

107769

ERİK PÜRESİNDEN ELDE EDİLEN YENİLEBİLİR FİLMİN
FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNE ELMA PÜRESİ VE PEYNİRALTI
SUYU PROTEİNİ KATKISININ ETKİSİ

101169

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gıda Müh. F. Ebru FIRATLIĞİL
(506970303011)

Arş. Gör. Harun M. İndirer
Tez formatı uygundur.
[Signature]

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Haziran 2000

Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Haziran 2000

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Özgül EVRANUZ

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Y. Onur DEVRES

Prof. Dr. Nuran DEVECİ

HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

Gıda maddelerinin dayanma süresi, içinde bulundukları ortamda havanın bağıl nemi, oksijen ve ışıktan etkilenme derecesine bağlıdır. Farklı gıda maddelerinin karışımı ile hazırlanan gıdalarda, bileşime giren maddelerin nem, aroma ve yağ içerikleri ve bunların transferi önemlidir. Bu sorunlara çözüm olarak ambalajlama teknikleri geliştirilmiştir.

Gıda çevresi ile direkt olarak temasta olursa, kalitesi ve raf ömrü azalır. Nem veya aroma kazanır/kaybeder, oksijen alır (oksidatif ransiditeye yol açar) veya mikroorganizmalarla kontamine olur. Çok bileşenli gıdalarda, bir gıda bileşeninden diğerine nem, aroma ve lipid geçişi olursa da kalite ve raf ömrü etkilenir. Gıda sistemlerinde su buharı, oksijen, karbondioksit ve lipid transferini düzenleyen yenilebilir filmler, bu soruna çözüm sağlamaktadır. Yenilebilir film veya kaplamalar ile ilgili araştırmalar yakın zamanda yoğunlaşmıştır ve tüm belirtiler bu ilginin süreceğini göstermektedir.

Bu çalışma ile eriğin yenilebilir film olarak kullanımı ve bu filmin fonksiyonel özelliklerinin tespiti ile literatüre katkıda bulunulmuş olacaktır. Bu amaçla erik püresinden film elde edilerek bu filmin su buharı geçirgenliği, nem difüzivitesi ve sorpsiyon özellikleri incelenmiştir.

Çalışmam sırasında fikirleriyle beni yönlendiren, değerli hocam Prof.Dr.Özgül EVRANUZ' a teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamda beni manevi destekleri ile yalnız bırakmayan değerli dostlarım Araş. Gör. H. Funda KARBANCIOĞLU, Araş. Gör. Filiz LOKUMCU ve Araş. Gör. Levent ERYILMAZ'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca gösterdikleri anlayış ve desteklerinden dolayı sevgili aileme ve hayat arkadaşım Çağatay DURMUŞ'a sonsuz teşekkür ederim.

Haziran, 2000

F. Ebru FIRATLIGİL

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. YENİLEBİLİR FİLMLER HAKKINDA GENEL BİLGİ	3
2.1. Kullanım Alanları	3
2.2. Kullanım Alanlarını Etkileyen Parametreler	4
2.3. Yenilebilir Filmin Sahip Olması Gereken Özellikler	5
2.4. Yenilebilir Filmin Yararları	6
2.5. Yenilebilir Filmin Su Buharı Geçirgenliği	8
2.5.1. Su Buharı Geçirgenliği Etkileyen Parametreler	8
2.5.2. Bazı Yenilebilir Filmlerin Su Buharı Geçirgenlik Değerleri	9
3. SINIFLANDIRMA	11
3.1. Protein Bazlı Filmler	11
3.2. Lipid Bazlı Filmler	13
3.3. Polisakkarit Bazlı Filmler	14
4. MEYVE PÜRELERİ	16
4.1. Besinsel İçerikleri	16
5. MATERYAL VE METOT	20
5.1. Materyal	20
5.2. Metotlar	21
5.2.1. Film Oluşturma	21
5.2.2. Film Kalınlık Ölçümü	22
5.2.3. Su Buharı Geçirgenlik Analizi	22
5.2.4. Nem Difüzyon Ölçümleri	23
5.2.4. Sorpsiyon İzotermi	23
5.2.5. Su Aktivitesi Ölçümleri	24
5.2.6. Analitik Yöntemler	24
5.2.7. Matematiksel Modelleme	24
5.2.7.1. Sorpsiyon İzotermilerinin Modellenmesi	24
5.2.7.2. Nem Difüzyonunun Modellenmesi	25

5.2.7.3. Sorpsiyon İzotermlerinin Modellenmesi	26
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
6.1. Su Buharı Geçirgenliği	28
6.2. Nem Difüzivite Değerleri	34
6.3. Sorpsiyon İzotermi	39
7. SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	50
EKA	56
EKB	57
ÖZGEÇMİŞ	60



TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Filmlerin su buharı geçirgenlik, nem difüzyonu değerleri ve sorpsiyon modeli	viii
Table 1. Water vapor permeability, moisture diffusion values and sorption models	x
Tablo 2.1. Yenilebilir filmlerin kullanım alanları	5
Tablo 2.2. Yenilebilir filmlerin kullanım alanlarını etkileyen parametreler	5
Tablo 2.3. Yenilebilir filmin sahip olması gereken özellikler	6
Tablo 2.4. Yenilebilir film ve kaplamaların yararları	7
Tablo 2.5. Bazı yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri	10
Tablo 4.1. Bazı meyvelerin besin içerikleri	17
Tablo 4.2. Erik ve elmanın bileşimi ve fonksiyonel özellikleri	19
Tablo 5.1. Film malzemelerinin karakteristik özellikleri	20
Tablo 5.2. Doymuş tuz çözeltilerinin % bağıl nemleri	23
Tablo 5.3. Sorpsiyon izotermi modelleri	27
Tablo 6.1. Test filmlerinin 35°C'de %0 B.N./%51 B.N. farkında su buharı geçirgenlik değerleri	28
Tablo 6.2. Meyve püresi bazlı filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri	29
Tablo 6.3. Erik püresinin farklı plastikleştirici ajanların su buharı geçirgenliğine etkisinin literatürde mevcut değerler ile karşılaştırılması	31
Tablo 6.4. Su buharı geçirgenlik değerlerinin literatür ile kıyaslanması	33
Tablo 6.5. 0,3 mm kalınlıktaki filmler için hesaplanan difüzyon katsayısı değerleri	36
Tablo 6.6. Filmlerin geçirgenlik, difüzyon ve çözünürlük katsayıları	37
Tablo 6.7a. Erik püresi + PSPI filmlerinin sorpsiyon modellerinin parametreleri	40
Tablo 6.7b. Erik + elma püresi filmlerinin sorpsiyon modellerinin parametreleri	41
Tablo 6.8. Filmler için uygun sorpsiyon modelleri	42
Tablo A.1. Erik püresi + PSPI karışım filmleri için hesaplanan X^* değerleri	56
Tablo A.2. Erik püresi + elma püresi karışım filmleri için hesaplanan X^* değerleri	56
Tablo B.1. Erik püresi filminin nem-su aktivitesi değerleri	57
Tablo B.2. Elma püresi filminin nem-su aktivitesi değerleri	57
Tablo B.3. PSPI püresi filminin nem-su aktivitesi değerleri	57
Tablo B.4. Erik püresi + %10 PSPI filminin nem-su aktivitesi değerleri	58
Tablo B.5. Erik püresi + %30 PSPI filminin nem-su aktivitesi değerleri	58
Tablo B.6. Erik püresi + %50 PSPI filminin nem-su aktivitesi değerleri	58
Tablo B.7. Erik püresi + %10 elma püresi filminin nem-su aktivitesi değerleri	59
Tablo B.8. Erik püresi + %30 elma püresi filminin nem-su aktivitesi değerleri	59
Tablo B.9. Erik püresi + %50 elma püresi filminin nem-su aktivitesi değerleri	59

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 5.1. Test cam kabı	22
Şekil 6.1. PSPI ve elma püresi ilavesinin su buharının geçirgenliğine etkisinin kıyaslanması	30
Şekil 6.2a. Nem alma eğrileri	34
Şekil 6.2b. Nem alma eğrileri	35
Şekil 6.3. Filmlerin difüzyon katsayılarının değişimi	37
Şekil 6.4a. Sorpsiyon izoterminin uygunluğunun grafiksel gösterimi	43
Şekil 6.4b. Sorpsiyon izoterminin uygunluğunun grafiksel gösterimi	44
Şekil 6.5a. Erik püresi-PSPI karışımlarının sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması	46
Şekil 6.5b. Erik-elma püresi karışımlarının sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması	47
Şekil 6.5c. Erik, elma püresi ve PSPI sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması	47

ERİK PÜRESİNDEN ELDE EDİLEN YENİLEBİLİR FİLMİN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİNE ELMA PÜRESİ VE PEYNİRALTI SUYU PROTEİNİ KATKISININ ETKİSİ

ÖZET

Gıda Müh. F. Ebru FIRATLIGİL

Anahtar Kelimeler : Yenilebilir film, yenilebilir kaplama, erik püresi, elma püresi, su buharı geçirgenliği, sorpsiyon izotermi, meyve püresi

Yenilebilir filmler, gıdayı kaplama amacıyla oluşturulan, ince tabaka halindeki yenilebilir malzeme olarak tanımlanabilir.

Gıda sistemlerinde nem, oksijen, karbondioksit, lipid, aroma ve tat bileşenlerinin geçirgenliğini düzenleyen yenilebilir filmler, gıdanın görünüşünü ve korunmasını geliştirir. Gıda ürünlerinde yenilebilir filmlerin kullanımı yeni gibi görünse de, yenilebilir film ve kaplama fikri uzun yıllardan beri ambalaj ve gıda araştırmacılarının zihnini meşgul etmektedir. Buna en önemli örnek olarak 11 ve 13. yy'larda Çin'de portakal ve limonun su kaybını önlemek için vaksle kaplanması verilebilir. Yenilebilir film ve kaplamaların, sosis kılıfları, fındık ve meyvelerin çikolata ile kaplanması ve meyve-sebzelerin vaks ile kaplanması gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır.

Meyve püresinin, gıda işleme ve muhafazasında aranan fonksiyonel özellikleri nedeniyle, kullanımı her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Meyve üretiminin çok olması, ucuz bir kaynak ve işlenmesinin kolay olması, doğal, sağlıklı bir gıda katkısı olarak kullanılabilmesi önemini artırmaktadır.

Bu çalışmada, dayanma süresinin artırılması konusunda çözümler sunan yenilebilir filmin erik püresinden elde edilmesi, elde edilen filmin su buharı, sorpsiyon, nem difüzyonu özellikleri araştırılması ve erik püresine toplam katı maddenin %10, 30 veya 50'si elma püresi veya peyniraltı suyu protein izolatından gelecek şekilde, elma püresi veya peyniraltı suyu protein izolatı çözeltisi ilave edilmesinin film özelliklerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, materyal olarak, %8,60 şeker ve %18 kuru madde içeriğine sahip erik püresi, %10,99 şeker ve %24 kuru madde içeriğine sahip elma püresi ve % 95 protein içeriğine sahip peyniraltı suyu protein izolatı (PSPI) kullanılmıştır.

Erik püresine farklı oranlarda elma püresi, peyniraltı suyu protein izolatu ilavesi ile elde edilen filmlerin su buharı geçirgenlik (WVP), sorpsiyon ve nem difüzyon özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Filmlerin su buharı geçirgenlik, nem difüzyonu değerleri ve sorpsiyon modeli

Film	WVP (g.mm/kPa.gün.m ²)	D x 10 ¹³ (m ² /s)	Sorpsiyon Modeli
Erik Püresi	31,49 ± 1,2	2,29	BET ve Halsey
Erik Püresi + %10 PSPI	45,68 ± 0,8	4,62	BET
Erik Püresi + %30 PSPI	46,51 ± 1,9	6,30	BET
Erik Püresi + %50 PSPI	47,78 ± 1,5	7,35	Bradley ve Chung&Pfof
Elma Püresi	120,1 ± 1,4	49,46	Halsey
Erik Püresi + %10 Elma	70,38 ± 1,8	6,11	GAB
Erik Püresi + %30 Elma	89,11 ± 1,0	7,67	Oswin
Erik Püresi + %50 Elma	97,91 ± 0,9	31,74	Harkins-Jura Iglesias&Chirifie

Erik püresine farklı oranlarda elma püresi ve peyniraltı suyu protein izolatu ilavesinin etkisinin incelenmesi sonucu, filmin su buharı geçirgenliği ve nem difüzyon katsayısı değerlerinin ilave edilen peyniraltı suyu protein izolatu miktarı artıkça artığı gözlenmiştir. Ayrıca ilave edilen peyniraltı suyu protein izolatu miktarı artıkça filmlerin su aktivitesine bağlı nem içeriklerinin değişimi azaldığı tespit edilmiştir.

Diğer bileşen olan elma püresi ilavesi ise, filmin su buharı geçirgenliği ve nem difüzyon katsayısı değerlerinde peyniraltı suyu protein izolatına göre daha fazla bir artışa neden olmuştur. Diğer yandan filmin su aktivitesine bağlı nem içeriklerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir.

FUNCTIONAL PROPERTIES OF PLUM PUREE EDIBLE FILMS : EFFECT OF APPLE PUREE AND WHEY PROTEIN ISOLATE

SUMMARY

Key Words : Edible film, edible coating, prune puree, plum puree, apple puree, water vapor permeability, sorption isotherms, fruit puree

An edible film is defined as a thin layer of edible material formed on a food as a coating or between food components.

Edible films, by regulating transfer of moisture, oxygen, carbon dioxide, lipid, aroma and flavor compounds in food systems, can increase food product shelf-life and improve food quality. Although the use of edible films in food products may seem new, the idea of edible films and coatings has intrigued packaging and food scientists for a long time. For instance, during the twelfth and thirteenth centuries, dipping of oranges and lemons in wax to retard water loss was practiced in China. Edible films and coatings find use in variety of applications including casings for sausages, chocolate coatings for nuts and fruits, and wax coatings for fruits and vegetables.

The use of fruit puree is increasing because of its functional properties in food processing and storage. High fruit production, to be low cost source, to be easy to process and to use as natural, healthy food additive are increasing its importance.

Objectives of this research were to (1) obtain edible film that increased shelf life from plum puree, (2) investigate water vapor permeability, sorption and moisture diffusion properties of this film and (3) determine the effect of apple puree and whey protein isolate addition (10, 30 and 50 % of plum puree's dry matter) on film properties.

For these objectives, plum puree (8,60 % sugar, 18 % dry matter), apple puree (10,99 % sugar, 24 % dry matter) and whey protein isolate (WPI) (95 % protein) were used as a material.

Water vapor permeability (WVP), sorption and moisture diffusion properties of films that obtained by addition of apple puree and whey protein isolate at different ratio were investigated and the results were given at Table 1.

Table 1. Water vapor permeability, moisture diffusion values and sorption models

Film	WVP (g.mm/kPa.d.m ²)	D x 10 ¹⁵ (m ² /s)	Sorption Model
Plum Puree	31,49 ± 1,2	2,29	BET ve Halsey
Plum Puree + %10 WPI	45,68 ± 0,8	4,62	BET
Plum Puree + %30 WPI	46,51 ± 1,9	6,30	BET
Plum Puree + %50 WPI	47,78 ± 1,5	7,35	Bradley ve Chung&Pfo
Apple Puree	120,1 ± 1,4	49,46	Halsey
Plum Puree + %10 Apple	70,38 ± 1,8	6,11	GAB
Plum Puree + %30 Apple	89,11 ± 1,0	7,67	Oswin
Plum Puree + %50 Apple	97,91 ± 0,9	31,74	Harkins-Jura Iglesias&Chirif

Effect of WPI and apple puree addition on properties of films were investigated. Increasing level of whey protein isolate, water vapor permeability and diffusion coefficient of films were increased. Moreover, increasing level of whey protein isolate, it is determined that moisture contents of films due to water activity were decreased.

Addition of apple puree into film formulations was caused increasing water vapor permeability and diffusion coefficient.

1. GİRİŞ

Yenilebilir filmler gıdanın dış yüzüne kaplanan veya farklı iki gıda maddesinin temas ettikleri ara yüzeye yerleştirilen yenilebilir malzemeler olarak tanımlanırlar (Daniel, 1973; Krochta ve Johnston, 1997). Meyve ve sebzeler, kabuk, zar, kavuz, vaks gibi, doğal olarak koruyucu bir tabakaya sahiptirler. Bu doğal tabakanın, oksijen, karbondioksit ve nem kaybını düzenlediği, aroma ve lezzet kaybını azalttığı bilinmektedir (Kamper ve Fennema, 1984; Park ve diğ., 1993; Donhowe ve Fennema, 1994). Tüm gıda maddeleri için, uzun süreli depolanabilme özellikleri, gıda maddesinin içinde bulunduğu ortam koşullarının (nem, oksijen, ışık gibi) etkilerini sınırlayan ambalajlama teknikleriyle geliştirilebilmektedir. Birçok sentetik ambalaj malzemesinin bulunmasına rağmen, ambalaj atıklarının yarattığı çevre sorunu kaygısı ve doğal malzemelerin ambalaj olarak kullanım isteği, gıda muhafazasında doğal malzemelerden üretilen film veya kaplamaların kullanım alanlarını genişletme, yeni formülasyonlar veya yeni hammadde kaynakları araştırma gibi konuların önemini artırmıştır (McHugh ve Krochta, 1994a; Gennadios ve diğ., 1997; Miller ve Krochta, 1997).

Yenilebilir film ve kaplamalar olarak, polisakkaritler, proteinler ve lipidler gibi biyopolimerlerden yararlanılmaktadır. Yenilebilir filmler ve kaplamalar konusu son yıllarda artarak devam etmekteyse de, bu yöntemin geleneksel olarak, gıdayı korumak veya yeni tat kazandırmak için asırlardan beri kullanılmakta olduğu bilinmektedir. En çok bilinen örnekleri, meyvelerin vaks ile, şekerlemeler, badem, üzüm, fındık, fıstık gibi meyvelerin ve fırıncılık ürünlerinin çikolata ile, et ürünlerinin yağ bazlı filmlerle kaplanmasıdır. (Chinnan ve Park, 1995; Cuq ve diğ., 1995; Herald ve diğ., 1996). Gıda bilimcileri ve mühendisler, yeni özelliklere sahip yenilebilir film ve kaplamalar oluşturmak için yeni malzemeler üzerine yoğunlaşmışlardır. McHugh ve diğ., (1996) elma, şeftali, kayısı, armut pürelerinin yenilebilir film elde etmek amacıyla kullanım potansiyeline sahip olduklarını belirtmektedirler. İngilizce kaynaklarda "fruit leather" veya "fruit roll" olarak geçen

"pestil" tipi meyve ürünlerinin üretimi, ambalajlanması ve dayanma süresi ile ilgili birçok çalışma vardır (Chan ve Cavaletto,1978; Collins ve Washam-Hutsell, 1987). Ancak meyve pürelerinden elde edilen yenilebilir filmlerle ilgili başka çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın birinci amacı, erik püresinden elde edilen yenilebilir filmin su buharı geçirgenliğinin belirlenmesi ve sorpsiyon izotermlerinin elde edilmesidir. Literatür verileri, meyve pürelerinden elde edilen yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenliklerinin geniş bir aralıkta değiştiğini göstermektedir (McHugh ve diğ., 1996). Bu nedenle, bu çalışmanın ikinci amacı, erik püresinin, elma püresi ile karıştırılarak, bu karışımdan elde edilen yenilebilir filmin su buharı geçirgenliği ve sorpsiyon özelliklerinin araştırılmasıdır. Protein bazlı yenilebilir filmlerde mekanik özelliklerin geliştirilmesi amacıyla %15-50 oranlarında sorbitol, gliserin, gliserol, plietilen glikol gibi plastikleştirici katkı maddeleri kullanılmaktadır (Mate ve Krochta, 1996; Fairley ve diğ.,1996; Banerjee ve Chen,1995; Perez-Gago ve diğ., 1999; McHugh ve Krochta, 1994; McHugh ve diğ., 1994). Bu çalışmanın üçüncü amacı, erik püresinin plastikleştirici katkı maddesi olarak kullanım olanağının belirlenmesidir.

Belirlenen amaçlara uygun olarak, erik püresi %10, 30 ve 50 oranında elma püresi veya aynı oranlarda PSPI ile karıştırılarak erik püresi filmi ile beraber, toplam 7 çeşit film elde edilmiş, bu filmlerin su buharı geçirgenlikleri, su absorblama özellikleri, sorpsiyon izotermi ve sorpsiyon izotermlerinin matematiksel ifadesi için uygun modellerin belirlenmesi araştırılmıştır.

2. YENİLEBİLİR FİLMLER HAKKINDA GENEL BİLGİ

Yenilebilir filmler veya kaplamalar genellikle gıda maddesinin üzerine veya içine kaplama, daldırma veya püskürtme metotları ile uygulanarak gazlara, su buharına ve sıvı geçirgenliğine karşı seçici geçirgenlik ve aynı zamanda mekanik koruma sağlayan, yenilebilir malzemeden yapılmış ince bir tabaka olarak tanımlanabilir (Gennadios ve Weller, 1990). Bu bölümde yenilebilir filmlerin kullanım alanları ve kullanım alanlarını etkileyen faktörler, yararları ve sahip olması gereken özellikler ile ilgili konular yer almaktadır.

2.1. Kullanım Alanları

Yenilebilir filmler, birçok kullanım alanı ile gıdanın besin değerini kaybetmeden, güvenilir ve yüksek kaliteli olarak pazarlanmasını sağlar. Yenilebilir film veya kaplamaların en önemli kullanım alanları arasında, kütle transferini kontrol etmesi, mekanik koruma ve duyuşal çekicilik sağlaması sayılabilir. Yenilebilir filmlerin kullanım alanları Tablo 2.1’de sıralanmıştır (Kester ve Fennema, 1986; Donhowe ve Fennema, 1994; Chen, 1995; Krochta ve Johnston, 1997).

Gıda ürünün birincil bozulma tipine bağlı olarak filmin farklı kullanım alanı önem kazanır. Örneğin, gıda maddesi yüksek oranda çoklu doymamış yağ içeriyorsa, filmin oksijen geçirgenlik direncinin yüksek olması istenir. Buna karşın, eğer yenilebilir film, nem kaybını önlemek için taze sebze ve meyvelere uygulanıyorsa istenmeyen yönde fizyolojik değişimlere ve hızlı kalite kaybına neden olan anaerobik solunumun önlenmesi için filmin iyi düzeyde oksijen ve karbondioksit geçirgenliğine sahip olması gerekir (Kester ve Fennema, 1986).

Tablo 2.1. Yenilebilir filmlerin kullanım alanları

Kullanım Alanları
Kütle Transferini Kontrol Etmek – Nem geçişini önlemek – Gaz (O₂, CO₂) geçişini önlemek – Yağ geçişini önlemek – Sıvı geçişini önlemek – Gıda bileşenlerinin ve katkı maddelerinin geçişini önlemek
Mekanik Koruma Sağlamak – Yapısal bütünlüğü geliştirmek (gerilme kuvveti, esneklik, basınca dayanım)
Duyusal Çekicilik Sağlamak – Dış görünüşü geliştirmek – Lezzeti geliştirmek
Gıda Katkı Bileşenlerini Taşımak – Antioksidanlar – Antimikrobiyal Maddeler
Aroma Maddelerini Kapsülleme

2.2. Kullanım Alanlarını Etkileyen Parametreler

Filmlerin kullanım alanları birçok parametreye bağlı olarak değişir. Yenilebilir filmlerin kullanım alanlarını etkileyen parametreler Tablo 2.2'de verilmiştir (Park ve diğ., 1993; Debeaufort ve Voilley, 1994; Cuq ve diğ., 1995; Guilbert ve Gontard, 1995; Cuq ve diğ., 1996). Tablo 2.2'de görüldüğü gibi, yenilebilir filmin kullanıma uygunluğu bileşimine, film oluşturma koşullarına ve film ile kaplanmış gıdanın saklandığı ortamın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak değişmektedir.

Tablo 2.2. Yenilebilir filmlerin kullanım alanlarını etkileyen parametreler

Formülasyon	– Bileşenlerin özellikleri ve konsantrasyonu – PH – Denatürasyon koşulları – İlave edilen malzemeler (antimikrobiyal, antioksidan ve doku ajanları)
Film Oluşturma Koşulları	– Kurutma koşulları – pH, Konsantrasyon – Sıcaklık – Film kalınlığı
Filmin Kullanıldığı Koşullar	– Sıcaklık – Bağlı nem

2.3. Yenilebilir Filmin Sahip Olması Gereken Özellikler

Yenilebilir filmlerin sahip olması gereken özellikler Tablo 2.3'de özetlenmiştir (Guilbert, 1988; Krochta ve Johnston, 1997).

Yenilebilir film, kapladığı gıda ürününün bir parçası olduğu için gıdanın duyu özelliklerini değiştirmemeli ve ürünün doğası ile uyumlu olmalıdır. Ayrıca gıda ile birlikte tüketilecekleri için, yenilebilir ve kaplamaların bileşimleri, ilgili gıda ürününe uygulanan yönetmeliklere uymak zorundadır (Gontard ve diğ., 1992; Chen, 1995; Cuq ve diğ., 1995).

Tablo 2.3. Yenilebilir filmlerin sahip olması gereken özellikler

İyi Yenme Özellikleri	– Ağızda çözülebilirlik – Dağılabilirlik
Duyusal Özellikler	– Ürünün lezzetini etkilememe
Mekanik Özellikler	– Ürünün mekanik özelliklerini geliştirecek derecede iyi olmalı
Raf Ömrü	– Dayanıklılığı uzun olmalı ki kapladığı ürünü de koruyabilsin
Güvenlik	– Gıda ve İlaç Komisyonu (FDA) tarafından GRAS olarak tanımlanmalı – Malzeme geçerli olan yönetmeliklerde kullanılabilir olmalı
İyi Kaplanabilme ve Yüzey Teması	– Kaplama özelliği için önemlidir.
Kullanım Koşullarda Fonksiyonellik	– Film farklı ürünlerde, farklı koşullarda depolama için kullanılabilir. Bu nedenle tüm özellikler kullanım koşullarında dikkate alınarak tespit edilmelidir.

2.4. Yenilebilir Filmin Yararları

Yenilebilir filmlerin ve kaplamaların gıda ambalajlama ve korunmasında kullanılması ile ilgili çalışmalara olan ilgi artmıştır. Yenilebilir filmlerin sahip oldukları yararlar nedeni ile alternatif bir ambalajlama yöntemi haline gelmiştir. Yenilebilir filmlerin diğer geleneksel ambalajlara göre sahip oldukları yararlar Tablo 2.4'de verilmiştir (Guilbert, 1988; Gennadios ve Weller, 1990; Gennadios ve Weller, 1991; Mahmoud ve Savello, 1992; Cherian ve diğ., 1995; Krochta ve Johnston, 1997).

Tablo 2.4. Yenilebilir film ve kaplamaların yararları

Çevresel Yararlar	– Direkt olarak ürün ile birlikte tüketilebilir. – Ambalaj atığı miktarı azaltır.
Ürüne Sağladığı Yararlar	– Mekanik özelliklerini, – Duyusal özelliklerini, – Besleyici özelliklerini, – Raf ömrünü geliştirir.
Ekonomik Yararlar	– Ucuz hammadde
Kullanım Yararları	– Küçük parçalara veya porsiyonlara bireysel koruma sağlayabilir. – Gıdanın içinde, heterojen bir ürünün bileşenleri arasında kullanılabilir. – Ambalaj açıldıktan sonra bile nem alışverişi, O₂ alımı önleyerek ürünün kalitesini korur. – Antimikrobiyal ve antioksidan ajanları taşır. – Koruyucu malzemelerin ürüne geçişini kontrol eder. – Gıda mayalandırma ve aromalandırma malzemelerinin kapsülasyonu için kullanılır. – Çok katlı ambalajlarda yenilemez filmler ile birlikte kullanılabilirler (gıdanın ambalaj ile temas ettiği yüzeye kaplanarak gıdanın yenilemez film ile temasını engeller).

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, gıdanın özelliklerini geliştirir, porsiyonlara ayırma, aroma muhafazası, çok katlı gıda formüllerinin hazırlanması, gıda yüzeyinde gözlenen mikrobiyal gelişmeler veya oksidasyonun önlenmesi, plastik ambalajlarla doğrudan temasın engellenmesi gibi konularda yararlı uygulamalar sağlar.

Yenilebilir olmaları nedeniyle, çevresel atık sorununa neden olmadıkları söylenilebilirse de, doğrudan tüketilecek gıdalarda olduğu gibi, gerekli hijyenik koşulları sağlamak için, yenilebilir filmler ile kaplı gıdaların da koruyucu bir ambalaj içinde sunulması gereklidir. Ancak bu ambalaj malzemesinin özel ve pahalı bir ambalaj olması gerekmediğinden yenilebilir filmler ambalajlamada ekonomi sağlar, çevresel yararları bulunur.

2.5. Su Buharı Geçirgenliği

ASTM E96-80 (1980)'e göre geçirgenlik, belirli sıcaklık ve bağıl nem koşulları altında birim uzunluktaki düzgün yüzeyli malzemenin birim alanından, iki yüzey arasındaki buhar basıncı farklılığı nedeniyle gerçekleşen su buharı geçiş oranı olarak tanımlanır. Geçirgenlik, buharın filmin bir yüzeyinde çözüldüğü ve sonra da diğer tarafa difüze olduğu bir prosesi kapsar (McHugh ve diğ., 1993).

2.5.1. Su Buharı Geçirgenliğini Etkileyen Parametreler

Su buharı geçirgenliği etkileyen faktörler şunlardır :

- Film kalınlığı,
- Ortamın bağıl nemi
- Ortamın sıcaklığı,
- Formülasyona ilave edilen katkılardır.

Kalınlığın su buharını etkilemesi ile ilgili birçok hipotez mevcuttur. Kuruma hızındaki değişiklik, film oluşturma makromoleküllerinin yapısında modifikasyonlara sebep olabilir veya makromolekül yapısında su buharı sorpsiyona bağlı olarak şişme meydana gelebilir (Donhowe ve Fennema, 1993; Banker ve diğ., 1966).

Donhowe ve Fennema (1992) tarafından yapılan çalışmada, karboksimetil sellüloz, etil sellüloz ve metil sellüloz filmlerinin su buharını geçirgenliğinin bağıl nem artışı ile ekspanansiyel olarak arttığı ve bu artışın %65 değerinden sonra önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Cuq ve diğ. (1996) tarafından yapılan çalışmada ise, myofibriller protein filminin su buharı geçirgenlik değerinin kalınlık ile lineer olarak arttığı gözlemlenmiştir. Aynı

şekilde McHugh ve diğ. (1993) tarafından sodyum kazeinat filminin su buharı geçirgenliğinin de kalınlık ile lineer olarak arttığını tespit etmiştir.

Protein bazlı filmlere ilave edilen plastikleştirici ajan miktarı artıkça su buharı geçirgenliği de artmaktadır. Bu artış plastikleştirici ajanın cinsine bağlı olarak değişmektedir (McHugh ve diğ., 1994; Arvanitayannis ve diğ., 1996; Psomiadau ve diğ., 1996).

2.5.2. Bazı Yenilebilir Filmlerin Su Buharı Geçirgenlik Değerleri

Bazı yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri belirli kalınlık ve koşullar için Tablo 2.5’de verilmiştir.



Tablo 2.5. Bazı yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri

Film	Kalınlık	Koşul ^a	WVP ^b	Kaynak
Protein Filmler				
– Zein:Gliserin (4,9:1)	0,12-0,33	21°C %85/0 B.N.	7,69-11,49	Park ve Chinnan (1990)
– Gluten:Gliserin (3,1:1)	0,38-0,42	21°C %85/0 B.N.	52,1-54,4	Park ve Chinnan (1990)
– Gluten:Gliserin (2,5:1)	0,101	23°C %0/11 B.N.	4,84	Gennadios ve diğ. (1990)
– Gluten:Gliserin (2,5:1)	0,140	26°C %50/100 B.N.	108,4	Aydt ve diğ. (1991)
– Sodyum Kazeinat	0,083	25°C %0/81 B.N.	36,7	Avena-Bustillos ve Krochta (1993)
– PSPI:Gliserin (1,6:1)	0,106	25°C %0/11 B.N.	6,64	McHugh ve diğ., (1994)
– PSPI:Sorbitol (1,6:1)	0,162	25°C %0/94 B.N.	20,4	McHugh ve diğ., (1994)
– Piriç Proteini:Pullulan (3:4)	0,048	21°C %65/0 B.N.	7,31	Shih (1996)
– Piriç Proteini:Pullulan (7:2)	0,100	21°C %65/0 B.N.	8,74	Shih (1996)
– Kalsiyum Kazeinat	0,82	25°C %0/85 B.N.	28,1	Chen (1995)
– K.K.:Beevaks (1,7:1)	0,82	25°C %0/95 B.N.	11,02	Chen (1995)
– SPI	0,17	23°C %60/100 B.N.	0,073	Kaya ve diğ. (1998)
Polisakkarit Filmler				
– Hidroksipropilmetil Selüloz	0,019	27°C %0/85 B.N.	9,12	Hagenmaier ve Shaw (1990)
– HPMC:Stearik Asit (0,8:1)	0,019	27°C %0/85 B.N.	0,026	Hagenmaier ve Shaw (1990)
– HPMC:PEG (9:1)	0,036	25°C %85/0 B.N.	6,48	Kamper ve Fennema (1984)
Lipid Filmler				
– Parafin Vaks	-	25°C %100/0 B.N.	0,0190	Lovengren ve Feuge (1954)
– Beevaks	0,04-0,05	25°C 0/100 B.N.	0,0502	Greener (1992)

^a Hücrenin alt bölümünün/üst bölümünün bağlı nemi

^b Su buharı geçirgenlikleri g.mm/gün.m².kPa cinsinden belirtilmiştir.

3. YENİLEBİLİR FİLMİN SINIFLANDIRILMASI

Yenilebilir filmler ve kaplamaların formülasyonunda en az bir tane yeter derecede yapışkan ve sürekli bir matriks oluşturabilecek bir bileşen olmalıdır. Bu bileşenlere bağlı olarak yenilebilir film ve kaplamalar; protein, lipid, karbonhidrat filmler olmak üzere üç grupta sınıflandırılırlar (Cuq ve diğ., 1995).

3.1. Protein Bazlı Filmler

Proteinler iyi film oluşturma özelliğine sahiptirler. Protein bazlı filmler ve kaplamalar, yerine konabilir kaynaklardan üretilmektedir ve doğadaki diğer tip polimerlerden daha kolay parçalanırlar. Protein filmler, düşük bağıl nemli ortamlarda birçok polimerik ambalaj malzemesine göre çok daha etkin oksijen ve aroma bariyerleridir. Buna rağmen, protein filmler bağıl olarak yüksek su buharı geçirgenlik değerleri göstermektedir. Protein filmlerin su buharı geçirgenliği katılan plastikleştirici ajanların miktarına bağlıdır (Baldwin ve diğ., 1995; Gennadios ve diğ., 1997).

Soya proteini, buğday gluteni, mısır zeini, süt proteinleri (kazein, peyniraltı suyu proteini) yenilebilir film oluşturmak amacıyla kullanılmışlardır (Mahmoud ve Savello, 1992; Herald ve diğ., 1996; Cherian ve diğ., 1995; Chen, 1995; Brandenburg ve diğ., 1993; Maynes ve Krochta, 1994).

McHugh ve Krochta (1994), peyniraltı suyu protein izolatu (PSPI) filmini %10(w/w) olarak 90°C'de 30 dak. ısıtmak suretiyle hazırlamış ve buna, plastikleştirici olarak, %50 oranında sorbitol ilave etmişlerdir. Ortamın bağıl neminin, test filmlerinin su buharı geçirgenliğini eksponansiyel olarak etkilediği ve ilave edilen lipid düzeyi artıkça filmin su buharı geçirgenliğinin azaldığı gözlenmiştir.

Banerjee ve Chen (1995), kalsiyum kazeinat, sodyum kazeinat, potasyum kazeinat, peyniraltı suyu protein konsantrasyonu ve PSPI bazlı protein bazlı filmlerin oluşturulmasında, plastikleştirici olarak gliserin (protein:gliserin oranı ağırlıkça 1:2) kullanmışlardır. Protein çözeltileri %10'luk (wt/wt) olarak hazırlanmış, homojen yapıda bir film elde edebilmek amacıyla en uygun sıcaklık ve süre belirlenmiştir. PSPI çözeltisi 90°C'de 30dak. ısıtmak suretiyle hazırlanmıştır. Test örneklerinin kalınlığı, birim alan için çözeltideki katı madde miktarı sabit tutularak (örneğin 1.2g katı madde/petri) kontrol edilmiş olup, 0.105mm (kalsiyum kazeinat) ile 0.111mm(PSPI) arasında değişmektedir. Denemeler 23±2°C'de ve 55±3%RH'li ortamda gerçekleştirilmiş ve sonuç olarak, test filmlerinin su buharı geçirgenlikleri, kalsiyum kazeinat için 7,91g.mm/m².sa.kPa değeri ile en düşük ve sodyum kazeinat için 12,90g.mm/m².sa.kPa değeri ile en yüksek bulunmuştur. PSPI için hesaplanan su buharı geçirgenliği 12,12g.mm/m².sa.kPa'dır. Peyniraltı suyu protein konsantrasyonu, en iyi mekanik özelliklere sahip film oluşturmuştur.

Branderburg ve diğ. (1993), soya proteini ve alkalize soya proteininden elde edilen yenilebilir filmlerin fonksiyonel özelliklerini incelemişlerdir. Bu amaçla %5 (wt/wt) protein çözeltisi, %3 (wt/wt) gliserol ilave edildikten sonra 60°C'de 10 dak. karıştırarak ısıtmak suretiyle hazırlanmış ve farklı pH'ların, filmin fonksiyonel özelliklerine etkisi belirlenmiştir. Test filmlerinin su buharı ve oksijen geçirgenliklerinin pH ile değiştiği, alkalizasyon işleminin etkisinin önemli olmadığı belirtilmektedir.

Gontard ve diğ. (1993), %7,5(w/v) buğday gluteni çözeltisine, plastikleştirici olarak, 100g film kuru maddesi için 0 ila 33,3g arasında değişen miktarlarda, gliserol ilave edilmiştir. Test filmlerinin su buharı geçirgenlikleri, gliserol oranının artışı ile lineer olarak artmıştır. Gliserol, aynı zamanda oldukça kırılgan olan gluten filminin işlenebilme özelliğini de etkilemekte ve bir film halinde elde edilebilmesi için en az 16,6 g gliserol/100g kuru madde gerektiği belirtilmektedir. Gliserol, test filmlerinin su sorpsiyon özelliklerini de etkilemektedir. Sıcaklığa bağlı olarak, 0,5-0,8aw değerinin altında olmak koşuluyla, test filmlerinin mekanik ve su buharı bariyeri özelliklerinin oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Avena-Bustillos ve Krochta (1993), %8 (w/w) hazırlanan kazeinat çözeltisine ilave edilen lipid cinsi ve miktarının su buharı geçirgenliğine etkisini incelemiştir. Beevaksın, test filmlerinin su buharı geçirgenliğini azaltmada stearik asit ve asetillendirilmiş monogliseride göre daha etkili olduğu belirlenmiştir.

McHugh ve diğ. (1994), %8 ila 12 (w/w) konsantrasyonunda PSPI çözeltisi hazırlamış, 70°C-100°C ve 15-45 dak. arasındaki sıcaklık ve süre kombinasyonlarında ısıtmıştır. Film çözeltisi içine plastikleştirici olarak %37,5 oranında sorbitol ilave etmiştir. Sonuç olarak, sıcaklık ve süre kombinasyonlarındaki farklılıkların su buharı geçirgenliğinde önemli düzeyde bir değişikliğe sebep olmadığı gözlenmiştir.

3.2. Lipid Bazlı Filmler

Gıda ürünleri için kaplamalarda lipidleri kullanmak yıllardan beri çalışılan bir konudur. Eskiden, vakslar ve yağlar yalnız başına kullanılırken, şimdi ise çözücüler, emülgatörler, sürfaktanlar, plastikleştirici ajanlar, reçineler v.b. ile karıştırılmaktadır. Bu lipid kaplamalar neme ve gazlara karşı iyi bariyer özelliği sağlarlar. Lipidlerin yenilebilir kaplamalara katılmasının en önemli nedeni, hidrofobik özelliğidir.

Lipid maddeler, gliserol ve yağ asitleri esterleri olan gliseritlerin nötral lipidlerini, uzun zincirli monohidrik alkoller ve yağ asitlerinin esterleri olan vaksları içerir. Bu gruptan asetillendirilmiş monogliseritler, doğal vakslar ve sürfaktanlar genellikle yenilebilir film olarak kullanılanlardır (Kester ve Fennema, 1986; Hernandez, 1994).

Vakslar ve yağ asitleri, lipid bazlı yenilebilir film oluşturmak için kullanılmışlardır (Rico-Pena ve Torres, 1991; Kester ve Fennema, 1989; Donhowe ve Fennema, 1992).

Donhowe ve Fennema (1993), dört farklı (beevaks, candellila, ve mikrokristalin) vaks filminin su buharı ve oksijen geçirgenlikleri karşılaştırılmıştır ve su buharı geçirgenlik değerleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla beevaks, mikrokristalin, carnauba, candellila olarak tespit edilmiştir.

Donhowe ve Fennema (1992), beevaks filmine hidrokolloid ilavesinin su buharı geçirgenliğine etkisini incelemiş ve lipid-hidrokolloid filmi ile lipid filmi önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

3.3. Polisakkarit Bazlı Filmler

Suda çözünür polisakkaritlerden film ve kaplama oluşturulabilmesinin belirlenmesi, meyve, sebzelerin raf ömrünün uzatılması için yeni kaplamaların araştırılmasına hız vermiştir. Polisakkarit bazlı kaplamalar atmosferi modifiye eder ve aynı zamanda meyve-sebzelerin solunumunu yavaşlatır (Kester ve Fennema, 1986; Nisperos-Carriedo, 1994).

Polisakkaritler gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptirler. Bunun başlıca nedenleri; bol miktarda bulunması, ucuz olması, farklı birçok kaynaktan elde edilebilmesi ve toksik olmamalarıdır (Nisperos-Carriedo, 1994).

Polisakkarit bazlı film oluşturmak amacı ile sellüloz ve türevleri, alginatlar, nişasta ve türevleri kullanılmıştır (Wong ve diğ., 1996; Arvanitoyannis ve diğ., 1996; Psomiadou ve diğ., 1996; Ayrancı ve diğ., 1996).

McHugh ve diğ. (1996) tarafından yapılan çalışmada, elma, armut, şeftali ve kayısı pürelerinden yenilebilir film elde edilmiş ve filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri sırasıyla 100, 103, 140 ve 186 $\text{gsu.mm/gün.m}^2.\text{kPa}$ olarak tespit edilmiştir.

Debaufort ve Voilley (1997), metilsellüloz bazlı filme katılan polietilen glikol ve suyun mekanik özelliklere etkisi incelenmiş ve PEG ilavesinin filmin gerilme direncini azalttığını gözlemlenmiştir.

Ayrancı ve diğ. (1997), sellüloz bazlı (hidroksipropil metilsellüloz ve metil sellüloz) filmlerin su buharı geçirgenliğinin molekül ağırlığı ile değişimi incelenmiştir ve molekül ağırlığının artışı ile su buharı geçirgenliğinde düzenli bir azalma gözlenmiştir.

Ayrancı ve diğ. (1995), sellüloz bazlı filme *Pistacia terebinthus*'dan elde edilen proteinin ilavesinin geçirgenlik özelliklerine etkisi incelenmiştir ve protein içeriği artıkça filmin su buharı geçirgenliğinin azaldığı gözlenmiştir.



4. MEYVE PÜRELERİ

Değişen yaşam şekli, tüketici beklentileri; düşük-kalorili ve yüksek diyet lif içerikli gıdalara ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Ayrıca gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve gıdanın kalitesini artırmak için yeni yöntemler geliştirmeye yönelmiştir. Bu yeni yöntemlerin geliştirilmesi sırasında meyvelerin kullanılmasının istenmesinin başlıca nedenleri; yüksek besinsel değere sahip olmaları, kolayca işlenebilmeleri, sağlıklı ürünler olmaları, ucuz temin edilebilmeleri ve çok miktarda bulunmalarıdır.

Meyve püreleri, yüksek kaliteli ve güvenilir gıda ürünlerinin üretilmesinde uygulanan tekniklerden biri olan gıdayı yenilebilir bir film ile kaplamada kullanılmasının yanısıra, yağ ikame edici veya gıda bileşeni olarak kullanımı da mevcuttur (Paeschke, 1997; Camire ve diğ., 1997; Akoh, 1998).

Gıda üreticileri, gıdalarda yağ içeriğinin azaltılmasına olanak sağlayan yağ ikame ediciler ile ilgili ciddi çalışmalar yürütmektedirler. Bu çalışmalar içinde yağ ikame etme fonksiyonunun doğal malzemelerden sağlanması sayılabilir. Bu konuya meyveler içerdikleri doğal bileşenler ile cevap verebilmektedirler.

Meyveler, içerdikleri diyet lif, mineraller ve vitaminler nedeniyle insan diyetinde önemli bir yere sahiptirler. Meyvelerin, gıdaların diyet lif içeriğinin artırılmasında kullanılmaları çeşitli formlarda tüketilebilmeleri nedeniyle kolaydır.

4.1. Besinsel İçerikleri

Meyveler, düşük kalorili, düşük yağlı, tatlı ve lezzetli, aynı zamanda içerdikleri bileşenler ile de besleyici değerli yumuşak pulp ve kabuk kaplamasına sahip gıdalardır (Sinha, 1998).

Genel olarak, meyvelerde %80-85 su, %0,2-1,0 azotlu maddeler, %0,1-0,3 yağ, %3-20 karbonhidrat ve %0,3-0,8 mineral maddeler bulunmaktadır. Bazı meyvelerin su, protein, şeker, lif içerikleri Tablo 4.1’de özetlenmiştir (McCance, 1991).

Tablo 4.1. Bazı meyvelerin besin içerikleri

Meyve	%Su	%Protein	%Yağ	%Karbonhidrat	%Diyet Lif	%Kül
Elma	84,460	0,150	0,310	14,840	1,900	0,240
Erik	85,200	0,790	0,620	13,010	1,500	0,309
Böğürtlən	85,640	0,720	0,390	12,760	5,300	0,480
Muz	74,260	1,030	0,480	23,430	2,400	0,800
Şeftali	87,660	0,700	0,090	11,100	2,000	0,460
Kayısı	86,350	1,400	0,390	11,120	2,400	0,750
Üzüm	80,560	0,660	0,580	17,770	1,000	0,440
Armut	83,810	0,390	0,400	15,110	2,400	0,280
Ananas	86,500	0,390	0,430	12,390	1,200	0,290
Kiraz	91,410	0,400	0,300	7,690	1,100	0,200
Ayva	83,800	0,400	0,100	15,300	1,900	0,400
İncir	79,110	0,750	0,300	19,180	3,300	0,660
Portakal	94,780	1,160	0,190	3,180	0,900	0,690

Şeker, meyvelerde su ve karbonhidrattan sonra en çok miktarda bulunan bileşendir. Olgun meyveler sukroz, glukoz ve fruktoz gibi doğal meyve şekerlerinin kaynağıdır. Bu şekerlerin bağıl tatlılıkları şöyledir :

Fruktoz : Sukroz : Glukoz = 1,75 : 1,00 : 0,75

Sukroz muz, nektarinler ve ananas dışındaki meyvelerde yüksek konsantrasyonda bulunmaz. Van Gorsel ve diğ. (1992) tarafından yapılan çalışmada birçok meyvede fruktoz oranının 1 : 1 olduğu tespit edilmiştir. Bazı meyveler bunun dışında kalmaktadır. Mesela, fruktoz : glukoz oranı elma, armutta sırasıyla 1 : 2 ve 1 : 1,5’tur; ahududu, ananas ve muzda ise fruktozdan çok glukoz bulunmaktadır. Erik, armut ve kirazlar şeker alkolü olan sorbitol de içerirler. Meyvedeki şekerin tipi ve miktarı meyve bazlı gıdaların lezzet, doku ve rengini etkilerler.

Meyvelerin hücre çeperleri, pektin, gumlar gibi çözünür lifler ve sellüloz, lignin, hemisellüloz gibi çözünür olmayan lifler içerirler. Diyet lifler, kolestrol ve mide hastalıklarının önlenmesinde önemlidir. Bu besinsel değerleri dışında, diyet lifler suyu bağlar ve gıda ürünlerinin reolojik özelliklerini etkiler. Bu özellikleri nedeniyle, birçok meyve püresi gıdalarda yağ ikame edici olarak görev yapar (Sinha, 1998).

Erik ve elmanın bazı önemli fonksiyonel özellikleri Tablo 4.2’de özetlenmiştir (Somogyi, 1987).

Erik ve elma birçok şekilde endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları, püresi, konsantresi, ezmesi, diyet lifi, dolgu malzemesi şeklindedir (Somogyi, 1987).



Tablo 4.2. Erik ve elmanın bileşimi ve fonksiyonel özellikleri

Bileşim	100g elmada	100g erikte
Su	84,46 g	85,20 g
Protein	0,15 g	0,79 g
Yağ	0,31 g	0,62 g
Karbonhidrat	14,84 g	13,01 g
Diet Lif	1,9 g	1,5 g
Kül	0,24 g	0,39 g
Mineraller		
Kalsiyum	4,000 mg	4,000 mg
Bakır	0,031 mg	0,043 mg
Demir	0,070 mg	0,100 mg
Magnezyum	3,000 mg	7,000 mg
Fosfor	7,000 mg	10,000 mg
Potasyum	113,000 mg	172,000 mg
Sodyum	0,000 mg	0,000 mg
Çinko	0,040 mg	0,100 mg
Vitaminler		
Askorbik asit	4,000 mg	9,500 mg
Tiamin	0,017 mg	0,043 mg
Riboflavin	0,010 mg	0,096 mg
Niasin	0,091 mg	0,500 mg
Vitamin B6	0,046 mg	0,081 mg
Vitamin A	44,000 IU	323,000 IU
Su Aktivitesi	$a_w = 0,65-0,83$ için nem içeriği %25-48	$a_w = 0,65-0,83$ için nem içeriği %19-35'tir.

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak İstanbul halinden satın alınan mürdüm eriği, starking elma ve peyniraltı suyu protein izolatı (PSPI) kullanılmıştır.

Bu hammaddelere karakteristik özellikler Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Film malzemelerinin karakteristik özellikleri

% Bileşim	Erik	Elma	PSPI
Kuru Madde	18	24	-
Nem	80,7	83,7	-
Şekerler			
Fruktoz	2,15	1,17	-
Glukoz	5,22	6,04	-
Sakkaroz	1,23	3,78	-
Toplam Şeker	8,60	10,99	-
Protein	-	-	95
Toplam Diyet Lifi	1,50 ¹	1,90 ¹	-

¹ FDA Food Composition Data

Erikler bütün halde, elmalar püre halinde olmak üzere, -18°C'de saklanmış ve gerektiği zaman gerektiği kadarı çözündürülerek kullanılmıştır.

Nem sorpsiyon izotermelerinin hazırlanmasında kullanılan doymuş tuz çözeltilerinin tuzlarının tümü analitik saflıktadır (Tablo 6.2).

5.2. Metotlar

5.2.1. Film Oluşturma

Meyve püreleri, McHugh ve diğ. (1996) yöntemi çok az modifiye edilerek hazırlanmıştır. Erik ve elma püresi, kabuklar soyulduktan ve çekirdekler

ayıklandıktan sonra kalan yenebilen kısım bir Ultra-Turrax homojenizatörde (Ultra-Turrax, Model T25, Cincinnati) parçalanmış, düzgün ve olabildiğince eşit kalınlıkta bir film oluşturabilmek amacıyla, erik püresi 8°Brix, elma püresi 5°Brix olacak şekilde sulandırılmıştır. PSPI çözeltisi McHugh ve diğ. (1994) yöntemine uygun bir şekilde, % 8 (w/w)'lik olarak hazırlanmış, 70 °C'de 15 dakika süre ile ısıtılmış ve oda sıcaklığına soğutulmuştur. Hazırlanacak filmlerde hava kabarcığı oluşmasını önlemek amacıyla, meyve püresi ve PSPI çözeltilerine, vakum altında veya ultrasonik banyoda bekletmek suretiyle gaz çıkarma işlemi uygulanmıştır.

Erik püresinden hazırlanan filmlere, toplam katı maddenin %10, 30 veya 50'si elma püresi veya PSPI'dan gelecek şekilde, hesaplanan miktarlarda seyreltilmiş elma püresi (5°Brix) veya PSPI çözeltisi ilave edilmiştir. Böylece, erik püresinden, %10, 30 ve %50 oranlarında elma veya PSPI katı maddesi içeren 6 çeşit film elde edilmiştir. Kontrol örnekleri olarak sadece erik veya elma püresinden elde edilen filmler hazırlanmıştır. Her karıştırma işleminden sonra gaz çıkarma işlemi uygulanmıştır.

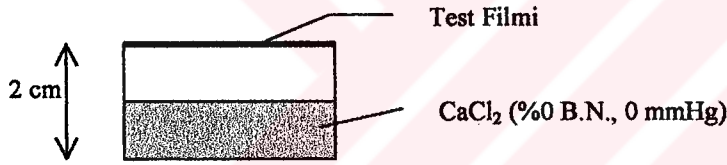
Film oluşturma çözeltilerinden 20-55 g tartılarak, 90 cm veya 140 cm iç çaplı, pürüzsüz yüzeyli cam petri kaplarına yerleştirilmiş Quick-Pack fırın kağıdı üzerine düzgün bir şekilde yayıldıktan sonra 60°C'de 24 saat kurutulmuştur. Fırın kağıdı filmlerin zedelenmeden yüzeyden ayrılmasını sağlamak için kullanılmıştır. Çözelti miktarı, 0.3 mm kalınlıkta film elde etmek için birim alanda 2,84g toplam katı madde olacak şekilde hesaplanmış ve böylece film kalınlıklarının olabildiğince birbirine eşit olması sağlanmıştır.

5.2.2. Film Kalınlık Ölçümü

Film kalınlıklarını ölçmek için 0,01 mm hassasiyetteki dijital kumpas (Mitutoyo, Japonya) kullanılmıştır. Ölçümler filmin farklı beş noktasında (biri merkezinde diğer dördü çevresinde) gerçekleştirilmiştir. Su buharı geçirgenlik hesaplamalarında kalınlık ölçümlerinin ortalaması kullanılmıştır.

5.2.3. Su Buharı Geçirgenlik Analizi

Filmilerin su buharı geçirgenlikleri, gravimetrik yöntem ile 35 °C’de ASTM E96-80 (1980) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, içerisinde susuz CaCl_2 bulunan 7,7 cm iç çaplı, 3,5 cm yüksekliğe sahip cam kabın üstü, 35°C’de, %51 bağıl nemde iki gün süre ile koşullandırılmış test filmi ile kaplanmış ve cam kenarlarından sızdırmazlık sağlamak için sıkıştırılmıştır (Şekil 5.1). Bu test kabı, doymuş $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi ile % 51 sabit bağıl nemde tutulan desikatör içine yerleştirilmiştir.



Şekil 5.1. Test Cam Kabı

Koşullandırma işlemi ile deney sırasında filmin su absorblama ihtimali yok edilerek sadece geçirgenliğin ölçülmesi sağlanmıştır.

Kabın ağırlığındaki artış belirli zaman aralıklarında kaydedilmiş ve su buharı geçirgenlik değerleri (WVP) metodu ASTM metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Her film için geçirgenlik analizi üç paralel olarak gerçekleştirilip, hesapla bulunan değerlerin ortalaması alınmıştır.

5.2.4. Nem Difüzyon Ölçümleri

Filmlerin nem difüzyon ölçümleri, Sapru ve Labuza (1994) yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, test filmlerinin nem içerikleri belirlendikten sonra, yaklaşık 1 g ağırlığında olacak şekilde şeritler halinde kesilmiş ve sabit tartıma getirilmiş cam kaplara yerleştirilmiştir. Filmlerin nem içeriklerinin düşürülmesi amacı ile silikajel içeren desikatör içinde 4 gün süre ile bekletilmiştir. Daha sonra kurutulmuş film örneklerinin 35°C, % 75 bağıl nemde nem almaları sağlanmış ve filmlerin ağırlık artışı belirli zaman aralıklarında kaydedilmiştir. Her film için difüzyon analizi üç paralel olarak gerçekleştirilip, hesapla bulunan değerlerin ortalaması alınmıştır.

5.2.5. Sorpsiyon İzotermi

Sorpsiyon izotermelerinin hazırlanması için sabit su buharı basıncı sağlayan standart doymuş tuz çözeltilerinin kullanıldığı izopiastik metot uygulanmıştır (McHugh ve diğ., 1994; Banerjee ve Chen, 1995; Ayrancı ve Çetin, 1995; Chinnan ve Park, 1995; Chinnan ve Park, 1995; Jangcud ve Chinnan, 1999). Bu amaçla kullanılan altı doymuş tuz çözeltisinin uygulanan sıcaklıktaki (35°C) bağıl nem değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir (Rahman, 1995). İçinde silikajel bulunan desikatörde 4 gün süre ile bekletilerek kurumaları sağlanmış olan film örnekleri (yaklaşık 1g), hazırlanan değişik bağıl nemli ortamlarda (%11 – 83) 5 gün süre ile 35°C’ de muhafaza edilmişlerdir. Bu süre sonunda örneklerin nem içerikleri ve su aktiviteleri ölçülmüştür.

Tablo 5.2. Doymuş tuz çözeltilerinin % bağıl nemleri

Tuz Çözeltisi	Merck No	Bağıl Nem ¹ (%) (35 °C)
Lityum Klorür [LiCl]	5675	11
Magnezyum Klorür [MgCl ₂ .6 H ₂ O]	5832	32
Magnezyum Nitrat [Mg(NO ₃) ₂ .6 H ₂ O]	5854	51
Stranyum Klorür [SrCl ₂]	7863	68
Sodyum Klorür [NaCl]	6400	75
Baryum Klorür [BaCl ₂]	1717	83

¹ Tüm değerler Rahman (1995)’den alınmıştır.

5.2.6. Su Aktivitesi Ölçümleri

Film örneklerinin su aktivitesi değerleri, $25 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de Protimeter DP989 (Protimeter Plc, İngiltere) model çiğlenme noktası higrometresi ile ölçülmüştür.

5.2.7. Analitik Yöntemler

Nem içeriğinin belirlenmesi için film örnekleri 90°C 'de sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiştir (Karmas, 1980). Nem tayinleri iki paralel örnekte yapılmış ve sonuçların ortalamaları alınmıştır.

Erik ve elma pürelerinin şeker analizi, Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi ile 977.20 AOAC (1990) resmi metoduna göre yapılmıştır.

5.2.8. Matematiksel Modeller

5.2.8.1. Su Buharı Geçirgenliğinin Matematiksel Modellenmesi

Filmlerin su buharı geçirgenlikleri, ASTM metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Literatür verilerinin çoğunluğunun bu metodu kullanması nedeniyle, karşılaştırma yapabilmek için hesaplamalarda bu metot tercih edilmiştir. Buna göre, öncelikle su buharı geçiş oranı ($WVTR$ = Water Vapor Transmission Rate) Denklem 5.1 kullanılarak bulunur.

$$WVTR = \frac{m}{t \cdot A} \dots\dots\dots \text{Denklem 5.1}$$

m / t = Zamana bağlı ağırlık kaybı eğrisinin eğimi

A = Film alanı

ASTM Metodu tarafından tanımlanan ikinci parametre Geçirgenlik Sabiti (Permeance) Denklem 5.2'de tanımlanmaktadır.

$$\text{Geçirgenlik Sabiti} = \frac{WVTR}{(P_{A1} - P_{A2})} \dots\dots\dots \text{Denklem 5.2}$$

ASTM E96 Metoduna göre $P_{A1} = P_{A0}$ olarak kabul edilmektedir. Bu genellikle yenilebilir filmler için yanlış bir kabul olmaktadır. Bu nedenden dolayı Schwartzberg ve Su Buharı Geçirgenlik Doğrulama metodu alternatif olarak kullanılabilir. Geçiş terimi aynı film kalınlığına sahip filmlerin bariyer özelliklerinin kıyaslanması için objektif bir değerdir.

Son olarak geçirgenlik (Permeability) Denklem 5.3 kullanılarak hesaplanabilir. Geçirgenlik film kalınlığına bağlı bir değerdir.

Geçirgenlik = Geçirgenlik Sabiti x Kalınlık.....**Denklem 5.3**

5.2.8.2. Nem Difüzyonunun Modellenmesi

Nem difüzyon kinetiğinin belirlenmesinde yararlanılan deneysel bulgular, zamanın bir fonksiyonu olarak, nem alan örneklerde gözlenen ağırlık artışıdır. Elde edilen bu değerlerden nem difüzyon değerlerinin bulunmasında yararlanılmış ve Fick modeli ile analiz edilmiştir (Denklem 5.4) (Tütüncü ve Labuza, 1996).

$$\frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D t}{4L^2}\right) \dots\dots\dots \text{Denklem 5.4}$$

L = Film kalınlığı

X_t = t anındaki nem içeriği

X_0 = Başlangıç anındaki nem içeriği

X_e = Denge nem içeriği

Sıcaklığı ve bağıl nemi sabit atmosfer içinde bekletilen örnekler, ortamın su buharı basıncı ve kendisinin içerdiği buhar basıncı arasındaki farka bağlı olarak nem kazanmıştır ve belirli zaman aralığında arka arkaya yapılan iki tartım arasındaki fark %0,5'den az olduğu zaman denge nemine ulaşıldığı kabul edilmiştir. Her bir örnek için boyutsuz nem miktarı, X^* ;

$$X^* = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \dots\dots\dots \text{Denklem 5.5}$$

Eşitliği ile hesaplanarak X^* değerlerinin zamana göre değişim grafikleri yarı logaritmik koordinatlarda çizildiğinde Denklem 5.4'deki eşitliğe göre, eğim $\pi^2 D/4L^2$ değerini verir ve bulunan eğimlerden yararlanılarak farklı uygulamalar için difüzyon katsayıları, D, hesaplanabilir (Tütüncü ve Labuza, 1996).

5.2.8.3. Sorpsiyon İzotermlerinin Modellenmesi

Elde edilen sorpsiyon izotermlerinin matematiksel olarak ifade edilmesi amacıyla Smith, Oswin, Henderson, Brunauer-Emmett-Teller (BET), Halsey, Chung ve Pfost, Iglesias ve Chirifíe (1981), Iglesias ve Chirifíe (1978), Bradley, Kuhn, Harkins-Jura ve Guggenheim-Anderson-deBoer (GAB) sorpsiyon modellerine (Tablo 5.3) uygunluğu test edilmiştir. Bu amaçla, modellerin denklemlerinin katsayıları, regresyon katsayısı ve denkleme uygunluk yüzdesi (Denklem 5.6) hesaplanmıştır.

$$\%E = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{M_i - M_{pi}}{M_i} \dots\dots\dots \text{Denklem 5.6}$$

N = Deneysel veri sayısı

M_i = Deneysel değer

M_{pi} = Tahminlenen değer

Matematiksel modelin uygunluğunun tespiti için “%E” değeri kullanılır. Bu değer kabul edilebilir düzeyi $\%E < \%15$ olduğu durumdur.

Tablo 5.3. Sorpsiyon izotermi modelleri

Model	Denklem
İki Parametrelİ İzotermİler	
– Smith Modeli	$M = A - B \cdot (1 - a_w)$
– Oswin Modeli	$M = A \cdot \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^B$
– Henderson Modeli	$M = \left(\frac{\ln(1 - a_w)}{-A} \right)^{1/B}$
– Brunauer-Emmett-Teller (BET) Modeli	$\frac{a_w}{(1 - a_w) \cdot M} = A + B \cdot a_w, M_0 = \frac{1}{A + B}$
– Halsey Modeli	$M = \left(-\frac{A}{\ln a_w} \right)^{1/B}$
– Chung ve Pfof Modeli	$M = -\frac{1}{B} \ln \left(-\frac{\ln a_w}{A} \right)$
– Iglesias ve Chirifİe Modeli (1978)	$\ln \left[M + (M^2 + M_{0,5})^{1/2} \right] = A \cdot a_w + B$
– Iglesias ve Chirifİe Modeli (1981)	$M = A \cdot \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right) + B$
– Bradley Modeli	$\ln \frac{1}{a_w} = A \cdot B^M$
– Kuhn Modeli	$M = \frac{A}{\ln(1 - a_w)} + B$
– Harkins – Jura Modeli	$\ln a_w = B - \frac{A}{M^2}$
Üç Parametrelİ İzotermİler	
– Guggenheim-Emmett-Teller GAB Modeli	$\frac{1}{M} = \frac{(1 - A) \cdot B}{A} \cdot a_w + \frac{1}{A \cdot B \cdot a_w} + \frac{(A - 2)}{2}$

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1. Su Buharı Geçirgenliği

Test filmlerinin, su buharı geçirgenlik değerleri 35°C'de, test hücresinin içinde ve dışındaki bağıl nem değerlerinin sırasıyla %0 B.N. ve %51 B.N. olduğu bir durum için hesaplanmıştır. Hesaplanan su buharı geçirgenlik değerleri (WVP) g su.mm/gün.m².kPa olarak Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1. Test filmlerinin 35°C'de %0 B.N. / %51 B.N. farkında su buharı geçirgenlik değerleri

Film	Kalınlık (mm)	Su Buharı Geçirgenliği ¹
Erik Püresi	0,31 ± 0,02	31,49 ± 1,2
Erik Püresi + %10 PSPI	0,29 ± 0,02	45,68 ± 0,8
Erik Püresi + %30 PSPI	0,29 ± 0,01	46,51 ± 1,9
Erik Püresi + %50 PSPI	0,28 ± 0,02	47,48 ± 1,5
Elma Püresi	0,30 ± 0,02	120,1 ± 1,4
Erik Püresi + %10 Elma Püresi	0,30 ± 0,01	70,38 ± 1,8
Erik Püresi + %30 Elma Püresi	0,31 ± 0,01	89,11 ± 1,0
Erik Püresi + %50 Elma Püresi	0,30 ± 0,01	97,91 ± 0,9

¹ Su buharı geçirgenlikleri g su.mm/gün.m².kPa cinsinden belirtilmiştir.

Erik püresi filminin su buharı geçirgenliği 31,49 g.mm/gün.m².kPa olarak bulunurken, aynı bağıl nem, sıcaklık ve kalınlıktaki elma püresi filminin 120,1 g.mm/gün.m².kPa olarak saptanan su buharı geçirgenlik değeri erik püresi filminin su buharı geçirgenlik değerinden yaklaşık 4 kat fazla bulunmuştur.

McHugh ve diğ. (1996) tarafından yapılan çalışmada su buharı geçirgenlik değerleri elma, armut, şeftali ve kayısı için sırasıyla 100, 103, 140 ve 186 gsu.mm/gün.m².kPa olarak bulunmuştur (Tablo 6.2). Bu değerler ile elde ettiğimiz sonuçlar

karşılaştırıldığında, bu çalışmada elma püresi filmi için 120,1 g.mm/gün.m².kPa olarak bulunan su buharı geçirgenlik değeri, literatür değeri olan 140,1 g.mm/gün.m².kPa değerine uygun ve erik püresi için bulunan 31,49 g.mm/gün.m².kPa olan su buharı geçirgenlik değerinin çok düşük olduğu görülmektedir. Kaynaklarda erik püresi filmi ile ilgili çalışmaya rastlanmadığından karşılaştırma yapılamamaktadır. Erik püresi filminin çok düşük su buharı geçirgenliğine sahip olması, meyvenin bileşimiyle ilgili bir özelliktir. Meyve pürelerinin bileşimlerinin farklı olduğu sorpsiyon özelliklerinden de anlaşılmaktadır. Elma püresi filminin çalışmamız sonucu elde edilen değeri ile McHugh ve diğ. (1996) tarafından tespit edilen değer arasındaki farklılık, film kalınlığından kaynaklanmaktadır. Su buharı geçirgenliğine, film kalınlığının etkisi olduğu bilinmektedir (Hagenmaier ve Shaw, 1990; McHugh ve diğ., 1993).

Tablo 6.2. Meyve püresi bazlı filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri

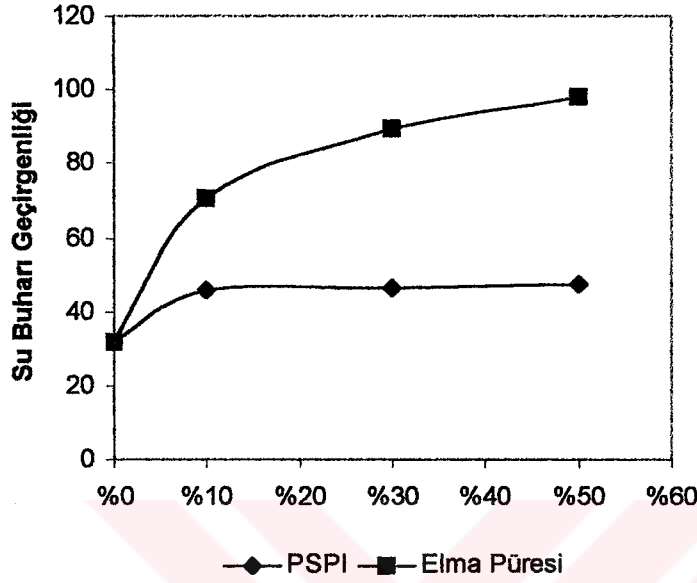
Film	Kalınlık (mm)	Koşullar ¹	WVP ²
Şeftali Püresi	0,186	25°C, %0/80 B.N.	100,4
Kayısı Püresi	0,192	25°C, %0/80 B.N.	103,0
Elma Püresi	0,215	25°C, %0/76 B.N.	140,1
Armut Püresi	0,258	25°C, %0/74B.N.	186,6
Erik Püresi (Yapılan çalışma)	0,31	35°C, %0/51 B.N.	31,49
Elma Püresi (Yapılan çalışma)	0,30	35°C, %0/51 B.N.	120,1

¹ Test hücrelerini alt/üst bağıl nem değerleri

² Su buharı geçirgenlik değerleri g.mm/kPa.d.m² olarak verilmiştir.

Tablo 6.1'deki veriler ve Şekil 6.1'deki grafik incelendiği zaman, erik püresine PSPI ilavesinin filmin su buharı geçirgenlik değerini %31 oranında artırdığı görülmektedir. Fakat artan PSPI oranı su buharı geçirgenlik değerini değiştirmemiş yaklaşık 46 g.mm/kPa.gün.m² değerinde kalmıştır. Şekil 6.1'de görüldüğü gibi ilave edilen elma püresi oranı arttıkça su buharı geçirgenlik değeri eksponansiyel olarak artmaktadır. Halbuki, Donhowe ve Fennema (1992) tarafından yapılan çalışmada PSPI filmine gliserol ilavesi için bu artışın lineer olduğu gözlenmiştir. Erik püresine %10 oranında PSPI katılması ile %31 oranında bir değişim gözlemlenirken, aynı oranda elma püresi ilavesi su buharı geçirgenlik değerini %74 oranında değiştirmektedir. Bu sonuç şaşırtıcı değildir, çünkü elma püresi filminin su buharı

geçirgenliği erik püresine göre oldukça yüksektir. Filmin özellikleri, elma püresi ilave oranı artıkça elma püresi özelliklerine yaklaşmaktadır.



Şekil 6.1. PSPI ve elma püresi ilavesinin su buharının geçirgenliğine etkisinin kıyaslanması

PSPI kırılkan yapısı nedeniyle tek başına film oluşturma özelliğine sahip değildir. Bu kırılkanlık özelliğinin giderilmesi amacı ile belli oranlarda çeşitli plastikleştirici ajanlar ilave edilmiştir (Gennadios ve diğ., 1994). İlave edilen plastikleştirici ajanlar hidrojen bağlarını azaltarak ve moleküller arası boşluk miktarını artırarak filmin kırılkanlığını azaltır, su buharı geçirgenliğini artırır (McHugh ve diğ., 1994). Bu etki ilave edilen ajanın tipine ve miktarına göre farklılık göstermektedir (Chen, 1995). Meyve pürelerinin temel yapısını oluşturan birincil polisakkaritler, pektik ve sellülozik maddelerdir. Meyve pürelerindeki mevcut şeker çeşiti, plastikleştirici ajan olarak görev yapmaktadır (McHugh ve diğ., 1996). Bu çalışmada erik püresi, PSPI filminde plastikleştirici ajan fonksiyonu göstermektedir. McHugh ve diğ. (1994) tarafından farklı plastikleştirici ajanların PSPI filminin su buharı geçirgenlik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Bu özellikler, Tablo 6.3’de erik püresine PSPI’nın katılması ile elde edilen değerler ile kıyaslanmaktadır. McHugh ve diğ.

(1994) tarafından yapılan çalışmada en yüksek su buharı geçirgenlik değeri PSPI filmine %50 oranında gliserol katılması sonucu 154,56 gsu.mm/gün.m².kPa olarak bulunmuştur. Bu çalışmamızda ise, erik püresinin %50 oranında PSPI'a katılması ile elde edilen filmin su buharı geçirgenliği 47,48 gsu.mm/gün.m².kPa olarak tespit edilmiştir. Bu değer McHugh ve diğ. (1994) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile kıyaslandığında en düşük değer olarak kaydedilmiştir. Sorbitol ile plastikleştirilmiş filmin su buharı geçirgenlik değeri diğer filmlere göre daha yüksek bağıl nemli ortamda hesaplanmıştır. Bu nedenle, sorbitol filmleri ile diğer plastikleştirici ajanlar arasındaki farkın aynı bağıl nem koşullarında daha çok olacağı kabul edilmiştir. Daha etkin bir kıyaslamanın yapılabilmesi için su buharı geçirgenlik özelliklerinin mekanik özellikler ile kıyaslanması gereklidir.

Tablo 6.3. Erik püresinin farklı plastikleştirici ajanların su buharı geçirgenliğine etkisinin literatürde mevcut değerler⁵ ile karşılaştırılması

Plastikleştirici Ajan	Kalınlık (mm)	Koşullar ¹	WVP ²
%50 ³ Gliserol	0,121	25°C %0/59 B.N.	154,56
%50 Sorbitol	0,136	25°C %0/79 B.N.	84,72
%50 PEG ⁴	0,116	25°C %0/62 B.N.	134,64
%50 Erik Püresi (Yapılan Çalışma)	0,310	35°C %0/51 B.N.	47,48

¹ Test hücrelerini alt/üst bağıl nem değerleri

² Su buharı geçirgenlik değerleri g,mm/kPa.d.m² olarak verilmiştir.

³ Plastikleştirici ajan konsantrasyonu toplam kuru madde üzerindendir.

⁴ Polietilen glikol

⁵ Gliserol, sorbitol ve PEG için değerler McHugh ve diğ (1994) çalışmasından alınmıştır.

Elde edilen filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri literatürde mevcut diğer yenilebilir ve yenilemez filmler ile Tablo 6.4'de kıyaslanmıştır. Erik püresinin su buharı geçirgenliği, aynı kalınlık ve bağıl nem koşullarında düşünüldüğü zaman, protein bazlı filmler ile kıyaslanabilir düzeydedir. Örneğin, McHugh ve Krochta (1994b) ait çalışmada PSPI'ne %25 oranında gliserin ilavesi sonucu 70,2 gsu.mm/gün.m².kPa, McHugh ve diğ. (1994) çalışmasında %62,5 sorbitol ilaveli PSPI için 62,0 gsu.mm/gün.m².kPa olarak tespit edilen su buharı geçirgenliği,

McHugh ve diğ. (1996) ait diğ. bir çalışmada ise, kalsiyum sodyum pektinat için 59,3 gsu.mm/gün.m².kPa olarak kaydedilmiştir. Lipid bazlı filmler en düşük su buharı geçirgenlik değerini sağlamaktadırlar. Su buharı bariyer özelliklerinin geliştirilmesinin bir yolu, film formülasyonuna protein veya lipid gibi doğal olarak hidrofobik olan bir katkının ilavesidir (McHugh ve diğ., 1994; Ayrancı ve Çetin, 1995). Elde edilen yenilebilir filmlerin su buharı geçirgenlik değerleri, 0,02-7,27 gsu.mm/gün.m².kPa değerine sahip LDPE, HPDE, selofan ve EVOH gibi yenilemez filmler ile kıyaslanamaz düzeydedir. Bu çalışma ile elde edilen filmler yenilemez filmler ile gıdanın temasını engellemek amaçlı olarak yenilemez filmin iç yüzeyine yerleştirilebilir.



Tablo 6.4. Su buharı geçirgenlik değerlerinin literatür ile kıyaslanması

Film	Kalınlık	Koşul ¹	WVP ²	Kaynak
– Elma Püresi	0,30	35°C %0/51 B.N.	120,1	Yapılan Çalışma
– PSPI : Gliserin (1,6:1)	0,121	25°C %0/65 B.N.	119,8	McHugh ve diğ. (1994)
– Gluten : Gliserin (2,5:1)	0,140	26°C %50/100 B.N.	108,4	Aydt ve diğ. (1991)
– Erik Püresi : %50 Elma Püresi	0,30	35°C %0/51 B.N.	97,9	Yapılan Çalışma
– Erik Püresi : %30 Elma Püresi	0,31	35°C %0/51 B.N.	89,1	Yapılan Çalışma
– Erik Püresi : %10 Elma Püresi	0,30	35°C %0/51 B.N.	70,4	Yapılan Çalışma
– PSPI : Gliserin (4:1)	0,13	25°C %0/77 B.N.	70,2	McHugh ve Krochta (1994b)
– PSPI : Sorbitol (1,6:1)	0,129	25°C %0/79 B.N.	62,0	McHugh ve diğ. (1994)
– Kalsiyum Sodyum Pektinat	0,036	25°C %31/81 B.N.	59,3	McHugh ve diğ. (1996)
– Erik Püresi : %50 PSPI	0,28	35°C %0/51 B.N.	47,48	Yapılan Çalışma
– Erik Püresi : %30 PSPI	0,29	35°C %0/51 B.N.	46,5	Yapılan Çalışma
– Erik Püresi : %10 PSPI	0,29	35°C %0/51 B.N.	45,7	Yapılan Çalışma
– Erik Püresi	0,31	35°C %0/51 B.N.	31,49	Yapılan Çalışma
– PSPI:BW ³ : Sorbitol (3,5:1,8:1)	0,14	25°C %0/98 B.N.	5,3	McHugh ve diğ. (1994)
– Hidroksipropil Metil Sellüloz	0,019	27°C %0/85 B.N.	9,12	Hagenmaier ve Shaw (1990)
– SPI ⁴	0,17	23°C %60/100 B.N.	0,073	Kaya ve diğ. (1998)
– Parafin Vaks	-	25°C %100/0 B.N.	0,0190	Lovengren ve Feuge (1954)
– LDPE ⁵	-	38°C %90/0 B.N.	0,079	McHugh ve Krochta (1994)
– HDPE ⁶	-	38°C %90/0 B.N.	0,02	McHugh ve Krochta (1994)
– EVOH (%68VOH)	-	38°C %90/0 B.N.	0,252	McHugh ve Krochta (1994)
– Selofan	-	38°C %90/0 B.N.	7,27	McHugh ve Krochta (1994)

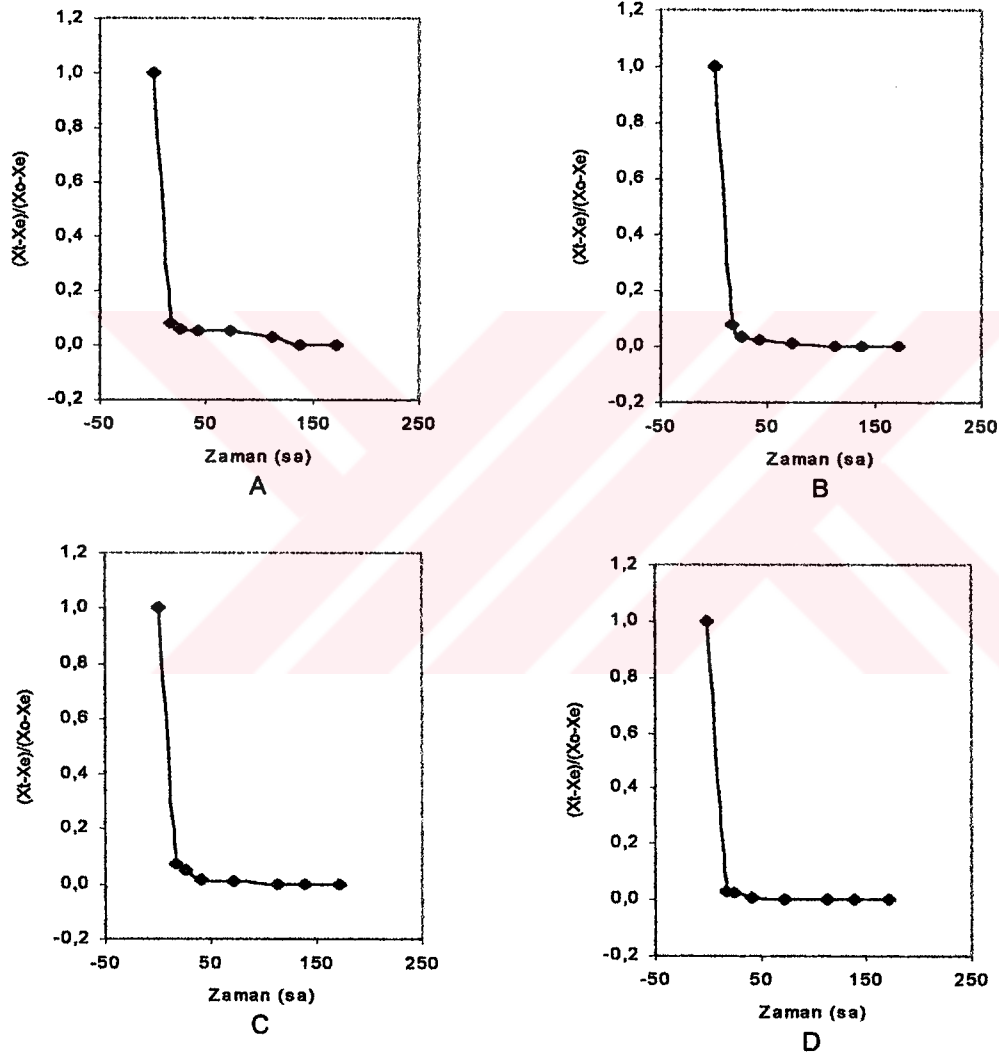
¹ Test hücresinin alt/üst bağıl nem değerleri

² Su buharı geçirgenlik değerleri g.mm/kPa.gün.m² olarak verilmiştir.

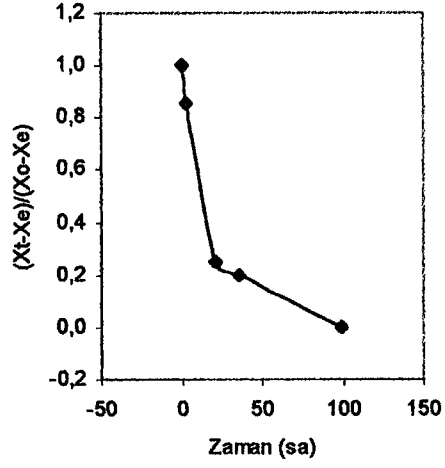
³ Beevaks, ⁴ Soya proteini izolatu, ⁵ Düşük yoğunluklu polietilen, ⁶ Yüksek yoğunluklu polietilen

6.2. Nem Difüzivite Değerleri

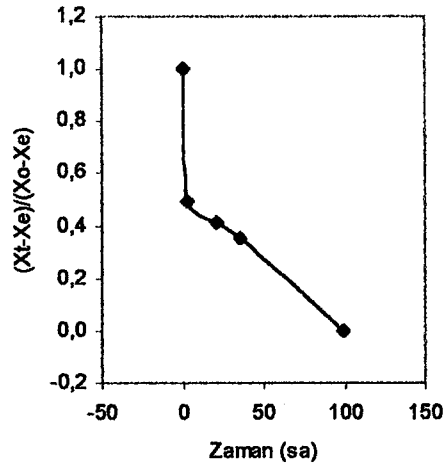
Farklı film formülasyonları ile hazırlanan yenilebilir filmlerin denemeler sonunda elde edilen sonuçları boyutsuz nem miktarı (X^*) olarak ifade edilmiş ve hesaplanan X^* değerleri Ek A'da verilmiştir. Film örneklerinin 35°C ve %75 bağıl nemli ortamdaki nem alma eğrileri boyutsuz nem içeriğine karşı zamanın bir fonksiyonu olarak Şekil 6.2a ve 6.2b'de verilmiştir.



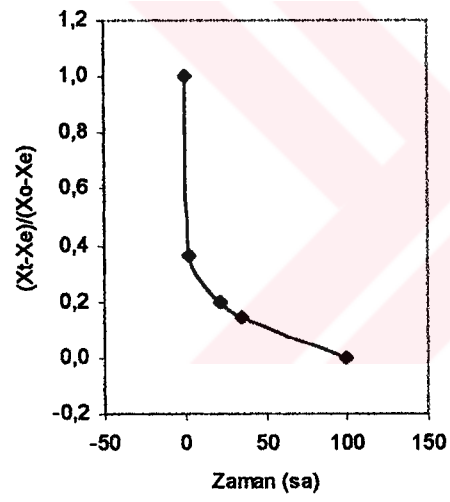
Şekil 6.2a. Nem Alma Eğriler



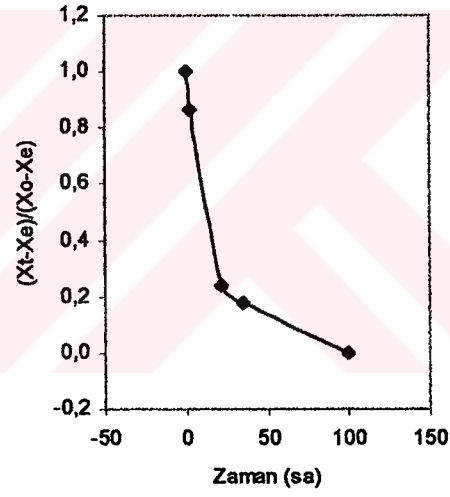
A



B



C



D

A = Erik Püresi Filmi

C = Erik Püresi + %30 Elma Püresi Filmi

B = Erik Püresi + %10 Elma Püresi Filmi

D = Erik Püresi + %50 Elma Püresi Filmi

Şekil 6.2b. Nem Alma Eğrileri

Hesaplanan X^* değerleri kullanılarak yarı logaritmik ekseninde, $\ln(X^*) = f(t)$ şeklinde çizilen nem alma eğrilerinden farklı fomülasyonlar için ortalama difüzyon katsayılarının bulunması amacıyla yararlanılmıştır. Her bir eğri, doğrusal regresyon analizi sonucu hesaplanan a katsayısı ve b eğimi değerleri kullanılarak $\ln(X^*) = a + b.t$ eşitliği ile tanımlanmıştır. Tablo 6.5’de filmlerin nem alması ile ilgili hesaplanan difüzyon katsayıları ve regresyon analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 6.5. 0,3 mm kalınlıktaki filmler için hesaplanan difüzyon katsayısı değerleri

Film	a	b ($\pi^2 D/4L^2$)	$D \times 10^{13}$ (m^2/s)
E.P.	1,4969	-0,0226	2,29
E.P. + %10 PSPI	-1,3528	-0,0456	4,62
E.P. + %30 PSPI	-0,9778	-0,0621	6,30
E.P. + %50 PSPI	-1,3572	-0,0725	7,35
Elma	-0,0510	-0,0603	49,46
E.P. + %10 Elma	-0,0480	-0,0756	6,11
E.P. + %30 Elma	-0,0210	-0,3133	7,67
E.P. + %50 Elma	-0,0490	-0,4473	31,74

Filmlerin kütle transferi özellikleri genellikle üç temel katsayı ile tanımlanmaktadır :

- ✧ Difüzyon Katsayısı : Çözgen moleküllerinin polimerin içine doğru hareketini tanımlar ve polimer-çözgen sisteminin kinetik özelliğini simgeler.
- ✧ Çözünürlük Katsayısı : Çözgenin polimer içinde çözünmesi tanımlanır ve polimer-çözgen sisteminin termodinamik özelliğini simgeler.
- ✧ Geçirgenlik Katsayısı : Polimer-çözgen sisteminin kinetik ve termodinamik özelliklerini kapsar ve toplam kütle transferi özelliğini sağlar (Miller ve Krochta, 1997).

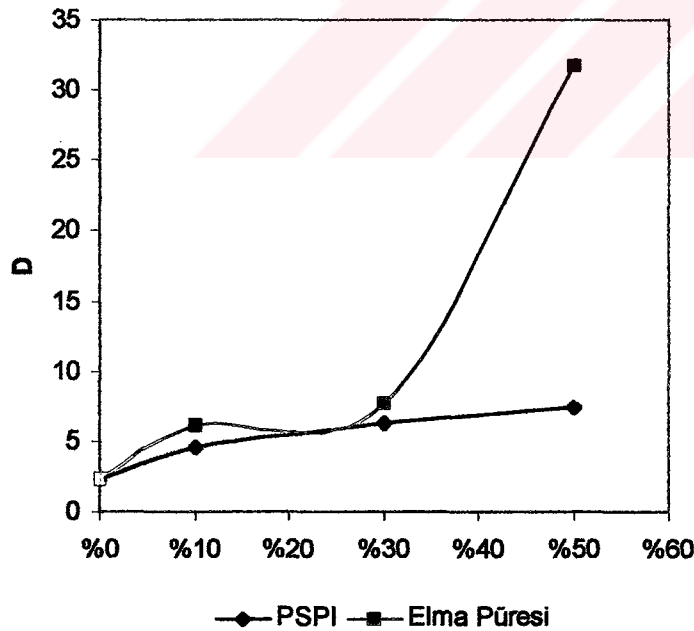
Su buharı geçirgenliği (P), difüzyon (D) ve çözünürlük sabitlerinin çarpımına eşittir. Difüzyon ve çözünürlük sabitleri film özelliklerine, sıcaklığa, test hücresinin alt ve üst ortamı arasındaki bağıl nem farkına bağlı olarak değişir (Gontard ve diğ., 1992). Teorik olarak difüzyon ve çözünürlük, film ve su buharı arasında herhangi bir etkileşimin olmadığı varsayımına dayanmaktadır. Pratikte ise, özellikle hidrofilik

filmler için su buharı-film etkileşimi vardır. Filmin su tutması hesapla bulunan difüzyon değerlerini etkilemektedir (Kester ve Fennema, 1989; Gontard ve diğ., 1992).

Test filmlerinin çözünürlük katsayıları, geçirgenlik ve difüzyon katsayılarından yararlanılarak hesaplanmış ve Tablo 6.6'da verilmiştir. Erik püresi filmine PSPI ve elma püresi ilavesi ile difüzyondaki değişim Şekil 6.3'de görülmektedir.

Tablo 6.6. Filmlerin geçirgenlik, difüzyon ve çözünürlük katsayıları

Film	P	$D \times 10^{13}$	$S \times 10^{-13}$
E.P.	31,49	2,29	13,75
E.P. + %10 PSPI	45,68	4,62	9,89
E.P. + %30 PSPI	46,57	6,30	7,39
E.P. + %50 PSPI	47,48	7,35	6,46
Elma	120,1	49,46	2,43
E.P. + %10 Elma	70,38	6,11	11,52
E.P. + %30 Elma	89,11	7,67	11,62
E.P. + %50 Elma	97,91	31,74	3,08



Şekil 6.3. Filmlerin difüzyon katsayılarının değişimi

Erik püresi içine sorpsiyon özelliklerinden anlaşılağı (Şekil 6.5c) gibi daha az higroskopik olan PSPI katılınca, çözünürlük azalmaktadır. PSPI filmi erik püresi ile %10-50 arasındaki oranlarda plastikleştirildiğinde su buharı geçirgenlik ve difüzyon katsayısında az miktarda bir değışim gözlenmektedir.

Erik püresi filmi içine elma katılması sonucunda, erik filminin su buharı geçirgenliğinin yüksek oranda artığı görölmektedir. Diğer yandan, erik püresi filminin içine %10,30 oranında elma püresi katılması çözünürlük sabitini az miktarda etkilemektedir. Elma püresi oranının %50'e çıkması ile filmin çözünürlük özelliğı elma püresininkine yaklaşmaktadır.

Elde edilen difüzyon katsayıları literatürdeki mevcut gıda maddelerinin değerleri ile uyum göstermektedir. Sapru ve Labuza (1994) saf metil sellüloz filmi için difüzyon katsayısını $1,34 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ve stearik asit filmi için $3,4 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$; Tütüncü ve Labuza (1996) pirinç için $0,72-0,14 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$, un için $3,19 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ ve buğday için $0,69-0,83 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ olarak tespit etmişlerdir.

6.3. Sorpsiyon İzotermi

İzopiestic metot ile sorpsiyon izoterminin hazırlanması için farklı bağıl nem içeriklerine sahip ortamlarda bekletilen film örneklerinin nem tayini ve su aktivitesi ölçüm değerleri Ek B’de belirtilmiştir.

Literatürde çok sayıda gıda sorpsiyon denklemleri mevcuttur. Bu çalışmada Smith, Oswin, Henderson, BET, Chung ve Pfoest, Iglesias ve Chirifie’81, Iglesias ve Chirifie’78, Bradley, Kuhn, Harkins-Jura ve GAB modelleri (Tablo 5.3) kullanılmıştır. Lineer ve çoklu regresyon kullanılarak A, B katsayıları ve modelin uygunluğunun tespiti için %E değeri (Denklem 5.6) hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler Tablo 6.7a ve Tablo 6.7b’de belirtilmiştir.

Tablo 6.7a. Erik püresi + PSPI filmlerinin sorpsiyon modellerinin parametreleri

Model		E.P	E.P + PSPI			PSPI
			%10	%30	%50	
Smith	A	1,1678	0,9704	0,7544	0,4730	0,2956
	B	1,5419	1,1713	0,8788	0,4836	0,3212
	%E	28,35	35,99	34,75	34,19	16,11
Oswin	A	0,3595	0,3005	0,2578	0,2074	0,1020
	B	0,5876	0,6485	0,5629	0,5118	0,7045
	%E	7,95	8,72	16,90	7,96	14,36
Henderson	A	2,0365	2,3659	3,4816	5,8345	6,8232
	B	1,1007	1,0907	1,2502	1,3952	1,0335
	%E	12,16	13,73	19,47	7,00	11,85
BET	A	-0,3286	0,8224	0,1122	-0,2250	3,1043
	B	6,6075	5,5217	8,5771	11,1671	14,4700
	%E	5,07	5,08	12,98	13,20	16,78
Halsey	A	0,1690	0,1653	0,1097	0,0702	0,0642
	B	1,3408	1,1254	1,3030	1,4144	1,0102
	%E	5,07	5,90	15,20	9,56	19,47
Chung&Pfo	A	1,5854	1,7870	1,9743	2,9239	2,2010
	B	2,2762	2,7049	3,6219	6,5124	9,7504
	%E	19,00	30,22	31,22	6,83	13,28
Iglesias&Chirif '78	A	1,6927	1,8912	1,5213	1,0333	0,9382
	B	-0,9140	-1,2413	-1,2036	-1,2003	-1,7611
	%E	373,90	116,91	77,24	35,95	29,46
Iglesias&Chirif '81	A	0,1466	0,1752	0,1388	0,0818	0,0584
	B	0,2051	0,0899	0,0850	0,1096	0,0378
	%E	5,70	5,65	15,85	12,14	23,15
Bradley	A	1,4471	1,5456	1,3694	2,8544	1,9893
	B	0,1203	0,0946	0,0741	0,0017	0,0001
	%E	20,50	40,78	53,42	6,70	20,00
Kuhn	A	0,3314	0,1741	0,1471	0,0802	0,0372
	B	0,9962	0,7385	0,6069	0,3819	0,2008
	%E	37,27	42,68	38,21	13,50	40,48
Harkins-Jura	A	0,0656	0,0274	0,0256	0,0127	0,0010
	B	-0,1220	-0,2796	-0,1871	-0,3438	-0,5296
	%E	18,12	19,00	22,57	13,22	24,84
GAB	A	15,6363	4,3542	7,4019	-7,8549	-11,812
	B	7,0687	-2,0240	-1,9271	1,5277	0,6267
	%E	5,14	27,29	35,89	292,92	46,00

Tablo 6.7b. Erik + elma püresi filmlerinin sorpsiyon modellerinin parametreleri

Model		E.P	E.P + Elma			Elma
			%10	%30	%50	
Smith	A	1,1678	0,9085	0,9564	0,8644	0,8854
	B	1,5419	1,1431	1,1957	1,0740	1,1141
	%E	28,35	36,67	34,97	35,16	37,31
Oswin	A	0,3595	0,2536	0,2703	0,2350	0,2487
	B	0,5876	0,7068	0,6861	0,6663	0,7232
	%E	7,95	16,27	10,61	10,62	9,91
Henderson	A	2,0365	2,4491	2,3621	2,6448	2,4987
	B	1,1007	0,9742	0,9976	1,0374	0,9794
	%E	12,16	17,07	13,58	14,72	15,05
BET	A	-0,3286	1,2081	0,9807	0,9695	1,7326
	B	6,6075	6,0167	5,9692	6,4871	4,9806
	%E	5,07	16,06	11,82	9,55	7,03
Halsey	A	0,1690	0,1514	0,1537	0,1397	0,1577
	B	1,3408	1,0579	1,0953	1,1191	1,0088
	%E	5,07	17,18	11,90	9,77	5,29
Chung&Pfo	A	1,5854	1,6370	1,6540	1,6876	1,6106
	B	2,2762	2,8253	2,7184	3,0107	2,8421
	%E	19,00	31,90	29,22	29,64	32,39
Iglesias&Chirif'78	A	1,6927	1,9328	2,0071	1,9118	1,9969
	B	-0,9140	-1,3704	-1,3609	-1,3804	-1,4384
	%E	373,90	157,69	868,43	161,69	72,99
Iglesias&Chirif'81	A	0,1466	0,1721	0,1673	0,1542	0,1730
	B	0,2051	0,0550	0,0730	0,0713	0,0471
	%E	5,70	18,12	12,80	9,46	7,05
Bradley	A	1,4471	1,2415	1,3557	1,3968	1,3983
	B	0,1203	0,1192	0,1062	0,0804	0,0841
	%E	20,50	58,17	43,42	43,53	44,83
Kuhn	A	0,3314	0,2072	0,2158	0,1880	0,1679
	B	0,9962	0,7350	0,7758	0,6937	0,6703
	%E	37,27	47,12	43,42	40,98	57,47
Harkins-Jura	A	0,0656	0,0140	0,0186	0,0195	0,0170
	B	-0,1220	-0,3364	-0,2945	-0,2492	-0,2461
	%E	18,12	16,96	12,21	9,74	10,14
GAB	A	15,6363	-1,0126	1,3307	4,6350	7,2080
	B	7,0687	-175,13	-1,6151	-2,1267	-0,9101
	%E	5,14	15,90	15,55	30,78	49,61

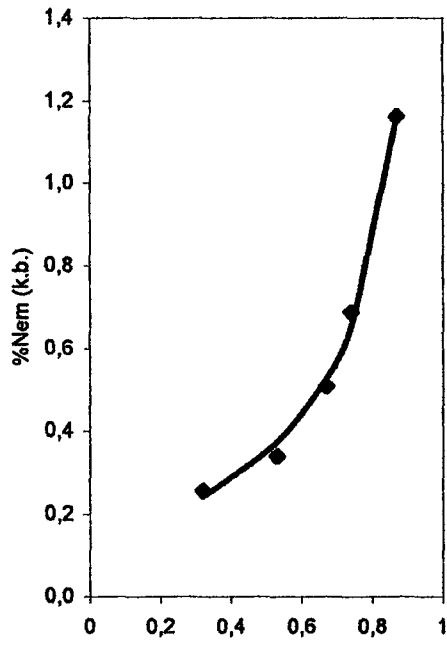
Farklı formülasyonlar ile hazırlanan yenilebilir filmlere uygun sorpsiyon modeli %E değeri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun olan modeller Tablo 6.8’de belirtilmiştir.

Tablo 6.8. Filmler için uygun sorpsiyon modelleri

	Erik	%10 PSPI	%30 PSPI	%50 PSPI	PSPI	%10 Elma	%30 Elma	%50 Elma	Elma
Smith									
Oswin	X	X		X			X	X	X
Henderson				X	X				
BET	X	X	X			X	X	X	X
Halsey	X	X		X			X	X	X
Ch.&Pfo				X	X				
Ig.&Ch.’78									
Ig.&Ch.’81	X	X					X	X	X
Bradley				X					
Kuhn									
Har.-Jura									
GAB	X								

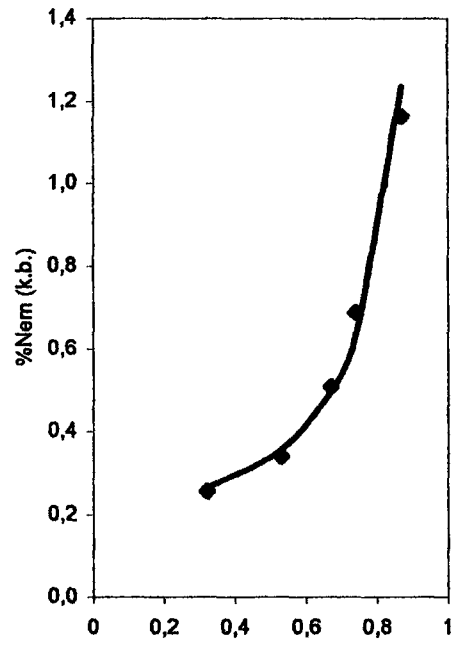
Ayrancı ve diğ. (1990) tarafından gerçekleştirilen çalışma sonucu, kuru kayısı ve üzüm için GAB, kuru incir için ise Iglesias ve Chirifíe’81 modelinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hurma için GAB, Iglesias ve Chirifíe, Halsey modellerinin uygun olduğu Alhamdan ve Hassan (1999) tarafından belirlenmiştir.

Teorik olarak tespit edilen sorpsiyon izotermi ile tahminlenen sorpsiyon modellerinin grafiksel gösterimi Şekil 6.4a ve 6.4b’de verilmiştir.



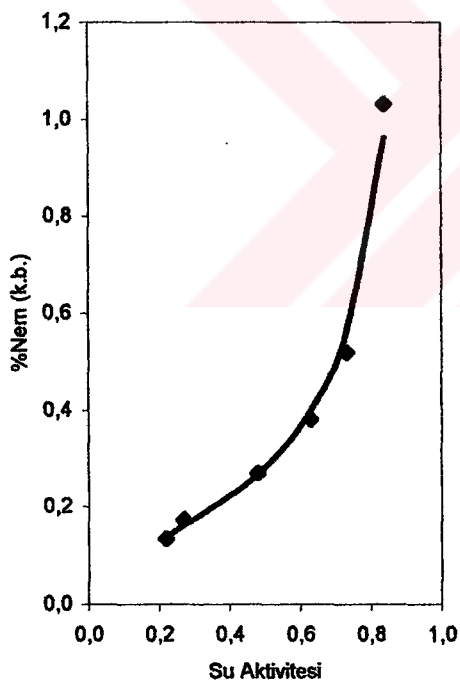
HALSEY

A



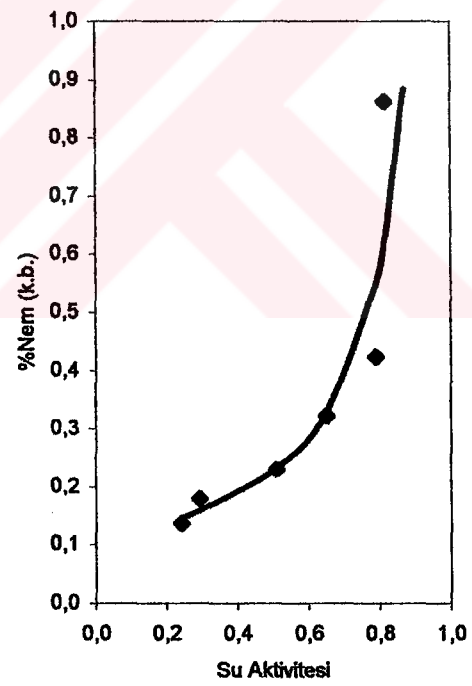
BET

B



BET

C



BET

D

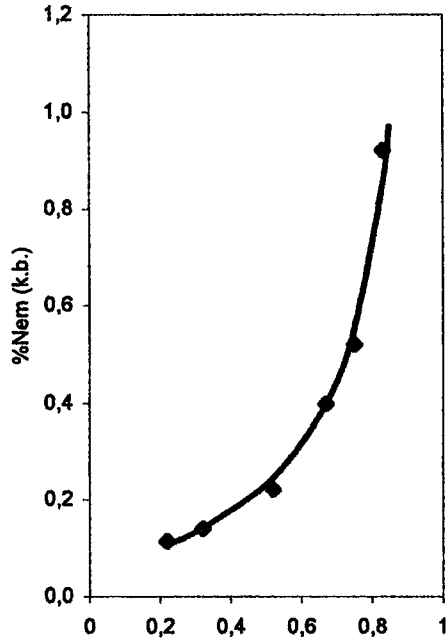
A = Erik Püresi Filmi

B = Erik Püresi + %10 PSPI

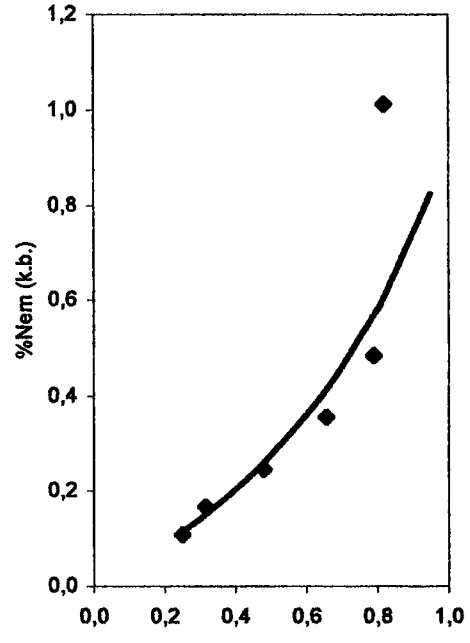
C = Erik Püresi + %30 PSPI

D = Erik Püresi + %50 PSPI

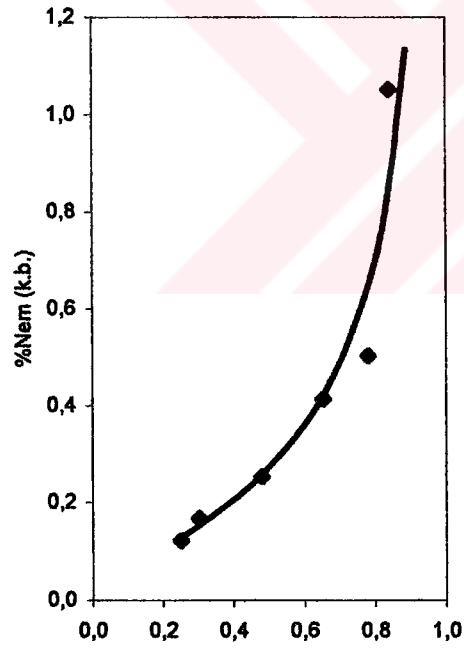
Şekil 6.4a. Sorpsiyon İzotermimin Uygunluğunun Grafikselsel Gösterimi



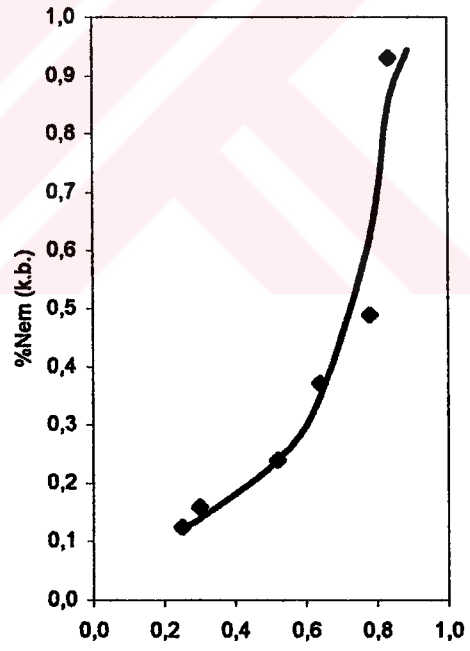
HALSEY
A



GAB
B



OSWIN A = Elma Püresi Filmi



IGLESIAS & CHIRIFIE

C B = Erik Püresi + %10 Elma Püresi D

C = Erik Püresi + %30 Elma Püresi

D = Erik Püresi + %50 Elma Püresi

Şekil 6.4b. Sorpsiyon İzotermimin Uygunluğunun Grafiksel Gösterimi

Şekil 6.4a ve 6.4b’de görüldüğü gibi genellikle, elde edilen tüm sorpsiyon izotermi sığmoid şekilli Tip III izotermine uygun karakteristik göstermektedir. Bu tip izotermi, kurutulmuş kayısı, incir, üzüm ve hurma gibi yüksek şeker içerikli gıdalarda gözlemlenmiştir. (Ayrancı ve diğ., 1990; Alhamdan ve Hassan, 1999). Filmlerin sorpsiyon izotermi iki kısımdan oluştuğu gözlenmektedir. Su aktivitesi değeri 0,70-0,75’in altındaki değeri içeren kısımda denge nemi su aktivitesinin artması ile yavaşça artmaktadır. Fakat bu değeri altındaki kısımda ise, test filminin denge neminde keskin bir artış meydana gelmektedir (Chinnan ve Park, 1995). Düşük su aktivitesi değeri, su yalnızca kristal yapıdaki şekerin –OH grupları yüzeyinden adsorplanır. Yüksek su aktivitesi değeri ise, şekerin çözülmesi olayı gerçekleşir ve kristal yapıdaki şeker amorf yapıya dönüşür (Saltmarch ve Labuza, 1980). Bu dönüşümden sonra şekerin kristal yapısının bozulmasından dolayı adsorpsiyon yüzey sayısının artması nedeniyle adsorplanan su miktarından önemli bir miktarda artış gerçekleşir (Ayrancı ve diğ., 1990; Alhamdan ve Hassan, 1999).

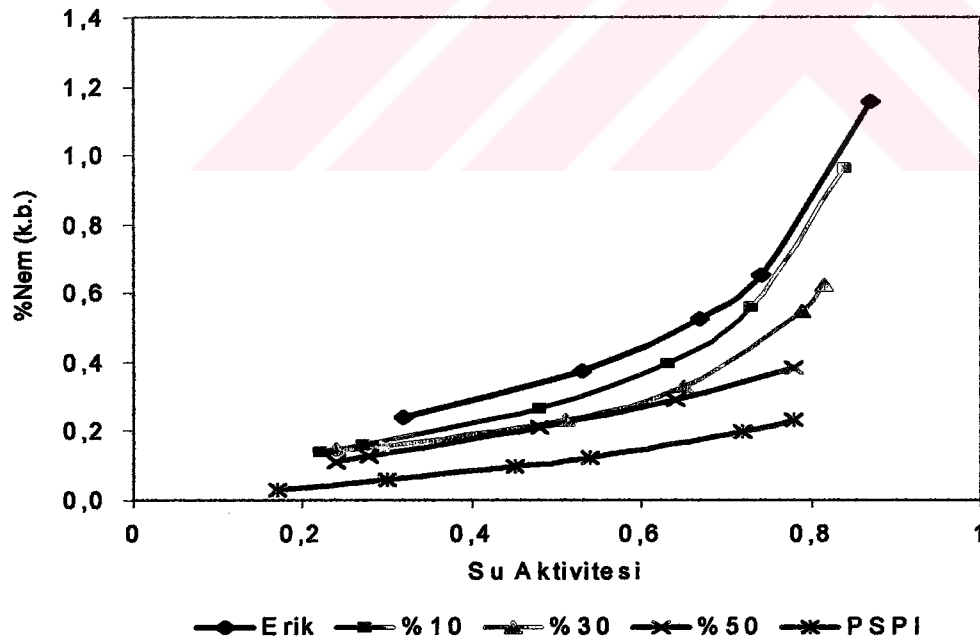
Formülasyon değışikliklerinin sorpsiyon özelliklerine etkisinin incelenmesi için Şekil 6.5a, 6.5b ve 6.5c’deki grafikler hazırlanmıştır. Erik püresi ve elma püresi filmleri mikrobiyal faaliyet için önemli olan 0,60 - 0,80 su aktivitesi aralığında nem içerikleri sırasıyla %30 - %47 ve %23 - %36 arasında değışmektedir. Erik püresi filmi, elma püresi filmine göre daha higroskopik özellik yani aynı su aktivitesi değeri daha fazla su tutma özelliğı göstermektedir. Bunun nedeni, erik püresinin şeker içeriğinin (%44,51 kb.), elma püresine (%67,21 kb.) göre daha düşük olmasıdır. Higroskopik özellik, ürünün şeker içeriğı artıkça artmaktadır (Hubinger ve diğ., 1992; Beristain ve diğ., 1996).

Erik püresinin, şekerlerinin çözünür hale geçtiğı yani absorplanan su miktarında artışın meydana geldiğı dönüşüm elma püresine göre daha yüksek su aktivitesi değeri gerçekleşmektedir. Bu da erik püresinin daha yüksek nemlerde daha az nem almasını sağlamaktadır. Ürünün stabilitesi açısından bu önemli bir kriterdir. Erik ve elma püresi, PSPI filmleri karşılaştırıldıklarında, higroskopikliğın en fazladan en aza doğru sırasıyla erik püresi, elma püresi ve PSPI filmi şeklinde olduğu görülmektedir. Su aktivitesinin 0.7 olduğu değeri PSPI, erik ve elma püresi filmlerinin nem içerikleri sırasıyla yaklaşık olarak 0.2, 0.6, 0.4 g su/g k.m

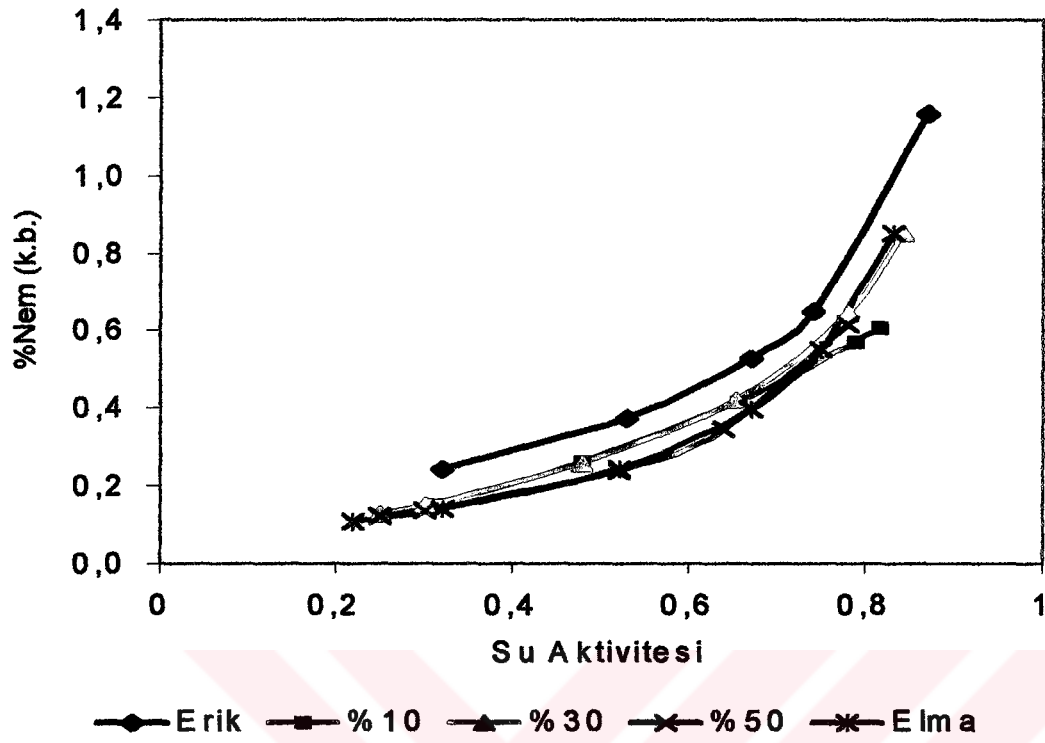
değerindedir. Erik püresi için elde edilen değer Beristain ve diğ. (1996) tarafından tespit edilen değere uygundur. Iglesias ve Chirifie (1982) tarafından kurutulmuş elma dilimlerinin nem içeriğinin 25°C'de 0.7 su aktivitesi değerinde %25 g su/g k.m. olduğunu tespit etmiştir.

PSPI filmi, erik ve elma püresine göre farklı bir sorpsiyon tipi göstermektedir. Erik püresi filmine ilave edilen PSPI oranı artıkça, filmin higroskopik özelliği azalmaktadır ve sorpsiyon tipi değişmektedir. Bunun nedeni, PSPI'nın higroskopikliğinin az olmasıdır. %50 PSPI ilave edilmiş filmlerin şeker içeriği azaldığı için filmin dönüşüm noktası gözlenmemiştir. Su aktivitesinin 0.7 olduğu değerde PSPI, %50, 30 ve %10 PSPI içeren erik püresi ve erik püresi filmlerinin nem içerikleri sırasıyla yaklaşık olarak 0.1, 0.3, 0.4 ve 0.45 g su/g k.m değerindedir.

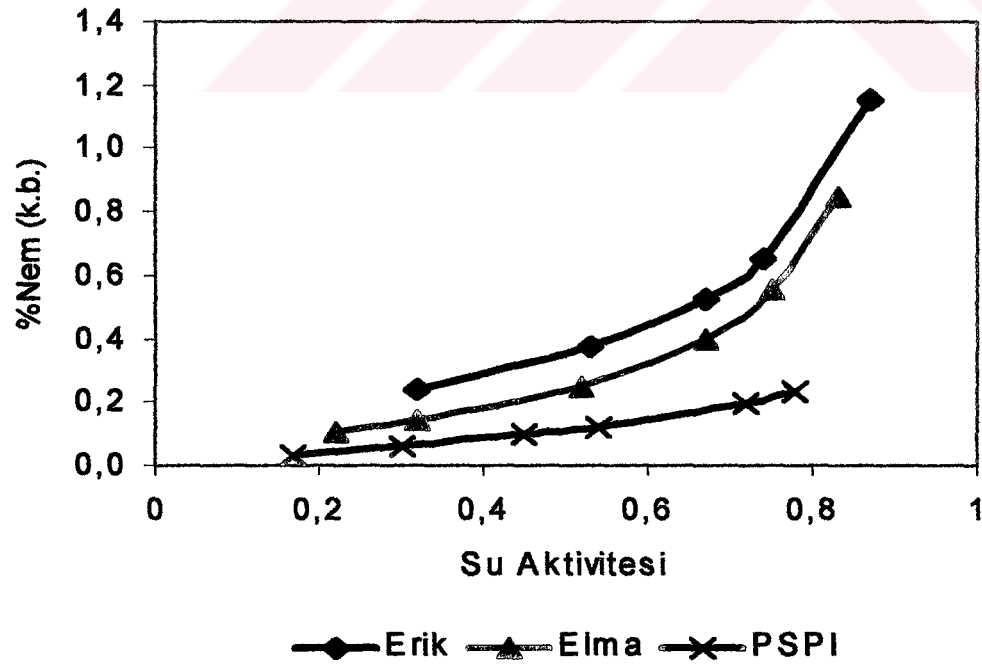
Erik ve elma püresi filmlerinin sorpsiyon tiplerinin aynı olması nedeniyle erik püresine ilave edilen elma püresi miktarı ile sorpsiyon tipinde değişiklik meydana gelmemektedir. Elma püresinin ilavesi ile filmin higroskopik özelliğinde çok az bir azalma olmaktadır. İlave edilen miktar artıkça higroskopiklik değişmemektedir.



Şekil 6.5a. Erik püresi-PSPI karışımlarının sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması



Şekil 6.5b. Erik-elma püresi karışımlarının sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması



Şekil 6.5c. Erik, elma püresi ve PSPI sorpsiyon izotermelerinin karşılaştırılması

7. SONUÇLAR

Meyve pürelerinden elde edilen filmlerin su buharı geçirgenlik özellikleri geniş bir aralık içinde değişmektedir. Bu çalışmada erik püresinden elde edilen 0,3 mm kalınlığındaki erik ve elma püresi filmlerinin su buharı geçirgenlikleri 31 ile 120 g.mm/gün.m².kPa olarak hesaplanmıştır. Elma, armut, şeftali, kayısı püreleri ile yapılan çalışmada su buharı geçirgenliklerinin 100-187 g.mm/gün.m².kPa arasında değiştiği belirtilmektedir. Bu sonuçlara göre erik püresinden elde edilen film, hidroksipropil metil sellüloz filmleri için belirtilen su buharı geçirgenlik özelliğine sahiptir.

Erik ve elma püresinden elde edilen difüzivite değerleri, filmlerin geçirgenlik özelliğiyle uyumlu bir şekilde su buharı geçirgenliği az olan filmler için düşük, su buharı geçirgenliği çok olan filmler için daha fazla olarak hesaplanmıştır.

Erik püresi filmi içine katılan daha az higroskopik PSPI, filmin su buharı geçirgenlik ve difüzyon katsayısı az oranda değişirken, çözünürlük katsayısı azaltmaktadır. Erik püresi içine %10,30 oranında katılan elma püresi, filmin su buharı geçirgenlik katsayısını artırmaktadır, çözünürlük katsayısı ise az miktarda değişmektedir. Erik püresine ilave edilen elma püresi oranının %50'e çıkarılması ile çözünürlük, çözünürlük katsayısı düşük olan elmanın değerine yaklaşmaktadır.

Sorpsiyon izotermeleri incelendiğinde, higroskopiklik özelliğinin en fazladan en aza doğru sırasıyla erik püresi, elma püresi ve PSPI filmi şeklinde olduğu gözlenmiştir. Erik ve elma püreleri ve bunların karışımından elde edilen filmler ile erik püresine PSPI katılarak elde edilen filmlerin sorpsiyon eğrilerinin eğimi 0,6 su aktivitesi değerinden sonra artmaktadır. Higroskopik özellikleri dikkate alınarak bu tip filmlerin McHugh ve diğ (1996) tarafından da önerildiği gibi düşük ve orta nemli gıdaların raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılmasının uygun olduğu görülmektedir. Ancak, elde edilen filmlerin hangi gıdalar için uygun olduğunu belirlemek için gaz geçirgenlik ve mekanik özelliklerinin de bilinmesi gereklidir.

Bu çalışmada, 8 farklı filme uygun sorpsiyon modellerinin tespiti için çalışılmıştır. Sonuç olarak, erik püresi için BET ve Halsey modeli, erik püresine %10 ve 30 oranında PSPI katılması ile elde edilen filmler için BET, %50 oranında PSPI katılması ile edilen film için Bradley ve Chung-Pfost, PSPI için Henderson modelleridir. Elma püresi filmi için Halsey, erik püresine %10 oranında elma püresi katılması ile elde edilen film için GAB, erik püresine %30 oranında elma püresi katılması ile elde edilen film için Oswin ve de erik püresine %50 oranında elma püresi katılması ile elde edilen film için Harkins-Jura, Iglesias ve Chirifie modelleri uygun model olarak bulunmuştur.



KAYNAKLAR

- Alhamdan, A.M., Hassan, B.H., 1999. Water Sorption Isotherms of Date Pastes as Influenced by Date Cultivar and Storage Temperature. *Journal of Food Engineering*, 39 : 301-306.
- AOAC, 1990. Sugars and Sugar Products : 977-20 pp 1030-1031 in *AOAC Official Methods of Analysis*.
- Arnavitoyannis, I, Psomiadou, E., Nakayoma, A., 1996. Edible Films Made From Sodium Caseinate, Starches, Sugars or Glycerol : Part 1. *Carbohydrate Polymers*, 31 : 179-192.
- ASTM, 1980. Standart Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. Standart Designation : E96-80 pp 771-778 in *Annual Book of ASTM Standarts*, ASTM, Philadelphia.
- Avenna-Bustillos, R.J., Krochta, J.M., 1993. Water Vapor Permeability of Caseinate-Based Edible Films as Affected by pH, Calcium Crosslinking and Lipid Content. *Journal of Food Science*, 58(4) : 904-907.
- Aydt, T.P., Weller, C.L., Testin, F., 1991. Mechanical and Barrier Properties od Edible Corn and Wheat Protein Films. *American Society of Agricultural Engineers*, 34(1) : 207-211.
- Ayrancı, E., 1996. Moisture Sorption of Cellulose-Based Edible Films. *Nahrung*, 40 : 274-276.
- Ayrancı, E., Ayrancı, G., Doğantan, Z., 1990. Moisture Sorption Isotherms of Dried Apricot, Fig and Raisin at 20 and 36°C. *Journal of Food Science*, 55 : 1591-1593.
- Ayrancı, E., Büyüktaş, B.Ş., Çetin, E.E., 1997. Effect of Molecular Weight of Constituents on Properties of Cellulose-Based Edible Films. *Lebensm-Wiss-u-Technol.*, 30 : 101-104.
- Ayrancı, E., Çetin, E., 1995. The Effect of Protein Isolate of Pistachia terebinthus L. on Moisture Transfer Properties of Cellulose-Based Edible Films. *Lebensm-Wiss-u-Technol.*, 28 : 241-244.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Baker, R.A., 1995. Edible Coatings for Lightly Processed Fruits and Vegetables. *Hort Science*, 30(1) : 35-37.

- Banerjee, R., Chen, H., 1995. Functional Properties of Edible Films Using Whey Protein Concentrate. *Journal of Dairy Science*, 78(8) : 1673-1683.
- Banker, G.S., Gore, A.Y., Swarbrick, J., 1966. Water Vapor Transmission Properties of Free Polymer Films. *Journal of Pharm. Pharmac.*, 18 : 457-466.
- Beristain, C.I., Garcia, H.S., Azuara, E., 1996. Enthalpy-Entropy Compensation in Food Vapor Adsorption. *Journal of Food Engineering*, 30 : 405-415.
- Brandenburg, A.H., Weller, C.L., Testin, R.F., 1993. Edible Films and Coatings from Soy Protein. *Journal of Food Science*, 58(5) : 1086-1089.
- Chan, H.T., Cavaletto, C.G., 1978. Dehydration and Storage Stability of Papaya Leather. *Journal of Food Science*, 43 : 1751-1725.
- Chen, H., 1995. Functional Properties and Applications of Edible Films Made of Milk Proteins. *Journal of Dairy Science*, 78 : 2563-2583.
- Cherian, G., Gennadios, A., Weller, C., Chibachati, P., 1995. Thermo-chemical Behavior of Wheat Glutem Films : Effect of Sucrose, Glycerin, and Sorbitol. *Cereal Chemistry*, 72(1) : 1-6.,
- Chinnan, M.S., Park, H.J., 1995. Effect of Plasticizer Level and Temperature on Water Vapor Transmission of Cellulose-Based Edible Films. *Journal of Food Process Engineering*, 18 : 417-429.
- Cuq, B., Aymord, C., Cuq, J.L., Guilbert, S., 1995. Edible Packaging Films Based on Fish Myofibrillar Proteins : Formulation and Functional Properties. *Journal of Food Science*, 60(6) : 1369-1373.
- Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J.L., Guilbert, S., 1996. Functional Properties of Myofibriller Protein-Based Biopackaging as Affected by Film Thickness. *Journal of Food Science*, 61(3) : 580-584.
- Daniels, R., 1973. *Edible Coatings and Soluble Packaging*, pp 1-3. Noyes Data Corporation, New Jersey .
- Debeaufort, F., Voilley, A., 1997. Methylcellulose-Based Edible Films and Coatings : 2 Mechanical and Thermal Properties as a Function of Plasticizer Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 : 685-689.
- Donhowe, I.G., Fennema, O., 1992. The Effect of Relative Humidity Gradient on Water Vapor Permeance of Lipid and Lipid-Hydrocolloid Bilayer Films. *JAOCS*, 69(11) : 1081-1086.
- Donhowe, I.G., Fennema, O., 1993. Water Vapor and Oxygen Permeability of Wax Films. *JAOCS*, 70(9) : 867-873.
- Donhowe, I.G., Fennema, O., 1994. Edible Films and Coatings : Characteristics, Formation, Definitions, and Testing Methods, in *Edible Coatings and Films to*

Improve Food Quality, pp. 1-24, Eds. Krochta, J.M., Baldwin, E.A. ve Nisperos-Carriedo, M.O., Technomic Publishing Inc., U.S.A.

Fairley, P., Monahan, F.J., German, J.B., Krochta, J.M., 1996. Mechanical Properties and Water Vapor Permeability of Edible Films From Whey Protein Isolate and Sodium Dodecyl Sulfate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 : 438-443.

Gennadios, A., Weller, C.L. ve Hanna, M.A., 1997. Soy Protein/Fatty Acid Films and Coatings. *Inform*, 8(6) : 622-624.

Gennadios, A., Weller, C.L., 1990. Edible Films and Coatings From Wheat and Corn Proteins. *Food Technology*, Dec : 47-58.

Gennadios, A., Weller, C.L., 1991. Edible Films and Coatings From Soymilk and Soy Protein. *Cereal Foods World*, 36(12) : 1004-1009.

Gennadios, A., Weller, C.L., Gooding, C.H., 1994. Measurements Errors in Water Vapor Permeability of Highly Permeable, Hydrophilic Edible Films. *Journal of Food Engineering*, 21 : 395-409.

Gennadios, A., Weller, C.L., Testin, F., 1990. Modification of Properties of Edible Wheat Gluten Films. *American Society of Agricultural Engineers*, Paper No : 90-6504.

Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L., 1992. Edible Films and Coatings from Natural Biopolymers, sunulmuştur : New Technologies for the Food and Drink Industries, Campden.

Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L., 1993. Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film. *Journal of Food Science*, 58 : 206-211.

Greener, I.K., 1992. Physical Properties of Edible Films and Their Components. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 3 : 545-550.

Guilbert, S., 1988. Use of Superficial Edible Layer to Protect Intermediate Moisture Food : Application to the Protection of Tropical Fruit Dehydrated by Osmosis in *Food Preservation by Moisture Control*, Ed. Seow, C.C., Elsevier Applied Science, London.

Hagenmaier, R.D., Shaw, P.D., 1990. Moisture Permeability of Edible Films Made with Fatty Acid and Hydroxypropylmethylcellulose. *J. of Agricultural Food Chemistry*, 38 : 1799-1803.

Herald, T.J., Hachmeister, K.A., Huang, S., Bowers, J.R., 1996. Corn Zein Packaging Materials for Cooked Turkey. *Journal of Food Science*, 61(2) : 415-417.

Hernandez, E., 1994. Edible Coatings From Lipids and Resins, in *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, pp. 1-24, Eds. Krochta, J.M., Baldwin, E.A. ve Nisperos-Carriedo, M.O., Technomic Publishing Inc., U.S.A

- Hubinger, M., Menegalli, F.C., Aguerre, R.J., Suarez, C., 1992. Water Vapor Adsorption Isotherms of Guava, Mango and Pineapple. *Journal of Food Science*, 57(6) : 1405-1407.
- Iglesias, H.A., Chirifie, J., 1982. *Handbook of Food Isotherms : Water Sorption Parameters for Food and Food Components*. Academic Press, Inc., Florida.
- Jangchud, A., Chinnan, M.S., 1999. Properties of Peanut Protein Film : Sorption Isotherm and Plasticizer Effect. *Lebens-Wiss,u-Technol.*, 32 : 89-94.
- Kamper, S.L., Fennema, O., 1984. Water Vapor Permeability of Edible Bilayer Films. *Journal of Food Science*, 49 : 1478-1481.
- Kamper, S.L., Fennema, O., 1984. Water Vapor Permeability of Edible Bilayer Films. *Journal of Food Science*, 49 : 1478-1481.
- Karmas, E., 1980. Techniques for Measurements of Moisture Content of Foods. *Food Technology*, 34 : 52.
- Kester, J.J., Fennema, O., 1989. An Edible Film of Lipids and Cellulose Ethers : Barrier Properties to Moisture Vapor Transmission and Structural Evaluation. *Journal of Food Science*, 54(6) : 1383-1389.
- Kester, J.J., Fennema, O.R., 1986. Edible Films and Coatings : A Review. *Food Technology*, Dec : 47-58.
- Krochta, J.M. ve Johnston, C.M., 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities. *Food Technology*, 51(2) : 61-74.
- Krochta, J.M., Baldwin, E.A. ve Nisperos-Carriedo, M.O., 1994. *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, pp. 1-3, Eds., Technomic Publishing Inc., U.S.A.
- Lovegren, N.V., Feuge, R.O., 1954. Permeability of Acetosterain Products to Water Vapor. *J. of Agricultural Food Chemistry*, 2 : 558-563.
- Mahmoud, R., Savello, P.A., 1992. Mechanical Properties of and Water Vapor Transferability Through Whey Protein Films. *Journal of Dairy Science*, 75(4) : 942-946.
- Mate, J.I., Krochta, J.M., 1996. Comparison of Oxygen and Water Vapor Permeabilities of Whey Protein Isolate and β -Lactoglobulin Edible Films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 : 3001-3004.
- Maynes, J.R., Krochta, J.M., 1994. Properties of Edible Films Made From Total Milk Protein. *Journal of Food Science*, 59(4) : 909-911.

- McHugh, T.H. ve Krochta, J.M., 1994a. Sorbitol-vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Films : Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(4) : 841-845.
- McHugh, T.H., Aujard, J.F., Krochta, J.M., 1994. Plasticized Whey Protein Edible Films : Water Vapor Permeability Properties. *Journal of Food Science*, 59(2) : 416-423.
- McHugh, T.H., Bustillos, R.A., Krochta, J.M., 1993. Hydrophilic Edible Films : Modified Procedure for Water Vapor Permeability and Explanation of Thickness Effects. *Journal of Food Science*, 58(4) : 899-903.
- McHugh, T.H., Huxsoll, C.C., Krochta, J.M., 1996. Permeability Properties of Fruit Puree Edible Films. *Journal of Food Science*, 61(1) : 88-91.
- McHugh, T.H., Krochta, J.M., 1994. Permeability Properties of Edible Films, in *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, pp. 139-189, Eds. Krochta, J.M., Baldwin, E.A. ve Nisperos-Carriedo, M.O., Technomic Publishing Inc., U.S.A.
- McLaughlin, C.P., Magee, T.R.A., 1998. The Determination of Sorption Isotherms and the Isothermic Heats of Sorption for Potatoes. *Journal of Food Engineering*, 35 : 267-280.
- Miller, K.S. ve Krochta, J.M., 1997. Oxygen and Aroma Barrier Properties of Edible Films : A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 8 : 228-237.
- Nisperos-Carriedo, M.O., 1994. Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides, in *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, pp. 1-24, Eds. Krochta, J.M., Baldwin, E.A. ve Nisperos-Carriedo, M.O., Technomic Publishing Inc., U.S.A.
- Park, H.J., Chinnan, M.S., 1990. Properties of Edible Coatings for Fruits and Vegetables. *American Society of Agricultural Engineers*, Paper No : 90-6510.
- Park, H.J., Weller, C.L., Vergano, P.J., Testin, R.F., 1993. Permeability and Mechanical Properties of Cellulose-Based Edible Films. *Journal of Food Science*, 58(6) : 1361-1364.
- Perez-Gago, M.B., Nadaud, P., Krochta, J.M., 1999. Water Vapor Permeability, Solubility, and Tensile Properties of Heat-Denatures versus Native Whey Protein Films. *Journal of Food Science*, 64(6) : 1034-1037.
- Psomiadou, E., Arvanitoyannis, I., Yamamoto, N., 1996. Edible Films Made From Natural Resources; Microcrystalline Cellulose (MCC), Methylcellulose (MC) and Corn Starch and Polyols. *Carbohydrate Polymers*, 31 : 193-204.
- Rahman, S., 1995. *Food Properties Handbook*. CRC Press, A.B.D.

- Rico-Pena, D.C., Torres, J.A., 1991. Sorbic Acid and Potassium Sorbate Permeability of an Edible Methylcellulose-Palmitic Acid Film : Water Activity and pH Effects. *Journal of Food Science*, 56(2) : 497-499.
- Sapru, V., Labuza, T.P., 1994. Dispersed Phase Concentrate Effect on Water Vapor Permeability in Composite Methylcellulose-Stearic Acid Edible Films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 18 : 359-368.
- Shih, F.F., 1996. Edible Films From Rice Protein Concentrate and Pullulan. *Cereal Chemistry*, 73(3) : 406-409.
- Sinha, N.K., 1998. Infused-Dried and Processed Frozen Fruits as Food Ingredients. *Cereal Fooda World*, 43(9) : 699-702.
- Somogyi, L.P., 1987. Prunes, A Fiber-Rich Ingredient. *Cereal Foods World*, 32(8) : 541-544.
- Tütüncü, M.A., Labuza, T.P., 1996. Effect of Geometry on the Effective Moisture Transfer Diffusion Coefficient. *Journal of Food Engineering*, 30 : 433-447.
- Van Gorsel, H., Li, C., Kerbel, E.L., Smiths, M., Kader, A.A., 1992. Compositional Characterization of Prune Juice. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 40 : 784.
- Wong, D.W.S., Gregorski, K.S., Hudson, J.S., Pavlath, A.E., 1996. Calcium Alginate Films : Thermal Properties and Permeability to Sorbate and Ascorbate. *Journal of Food Science*, 61(2) : 337-341.

EK A : Film Örnekleri için Hesaplanan Boyutsuz Nem İçerikleri

Tablo A.1. Erik Püresi + PSPI Karışım Filmleri için Hesaplanan X^* Değerleri

Zaman (sa)	E.P.	E.P. + %10 PSPI	E.P. + %30 PSPI	E.P. + %50 PSPI
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
18	0,0785	0,0788	0,0685	0,0261
26	0,0544	0,0358	0,0491	0,0240
42	0,0513	0,0208	0,0150	0,0071
72	0,0491	0,0098	0,0098	0,0030
113	0,0266	0,0024	0,0003	0,0000
139	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
172	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tablo A.2. Erik Püresi + Elma Püresi Karışım Filmleri için Hesaplanan X^* Değerleri

Zaman (sa)	Elma	E.P. + %10 Elma	E.P. + %30 Elma	E.P. + %50 Elma
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
18	0,1601	0,6089	0,5186	0,7637
26	0,0299	0,3454	0,2856	0,5592
42	0,0085	0,1708	0,1514	0,3835
72	0,0002	0,0103	0,0621	0,2344
113	0,0000	0,0010	0,0001	0,1097
139	0,0000	0,0005	0,0001	0,0080
172	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

EK B : Nem ve Su Aktivitesi Değerleri

Tablo B.1. Erik Püresi Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)¹
0,32	25,65
0,53	33,99
0,67	50,81
0,74	68,84
0,87	116,27

¹ Kuru bazda

Tablo B.2. Elma Püresi Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,22	11,41
0,32	14,03
0,52	22,16
0,67	39,84
0,75	51,99
0,83	92,09

Tablo B.3. PSP Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,17	2,77
0,30	6,54
0,45	9,30
0,54	13,84
0,72	15,68
0,78	25,61

Tablo B.4. Erik Püresi + %10 PSP Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,22	13,38
0,27	17,31
0,48	26,95
0,63	38,13
0,73	51,88
0,84	103,12

Tablo B.5. Erik Püresi + %30 PSP Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,24	13,64
0,29	17,91
0,51	22,97
0,65	32,21
0,79	42,34
0,82	86,19

Tablo B.6. Erik Püresi + %50 PSP Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,24	10,13
0,28	14,55
0,48	19,35
0,64	29,77
0,78	37,88

Tablo B.7. Erik Püresi + %10 Elma Püresi Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,25	10,78
0,31	16,76
0,48	24,60
0,66	35,61
0,79	48,43
0,82	101,32

Tablo B.8. Erik Püresi + %30 Elma Püresi Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,25	12,19
0,30	16,73
0,48	25,34
0,65	41,30
0,78	50,21
0,84	105,16

Tablo B.9. Erik Püresi + %50 Elma Püresi Filminin Nem-Su Aktivitesi Değerleri

Su Aktivitesi	% Nem (k.b.)
0,25	12,42
0,30	15,90
0,52	23,86
0,64	37,17
0,78	48,94
0,84	93,04

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında İstanbul'da doğdu. Orta ve lise öğrenimini Özel Terakki Vakfı Şişli Terakki Lisesi'nde tamamladı. 1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl yüksek lisans programına başlamıştır. 1997 yılından bu yana İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

