % 5 O<sub>2</sub>) ve diğer bir çok gıdalardır (Reiter 1985).

Polipropilenin yapısı genel olarak kristal olmakla birlikte % 5 amorf madde içeriği için oksijen ve ışıkta etkilenmektedir. Bunu önlemek için katkı maddeleri ilave edilmektedir. Polipropilenin özgül ağırlığı 0.9 olup, plastikler içinde en hafif olanıdır. Birim ağırlıktan elde edilen alan fazla olduğu için maliyet düşüktür. Polipropilen saydamdır, yağ ve bir çok kimyasal maddeye karşı direnci fazladır. Düşük sıcaklıklarda kırılmalıdır. Bunu önlemek için, ekstruzyondan önce % 1-2 polietilen ilave edilir veya oryante etme işlemi uygulanır. Erime noktası 165-170°C

olup, ısil işlem uygulanan gıda ambalajları için uygundur. Ancak ısı ile kapatma zordur. Su buharı geçirgenliği düşüktür (Hanlon 1971). Bakterilerden etkilenmez (Thompson 1977) ve çarpmaya karşı dayanıklığı düşüktür (Ekşi 1986 a).

Polipropilen oryante edilerek, nem engelleme, düşük sıcaklıklarda dayanıklılık, boyutlarda kararlılık, yağ geçirmezliği ve optik özellikleri arttırılır. Oryante etme, mekanik dayanıklılığı artırma ve komşu molekülleri aynı hızaya getirmeyi ifade eder. Oryante etme, çerçevede gerdirme ve üfleme olmak üzere iki ayrı yöntemle yapılır. Film makina doğrultusunda ve dik doğrultuda oryante edilir. Oryante polipropilen (OPP) film modifiye edilmeden veya kaplanmadan ısıyla kapatılamaz. Oryante işleminden sonra gerilim alınarak film ısıya karşı kararlı hale getirilir (Wibbens 1985). Oryante etme işlemi ile oksijen ve su buharı geçirgenliği üçte bir oranına kadar azaltılmaktadır (Ekşi 1986 a).

OPP film, özelliklerinin yüksek hızda çalışan makinelere uygun olması için, ya koekstruze edilir veya poliviniliden klorürle kaplanır (Guise 1987).

OPP, selofan veya glasın yerine kullanılabilir (Thompson 1987). OPP nin makina ile işlenebilirliği selofan kadar iyi olmamakla birlikte, diğer üstünlükleri nedeniyle selofanın en ciddi alternatifidir (Ekşi 1986 a).

Kaplanmış, ısıyla kapatılabilen, oksijen engelleme özelliği olan tip OPP , çerez tipi gıdalarda ve şekerlemlerde yaygın olarak kullanılır (Wibbens 1985). OPP için diğer bazı kullanım alanları kuru meyveler ve pastalarıdır (Ekşi 1986 a).

OPP yüksek vakum altında buharlaştırılan alüminyum ile kaplanarak metalize OPP elde edilir (Ekşi 1986 a). OPP nin metalizasyonu, filmin tipine ve üretim şekline bağlı olarak farklılık gösterir. Metalize OPP nin geçirgenlik

özellikleri de değişken olmakla birlikte, metal yapışması yeterli olduğunda, nem engelleme özelliği mükemmeldir, oksijen engelleme özelliği ise iyiden kötüye kadar farklı olabilir (Anonymous 1985 a).

Polivinil klorür (PVC), vinil klorür monomerinin, süspansiyon, emilsiyon veya dökme yöntemlerinden biri ile polimerizasyonu sonucu elde edilir (James 1985). Özgül ağırlığı 1.35 - 1.45 arasındadır (Ekşi 1986 a). Şeffaf ve serttir ancak çarpmaya dayanımı düşüktür. Plastikleştirici katılarak istenilen yumuşaklık sağlanır. PVC saf olarak çok az kullanılır, genellikle çeşitli stabilizanlar, antioksidanlar, kaydırıcılar ve renk verici maddeler ilave edilir (Hanlon 1971). Katkı maddeleri katılarak istenilen özelilikler kazandırılır, katkı maddelerinin miktar ve özellikleri önemlidir (James 1985). % 50 ye kadar plastikleştirici katılabilir (Hanlon 1971). Son yıllarda PVC nin, migrasyona yol açan vinil klorür monomer (VCM) kalmadan üretilmesi ambalajlamada kullanım alanını arttırmıştır. Gıda ambalajı olarak kullanılan PVC filmlerde kullanılan plastikleştiricilerin sağlığa uygun olduğunu onaylanması gereklidir (James 1985). PVC, dayanım özellikleri yüksek, şeffaf, ucuz ve kolay işlenen bir malzemedir ancak yüksek ısında bozulur (Hanlon 1971). Rijit PVC film üretimi çok hassasiyet ve dikkat gerektiren bir üründür. Üretim sırasında ısından ötürü fiziksel ve kimyasal özellikleri değişikliğe uğrayabilir. PVC film yanma noktasının altında sıcak tatbiği ile yapışmayı sağlayan bir lakla sıvandığında, bu tür sorunlar ortadan kaldırılabilir (Tahincioğlu 1985). PVC nin yağlara, alkollere, asitlere ve alkalilere dayanıklılığı fazladır, aromatik hidrokarbonlar, ketonlar, aldehitler, esterler ve azot, kükürt veya fosfor içeren moleküllerden etkilenir. PVC, koku ve aroma bileşiklerini çok az geçirir, oksijen engelleme özelliği iyidir. Rijit PVC nin nem ve genel olarak gaz engelleme özelliği iyidir ancak plastikleştirici katıldığında bu özelliği azalır (Hanlon 1971). PVC filmler, herhangi bir lakkama veya kaplama

işlemi görmeden neme, oksijene, karbon diokside ve bilhassa koku ve aromalara karşı koruyucu özelliği poliesterden sonra en yüksek olan filmdir (Tahincioğlu 1985). Baskı özelliği çok iyidir, herhangi bir ön işlem gerektirmez. Kolay yapısı, yüksek vakumda metalle kaplanabilir (Ekşi 1986 a).

Sert PVC filmler, sargı materyali olarak selofan ye-rine kullanılmaktadır çünkü neme karşı duyarlı değildir (Ekşi 1986 a). Dünyada yaygın olarak, sigara paketi, şekerleme, bisküvi, çiklet, sabun ve ilaç ambalajlarında kullanılır (Tahincioğlu 1985).

Yumuşak PVC filmler, özellikleri ile çok ince (15-16  $\mu\text{m}$ ) çekilebilen, esnek, şeffaf ve yapıştırılabilen malzemelerdir. Kullanım yerleri, kısa sürede muhafaza edilen et, şarküteri, peynir, ekmek ve hazır yemeklerin ambalajlanması ve paletlemedir (Tahincioğlu 1985). Taze mahsulin ambalajlanmasıında da yaygın olarak kullanılır (James 1985).

Esnek ambalaj malzemesinin geçirgenlik özellikleri Tablo 2.3 de verilen şekilde değerlendirilmektedir (Soutar 1985).

Selofan filmlerin geçirgenlik özellikleri Tablo 2.4, BOPP filmlerin geçirgenlik özellikleri Tablo 2.5 ve 2.6, değişik kaynaklardan alınan ambalajlamada kullanılan film-lerin geçirgenlik özellikleri Tablo 2.7, 2.8, 2.9 ve 2.10 da verilmiştir.

**Tablo 2.3 Esnek Ambalaj Malzemesi Geçirgenlik Özelliklerinin Değerlendirilmesi (Soutar 1985).**

Özellik	Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$	Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}$
Engelleme çok yüksek	8	0.05
Engelleme yüksek	15	0.5

Tablo 2.4 Selofan Filmlerin Geçirgenlik Özellikleri (N.USTA ve A. ÖZHAN 1986, yazılı görüşme)

Geçirgenlik	MST	MXXT
Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $38^\circ\text{C}$ , % 90 RH)	27	23
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ atm ( $25^\circ\text{C}$ , % 40 RH)	19	15

Tablo 2.5 BOPP Filmlerin Geçirgenlik Özellikleri (Anonymous 1986 b).

Geçirgenlik	25 $\mu\text{m}$	30 $\mu\text{m}$	40 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$ Metalize işlemi için
Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$	6.0	4.5	3.5	5.5
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$	1100	900	700	1500

Tablo 2.6 Opak, Koektruze OPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri (Guise 1987).

Geçirgenlik	Birim	Şartlar	30 $\mu\text{m}$	35 $\mu\text{m}$	40 $\mu\text{m}$
Su Buharı	$\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$	23 $^\circ\text{C}$ , % 85 RH	0.9	0.8	0.7
		25 $^\circ\text{C}$ , % 75 RH	1.3	1.1	1.0
		38 $^\circ\text{C}$ , % 90 RH	6.2	5.2	4.7
Oksijen	$\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$	23 $\pm 2^\circ\text{C}$			
		bar % 0 - % 90 RH	1800	1550	1400
Karbon Dioksit	$\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$	23 $\pm 2^\circ\text{C}$			
	bar	% 0 - % 90 RH	5750	4950	4300
Azot	$\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$	23 $\pm 2^\circ\text{C}$			
	bar	% 0 - % 90 RH	500	430	380

Tablo 2.7 Ambalajlamada Kullanılan Filmlerin Geçirgenlik Özellikleri (I). (Heiss 1970).

Film	Geçirgenlik			
	$\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h} \cdot 25 \mu\text{m}, \quad 37^\circ\text{C}$			
	% 90/% 0 Bağlı Nem	$\text{cm}^3 \text{NPT}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h.atm} \quad (25 \mu\text{m}, 23^\circ\text{C})$	Oksijen	Karbon Dioksit
BOPP	4-6	2000-2500	7500-8500	450-550
PVC	30-40	150-350	450-1000	15-35

Tablo 2.8 Ambalajlamada Kullanılan Filmlerin Geçirgenlik Özellikleri (II) (Anonymous 1979; Sacharow ve Griffin'den 1980)

Geçirgenlik	MST	MXXT	OPP (kaplanmış)
Su Buharı $\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h} \quad (25.4 \mu\text{m}$ kalınlık, $37.8^\circ\text{C}$ , % 90 RH)	22-42	18.6	<3.8
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h.atm} \quad (25.4 \mu\text{m}$ kalınlık, $25^\circ\text{C}$ )	7.8-12.4	-	8-78
Karbon Dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h atm}$ ( $25.4 \mu\text{m}$ kalınlık, $25^\circ\text{C}$ )	6.2-93	-	8-78
Azot $\text{cm}^3/\text{m}^2$ , $24\text{h. atm}$ ( $25.4 \mu\text{m}$ kalınlık, $25^\circ\text{C}$ )	7.2-24.8	-	8-31

: Tablo 2.9 Ambalajlamada Kullanılan Filmlerin Geçirgenlik Özellikleri(III) (Anonymous 1985 a)

Geçirgenlik	Birim	MST	MXIT	EP(Oryantasye edilmemiş OPP)	Metalize OPP	PVC
Su Buharı 100°F (37.8°C), % 90 RH (ASTM E-96)	g/24h.100 in <sup>2</sup> g/24h.m <sup>2</sup>	0.5 7.75	0.45 6.98	0.5-0.65 7.75-10.08	0.3-0.4 4.65-6.20	0.1 1.55 >62
Oksijen 73°F (22.7°C), % 0 RH kalınlık : 0.001 in (25.4 μm) (ASTM D - 1434)	cm <sup>3</sup> /100 in <sup>2</sup> 24h. atm cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .24h atm	2.0 31.01	0.05 0.775	84-415 1302-6434	110 1705	3.0-10.0 46.5-155 5-1500 77.5-23255
Karbon diksit 73°F(22.7°C), % 0 RH, kalınlık: 0.001 in(25.4 μm) (ASTM D- 1434)	cm <sup>3</sup> /100 in <sup>2</sup> 24h. atm	-	-	495-1350 7674-20930	240-285 3721-4419	- - 50-13500 775-209302

Tablo 2.10 Ambalajlamada Kullanılan Filmlerin Geçirgenlik Özellikleri (IV) Anonymous 1986 a).

Geçirgenlik	Selofan	BOPP	PVC
		Kaplanmamış g.mil/100 in <sup>2</sup> .24h	Kaplanmış g.mil/m <sup>2</sup> .24h
Su Buharı 37.8°C, (ASTM E 96)	0.4 -134 6.20-2078	0.25-0.4 3.88-6.20	0.25-0.4 3.88-6.20
Oksijen 25°C, (ASTM D 1434)	0.5 -0.8 7.75-12.4	160 2481	0.5 -5.0 7.75-77.5
Karbon Dioksit 25°C, (ASTM D 1434)	0.4 -6.0 6.20-93.0	540 8372	0.5 -5.0 7.75-77.5
Azot 25°C, (ASTM D 1434)	- 7.75-24.8	- 310	0.5 -2.0 7.75-31.0

Kuru incirin ambalajlanmasında kullanılabilecek esnek filmlerin, üründeki muhtemel bozulmaları dikkate alarak, sahip olması gereken geçirgenlik değerlerini ortaya koyan bir araştırma bulunmamaktadır. Yapılan araştırmalar; kuru incirin özelliklerini, genel olarak gıdalardaki bozulmaları, kurutulmuş meyvelerde ve kuru incirdeki bozulmaları, gıdaların bozulmasında nem ve su aktivitesinin etkisini, kurutulmuş gıdalar ve kuru incir ambalaj seçiminde dikkat edilmesi gereken genel hususları, ambalajlamada vakum ve gaz uygulamalarını, geçirgenlik esaslarını, ambalajlamada kullanılan filmlerin özelliklerini ve geçirgenlik değerlerini kapsamaktadır. MXXT selofan ve metalize BOPP filmin karbon dioksit ve azot geçirgenliği değerleri ile ilgili araştırma da bulunmamaktadır. Önemli bir ürünümüz olan kuru incir için ülkemizde yaygın olarak kullanılan MST selofanının geçirgenlik özelliklerinin öngörülen raf ömrü için yetersiz olma olasılığı vardır. MST selofan yerine, MXXT selofan, BOPP, metalize BOPP ve PVC nin geçirgenlik özellikleri bakımından amaca daha uygun olması büyük bir olasılıktır.

### 3. MATERİYAL VE METOD

#### 3.1 Materyal

Araştırma materyali olarak, yerli üretilen,  $25 \pm 2 \mu\text{m}$  kalınlığında MST selofan, MXXT selofan, BOPP, metalize BOPP ve PVC filmler ile ayrıca  $30 \pm 2 \mu\text{m}$  ve  $35 \pm 2 \mu\text{m}$  kalınlıklarında BOPP filmler kullanılmıştır. Ülkemizde, özellikle ihracatta, kuru incir tüketici ambalajı olarak  $25 \mu\text{m}$  kalınlığında MST tipi selofan yaygın olarak kullanılmaktadır. Araştırma materyali seçerken bu husus dikkate alınmış ve bu malzeme ile birlikte bunun alternatifi olabilecek aynı kalınlıktaki diğer filmler üzerinde araştırma yapılmıştır. Diğer taraftan, film kalınlığının geçirgenlik üzerine etkisini araştırmak amacıyla  $25 \mu\text{m}$  kalınlığındaki BOPP nin yanı sıra  $30 \mu\text{m}$  ve  $35 \mu\text{m}$  kalınlıklarındaki BOPP filmlerin de geçirgenlik değerleri saptanmıştır.

MST tipi selofanın iki yüzü nitro selüloz kaplıdır, ısı ile yapışabilir, saydam ve boyanmamıştır. MXXT tipi selofanın her iki yüzü poliviniliden klorür kaplanmıştır, saydam ve renksizdir. MST ve MXXT tipi selofanların teknik özelliklerini Tablo 3.1 de verilmiştir.

BOPP filmler, çift yönde gerdirilmiş, şeffaf, parlak, koekstrüde filmlerdir. Her iki yüzleri de ısı ile yapışabilmekte olup bir yüzleri korono işlemiyle baskiya hazır hale getirilmiştir. Metalize BOPP filmin bir yüzü ısıl yapışma özelliğine sahiptir.  $25 \mu\text{m}$  ve  $30 \mu\text{m}$  kalınlıklarındaki BOPP filmlerin teknik özelliklerini Tablo 3.2 de verilmiştir.

PVC film gıda maddelerinde kullanılan tip olup parlak ve şeffaftır.

Tablo 3.1 MST ve MXXT Tipi Selofanların Teknik Özellikleri  
(N. Usta ve A. Özhan 1986, yazılı görüşme)

Özellik	MST	MXXT
Birim Ağırlık, $\text{g}/\text{m}^2$	32-36	32-36
Rutubet, %	6.0-7.5	6.0-7.5
Plastikleştirici Miktarı, $\text{g}/\text{m}^2$	15	15
Mukavemet, $\text{kg}/\text{cm}^2$		
Boyuna	800-1100	800-1100
Enine	600-650	600-650
Uzama, %		
Boyuna(min)	15	15
Enine(max)	30	30
Patlama Mukavemeti, $\text{kg}/\text{cm}^2$	2.2	2.2
Darbe Mukavemeti, $\text{kg}/\text{cm}^2$	7	7
Yapışma	iyi	iyi
Esneklik Minimum Bükme Sayısı	400	400
Yağa Karşı Direnç	iyi	iyi
Su Buharı Geçirgenliği $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$		
$25^\circ\text{C}$ , % 65 RH	9	7
$38^\circ\text{C}$ , % 90 RH	27	23
Oksijen Geçirgenliği $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$		
$25^\circ\text{C}$ , 1 atm, % 40 RH	19	15
İsısal Yapışma, $\text{g}/\text{inch}, 135^\circ\text{C}$		
$0.5 \text{ s}, 0.4 \text{ kg}/\text{cm}^2$		
basınçta	230	250

### 3.2. Metod

Kuru incir tüketici ambalajı olarak kullanılabilecek esnek ambalaj malzemesinin su buharı, oksijen, karbon dioksit ve azot geçirgenlikleri tayin edilmiştir.

Üç farklı kalınlıktaki BOPP filmlerin geçirgenlikleri (su buharı,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) arasında fark olup olmadığı varyans

analizi ile, aynı kalınlıktaki beş ayrı filmin geçirgenlikleri (su buharı,  $O_2$ ,  $CO_2$ ) arasında fark olup olmadığı t - testleri ile (varyanslar homojen olmadığı için), azot geçirgenlikleri ise ortalamaların karşılaştırılması ile değerlendirilmiştir (Düzungüneş vd. 1983).

Tablo 3.2 BOPP Filmlerin Teknik Özellikleri (Anonymous 1986 b)

Özellik	Birim	BOPP 25 $\mu m$	BOPP 30 $\mu m$
Yoğunluk	$g/cm^3$	0.91	0.91
Birim Ağırlık	$g/m^2$	22.75	27.30
Pusluluk	%	2.5	2.8
Nem Geçirgenliği	$g/m^2 \cdot 24h$	6.0	4.5
Oksijen Geçirgenliği	$cm^3/m^2 \cdot 24h$	1100	900
Sürtünme katsayısı	$F^{(1)}/M^{(2)}$ F/F	0.19/0.22 0.32/0.40	0.19/0.22 0.32/0.40
Gerilme Direnci	$kg/cm^2$		
Boyuna		1200	1200
Enine		2850	2850
Uzama	%		
Boyuna		180	180
Enine		40	40
Elastik Modül	$kg/cm^2$		
Boyuna		18.000	18.000
Enine		36.000	36.000
Isıl Büzülme	% ( $120^\circ C$ )		
Boyuna		3.0	3.0
Enine		1.0	1.0
Isıl Yapışma Direnci	$g/25 mm$ ( $125^\circ C$ )	675	750

1) F: Film

2) M: Metal

### 3.2.1 Su buharı geçirgenliği tayini

Deney  $38^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve % 90 bağıl nemde yapılmıştır (Anonymous 1987 a) ve deneyde dinamik ölçme sistemi kullanılmıştır(Anonymous 1970). Deney seti; iki geçirgenlik hücresi (MVTR Cells-Model CS-141), içinde silika jel bulunan kurutucu kolonu, iki dar aralıklı TH tipi nem ve sıcaklığa duyarlı sensor, elektrik higrometre indikatörü (Model 15-3052), etüv, kauçuk hortum bağlantıları, saf su ve kronometreden meydana gelmiştir.

Deney numunesi 10.8 cm çapında, zedelenmeden kesilmiştir. Etüv  $38^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ayarlanmış, geçirgenlik hücresinin alt bölmesine yaklaşık 1.5 mm yüksekliğe kadar saf su konularak hücre yarımlı saat etüvde bekletilmiş, sonra ara-ya conta ve deney numunesi konulmuş, geçirgenlik hüresinin üst bölmesine sensor takıldıktan sonra numunenin üzerine yerleştirilmiştir. Hava geçiş valfleri açılarak, kurutucu kolondan geçirilerek kurutulmuş hava, 1 saat süreyle, higrometre indikatöründen okunan bağıl nem sıfır ve sıcaklık  $38^{\circ}\text{C}$  oluncaya kadar, hücrelerden geçirilmiştir. Her iki hücre (üst bölge) de tamamen kuruyunca, kronometre çalıştırılmış, hava geçiş valfleri kapatılmıştır. Higrometre indikatörü skalarında ibre 5 i geçince değer alınmaya başlanmıştır, sırayla birinci hücredeki nem, ikinci hücredeki nem, birinci hücredeki sıcaklık, ikinci hücredeki sıcaklık değerleri ve okuma zaman aralığı kaydedilmiştir. İndikatörün skalarında 75 e ulaşınca kadar değerler alınmıştır.

Hesaplamada; okunan hücre sıcaklık değerlerinin ortalaması alınarak kalibrasyon eğrisinden gerçek sıcaklık değerleri bulunmuştur, gerçek sıcaklık değerlerinde, her sensor için verilen kalibrasyon eğrilerinden, her gösterge değerine karşılık gelen % bağıl nem (% RH) değerleri bulunmuş ve bu değerler arasındaki farkların ortalaması

$(\bar{\Delta} \% \text{ RH})$  hesaplanarak aşağıdaki formül yardımıyla su buharı geçirgenliği ( $T$ ) bulunmuştur (Anonymous 1972):

$$T = (269 \times 10^{-7}) \cdot (\bar{\Delta} \% \text{ RH} \times \frac{1440}{\text{Zaman Aralığı}}) \text{ (H)}$$

Burada; (Zaman Aralığı), birbirini izleyen iki değer okuması arasında geçen süre (min), (H) deney hücresinin sıcaklığında havadaki su miktarı ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) dır.

Yukarıdaki formülle bulunan su buharı geçirgenliği değerlerinin birimi  $\text{g}/24\text{h. 100 in}^2$  olduğu için bulunan değer 0.0645 e bölünerek birim  $\text{g}/24\text{h.m}^2$  ye çevrilmiştir (Anonymous 1972).

### 3.2.2 Oksijen geçirgenliği tayini

Oksijen geçirgenliği, kulometrik sensor içeren bir cihazla oksijen geçiş hızı olarak tayin edilmiştir (Anonymous 1986 c). Ox-tran 100 Twin tipi cihaz kullanılmıştır. Deneyde, % 2  $\text{H}_2$  ve % 98  $\text{N}_2$  içeren gaz karışımı taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Deney  $25^\circ\text{C}$  sıcaklık, 689 mmHg basınç ve kuru oksijen kullanılarak yapılmıştır.  $25 \mu\text{m}$  BOPP,  $30 \mu\text{m}$  BOPP ve  $35 \mu\text{m}$  BOPP film numuneleri için maskeleme folyosu kullanılarak deney alanı  $5 \text{ cm}^2$  ye düşürülmüş, diğer numuneler de ise  $100 \text{ cm}^2$  olarak kalmıştır.

Numune, yüksek vakum gres yağı kullanılarak cihazın difüzyon hücresine yerleştirildikten sonra, cihaza taşıyıcı gaz karışımı ve oksijen akışı sağlanmıştır. Deney boyunca oksijen ve taşıyıcı gaz akışı  $5-10 \text{ cm}^3/\text{min}$  hızda olmuştur. Veri ölçme bölümünde gerekli ayar yapıldıktan sonra difüzyon hücresinin alt ve üst bölmesine 0.075 değerine erişinceye kadar taşıyıcı gaz verilmiştir. Bu değere erişince derece anahtarı 8 e ayarlanarak yazıcının sıfır yazması beklenmiş sonra üst bölmeye oksijen gazı verilerek filmden oksijen difüzyonu ve kondisyonlama süresi başlatılmıştır. Film yapısına göre kondisyonlama süresi değişmiştir. Oksi-

jen geçisi kararlı hale gelince, yazıcının değeri sabitleşince, numunenin oksijen geçiş hızı  $\text{cm}^3/\text{m}^2$ . 24 h olarak kaydedilmiştir (Anonymous 1983 a).

### 3.2.3 Karbon dioksit geçirgenliği tayini

Karbon dioksit geçirgenliği, manometrik metod ve dinamik akümülasyon metodu olmak üzere iki ayrı metodla tayin edilmiştir. İki metodla bulunan deney sonuçları birbirinden belirli oranda (1.5 - 1.9) farklıdır. Kaynaklarda verilen değerler manometrik metodla tayin edilmiştir.

#### 3.2.3.1 Manometrik metod

Manometrik metodda, Otto Brugger marka gaz geçirgenliği cihazı kullanılmıştır. Metodun esası, alt basınç bölmesine vakum uygulayarak, numuneden gaz geçişinin basınç artışı ile izlenmesidir (Anonymous 1986 d). 105-108 mm çapında kesilen numune, deney hücresına yüksek vakum gres yağı kullanılarak sızdırmayacak şekilde yerleştirilmiş, deney hücresinin alt kısmında bulunan basınç dengeleme bölümünden kapilleri tüpe 5 dakika süreyle vakum uygulanmış sonra 30-80 torr karbon dioksit gazı verilmiş daha sonra kapillerideki 3-4 mm uzunluğundaki civa skalanın sıfır noktasına gelinceye kadar hava verilmiştir. Deney hücresinin üst kısmından karbon dioksit gazı geçirilmiştir. Numunenin geçirgenliğine göre civa hızlı veya yavaş aşağıya doğru düşmüştür. Uygun zaman aralıklarıyla civanın kapillerideki yeri ölçülmüştür ve civanın yeri zamana karşı çizilerek, elde edilen eğrinin düz kısmından, civanın düşüş hızı bulunmuştur. Aşağıdaki formül kullanılarak,  $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ . bar olarak karbon dioksit geçisi hesaplanmıştır (Anonymous 1979):

$$D^x (\text{ml}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}. \text{bar}) = \frac{q(\text{cm}^2) \times \left( \frac{\text{cm}}{24\text{h}} \right) P_u (\text{mbar})}{\left( 1 + \frac{t}{273} \right) (P_b - P_u)(\text{mbar}) F (\text{m}^2)}$$

Burada;  $(D^x)$  numunenin gaz geçirgenliği,  $(q)$  kapillerinin kesit alanı,  $(x)$  civanın düşüş hızı,  $(P_u)$  numunenin alt kısmı ile civanın arasında kalan kısmın basıncı,  $(P_u = P_b - P_m - L)$ ,  $(P_m)$  manometreden okunan basınç,  $(P_b)$  atmosferik basınç,  $(t)$  deney sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $(F)$  numune yüzey alanıdır.

### 3.2.3.2 Dinamik akümülasyon metodu

Dinamik akümülasyon metodu ile karbon dioksit geçirgenliği tayininde infrared sensoru bulunan permatron C-IV cihazı kullanılmıştır. Cihaz programlanarak, numuneler otomatik olarak denenmektedir. Cihazın beş deney hücresi vardır, birinci hücreye referans kör numune, diğer dördüne ise geçirgenliği tayin edilecek film numuneleri, yüksek vakum gres yağı kullanılarak sızdırmayacak şekilde yerleştirilmişdir. Deneyde taşıyıcı gaz olarak azot gazı kullanılmaktadır. Numuneler yerleştirildikten sonra cihaza  $250 \text{ cm}^3/\text{min}$  hızla azot gazı,  $70-80 \text{ cm}^2/\text{min}$  hızla da karbon dioksit gazı akışı sağlanmıştır. Deney sıcaklığı  $25^{\circ}\text{C}$  dir. Cihaz çalıştırılmış, denenen filme göre hücre temizleme süresi 3-4 dakika, akümülasyon süresi ise 5-15 dakika arasında ayarlanmıştır. Deney akış hızı  $100 \text{ cm}^3/\text{min}$  dir. Kaydedici hızı ve voltajı numuneye göre ayarlanmıştır. Numune alma valfi 1 numaralı hücredeyken kaydedicinin sıfır ayarı yapılarak otomatik program başlatılmıştır. Kaydedicide çizilen testere dışı gibi grafikler dengeye ulaşınca deney sona erdiğmiştir. Deney sona erdikten sonra, hücrelerden hiçbir açılmadan, bilinen hacimde ( $0.0211 \text{ cm}^3$ )  $\text{CO}_2$  gazı sisteme verilerek kalibrasyon yapılmıştır. Her film için elde edilen grafikler ve kalibrasyon değeri kullanılarak, karbon dioksit geçirgenlik hızı  $\text{cm}^3/\text{m}^2$ . 24h olarak hesaplanmıştır (Anonymous 1983.b). Hesaplama tarzı EK-A da açıklanmış bulunmaktadır.

### 3.2.4 Azot geçirgenliği tayini

Azot geçirgenliği, Madde 3.2.3.1 de belirtilen manometrik metod kullanılarak, sisteme karbon dioksit gazı yerine azot gazı verilerek tayin edilmiştir (Anonymous 1979).

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

##### 4.1 Esnek Ambalaj Malzemesinin Geçirgenlik Özellikleri

Araştırma materyali olarak kullanılan esnek ambalaj malzemesi üzerinde tayin edilen su buharı, oksijen, karbon dioksit ve azot geçirgenliği ile ilgili değerler Tablo 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7 de verilmiştir. Bu değerler çeşitli kaynaklarda yer alan daha önce yapılmış araştırma sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Karbon dioksit geçirgenliği ile ilgili bulguların karşılaştırılmasında manometrik metodla bulunan değerler esas alınmıştır, çünkü kaynaklarda ki sonuçlar daha çok bu metoda dayanmaktadır.

Tablo 4.1 de verilen bulgulara göre MST selofan film su buharı geçirgenliği ( $35.70 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) ve azot geçirgenliği ( $11.30 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ) değerleri, daha önce yapılan araştırma sonuçlarına uygun, oksijen geçirgenliği ( $59.68 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) ve karbon dioksit geçirgenliği ( $501.2 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ) değerleri ise uygun değildir (Tablo 2.7). Bu durumun üretim teknolojisinden kaynaklanması söz konusudur, selofanın gaz ve buhar geçirgenliği, kaplama cinsi ve miktarı ayarlanarak amaca göre kontrol edilebilmektedir (Hanlon 1971).

Tablo 4.2 de verilen bulgulara göre MXXT selofan film su buharı geçirgenliği ( $22.12 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) ve oksijen geçirgenliği ( $11.51 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) değerleri daha önce yapılan araştırma sonuçlarına uygundur (Tablo 2.3), karbon dioksit ve azot geçirgenliği ile ilgili başka bir araştırma bulunmamaktadır.

Tablo 4.3 de verilen bulgulara göre  $25 \mu\text{m}$  kalınlığında BOPP film su buharı geçirgenliği ( $3.94 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) ve azot geçirgenliği ( $446.8 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ), Tablo 2.6, oksijen

Tablo 4.1 MST Selofan Filmin Geçirgenlik Özellikleri ile İlgili Değerler

Geçirgenlik Özelliği	Ölçüm Sayısı(n)	<u>Değişim Aralığı</u>		Ortalama ( $\bar{x}$ )
		Min	Max	
Su Buharı $\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $38^\circ\text{C}$ , %90 RH)	3	30.20	41.20	35.70
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ )	4	49.55	74.50	59.68
Karbon dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) <sup>1)</sup>	7	156.2	365.0	225.5
Azot $\text{ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ ) <sup>2)</sup>	2	499.8	502.6	501.2
Azot $\text{ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ )	2	10.40	12.20	11.30

Tablo 4.2 MXXT Selofan Filmin Geçirgenlik Özellikleri ile İlgili Değerler

Geçirgenlik Özelliği	Ölçüm Sayısı(n)	<u>Değişim Aralığı</u>		Ortalama ( $\bar{x}$ )
		Min	Max	
Su Buharı $\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $38^\circ\text{C}$ , % 90 RH)	3	17.44	28.38	22.12
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ )	4	9.10	14.20	11.51
Karbon dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) <sup>1)</sup>	7	38.10	44.12	41.62
Azot $\text{ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ )	2	75.77	79.05	77.41
Azot $\text{ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ )	2	0.390	0.495	0.443

1) Dinamik Akümülasyon Metodu

2) Manometrik Metod

Tablo 4.3 25  $\mu\text{m}$  Kalınlığında BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri ile İlgili Değerler

Geçirgenlik Özellikleri	Ölçüm Sayısı (n)	<u>Değişim Aralığı</u> Min	Max	Ortalama ( $\bar{x}$ )
Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $38^\circ\text{C}$ , % 90 RH)	3	3.66	4.22	3.94
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ )	3	1700	1726	1713
Karbon Dicksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) <sup>1)</sup>	6	2205	2673	2456
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ ) <sup>2)</sup>	2	4578	4600	4589
		400.0	493.6	446.8

Tablo 4.4 30  $\mu\text{m}$  Kalınlığında BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri ile İlgili Değerler

Geçirgenlik	Ölçüm Sayısı (n)	<u>Değişim Aralığı</u> Min	Max	Ortalama ( $\bar{x}$ )
Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $38^\circ\text{C}$ , % 90 RH)	3	2.01	2.90	2.37
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ )	6	1410	1779	1571
Karbon Dicksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) <sup>1)</sup>	8	2100	2560	2358
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ ) <sup>2)</sup>	2	4500	4556	4528
		300.0	350.0	325.0

1) Dinamik Akümulasyon Metodu

2) Manometrik Metod

Tablo 4.5 35  $\mu\text{m}$  Kalınlığında BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri ile İlgili Değerler

Geçirgenlik Özellikleri	Ölçüm Sayısı(n)	<u>Değişim Aralığı</u>	Ortalama ( $\bar{x}$ )
		Min	Max
Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (38^\circ\text{C}, \% 90 \text{ RH})$	3	1.90	2.37
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (25^\circ\text{C})$	2	1410	1490
Karbon Dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (25^\circ\text{C})^1)$	7	1830	2328
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h} (0^\circ\text{C})^2)$	2	3832	3836
		3834	
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h} (0^\circ\text{C})$	2	290.0	337.0
		313.5	

Tablo 4.6 Metalize BOPP Filmin Geçirgenlik Özellikleri ile İlgili Değerler

Geçirgenlik Özellikleri	Ölçüm Sayısı(n)	<u>Değişim Aralığı</u>	Ortalama ( $\bar{x}$ )
		Min	Max
Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (38^\circ\text{C}, \% 90 \text{ RH})$	3	0.950	0.961
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (25^\circ\text{C})$	4	27.00	49.85
Karbon Dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (25^\circ\text{C})^1)$	4	100.0	166.0
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h} (0^\circ\text{C})^2)$	2	230.8	250.4
		240.6	
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h} (0^\circ\text{C})$	2	16.46	18.99
		17.73	

1) Dinamik Akümülasyon Metodu

2) Manometrik Metod

Tablo 4.7 PVC Filmin Geçirgenlik Özellikleri İle İlgili Değerler

Geçirgenlik Özelliği	Ölçüm Sayısı(n)	<u>Değişim Aralığı</u>	Ortalama	
		Min	Max	( $\bar{x}$ )
Su Buharı $\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $38^\circ\text{C}$ , % 90 RH)	3	9.003	11.96	10.24
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ )	4	78.00	83.00	80.75
Karbon Dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) <sup>1)</sup>	4	291.0	321.0	301.8
Azot $\text{ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ ) <sup>2)</sup>	2	434.8	453.0	443.9

1) Dinamik Akümlasyon Metodu

2) Manometrik Metod

geçirgenliği ( $1713 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) ile karbon dioksit geçirgenliği ( $4589 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ) de Tablo 2.8 de verilen başka kaynaklardaki değerlere çok yakındır.

Tablo 4.4 de verilen bulgulara göre  $30 \mu\text{m}$  kalınlığında BOPP filmin su buharı geçirgenliği ( $2.371 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) daha önce yapılan araştırma sonuçlarına göre düşüktür. Ancak farklı kaynaklardaki geçirgenlik değerleri karşılaştırıldığında, aynı malzeme için, aynı metodla, aynı deney şartlarında yapılan deney sonuçlarının farklılık gösterdiği ve geçirgenlik için tek bir değer yerine bir değer aralığı verilmesinin daha uygun olduğu görülmektedir (Tablo 2.3- Tablo 2.9). Oksijen geçirgenliği ( $1571 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) Tablo 2.4 ve Tablo 2.5 de verilen değerler arasındadır. Karbon dioksit geçirgenliği ( $4528 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ) ve azot geçirgen-

lığı ( $325 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ) Tablo 2.5 de verilen değerlere göre düşüktür; ancak değerlerle ilgili değer aralığı bulunmamaktadır.

Tablo 4.5 de verilen bulgulara göre  $35 \mu\text{m}$  kalınlığında BOPP filmin su buharı geçirgenliği ( $2.158 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ), oksijen geçirgenliği ( $1450 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ), karbon dioksit geçirgenliği ( $3834 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ) ve azot geçirgenliği ( $313.5 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ), bu kalınlıktaki BOPP filmle ilgili tek araştırma sonuçlarından (Tablo 2.5) düşüktür.

$25 \mu\text{m}$  BOPP filmin yanısıra  $30 \mu\text{m}$  ve  $35 \mu\text{m}$  kalınlıklardaki BOPP filmlerin de geçirgenlik özelliklerinin tayin edilmesinin amacı kalınlık artışının geçirgenlik üzerine etkisinin incelenmesidir. Kalınlık arttıkça geçirgenliğin azaldığı bilinmektedir (Paine ve Paine 1983). Araştırma sonuçları varyans analizi ile değerlendirilerek (Düzgüneş vd. 1983),  $25 \mu\text{m}$  kalınlığındaki BOPP film ile  $30 \mu\text{m}$  BOPP ve  $35 \mu\text{m}$  BOPP filmlerin su buharı geçirgenlikleri arasında  $0.01$  düzeyinde,  $25 \mu\text{m}$  BOPP ile  $35 \mu\text{m}$  BOPP ve  $30 \mu\text{m}$  ile  $35 \mu\text{m}$  BOPP filmlerin karbon dioksit geçirgenlikleri arasında ise  $0.05$  düzeyinde önemli fark olduğu görülmüştür (Tablo 4.8).

Tablo 4.6 da verilen bulgulara göre  $25 \mu\text{m}$  kalınlığında metalize BOPP filmin su buharı geçirgenliği ( $0.910 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) ve oksijen geçirgenliği ( $38.59 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ), Tablo 2.8 de verilen araştırma sonuçlarına yakındır. Metalize BOPP filmin nem engelleme özelliğinin mükemmel, oksijen engelleme özelliğinin ise üretim şekline göre iyiden kötüye kadar değişebildiği bilinmektedir (Anonymous 1985 a). Metalize BOPP filmin karbon dioksit ve azot geçirgenliği ile ilgili başka araştırma bulunmamaktadır.

Tablo 4.7 de verilen bulgulara göre  $25 \mu\text{m}$  kalınlığındaki PVC filmin su buharı geçirgenliği ( $10.24 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ), oksijen geçirgenliği ( $80.75 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) ve karbon dioksit geçirgenliği ( $443.9 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ) Tablo 2.9 da verilen

araştırma sonuçlarına, azot geçirgenliği ( $14.78 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{bar}$ .  
24h) ise Tablo 2.6 da verilen araştırma sonuçlarına paralel-  
dir.

$25 \mu\text{m}$  kalınlığındaki araştırma materyali olarak  
kullanılan esnek filmlerin geçirgenlik değerleri bir arada  
Tablo 4.3 de, su buharı, oksijen ve karbon dioksit geçirgen-  
likleri arasındaki farklar da Tablo 4.10 da verilmiştir.  
Karbon dioksit geçirgenliklerinin farklıları incelenirken di-  
namik akümülasyon metodu ile bulunan sonuçlar dikkate alın-  
mıştır. Farkların değerlendirilmesi için varyans analizi-  
nin kullanılması mümkün olmamıştır. Çünkü varyanslar ho-  
mojen değildir. Farkların değerlendirilmesi için ikili  
gruplar oluşturularak t-testi uygulanmıştır (Düzgüneş vd.  
1983). MST selofan film ile PVC filmin karbon dioksit ge-  
çirgenliği değerleri arasındaki fark istatistik olarak  
önemli değildir, değerlendirilen diğer geçirgenlikler ara-  
sındaki farklar önemlidir (Tablo 4.10). Azot geçirgenlik-  
lerinin karşılaştırılmasında t-testinin uygulanması mümkün  
olmamıştır. Ancak bu değerlerin ortalamaları karşılaştı-  
rıldığında, MXXT selofan filmin azot geçirgenliğinin çok  
düşük, BOPP filmin en yüksek, MST selofan, metalize BOPP  
ve PVC filmlerin ise birbirine yakın ve düşük olduğu anla-  
şılmaktadır.

Çeşitli kaynaklarda yer alan değerleri birleştire-  
rek elde edilen geçirgenlik değer aralıkları ve elde edi-  
len bulgular toplu halde EK-B de verilmiştir.

Karbon dioksit geçirgenliği tayininde kullanılan  
manometrik metod ve dinamik akümülasyon metodu ile elde  
edilen değerler arasında belirli oran bulunduğu tespit  
edilmiştir (Ek-C).

Tablo 4.8 25  $\mu\text{m}$ , 30  $\mu\text{m}$  ve 35  $\mu\text{m}$  Kalınlıklarındaki BOPP Filmlerin Geçirgenlik Değerlerinin Ortalamalarının Karşılaştırılması

Geçirgenlik Özellikİ	25 $\mu\text{m}$ BOPP	30 $\mu\text{m}$ BOPP	35 $\mu\text{m}$ BOPP	25 $\mu\text{m}$ -30 $\mu\text{m}$ Fark	30 $\mu\text{m}$ -35 $\mu\text{m}$ Fark	25 $\mu\text{m}$ -35 $\mu\text{m}$ Fark
Su Buharı $\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h} (30^\circ\text{C}, \% 90 \text{ RH})$	3.940	2.371	2.158	1.569xx	0.213	1.782xx
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (25^\circ\text{C})$	1713	1571	1450	142	121	263
Karbon Dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h} (25^\circ\text{C})^1)$	2456	2358	2150	98	208x	306x
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h} (0^\circ\text{C})^2)$	4589	4528	3834	-	-	-

- (x) 0.05 düzeyinde önemli
- (xx) 0.01 düzeyinde önemli
- (1) Dinamik akümülasyon metodu
- (2) Manometrik metod

Tablo 4.9 25  $\mu\text{m}$  Kalınlığında MST Selofan, MXXT Selofan, BOPP, Metalize BOPP ve PVC Filmlerin Ortalama Geçirgenlik Değerleri

Geçirgenlik Özellikleri	MST Selofan	MXXT Selofan	BOPP	Metalize BOPP	PVC
Su Buharı $\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $38^\circ\text{C}$ , % 90 RH)	35.70	22.12	3.940	0.910	10.24
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ )	59.68	11.51	1713	38.59	80.75
Karbon Dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ ( $25^\circ\text{C}$ ) <sup>1)</sup>	225.5	41.62	2456	125.5	301.8
Azot $\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{bar} \cdot 24\text{h}$ ( $0^\circ\text{C}$ ) <sup>2)</sup>	501.2	77.41	4589	240.6	443.9

1) Dinamik Akümülasyon Metodu

2) Manometrik Metod

**Tablo 4.10** 25  $\mu\text{m}$  Kalınlığında MST Selofan, MXXT Selofan, BOPP, Metalize BOPP ve PVC Filmlerin Ortalama Geçirgenlik Değerleri Arasındaki Farklar

Karşılaştırılan Filmler	Su Buharı	Oksijen	Karbon Dioksit
MST-MXXT	13.58 <sup>x</sup>	48.17 <sup>xx</sup>	183.88 <sup>xx</sup>
MST-BOPP	31.76 <sup>xx</sup>	1653 <sup>xx</sup>	2231 <sup>xx</sup>
MST-Metalize BOPP	34.99 <sup>xx</sup>	21.09 <sup>x</sup>	100 <sup>x</sup>
MST-PVC	25.46 <sup>xx</sup>	21.07 <sup>x</sup>	76.3
MXXT-BOPP	18.18 <sup>xx</sup>	1701 <sup>xx</sup>	2414 <sup>xx</sup>
MXXT-Metalize BOPP	21.21 <sup>xx</sup>	27.08 <sup>xx</sup>	83.88 <sup>xx</sup>
MXXT-PVC	11.88 <sup>x</sup>	69.24 <sup>xx</sup>	260.18 <sup>xx</sup>
BOPP-Metalize BOPP	3.03 <sup>xx</sup>	1674 <sup>xx</sup>	2331 <sup>xx</sup>
BOPP-PVC	6.3 <sup>xx</sup>	1632 <sup>xx</sup>	2154 <sup>xx</sup>
Metalize BOPP-PVC	9.33 <sup>xx</sup>	42.16 <sup>xx</sup>	176.3 <sup>xx</sup>

(x) 0.05 düzeyinde önemli

(xx) 0.01 düzeyinde önemli

#### 4.2 Kuru İncir Ambalaj Malzemesi Geçirgenliklerinin Değerlendirilmesi

Kuru incir ambalaj malzemesinin su buharı geçirgenliğinin değerlendirilmesinde kuru incirin nem miktarı ve depolama bağıl nemin önem kazanmaktadır. Kuru incir için en uygun kabul edilen nem miktarı % 18-22 (Heiss 1970), en fazla ise % 26'dır (Anonymous 1980). Bu nem miktarlarında su aktiviteleri (Şekil 2.2) sırasıyla 0.65, 0.73 ve 0.75 dir (Pixton ve Warburton 1976: Inglesias ve Chirife'den 1982). Kuru incir için en uygun depolama şartları 0°C, + 4°C sıcaklık ve % 50-60 bağıl nemdir (Cemeroğlu ve Acar 1986). Normal depolama şartlarında selofan ambalajlardaki incirde % su kaybının fazla, polietilen ambalajlarda ise az olduğu saptanmıştır (Koyuncu 1981). Diğer taraftan, selofan ambalajlarda kuru kayısıların, normal depo şartlarında nem miktarının önemli oranda azaldığı, aynı şartlarda polipropilen ambalajlardaki kayısıların neminde çok az azalma olduğu, soğuk depo şartlarındaki selofan ve polipropilen ambalajlarda kayışılarda ise dikkate değer bir değişme olmadığı saptanmıştır (Erdc̄an ve Acu 1987).

Bu durum, kuru incir sorpsiyon eğrisi (Şekil 2.2) ve ambalaj malzemesinin geçirgenlik değerleri incelenerek açıklanabilir. Örneğin, % 22 nem içeren ambalajlı kuru incirler ( $a_w = 0.73$ ) % 50 bağıl nemli depolara konulduğu zaman, çevre bağıl nem ile dengeye ulaşmak için, % 50 bağıl neme karşılık gelen nem miktarına (% 11.7) kadar nem kaybetme eğilimindedir. Bu durum ambalajın geçirgenlik özelliğine bağlı olarak engellenir. Elde edilen bulgulara göre MST selofan ambalaj malzemesinin su buharı geçirgenliği (35.7 g/m<sup>2</sup>.24h) yüksek, BOPP film'in (3.94 g/m<sup>2</sup>.24h) ise düşüktür (Tablo 4.9). Diğer taraftan sıcaklık arttıkça geçirgenliğin arttığı bilinmektedir (Paine ve Paine 1983). MST selofanın, su buharı geçirgenliğinin yüksek olması, depolama sıcaklığı

düşük olduğunda problem yaratmamakta ancak normal depolama şartlarında kuru incirin sertleşmesine yol açabilmektedir.

Diğer taraftan, küf üremesi, su aktivite değeri 0.65 in altında durmaktadır. Ozmofilik mayalar su aktivite değeri 0.60 a düşene kadar faaliyet gösterebilmektedir, kuru incirlerde bu mayaların sorun yarattığı bilinmektedir. Uzun süre depolamada incirlerin üzerinde oluşan ince tabakaların şeker ve maya hücreleri karışımı olduğu saptanmıştır (Cemeroğlu ve Acar 1986). Polietilen ambalajlı kuru incirlerde şeker oluşumu az, selofan ambalajlarda ise fazla olmuştur (Koyuncu 1981). Bu durumun da ambalaj malzemesi geçirgenliği ile açıklanması mümkünür, polietilenin su buharı geçirgenliği ( $20 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) düşük (Heiss 1970), selofanın ise ( $35.7 \text{ g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ ) yüksektir (Tablo 4.9). Normal depolamada, su buharı geçirgenliği yüksek ambalaj malzemesi kullanıldığında, kuru incirlerde mikrobiyolojik bozulmalar görülebilmektedir.

Kuru incir ambalaj malzemesinin oksijen geçirgenliği esmerleşme reaksiyonları bakımından önemlidir. Maillard reaksiyonları su aktivitesi 0.6-0.7 civarındayken en üst düzeydedir. Lipaz enzimleri su aktivitesi 0.25-0.30 a kadar aktif kalmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986). Oksijen meyve ve sebzelerden elde edilen çeşitli ürünlerde görülen bir çok enzimatik veya enzimatik olmayan renk değişimlerinde rol oynamaktadır. Kuru incir, oksijenin etkisiyle oluşacak renk değişimlerinin önlenmesi için, hava almayacak şekilde ambalajlanmalıdır (Cemeroğlu ve Acar 1986). Elde edilen bulgulara göre BOPP filmin oksijen geçirgenliği çok yüksektir ( $1713 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ - $25 \mu\text{m}$  kalınlık), bu açıdan kuru incir ambalajı olarak kullanılması sakincalı olabilecektir (Tablo 4.9). Normal depo şartlarında saklanan polipropilen ambalajlardaki kayışılarda görülen renk değişimi (Erdoğan ve Acu 1987) de polipropilenin oksijen geçirgenliğinin yüksek olması ile açıklanabilir.

Ambalajlardaki oksijenin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasında diğer bir yol karbon dioksit ve azot gibi koruyucu gazların kullanılmasıdır (Ural ve Pazır 1984). Elde edilen bulgulara göre BOPP filmde karbon dioksit ve azot geçirgenliği çok yüksek olduğu için koruyucu gaz uygulamalarında kullanılması uygun değildir. MST selofan, metalize BOPP ve PVC filmlerin karbon dioksit ve azot geçirgenlikleri birbirine oldukça yakındır. MST film ile PVC karbon dioksit geçirgenlikleri arasındaki fark istatistikte olarak önemsizdir (Tablo 4.10). MXXT selofanın ise karbon dioksit ve azot geçirgenliği çok düşüktür (Tablo 4.9). Selofanın, ambalaj atmosferi % 95 N<sub>2</sub> ve % 5 O<sub>2</sub> olan yaş ürünlerin ambalajı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Hanlon 1971).

Kuru incir ambalaj malzemesi olarak, uzun süre ve normal şartlarda depolama için, MST selofan film su buharı geçirgenliği, BOPP filmde oksijen geçirgenliği yüksek olduğundan amaca uygun olmadığı, MST selofan yerine MXXT selofan veya PVC film kullanılmasının uygun olacağı, metalize BOPP filmde geçirgenlik özellikleri açısından amaca uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1970. "Dynamic Measurement of Water Vapor Transfer Through Sheet Materials-T 523 Su-70," TAPPI, New York.
- ANONYMOUS, 1972. "M.V.T.R. Cell Model CS 141", Custom Scientific Instruments, Inc., Whippany.
- ANONYMOUS, 1977. "Milletlerarası Birimler Sistemi", TS 293 -297, Türk Standardları Enstitüsü Yayıni, Ankara.
- ANONYMOUS, 1979. "Operating Instructions For Gas Permeability Tester", Otto Brugger, Munich.
- ANONYMOUS, 1980. "Kuru İncir", TS 541, Türk Standardları Enstitüsü Yayıni, Ankara.
- ANONYMOUS, 1983. a. "Operating Manual For The Ox-Tran 100 Twin", Mocon, Modern Controls, Inc., Minneapolis, Minnesota.
- ANONYMOUS, 1983.b. "Operating Manual For Permatron C-IV", Mocon, Modern Controls, Inc., Minneapolis, Minnesota.
- ANONYMOUS, 1985.a. "Packaging Encyclopedia and Yearbook", Cahners Publication, Denver, Vol. 30, No 4, 64 F-65.
- ANONYMOUS, 1985.b. "Product Storage Stability Based on Permeability of the Package System", Seminer Notları, School of Packaging, MSU, E. Lansing.
- ANONYMOUS, 1986.a. " Modern Plastics Encyclopedia", Mc Graw-Hill, Clinton, 481,484, 485.
- ANONYMOUS, 1986.b. "Teknik Özellikler" Polinas Plastik San. ve Tic. A.Ş. Yayıni, Manisa.
- ANONYMOUS, 1986.c. "Standard Test Method For Oxygen Gas Transmission Rate Through Plastic Film and Sheeting Using a Coulometric Sensor-ASTM D 3985-81", Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, Vol. 8.03, 387-394.
- ANONYMOUS, 1986.d. "Standard Method For Determining Gas Permeability Characteristics of Plastic Film and Sheeting-ASTM D 1434-82", Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, Vol. 8.01, 613-628.
- ANONYMOUS, 1987.a. "Standard Test Methods For Water Vapor Transmission of Materials-ASTM E 96-80", Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, Vol.15.09, 893-902.

- ANONYMOUS, 1987.b. "Modern Plastics Encyclopedia", Mc Graw Hill, Clinton, Vol.63, No 10 A, 72, 74, 82, 84, 198, 381, 382.
- ANONYMOUS, 1987.c. "Sirküler Aylık Ege Kuru Meyve ve Mamüller İhracatçıları Birliği Üyelerine", Ege İhracatçı Birlikleri Yayıni, İzmir.
- BRUCHMANN, N.A.M., 1976. Angewandte Biochemie, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- CEMEROĞLU, B. ve ACAR, J., 1986. "Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi", Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No: 6, Ankara.
- DEMANN, J.M., 1980. Principles of Food Chemistry. The Avi Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- DÜZGÜNEŞ, O., KESİCİ, T. ve GÜRBÜZ, F., 1983. "İstatistik Metodları I", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları : 861, Ankara.
- EKİŞİ, A., 1986.a. "Gıda Ambalajlama Tekniği Ders Notları" (Basılmamış), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara.
- EKİŞİ, A., 1986.b. "Gıda Ambalajlarında Geçirgenlik Özellikleri", Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, Ambalaj Özel Sayı VI, Türk Standardları Enstitüsü Yayıni, Ankara.
- EKİŞİ, A. ve CEMEROĞLU, B. 1986. "Gıdalarda Enzimatik Esmerleşme ve Önlenmesinde C Vitamininin İşlevi", Vitaminlerin Sağlığımızdaki Önemi Sempozyumu, Roche Firması, İstanbul, 107-114.
- EKİŞİ, A. ve TARHAN, G. 1986. "Gıda Ambalajlamada Yeni Eğilimler", Gıda Teknolojisinde Gelişmeler Sempozyumu, ODTÜ-Gıda Müh. Bölümü, Ankara, 130-139.
- ERDOĞAN, A.R. ve ACU, A., 1987. "Değişik Şartlarda Saklanmış Ambalajlı Kuru Kayısılarda Meydana Gelen Değişmeler Üzerinde Araştırmalar", Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü Yayıni, İzmir, 19-28.
- EROĞLU, A.Ş. ve KÜÇÜKSAYAN, Z.A., 1986. "Sarızeybek İncir Çeşidine Pomolojik Çalışmalar", Erbeyli Zirai Araştırma Enstitüsü, Aydın.
- ESKIN, N.A.M., HANDERSON, H.M. ve TOWSEND, R.J., 1976. Biochemie der Lebensmittel, Verlag Hüthig, Heidelberg.

- EVRANUS, Ö., 1984. "Üretimde ve Tüketimde Gıda Kayıpları", Türkiye 4. Gıda Kongresi, Türkiye Odalar Birliği, Gıda Teknolojisi Derneği, Ankara, 53-71.
- GUISE, B., 1987. "Polypropylene As A Packaging Film", Grange Press, Sussex, 10-16.
- GÜRSES, Ö.L., 1986. "İleri Gıda Biyokimyası Ders Notları" (Basılmamış), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara.
- HANLON, J.F., 1971. "Handbook of Package Engineering", Mc Graw Hill Book Company, New York.
- HART, F.L. ve FISHER, H.J., 1971. "Modern Food Analysis", Springer Verlag, New York.
- HEISS, R., 1970. "Principles of Food Packaging", FAO, P. Keppler Verlag KG, Munich.
- HEISS, R., 1980. "Verpackung Von Lebensmitteln", Springer Verlag, Berlin.
- IGLESIAS, H.A. ve CHIRIFE, J., 1982. "Handbook of Food Isotherms Water Sorption Parameters for Food and Food Components", Academic Press, London.
- JAMES, D.G., 1985. "Films, Polyvinyl Chloride", Packaging Encyclopedia and Year Book, Cahners Publication, Denver, 64-64A.
- KOYUNCU, G., 1981. "Kuru İncirlerin Muhtelif Ambalaj Kapılarında Kalitesinin Bozulmadan Muhafaza Edilme Süresinin Araştırılması", Erbeyli Zirai Araştırma Enstitüsü, Aydın.
- LOESECKE, H.W., 1955. "Drying and Dehydration of Foods", Reinhold Publishing Co., New York.
- ÖZGEN, S.S., 1986. "Kuru İncir Kalitesini Etkileyen Özülerin Mevsim İçerisindeki Durumunun Saptanması", Erbeyli Zirai Araştırma Enstitüsü, Aydın.
- PAINE, F. ve PAINE, H.Y., 1983. "A Handbook of Food Packaging", Leonard Hill, Glasgow.
- PALA, M. ve SAYGI, B., 1983. "Su Aktivitesi ve Gıda İşlemedeki Önemi, Gıda 8, 33-39.
- POTTER, N., 1986. "Food Science", The Avi Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.

- REITER, F., 1985. "Films, Cellophane", Packaging Encyclopedia and Yearbook, Cahners Publication, Denver, Vol. 31, No 4, 51-52.
- SACHAROW, S. ve GRIFFIN, R.C., 1980. "Principles of Food Packaging", The Avi Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- SAĞDEMİR, A., 1986. "Önemli İncir Üreticisi Ülkelerin İncir Üretim ve Dış Satımı İle İlgili Politikaları ve Uygulama Biçimi", Erbeyli Zirai Araştırma Enstitüsü, Aydın.
- SOICI, W. ve BOSCH, H., 1978. "Lebensmittel-Tabellen für die Nahrwertberechnung", Wissenschaftliche Verlag GmbH, Stuttgart.
- SOUTAR, A.M., 1985. "Flexible Barrier Packaging", Asian Packaging Congress, Indian Institute of Packaging, New Delhi.
- TAHİNÇİOĞLU, Y., 1985. "Plastik Filmler", Milletlerarası II. Ambalaj Sempozyumu, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TARHAN, G., 1986. "Gıda Maddeleri İçin Esnek Ambalaj Malzemesi Seçimi ve Raf Ömrüne Tesiri", İhracatta Ambalajlama Semineri, İGEME Yayıni, Ankara.
- THOMPSON, W.R., 1987. "Polypropylene", Modern Plastics Encyclopedia, Mc Graw Hill, Clinton, Vol. 63, No. 10 A, 72-74.
- URAL, A. ve PAZIR, F., 1984. "Koruyucu Gazların Gıda Ambalajlanmasıında Kullanılmaları", 9. İzmir Gıda ve Tarım Fuarı, Gıda Sanayiinde Teknolojik Gelişmeler Sempozyumu, Ege Üniversitesi Müh. Fak., İzmir.
- WIBBENS, R.L., 1985. "Films, Polypropylene Oriented", Packaging Encyclopedia and Yearbook, Cahners Publication, Denver, 62-63.
- YİĞİT, V., 1986. "Ekmeğin Su Aktivitesi ve Ambalajlamadaki Rolü", Standard Özel Sayı VII, Türk Standardları Enstitüsü Yayıni, Ankara.

**EK-A Dinamik Akümülatyon Metodu ile Karbon Dioksit Geçirgenliğinin Hesaplanması**

Numune : 35  $\mu\text{m}$  BOPP

Range : 10 V

Grafik Hızı : 12 in/h

Sıcaklık : 25°C

Basınç : 689 mm Hg

$\text{N}_2$  hızı : 250  $\text{cm}^3/\text{min}$

$\text{CO}_2$  hızı : 70  $\text{cm}^3/\text{min}$

Temizleme süresi : 3 min

Akümlasyon Süresi : 5 min

Deneý Alanı : 50  $\text{cm}^2$

Kalibrasyon gazı hacmi  $V_o = 0.0211 \text{ cm}^3$

$$\text{Normal şartlarda } V_o = 0.0211 \times \frac{273}{298} \times \frac{689}{760} = 0.01752 \text{ cm}^3$$

$$\text{Grafik Hızı} = 12 \text{ in/h} = 30.48 \text{ cm}/60 \text{ min}$$

$$30.48 \text{ cm} \quad 60 \text{ min}$$

$$1.2 \text{ cm} \quad \times \quad x = 2.36 \text{ min}$$

$$\text{Grafikte 18.2 bölme} = 0.01752 \text{ cm}^3$$

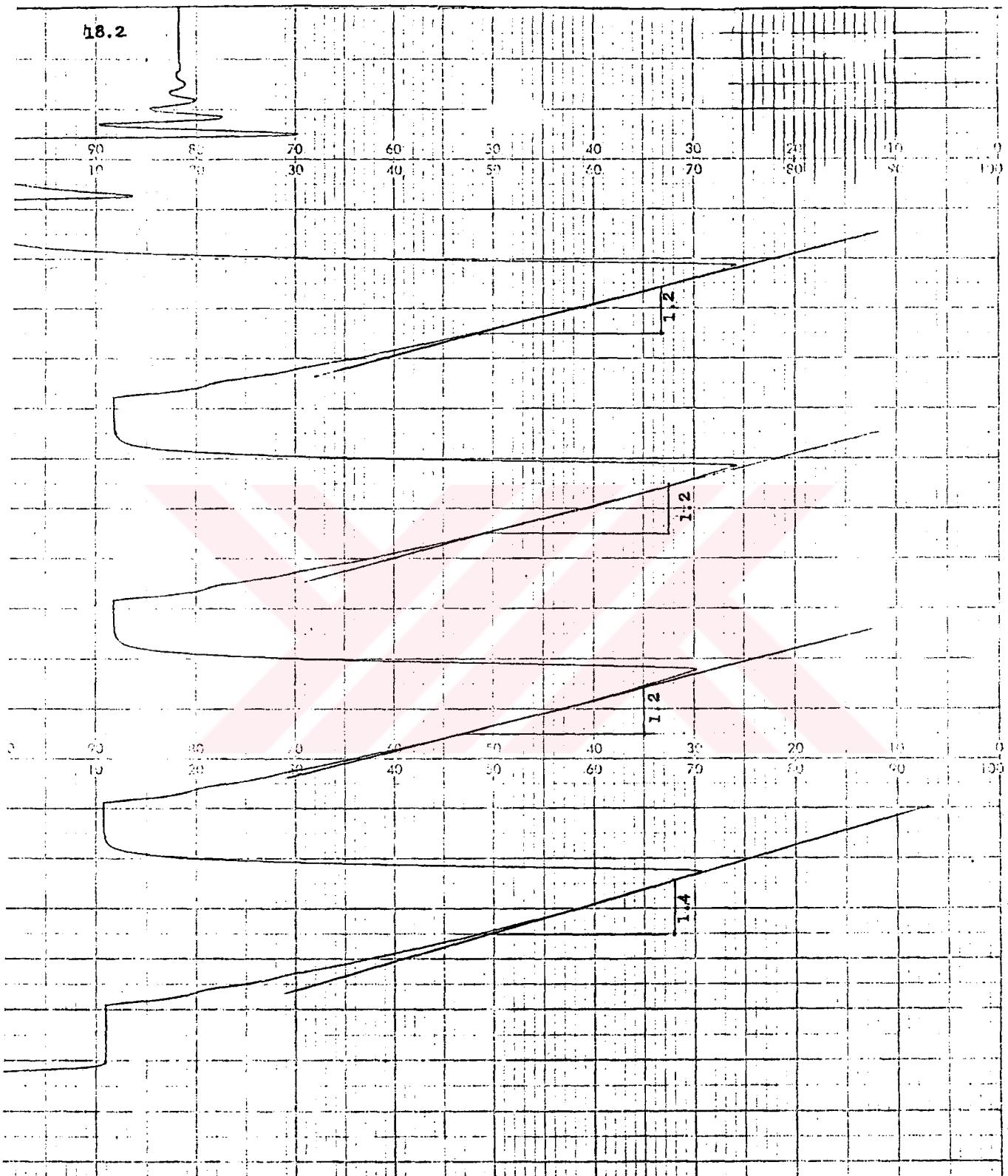
$$0.01752 \text{ cm}^3/2.36 \text{ min} = 0.445 \text{ cm}^3/24h$$

$$= 10.69 \text{ cm}^3/24h (50 \text{ cm}^2 \text{ deney alanından})$$

$$= \frac{10.69 \text{ cm}^3}{24h 50 \text{ cm}^2} \times \frac{10^4 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$= 2138 \text{ cm}^3/24h \cdot \text{m}^2$$

## EK-A (Devamı)



EK- B Geçirgenlik Değerlerinin Karşılaştırılması

Geçirgenlik	METOD	25 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$	BOPP			BOPP 25 $\mu\text{m}$	Metallize 25 $\mu\text{m}$	PVC
					MST	MXXT	30 $\mu\text{m}$			
Su Buharı $\text{g/m}^2$ 24.h	K ASTM E-96 B ASTM E-96 Dinamik Ölçme	7.8-42 35.7	7.0-2.3 22.12	3.94	3.9-6.2 2.371	4.5-6.2	5.2	1.55	14-465	1
Oksijen $\text{cm}^3/\text{m}^2$ 24.h,	K ASTM D-1434 B (Kulometrik Sensor)	7.8-31 59.68	0.8-15 11.51	1100- 2500 1800	900- 1800	1550	46.5-155	31-23255		
Karbon Dioksit $\text{cm}^3/\text{m}^2$ 24.h	K ASTM D-1434 B ASTM D-1434	6.2-93 501.2	- 77.41	3721- 8500	5750	4950	38.59	80.75	310-209302	6
Azot $\text{cm}^3/\text{m}^2$ 24.h	K ASTM D-1434 B ASTM D-1434	11.30	0.443	4589	4528	3834	240.6	443.9		
Dinamik Akümlasyon	225.5	41.62	2456	2358	2150	125.5	301.8			
	K ASTM D-1434	7.2-25	-	310- 550	500	430	-	15-35		
	B ASTM D-1434	11.30	0.446.8	325	313.5	17.73	14.78			

K : Kaynak Değerleri

B : Deney Sonucu Bulunan Değer

**EK-C Dinamik Akümülasyon Metodu ve Manometrik Metodla  
Tayin Edilen Karbon Dioksit Geçirgenlik Değerlerinin  
Birbirine Oranları**

Film	Dinamik Akümülasyon Metoduna Göre $\text{CO}_2$ Geçirgenliği	Manometrik Metoda Göre $\text{CO}_2$ Geçirgenliği	Oran
MST	501.2	225.5	2.22
MXXT	77.41	41.62	1.86
BOPP (25 $\mu\text{m}$ )	4589	2456	1.87
BOPP (30 $\mu\text{m}$ )	4528	2358	1.92
BOPP (35 $\mu\text{m}$ )	3834	2150	1.78
Metalize BOPP	240.6	125.5	1.92
PVC	443.9	301.8	1.47

**T. E.  
Yüksekokullar Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi**